

# INFLUENCIA DE LAS LETRINAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN POZOS ARTESANALES DESTINADOS AL CONSUMO HUMANO

## Influence of latrines on water quality in artisanal wells intended for human consumption

**Yennyfer Nicolý Cuyo Roque<sup>1</sup>, Mary Luz Derma Ugarte Huayta<sup>2</sup>**

*<sup>a</sup>EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión*

---

### RESUMEN

La investigación se realizó en la urbanización Ciudad de los andes, del distrito de San Miguel. El objetivo de este artículo es evaluar la influencia de las letrinas sobre los parámetros microbiológicos de los pozos artesanales de agua para consumo humano. Las muestras se realizaron en 5 pozos de agua, ubicados en zonas representativas del área de estudio, los análisis microbiológicos fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Peruana Unión. En el aspecto microbiológico se realizó la cuantificación de carga microbiológica de coliformes totales 317, (UFC/100mL) por el método de filtración por bomba de vacío; de acuerdo a los resultados, superan los límites máximo permisible de parámetros de calidad de agua para consumo humano que nos indica que sobrepasan, este resultado confirma que el 75.3% revelan la existencia de influencia significativa de las letrinas en la calidad microbiológica del agua subterránea; éstos pozos de agua se encuentran entre 4.7 m -10.5m de distancia de las letrinas más cercanas, esto demuestra que la presencia de una letrina representa una amenaza de mayor contaminación microbiológica en el agua, el nivel piezométrico fluctúa entre 3818.25 m.s.n.m. y 3832.5 m.s.n.m. con un flujo de drenaje que se expande a la zona. Por lo tanto se concluye que las aguas subterráneas en el área de estudio no son aptas para el consumo humano.

*Palabras clave: Agua subterránea; calidad del agua; bacteriología; parámetros fisicoquímicos.*

---

## **ABSTRACT**

The research was carried out in the Ciudad de los Andes urbanization, in the San Miguel district. The objective of this article is to evaluate the influence of latrines on the microbiological parameters of artisanal water wells for human consumption. The samples were taken in 5 water wells, located in representative areas of the study area, the microbiological analyzes were carried out in the laboratories of the Universidad Peruana Unión. In the microbiological aspect, the quantification of the microbiological load of total coliforms 317 (CFU/100mL) was carried out by the vacuum pump filtration method; According to the results, they exceed the maximum permissible limits of water quality parameters for human consumption that indicate that they exceed, this result confirms that 75.3% reveal the existence of significant influence of latrines on the microbiological quality of groundwater; These water wells are located between 4.7 m -10.5 m away from the nearest latrines, this shows that the presence of a latrine represents a threat of greater microbiological contamination in the water, the piezometric level fluctuates between 3818.25 m.a.s.l. and 3832.5 m.a.s.l. with a drainage flow that expands to the area. Finally, it is concluded that the groundwater in the study area is not suitable for human consumption, which is why the constant flow hypochlorinator disinfection treatment for underground wells is recommended.

*Keywords: Groundwater; water quality; microbiological parameters physicochemical parameters.*

---

## **1. INTRODUCCIÓN**

El agua es un recurso vital que cumple una función indispensable para sustentar la vida y apoyar diversas actividades humanas, desde la agricultura hasta el consumo doméstico. (Garay, 2024) Aunque el agua es el elemento más frecuente en la tierra, únicamente el 2.53 % del total es agua dulce y el resto es agua salada, siendo gran parte de esta agua subterránea, y propensa a contaminarse. (Panca, 2021)

El agua subterránea, a pesar de ser una fuente de abastecimiento crucial para comunidades rurales sin acceso a sistemas de saneamiento básico, presenta un riesgo latente de contaminación por diversos agentes, tanto de origen natural como antropogénico (Escobar, 2024). Esta contaminación puede manifestarse a través de patógenos microbianos, sustancias químicas y otros contaminantes que se propagan a través del acuífero por el proceso de filtración (Orozco & Ramírez, 2008).

La contaminación del agua subterránea tiene efectos de gran alcance en la salud humana y la calidad de vida en una comunidad, como el cólera, la fiebre tifoidea, la hepatitis A, la disentería y otras enfermedades transmitidas por el agua (Escobar, 2024). La utilización de este tipo de agua que presenta una deficiente calidad es causante de muchas enfermedades asociadas a infecciones bacterianas el agua de pozos subterráneos no está libre de contaminantes y los parámetros que indican la contaminación son turbidez, olor y microorganismos. (Gutiérrez & Linares, 2018).

La evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea resulta fundamental previo a su consumo humano en zonas rurales. mitigación de riesgos requiere una acción gubernamental coordinada (Carmena & Crespo, 2007), impulsando investigaciones ambientales que determinen la vulnerabilidad de los

acuíferos a la contaminación fecal proveniente de letrinas, particularmente en sistemas de abastecimiento basados en pozos artesanales (Mostert, 2003)

Es indispensable que la ubicación de una letrina sea mayor a 20 metros de una fuente de agua subterránea dado que esta puede alterar las características del agua, sin embargo, las letrinas situadas en el área de estudio se encuentran entre 4.7 metros a 10.5 metros de distancia a sus pozos subterráneos que naturalmente usan para su consumo, siendo inevitable la contaminación de estos acuíferos.(Farias & Pacheco, 2010)

Soares (2006) argumenta que la resolución de las complejas problemáticas en áreas rurales demanda una estrategia de gobernanza colaborativa. Es crucial, por tanto, llevar a cabo un diagnóstico socio-ambiental participativo que, mediante estudios de vulnerabilidad e investigación aplicada, identifique los riesgos para la salud pública asociados a la contaminación fecal de acuíferos por proximidad de sistemas de saneamiento inadecuados (Mostert, 2003).

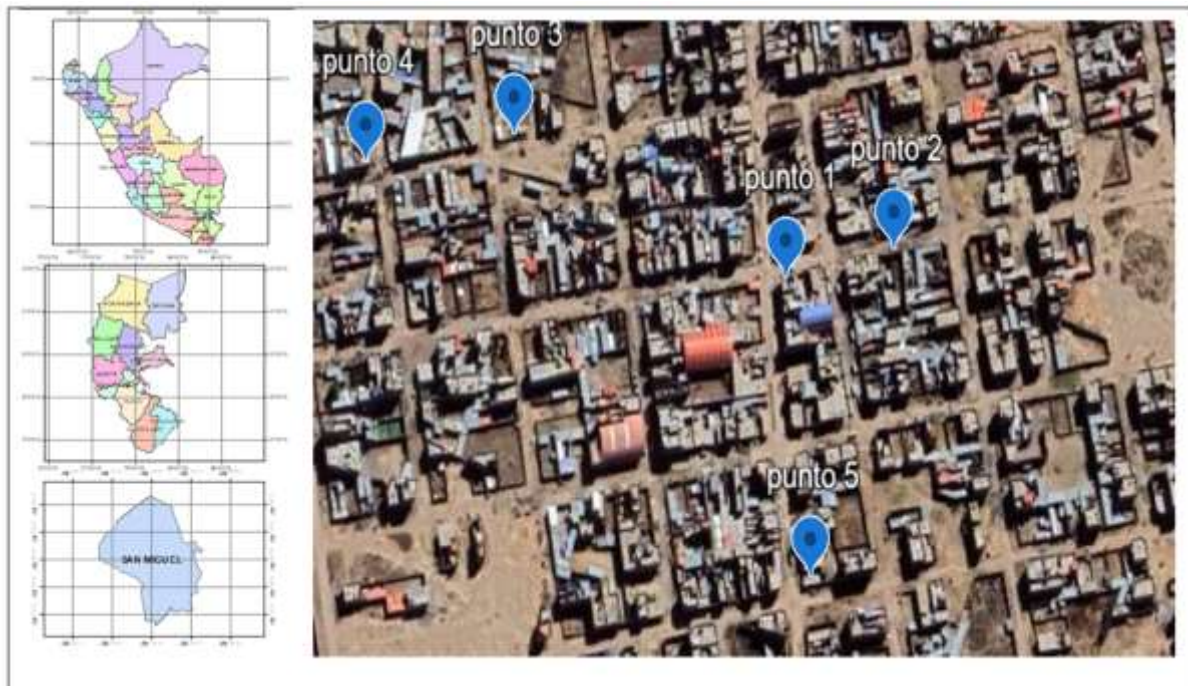
El objetivo de este artículo es evaluar la influencia de las letrinas sobre los parámetros microbiológicos de los pozos artesanales de agua para consumo humano, de la Urb: Ciudad de los andes del distrito San miguel con la finalidad de identificar posibles riesgos a la salud y la calidad del agua de la urbanización.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***2.1. Área de Estudio***

El área de estudio se ubica en la urbanización (ciudad) del los andes del distrito 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*



*Fuente:* Elaboración propia

## **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).

El estudio se llevó a cabo durante un periodo de tres meses, desde abril hasta junio, con un total de cuatro visitas programadas. De acuerdo a Callo (2019). Para la recopilación de datos, se diseñó y aplicó una ficha de caracterización de pozos y letrinas en toda la zona de estudio, este proceso permitió la identificación de cinco pozos.

Se seleccionaron cinco pozos como puntos de muestreo (Tabla 1), utilizando un muestreo no probabilístico basado en criterios discrecionales.

**Tabla I.** Puntos de muestreo de pozos artesanales

| Punto | Tipo de Pozo | Profundidad de pozo | Distancia del pozo a la Letrina(m) | Coordenadas UTM    |
|-------|--------------|---------------------|------------------------------------|--------------------|
| 1     | Artesanal    | 15 m                | 10.5 m                             | -15.4613_ -70.1245 |
| 2     | Tubular      | 12 m                | 5.4 m                              | -15.4614_ -70.1247 |
| 3     | Anillado     | 9 m                 | 6.3 m                              | -15.4600_ -70.1272 |
| 4     | Artesanal    | 17m                 | 8.9 m                              | -15.4611_ -70.1238 |
| 5     | Artesanal    | 11m                 | 4.7 m                              | -15.4628_ -70.1243 |

*Nota: Sin tratamiento pozos con letrinas*

*Fuente: Elaboración propia*

### **2.3. Materiales y equipos**

La recolección de muestras se desarrolló empleando los siguientes materiales de campo: guantes de nitrilo, libreta de campo, cámara fotográfica digital, chaleco de seguridad, nevera portátil, frasco de vidrio esterilizado, receptor GPS de mano, cinta métrica. En el laboratorio, se utilizaron materiales como bureta, pipetas graduadas, dosificador de agua destilada, matraces volumétricos de 100 ml, tubos de ensayo, placas Petri, autoclave de vapor, incubadora de temperatura controlada, contador de colonias modelo 570 Suntex, frasco Erlenmeyer, bomba de vacío, tubo de cloruro de polivinilo de 5 pulgadas de longitud y 70 cm de diámetro sin tapa ni base, envases de polietileno de alta densidad, termómetro digital, cronómetro, cordón de nylon, receptor GPS de mano (GARMIN - Montana 650) y un multiparámetro portátil (HACH HG40d).

**Tabla II.** Criterios de toma de muestras de agua según los parámetros

| Parámetros              | Tipo de frasco | Volumen de muestra | Preservación           | Tiempo de almacenamiento |
|-------------------------|----------------|--------------------|------------------------|--------------------------|
| Potencial de Hidrogeno  | Vidrio         | 1/Litro            | Refrigerado a 4 °<br>C | 24 hrs                   |
| Turbidez                | Vidrio         | 1/Litro            | Refrigerado a 4 °<br>C |                          |
| Conductividad eléctrica | Vidrio         | 1/Litro            |                        |                          |
| Dureza                  | Vidrio         | 1/Litro            |                        |                          |
| Coliformes totales      | Vidrio         | 1/Litro            |                        |                          |

*Fuente: Elaboración propia*

#### **2.4. Toma de muestras**

La selección de los puntos de muestreo se basó en la ubicación de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano (pozos) y en el número de muestras a recolectar, considerando un análisis previo de la accesibilidad y medios de transporte hasta el punto de muestreo. Se tomó en cuenta el uso actual y futuro de las fuentes de agua, teniendo en cuenta la población que las consume (APHA, AWWA, & WEF, 2012). Para el registro preciso de la información de los puntos de muestreo, se utilizaron coordenadas UTM obtenidas mediante un sistema de posicionamiento satelital (GPS), garantizando así la ubicación exacta de cada punto (Panca, 2021).

#### **2.5. Análisis de coliformes totales**

Las concentraciones de coliformes totales y *Escherichia coli* se midieron utilizando métodos de filtración por membrana. Estos microorganismos pueden ser indicadores de contaminación por desechos humanos y animales (Panca, 2021). El análisis de los parámetros bacteriológicos de las muestras de agua del área de estudio se llevó a cabo en el "laboratorio de saneamiento ambiental de la Universidad Peruana Unión", utilizando el método del número más probable (NMP) establecido por la norma mexicana. Los análisis de coliformes totales se realizaron mediante recuento con diluciones seriadas a  $10^{-3}$  en tubos con caldo peptonado a concentración simple, inoculadas en placas Petri con agar brillante e incubadas durante 24 horas a 35°C (APHA, AWWA, & WEF, 2012).

## ***2.6. Análisis físicoquímicos***

Los análisis físicoquímicos se llevaron a cabo siguiendo la metodología estandarizada descrita en los "Métodos Normalizados para Análisis de Aguas: APHA, AWWA (2012)". Los parámetros analizados fueron: pH, conductividad eléctrica, turbidez y dureza. Estos análisis permitieron determinar las características físicas y químicas del agua, tanto en disolución como en suspensión. Los resultados obtenidos reflejan la calidad del agua, permitiendo verificar el cumplimiento de las normativas vigentes para garantizar su aptitud para el consumo humano (Panca, 2021).

## ***2.7. Medición de distancias contiguas a las letrinas humanas***

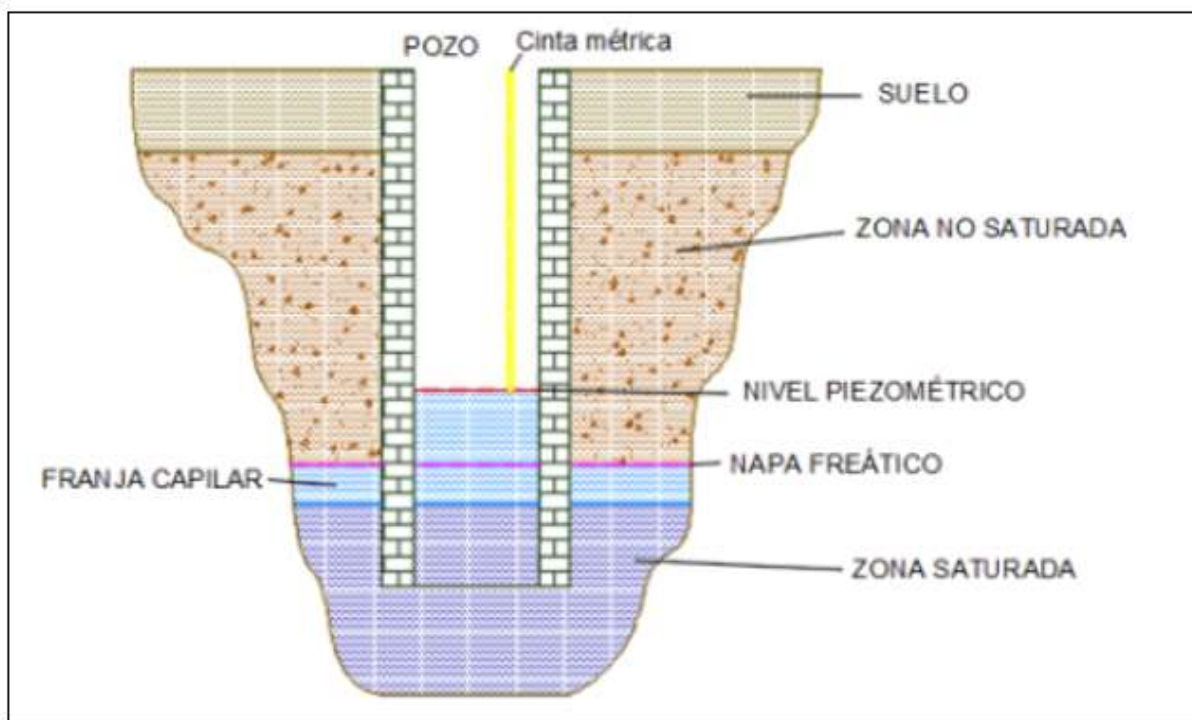
Para alcanzar el objetivo de evaluar la influencia de las letrinas en relación de las distancias contiguas a los pozos de agua y la calidad microbiológica del agua subterránea, se recogió información tomando en cuenta la ubicación específica de los pozos según el ámbito de estudio y la distribución de los pozos de agua, donde se ha tomado en cuenta el principio de representatividad en el cual se evaluaron 5 pozos



artesanales del área de estudio, de tal manera se realizó mediciones de longitud en unidades de sistema internacional, desde los pozos de agua hasta las letrinas humanas, asumiendo el criterio de los pozos con distancias más próximas a las letrinas (Dawairo et al., 2006).

### **2.8. Medición de nivel piezométrico**

Un pozo en un acuífero confinado, el agua se descomprime y asciende por la entubación hasta alcanzar una posición situada por encima del techo del acuífero (figura 2), la altura (cota absoluta sobre el nivel del mar) que alcanza el agua se denomina nivel piezométrico (Constantin et al., 2017), entonces las mediciones de la profundidad se realizaron a la altura del nivel piezométrico (Ravenscroft et al., 31 2017), tomando en cuenta la profundidad de cada pozo evaluada y además asumiendo que cada pozo tiene diferentes niveles piezométricos.



*Fig. 2: Detalle esquemático de la medición del nivel piezométrico*

*Fuente: Nivel piezométrico (Constantin et al., 2017)*

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1. Análisis de coliformes totales

**Tabla III.** Resultados de los coliformes totales y Comparación de límite máximo permisible de parámetros microbiológicos

| Parámetros            | Unidad                | Mínima | Máxima | Media  | Desviación<br>estándar | Estándares<br>Nacionales<br>DICESA*<br>(2011) | Estándares<br>Internacion<br>al<br>OMS (2012) |
|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Coliformes<br>totales | UFC/100<br>mL a 35 °C | 108    | 317    | 222-00 | 91.8                   | 0                                             | 0                                             |

\* Límite máximo permisible de parámetros de calidad de agua para consumo humano.

En la Tabla 3 se muestra que el 100% de los resultados de coliformes totales superan los límites máximos permisibles establecidos para la calidad del agua destinada al consumo humano, de acuerdo con los estándares nacionales (DIGESA/Ministerio de Salud, 2011). Esto es preocupante, ya que, según la OMS (2011), las poblaciones de coliformes son indicadores de contaminación patogénica. En este sentido, se destaca que los coliformes totales que presentan valores superiores a 100 UFC/100 mL plantean riesgos significativos para la salud de los seres humanos (Muzenda, Masocha, & Misi, 2019).

Además, este resultado se asemeja a lo señalado por Apella y Araujo (2014), quienes indican que el pH óptimo para el crecimiento microbiológico de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) se encuentra entre 5 y 9. Por lo tanto, los valores obtenidos en este estudio respaldan dicha afirmación, sugiriendo que las condiciones del agua pueden favorecer el crecimiento de estos microorganismos.

Por otra parte, de acuerdo con las directrices de la OMS (2012), es crucial que el 100% de los resultados de coliformes totales presenten un valor de 0 UFC/100 mL para que el agua sea considerada segura para el consumo humano (Dzwairo et al., 2006).

## 5.2. Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos

**Tabla VI.** Resumen de estadístico de los parámetros fisicoquímicos

| Parámetros              | Unidad | Mínima | Máxima | Media   | Desviación estándar | Estándares Nacionales DICESA* (2011) | Estándares Internacion al OMS (2012) |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Potencial de hidrogeno  | -      | 7.7    | 8.4    | 8.4     | 0.3                 | 6.5-8.5                              | 6.5-8.6                              |
| Turbidez                | -      | 1.74   | 10.39  | 4.9     | 3.1                 | 1                                    | 1                                    |
| Conductividad eléctrica | µS/cm  | 847    | 1845   | 1016.00 | 406.2               | 1500                                 | 1500                                 |
| Temperatura             | °C     | 15.1°C | 19.5°C | 16.23   | 0.29                | -                                    | -                                    |

\* Límite máximo permisible de parámetros de calidad de agua para consumo humano

En tabla 4 nos muestra los resultados parámetros fisicoquímicos, iniciamos con el pH osciló entre 7.7 y 8.4, valores que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según estándares nacionales e internacionales (Abdalla & Khalil, 2018). Si bien la mayoría de los puntos mostraron una tendencia alcalina con una media de 8.2 y una desviación estándar de 0.3 pH, Dzwairo et al. (2006) sugieren que esta alcalinidad podría estar relacionada con la presencia de amonio-nitrógeno,

posiblemente proveniente de la orina de letrinas de pozo. Adicionalmente, la temperatura del agua osciló entre 15.1 °C y 19.5 °C.

En segundo lugar, la turbiedad presentó valores entre 1.75 y 10.39 NTU, con una media de 4.9 NTU y una desviación estándar de 3.1 NTU. Es importante destacar que el 100% de los puntos de monitoreo registraron valores superiores a los límites máximos permisibles según estándares nacionales e internacionales.

Por último, la conductividad eléctrica (CE) varió entre 847 y 1845  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con una media de 1016.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y una desviación estándar de 406.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estos valores superan significativamente los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud para el agua potable (Kayembe et al., 2018). El valor máximo registrado (1662  $\mu\text{mho}/\text{cm}$ , equivalente a 1662  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), coincide con lo reportado por Pérez Moreno & Prieto García (2003), quienes atribuyen valores elevados de CE a la descarga de iones desde la tierra y las rocas en las aguas subterráneas. Finalmente, Apaza & Calcina (2014) señalan que las precipitaciones, especialmente en épocas de estiaje (julio-octubre), como las registradas en octubre, pueden incrementar la CE debido a la presencia de  $\text{CO}_2$  y otros compuestos que emergen de las profundidades de los pozos.

#### **4. CONCLUSIONES**

Los hallazgos de este estudio confirman que las letrinas son una fuente puntual de contaminación de las aguas subterráneas en los pozos artesanales del área investigada, teniendo un impacto directo en la calidad del agua del acuífero. La evaluación de la calidad del agua en los pozos artesanales de la urbanización Ciudad de Los Andes, en el distrito de San Miguel en Puno, revela que los parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados superan los Estándares de Calidad Ambiental

(ECA) establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Los resultados muestran que el pH de los pozos oscila entre 7.7 y 8.4, la temperatura varía de 15.1°C a 19.5°C, la conductividad eléctrica se encuentra entre 847 uS/cm y 1845 uS/cm, y la turbidez varía de 1.74 a 10.39, indicando que supera los valores máximos permitidos.

En todos los pozos muestreados se detectó la presencia de coliformes fecales en concentraciones que excedían los estándares de salud vigentes. Las variaciones observadas en la mayoría de los parámetros analizados se atribuyen principalmente a las filtraciones provenientes de las letrinas.

Para garantizar la potabilidad del agua en los pozos de la urbanización Ciudad de Los Andes, se propone la implementación de un sistema de desinfección por hipercloración de flujo constante. Este sistema consiste en la dosificación continua de cloro en el agua mediante un clorador de flujo constante, con el objetivo de eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua. Se busca lograr un flujo constante de 1600 gotas/día (equivalente a 80 mililitros) de solución clorada dentro del tanque de almacenamiento de agua potable.

## 5. REFERENCIAS

Álvarez, T., & Pacheco, J. (2016). *Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México*. Tecnología y Ciencias del Agua, 75-95.

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 del agua. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, 42-44.

Abdalla, F., & Khalil, R. (2018). *urban area , Qus City , Upper Egypt. Journal of African Earth Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.02.016>

Constantin, D., Peptenatu, D., Pintilii, R., Andronache, I., & Constantin, C.-. (2017). Analysis of the Relationship Between the Piezometric Level and Urban Development in the Emerging Bucharest City , Romania, 190, 627–631. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.389>

Dzwairo, B., Hoko, Z., Love, D., & Guzha, E. (2006). Assessment of the impacts of pit latrines on groundwater quality in rural areas: A case study from Marondera district, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 31(15–16), 779–788. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2006.08.031>

DIGESA/Ministerio de Salud, D. G. de S. A. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. (F. 2011 MINSA, Ed.), Lima, Perú. (1ra ed.). Lima.

Escobar Molina, K. Y. (2024). *Concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de pozos del centro poblado de Vilcachile, Ilave, 2023*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Engström, E., Balfors, B., Mörtberg, U., Thunvik, R., Gaily, T., & Mangold, M. (2015). *Prevalence of microbiological contaminants in groundwater sources and risk factor assessment in Juba, South Sudan. Science of the Total Environment*, 515–516, 181– 187. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.023>

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.

Garay Velásquez, A. R. (2024). *Evaluación del índice de calidad del agua (ICA), en pozos subterráneos de tres centros educativos de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez - Ciudad de Juliaca – San Román*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Gutiérrez Sihui, N., & Linares Galindo, C. M. (2018). *Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del “Rio Chillón”, distrito de Puente Piedra*. (Tesis de pregrado). Universidad Maria Auxiliadora, Lima, Perú.

Kayembe, J. M., Thevenon, F., La, A., & Sivalingam, P. (2018). *International Journal of Hygiene and High levels of faecal contamination in drinking groundwater and recreational water due to poor sanitation , in the sub-rural neighbourhoods of Kinshasa , Democratic Republic of the Congo, (November 2017)*. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.003>

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 caserio 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*.

Muzenda, F., Masocha, M., & Misi, S. N. (2019). Groundwater Quality Assessment Using a Water Quality Index and GIS: A Case of Ushewokunze Settlement, Harare, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.02.011>

Orozco, H., & Ramírez, J. (2008). *Contaminación del agua subterránea: Una revisión*. Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 11(1), 1-12.

OMS. (2006). *Guía para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud. Tercera edición.*, Vol. 1, pág. 7. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00006-6)

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.

Pancca Mamani, E. (2021). *Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del distrito de Juliaca, San Román-Puno* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Ravenscroft, P., Mahmud, Z. H., Islam, M. S., Hossain, A. K. M. Z., Zahid, A., Saha, G. C., ... Islam, M. S. (2017). The public health significance of latrines discharging to groundwater used for drinking. *Water Research*, 124, 192–201. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.049>