

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación de la influencia de las letrinas sobre parámetros microbiológicos de pozos artesanales de aguas para consumo humano de la Comunidad de Mucra I, del distrito de San Miguel–Provincia de San Román, Región Puno.

Por:

Liz Maribel Callo Luque

Haydee Concepción Coyla Bustinza

Asesor:

Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, diciembre del 2019

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN

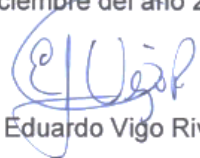
Juan Eduardo Vigo Rivera, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "Evaluación de la influencia de las letrinas sobre parámetros microbiológicos de pozos artesanales de aguas para consumo humano de la Comunidad de Mucra I, del distrito de San Miguel–Provincia de San Román, Región Puno" constituye la memoria que presentan las estudiantes Liz Maribel Callo Luque y Haydee Concepción Coyla Bustinza para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 2 días del mes de diciembre del año 2019.



Juan Eduardo Vigo Rivera

Asesor

Evaluación de la influencia de las letrinas sobre parámetros microbiológicos de pozos artesanales de aguas para consumo humano de la Comunidad de Mucra I, del distrito de San Miguel–Provincia de San Román, Región Puno

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentada para optar el grado de bachiller de Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



MSc. Rose Adeline Callata Chura

Presidente



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani

Secretario



Ing. Miguel Angel Salceso Enriquez

Vocal



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Asesor

Juliaca, 02 de diciembre del 2019

Evaluación de la influencia de las letrinas sobre parámetros microbiológicos de pozos artesanales de aguas para consumo humano de la Comunidad de Mucra I, del distrito de San Miguel–Provincia de San Román, Región Puno

Callo Luque Liz M.¹, Coyla Bustinza Haydee C.², Vigo Rivera Juan E.³

¹EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo evaluar la influencia de las letrinas sobre los parámetros de pH, CE, CT y CF de pozos artesanales de agua para consumo humano en la comunidad de Mucra, y se tomó 10 pozos de muestreo (6 letrinas < 20m y 4 >20 m), se aplicó un muestreo no probabilístico bajo criterio discrecional, teniendo en consideración; tipo de construcción de pozo y distancia letrina al pozo. Los análisis de pH, CE se realizaron por el método normalizado de análisis de agua: APHA, AWWA; los CT por diluciones seriadas y los CF por tubos múltiples. Los resultados fueron comparados con la norma vigente de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS. N°031-2010-SA, los parámetros físicos; pH, CE si cumplen con los rangos de la normativa. En el punto 3 muestra el valor más alto de 170 NMP /100 ml, 93 NMP /100 ml de CF y CT, respectivamente; sin embargo, en los puntos 6,8, 9 y 10 no hay la presencia de microorganismos

Se concluye que el rango admisible de agua para consumo humano, en los análisis microbiológicos de CT y CF, 4 pozos como aceptables y 6 no aceptables, ya que tienen contaminación microbiológica, como CF, CT. Por lo tanto, se logró identificar; que las letrinas si tienen una influencia considerable respecto a los parámetros de CT y CF en los pozos que abastecen a la comunidad de Mucra como también por el tipo de material de construcción.

Palabras clave: agua subterránea, consumo humano, parámetros físico-microbiológico.

Summary

This article aims to assess the influence of latrines on the pH, EC, CT and CF parameters of artisanal water wells for human consumption in the Mucra community, and 10 sampling wells were taken (6 latrines <20m. And 4> 20m.), For which a non-probabilistic sampling was applied under discretionary criteria, taking into account; pit material and latrine distance - well. The pH, CE analyzes were performed by the standardized method of water analysis: APHA, AWWA; CT for serial dilutions and CF for multiple tubes. The results were compared with the current norm of the Water Quality for Human Consumption DS. N ° 031-2010-SA, the physical parameters; pH, CE if they comply with the regulatory ranges. And highlight point 3 with the highest value of 170 NMP / 100 ml, 93 NMP / 100 ml of CF and CT, respectively; however, in points 6,8, 9 and 10 there is no presence of microorganisms.

It is concluded that the admissible range of water for human consumption, with respect to the microbiological analysis of CT and CF, 4 wells as acceptable and 6 not acceptable.

Therefore, it was possible to identify; that latrines do have a considerable influence on the parameters of CTT and CF in the wells that supply the Mucra community.

Keywords: groundwater, human consumption, physical-microbiological parameters.

1. Introducción

El agua subterránea es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para comunidades sin saneamiento, pero ésta puede incluir contaminación microbiana, así como de sustancias químicas que pueden dispersarse a través del acuífero por el movimiento natural del agua denominada como infiltración por lo cual, al ser consumida puede tener consecuencias en la salud humana (Orozco & Ramírez, 2008).

En tanto Farias & Pacheco (2010), mencionan que la ubicación de una letrina debería ser mayor a 20 metros de una fuente de agua subterránea (pozo), debido a que podría alterar las características del agua. Por ello en la actualidad los riesgos ocasionados por el deterioro y la mala calidad del agua son muchos, entre ellos la transmisión de organismos patógenos que son capaces de causar enfermedades gastrointestinales, diarrea, deshidratación, cólera, hepatitis, fiebre, entre otros, siendo así, en algunos casos puede llegar hasta la muerte (Torres, 2010).

Según Carmena & Crespo (2007), indican que la mayoría de aguas subterráneas deberían ser evaluadas antes de su consumo. Así mismo; Kay, Lorna, & Bartram (2002), afirman que en diversos estudios nacionales e internacionales el agua potable ha demostrado déficit de cobertura y la mala calidad principalmente en las zonas rurales por falta de información, se estima que cada año mueren 1.8 millones de personas (90% son niños menores de 5 años), debido a problemas relacionados con la calidad del agua, en el Perú el abastecimiento de agua potable se incrementó en zonas rurales un 67% (2017), por ello en gran parte del país aún se hace uso de tecnologías primitivas para la obtención del agua, como pozos artesanales y otros.

Así mismo, Soares (2006), añade que para mejorar una situación tan compleja en poblaciones rurales requieren de un trabajo en conjunto de las instancias del gobierno. Por ello es necesario comprender y promover la situación en la cual se encuentran las poblaciones rurales mediante estudios ambientales que identifiquen los riesgos que presentan las letrinas en el agua de pozos artesanales (Mostert, 2003).

Consecuentemente la comunidad de Mucra (San Miguel, San Román, Puno), siendo una zona rural que no cuenta con servicios de saneamiento recurre al uso de letrinas y pozos, por lo cual los pobladores de comunidad podrían estar poniendo en riesgo su salud debido a que el agua es directamente consumida sin ningún tratamiento una vez extraída de los pozos artesanales (Figuerola, 2014).

Por ende, el objetivo de la presente investigación es evaluar la influencia de las letrinas sobre los parámetros microbiológicos de los pozos artesanales de agua para consumo humano de la comunidad de Mucra con la finalidad de identificar posibles riesgos a la salud y la calidad del agua de la comunidad.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

La delimitación del área de estudio se ubica en la comunidad de Mucra, distrito de San Miguel, Provincia de San Román departamento de Puno – Perú, a una altitud de 3 824 msnm (Figura 1), de coordenadas UTM 379316 m E y 8293276 m N.

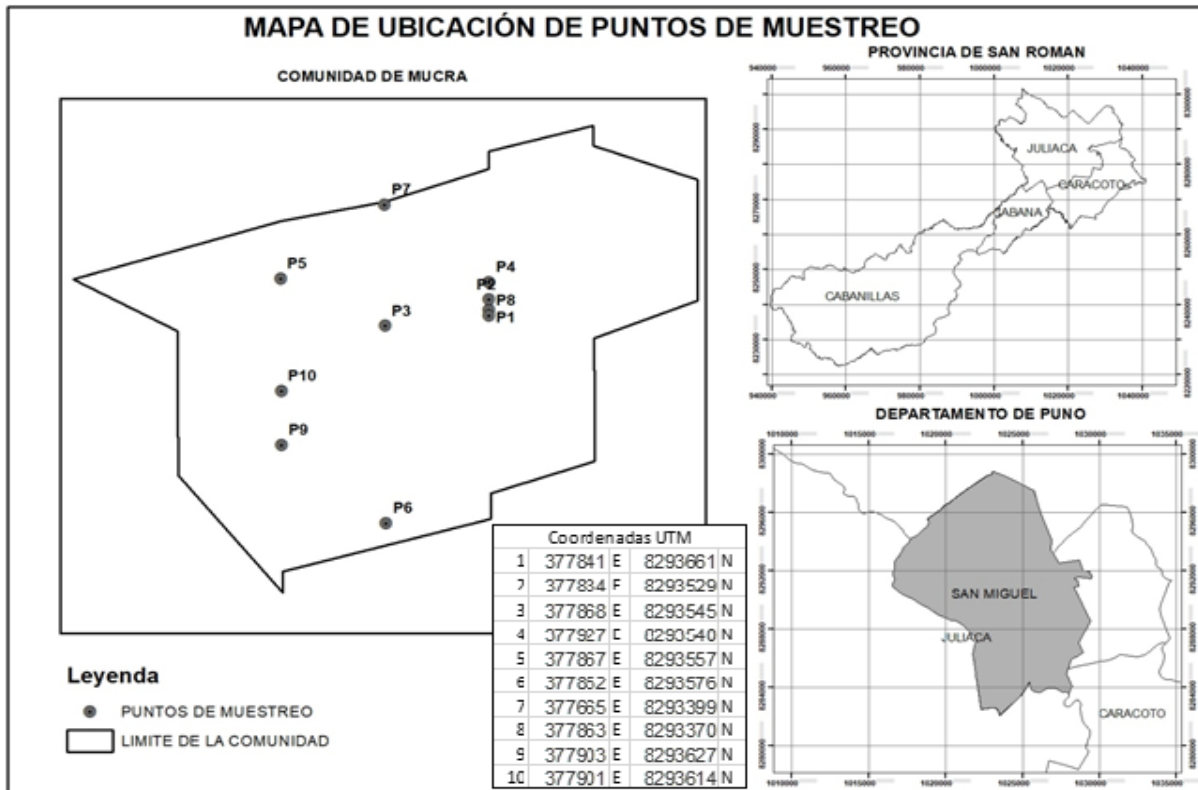


Figura 1. Ubicación de puntos de muestreo

Posteriormente el estudio se realizó de septiembre-noviembre con un total de cuatro visitas programadas, para tal efecto, se elaboró y empleo una ficha de identificación de pozos y letrinas en toda el área de estudio, en los cuales se identificó 21 pozos y 14 letrinas, y se tomó 10 pozos de muestreo (tabla 1), para lo cual se aplicó un muestreo no probabilístico bajo criterio discrecional.

Tabla 1

Características de los puntos de muestreo

Punto	Material del pozo	Distancia pozo – letrina (m)
1	Anillado	12.20
2 ^a	Artesanal	21. 50
3 ^a	Artesanal	14.5
4 ^b	Anillado	-
5	Revestido	31
6	Anillado	21
7	Anillado	13.20
8 ^b	Tubular	-
9	Tubular	13
10	Anillado	25

Nota: ^a Con tratamiento (cal/año), ^b Pozos sin letrina.

2.2. Procedimiento del muestreo

El procedimiento de muestreo se realizó de acuerdo a los criterios de Moposita Chiluiza (2015) y el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (2016).

2.3. Análisis de coliformes totales y termotolerantes

Los análisis de coliformes totales se realizaron por recuento con diluciones seriadas a 10^{-3} en tubos con caldo peptonado a concentración simple, inoculadas en placas con agar verde bilis brillante e incubadas 24 horas a 35°C . El análisis de termotolerantes se realizó por diluciones seriadas, aplicando diluciones de tubos múltiples en series de tres tubos en caldo lauril con campanas Durham sumergidas, seleccionando nueve tubos agrupados en tres grupos de tres tubos, el primer grupo se añadió 10 ml, al segundo grupo 1 ml y 0.1 al último grupo, posteriormente incubados los resultados fueron determinados como positivos en los tubos con formación de gas. (APHA, AWWA, & WEF, 2012).

2.4. Análisis de pH y conductividad eléctrica

Los análisis fisicoquímicos se ejecutaron de acuerdo a la metodología propuesta en los Métodos Normalizados para Análisis de Aguas: APHA, AWWA (2012), siendo los análisis realizados: pH y conductividad eléctrica.

3. Resultados y Discusiones

Según Álvarez & Pacheco (2016), las aguas subterráneas en cuanto a sus características microbiológicas deberían presentar valores de 0 NMP/100 ml respecto a CT y CF. Así mismo, Galán & Marmolejo (2003), afirman que el pH en aguas subterráneas se encuentra entre 6 a 8.5 y la CE en $2\ 500\ \mu\text{mho/cm}$.

3.1. Coliformes totales y termotolerantes

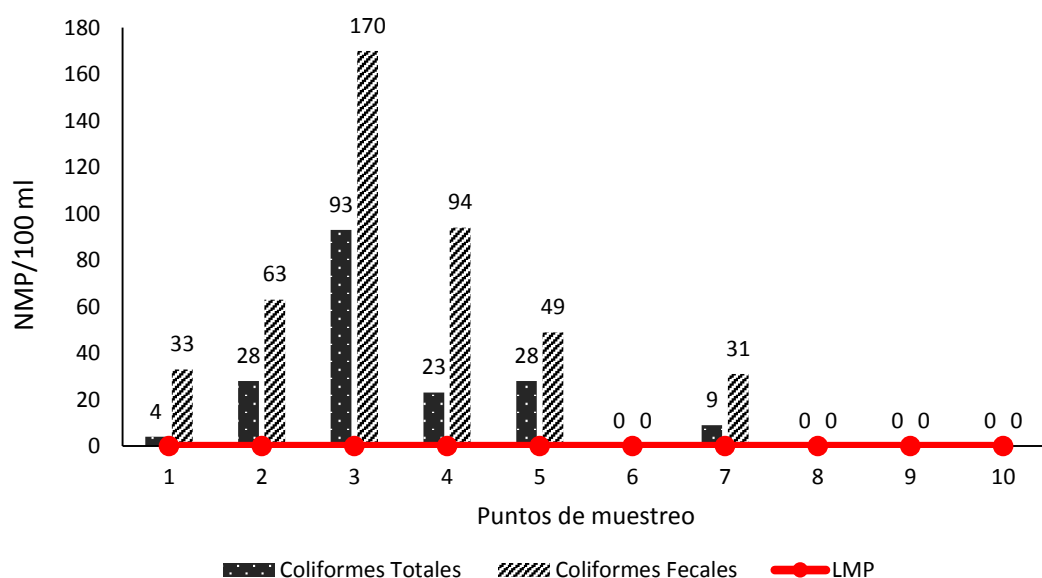


Figura 2. Resultados de análisis microbiológicos

De la figura 2 se observa que los resultados superan los valores de la normativa D.S. 031-2010-SA. Así pues, las muestras 1,2,3,4,5 y 7 presentan coliformes totales y termotolerantes, lo cual indica que las letrinas presentan influencia microbiológica en las muestras, y también la intervención del material del pozo, distancia-pozo y tratamiento; por lo tanto, en la muestra 3 se registró el valor más elevado con Coliformes Totales (170 ± 1.63) y Fecales (93 ± 2.82), según Mamani (2012), se debe a que el pozo no cuenta con un

tipo de protección (anillos) pese a que la vivienda realiza el tratamiento de añadir cal una vez al año, entonces la alteración de los parámetros microbiológicos se suscitaría con mayor facilidad, además la influencia la distancia pozo – letrina es 14.5 m, ya que DIGESA (2007), menciona en las Técnicas para la Instalación de Letrinas Sanitarias a una fuente de abastecimiento de agua debería ser mayor a 20 m.

Por otro lado, se afirma que los pobladores están contaminando sus suministros de agua (pozos) al no ubicar de manera adecuada sus letrinas, arriesgando al mismo tiempo su salud; (Leiva, Menjivar, & Orellana, 2013).

Según Apella & Araujo, (2014), señalan que el pH para el crecimiento microbiológico de CT y CF se encuentra entre 5 y 9, por lo cual de los valores obtenidos dentro del estudio se puede aser dicha afirmación.

La OMS (2004), menciona que si se detectan bacterias indicadoras de CF y CT a niveles superiores a NMP/100 ml en muestras de agua se considere que el sistema de abastecimiento de agua no es satisfactorio.

3.2. pH

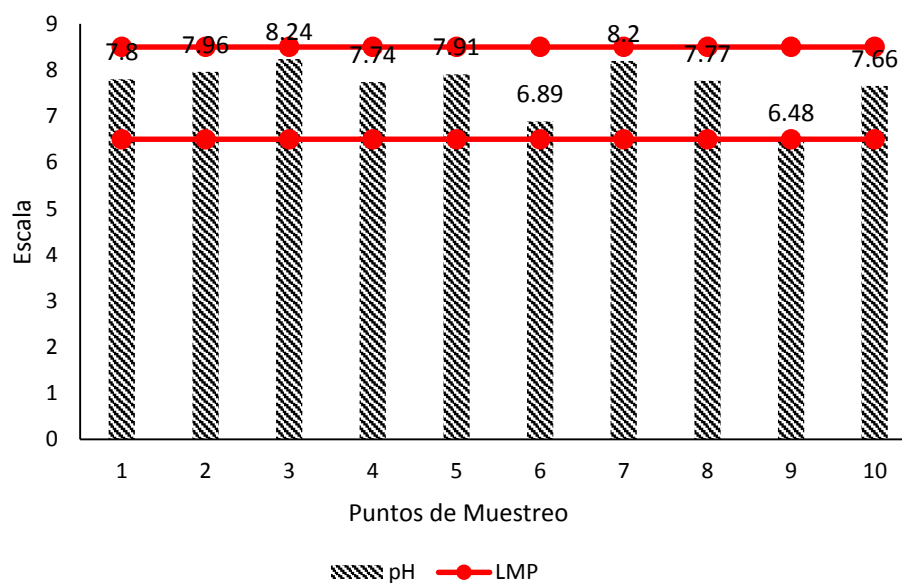


Figura 3. Resultados de pH

En la figura 3 se muestra que el pH de las muestras analizadas no supera los valores del Decreto Supremo N°031-2010-SA, que plantea el límite máximo permisible para el pH entre 6,5 a 8,5. Por otro lado, las muestras 9 y 6 presentan un pH ácido con valores de 6.89 y 6.48, lo cual se presume que se debe a la composición del subsuelo que podría estar compuesto silicios generando un manto acuífero con acidez (Cruz & Ramírez, 2008). Seguidamente en la muestra 3 se presenta el valor más alto, con un pH de 8.24 siendo ligeramente alcalina, demostrable con la formación de sarro e incrustaciones blanquecinas en vajillas de cocina presentadas en dicha vivienda.

Consecuentemente Sánchez, Álvarez, Pacheco, Carrillo, & Amílcar (2017), mencionan que el pH en las muestras tendría ligeras variaciones puesto que, se relacionan con una carga de materia orgánica mínima que se percibe en las escorrentías.

3.3. Conductividad eléctrica

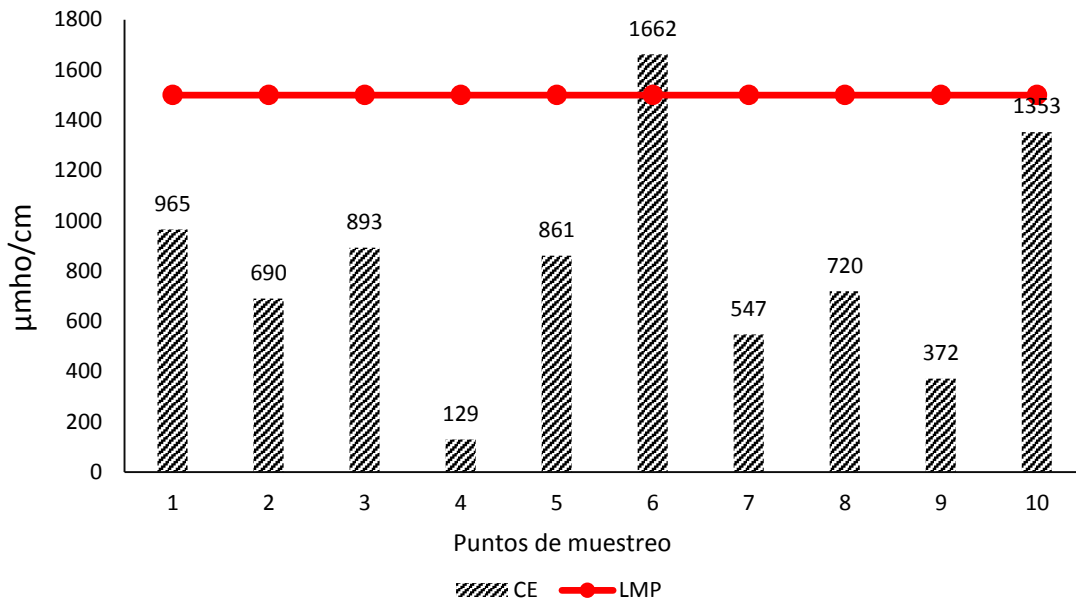


Figura 4. Resultados de conductividad eléctrica

En la figura 4, se observa que la conductividad eléctrica en 9 muestras no superan el límite máximo permisible de la norma (1 500 $\mu\text{mho/cm}$), a excepción de la muestra 6 que reporta el valor más alto con 1662 $\mu\text{mho/cm}$ lo cual podría deberse a que la tierra y las rocas en dicho punto hacen una descarga de iones especial en las aguas subterráneas que fluyen a través, y por encima de ella (Pérez Moreno & Prieto García, 2003). Además, Apaza & Calcina (2014), señalan que en época de estiaje (julio-octubre), en octubre se habrían registrado precipitaciones, siendo un factor que incrementa la CE debido a la presencia de gases de CO_2 y otros compuestos que emergen de la profundidad de los pozos.

Por otro lado, las muestras 4 y 9 con valores de 129 y 372 $\mu\text{mho/cm}$ demuestran los valores más bajos, indicando el nivel de salinización es menor y estarían estrictamente relacionados con la temperatura, es decir que mientras ésta disminuye la conductividad también disminuye (Duque & Rodríguez, 2010; Parihar, y otros, 2012)

4. Conclusiones

El agua analizada en 10 pozos de la comunidad de Mucra, la calidad microbiológica del agua subterránea puede clasificarse 4 pozos como aceptables y 6 pozos no aceptables. En la mayoría de pozos muestreados hay presencia de coliformes totales y fecales, que se encuentran por encima de lo establecido en Decreto Supremo N°031-2010-SA, ya que 6 de los pozos estudiados tienen una menor distancia letrina-pozo a lo establecido en la norma y 4 pozos es mayor la distancia por lo tanto la ubicación del pozo y la letrina es la adecuada. De acuerdo con los resultados, es muy probable que el aumento en la concentración de coliformes fecales y el pH, esté vinculado a la generación de lixiviados con el factor de distancia entre letrina y pozo, como también por el tipo de material de construcción de los pozos.

La calidad física del agua subterránea en función al número de parámetros no excedió los límites permisibles, es aceptable para la mayoría de los pozos analizados.

Las letrinas que están ubicadas en la comunidad no poseen ningún tipo de tratamiento, ni protección interna, de esta manera permite una filtración directa en el agua pozo, que los habitantes utilizan el agua del

pozo para su consumo, estos han estado exponiéndose a un deterioro progresivo de la salud, debido a que ellos desconocían la contaminación presente en el agua, ya que no le aplican ningún tipo de tratamiento antes de consumirla.

Finalmente, la caracterización de la calidad del agua en pozos artesanales representa un enfoque práctico a escala local para la estimación de riesgos por contaminantes de tipo físico y bacteriológico y de esta manera, poder implementar medidas sanitarias de acuerdo a las normas vigentes en las áreas identificadas.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, T., & Pacheco, J. (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 75-95.
- Anduro, J., Cantú, E., & Campas, O. (2017). Diagnóstico de la calidad sanitaria del agua de pozo en comunidades del Sur de Sonora, México. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, 3-4.
- Apaza, R., & Calcina, M. E. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, Puno. *Investigación Altoandina*, 56.
- Apella, M., & Araujo, P. (2014). Microbiología de agua. *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*, 42-44.
- APHA, AWWA, & WEF. (2012). *Standar Methods for the examination of water and wastewater*. . Washintong : 22 ED.
- Autoridad Nacional del Agua. (11 de Enero de 2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima.
- Carmena, D., & Crespo, F. (2007). Presence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocyst in drinking water supplies in northern Spain. *Redalyc*, 619. Obtenido de Redakyc.
- Cruz López, J., & Ramírez Aguilar, F. (2008). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de pozos artesanales y efluentes hídricos en la Costa de Chiapas (México). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 353.
- Cruz, J., & Ramírez, F. (2008). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de pozos artesanales y efluentes hídricos en la Costa de Chiapas (México). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 353.
- DS N° 031-2010-SA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima: Dirección General de Salud Ambiental.
- Duque, C., & Rogriguez, C. (2010). Causas de las variaciones de la conductividad eléctrica del agua subterránea en el acuífero Motril-Salobreña, España. *Geogaeta*, 1-4.
- Farias, L., & Pacheco, H. (2010). Gestión integral y adaptativa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas alto andinas. *Organización Mundial de la Salud*, 1-22.
- Figuroa, M. (2014). *La comunicación sobre medio ambiente en Prensa Libre, dos problemas específicos*,. Guatemala: Universidad Rafael Landívar de Guatemala.
- Galán, C., & Marmolejo, Y. (2003). Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. *Hidrobiológica*, 97-99.
- Kay, D., Lorna, F., & Bartram, J. (2002). Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environ Health Perspect*, 532-42.
- Leiva, P. J., Menjivar, J. F., & Orellana, R. A. (2013). *Determinación de Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli en el agua de los pozos artesanales del caserío el Guayabal, Cantón San Antonio Chavez, municipio y departamento de San Miguel antes y despues del tratamiento con hipoclorito de sodio al 0.5%*. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Ley N° 19300 . (2011). *Sobre Bases Generales del Medio Ambiente*. Chile: División Jurídica del Ministerio del Medio Ambiente.
- Mamani, E. (Abril de 2012). *Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea*. Obtenido de <http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2014/04/3.6.pdf>

- Moposita Chiluzia, A. D. (Mayo de 2015). "Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia de pasa del cantón ambato en el período diciembre 2014 - mayo 2015. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Mostert, E. (2003). *"The Challenge of Public Participation"*. USA: IWA Publishing.
- OMS. (2004). Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud. OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2015). *Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento: datos esenciales*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Orozco, M., & Ramírez, F. (2008). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas subterráneas de pozos artesanales y efluentes hídricos en la Costa de Chiapas. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 348-345.
- Parihar, S., Ajit, K., Gupta, R., Manoj, P., Archana, S., & Pandey, A. (2012). Physico-chemical and Microbiological analysis of underground water in and around Gwalior city, MP, India. *Research Journal of Recent Sciences*.
- Pérez Moreno, F., & Prieto García, F. (2003). Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. *Hidrobiología*, 2-3.
- Rebollo, L. (12 de Noviembre de 2016). *Hidrogeología*. Obtenido de Departamento de Geología- UAH: https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-67044/TAB42351/T7-Caracter%EDsticas%20f-q%20de%20las%20aguas%20subterr%E1neas.pdf
- Sánchez, J. A., Álvarez, T., Pacheco, J., Carrillo, L., & Amilcar González, R. (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 84-86.
- Sehar, S., Naz, I., Ali, M., & Ahmed, S. (2011). Monitoring of Physico-Chemical and Microbiological Analysis of Under Ground Water Samples of District Kallar Syedan, Rawalpindi-Pakistan. *Research Journal of Chemical Sciences*.
- Siddika, A., Khan, M., & Goldar, M. (2001). Microbiological analysis of tube-well water in a rural area of Bangladesh. *Appl. Environ. Microbiol.*, 7.
- Soares, D. (2006). "La descentralización en la gestión del agua potable: algunos logros, muchos fracasos y demasiado pendientes".
- Torres, V. (2010). Agentes patógenos transmitidos por alimentos. *Universidad de Guadalajara*, 11-37.
- Zamxaka, M., Pironcheva, G., & Muyima, N. (2004). Microbiological and physico-chemical assessment of the quality of domestic water sources in selected rural communities of the Eastern Cape Province, South Africa. *Water Sa*, 3.



Figura 3. Muestreo de agua en puntos seleccionados.



Figura 4. Análisis microbiológico

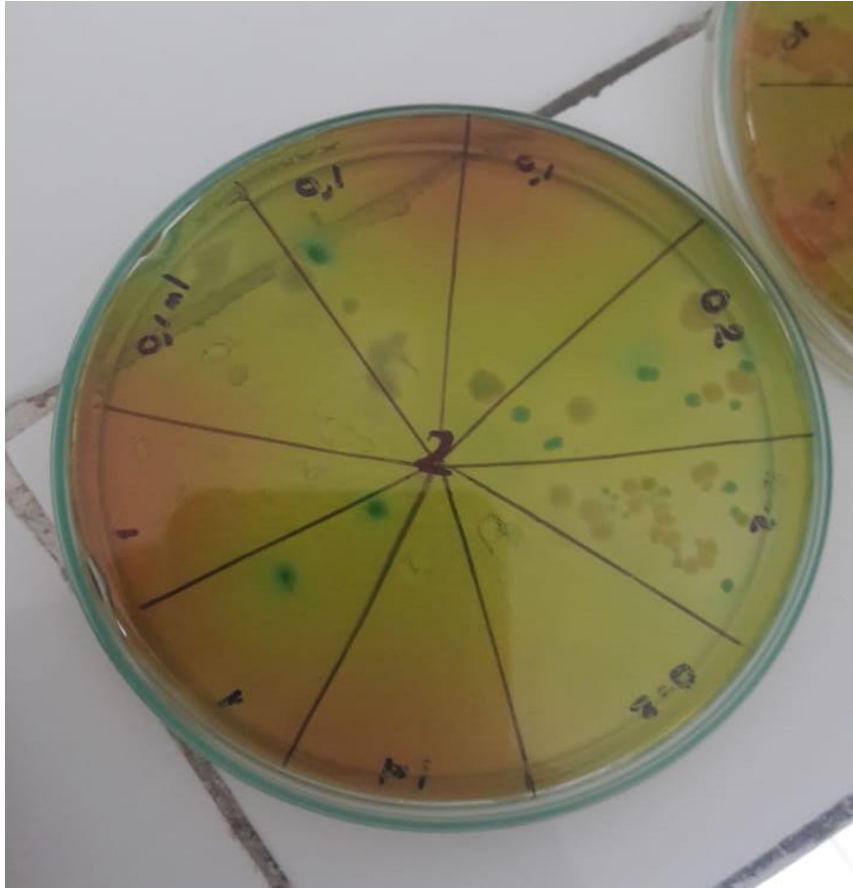


Figura 5. Análisis microbiológico