

# Tratamiento de agua subterránea mediante la utilización de ósmosis inversa para consumo familiar en el sector Chuina, Morales-San Martín-2015

Ruiz Martínez, Ana I.<sup>1</sup>, Coronado Coronel, Marilin Y.<sup>2</sup>

Recibido 20 de setiembre de 2016, Aceptado 4 de octubre de 2016

*Received: September 20, 2016*

*Accepted: October 4, 2016*

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de obtener agua apta para consumo humano de una fuente subterránea, mediante la utilización de un sistema de ósmosis inversa. Se utilizó un diseño preexperimental con pre y post prueba. La metodología incluye la toma y análisis de muestras antes y después del tratamiento para evaluar los cambios con respecto a la concentración de contaminantes durante los meses de junio y noviembre del año 2015. Los parámetros analizados fueron: pH, conductividad eléctrica, salinidad, calcio, magnesio y bacterias heterotróficas. Los valores obtenidos después del tratamiento, para los meses considerados, no exceden los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S N.º 031-2010-SA. Se concluye que el sistema de ósmosis inversa es eficiente para la obtención de agua apta para consumo humano (potable).

**Palabras clave:** Agua para consumo humano, agua subterránea, ósmosis inversa, potable.

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión. ruizmartinezanaaisabel@gmail.com

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión. marilin.coronado.coronel@gmail.com

## ABSTRACT

This investigation was carried out with the objective of obtaining suitable water for human consumption from an underground source, through the use of a reverse osmosis system. It was used a pre-experimental design with a pre and post test. The methodology includes the collection and analysis of samples before and after the treatment in order to evaluate the changes in relation to the concentration of pollutants during the months of June and November in 2015. The analyzed parameters were: pH, electrical conductivity, salinity, calcium, magnesium and heterotrophic bacteria. The values obtained, for the months considered, after treatment do not exceed the Maximum Permissible Limits (MPL) established in the D.S N.° 031-2010-SA. It is concluded that the reverse osmosis system is efficient for the production of suitable water for human consumption (potable).

**Keywords:** Water for human consumption, underground water, reverse osmosis, potable.

## INTRODUCCIÓN

La escasez de agua es un concepto relativo y dinámico que, en la actualidad, se ha convertido en un problema mundial debido a la creciente demanda que ha venido sufriendo en los últimos años, motivada por el crecimiento demográfico, la extensión de las áreas de cultivos y el desarrollo de diferentes actividades económicas. Este problema también se extiende a la calidad del agua disponible que ha venido disminuyendo debido a su uso irracional, produciendo contaminación de fuentes hídricas superficiales, además de conllevar la sobreexplotación de acuíferos. Todo esto ha contribuido a incrementar los problemas de salud, asociados a la poca disponibilidad o falta de agua potable (FAO, 2013).

Una gran cantidad de habitantes en nuestro país tienen muchas dificultades para acceder a servicios de saneamiento básico; especialmente de agua potable. Esta gran preocupación aumenta, debido a que existe un incremento de enfermedades por consumir agua contaminada que no reciben ningún tratamiento, y pocas son las familias que logran desinfectarla por algún medio casero, como es agregar cloro o simplemente hervirla. El último censo en el Perú, realizado en el año 2007, registra que solo el 67,5% de los hogares cuenta con agua potable, lo que significa que el 32,5% carece de este servicio y, en su mayoría, es la población que pertenece a las zonas rurales (INEI, 2010).

El sector Chuina no cuenta con un servicio de agua potable, los pobladores utilizan el agua subterránea para su consumo poniendo en riesgo su salud, bienestar y calidad de vida. El motivo de esta investigación surge debido a que estas son aguas que no se les realiza ningún tipo de tratamiento, ni monitoreo ambiental que incluya análisis físicos, químicos y biológicos, por lo que se hace necesario la realización de un estudio que permita determinar su calidad y que sirva como línea base para el control y tratamiento, ya que estas son susceptibles a ser contaminadas por material orgánico que conllevan a la contaminación por microorganismos y sustancias químicas, producto de la escorrentía.

La salud involucra un estado de bienestar físico, mental y social que se manifiesta en un equilibrio entre el individuo y el ambiente, es así que el agua correctamente purificada juega un papel fundamental para la salud de todos los seres humanos (OMS, 2006). La ósmosis inversa es el nivel más fino de filtración posible, puede describirse como un proceso de difusión controlada en que la transferencia de masa de iones, a través de la membrana, está controlada. Consecuentemente, este proceso puede llevar a la remoción de sales, durezas, patógenos, turbidez, compuestos orgánicos sintéticos, inorgánicos, pesticidas y la mayoría de los contaminantes del agua conocidos hoy en día.

La presente investigación se realizó con el objetivo de obtener agua apta para consumo humano de una fuente subterránea, mediante la utilización de un sistema de ósmosis inversa. Esta tecnología nos permite disfrutar de un agua pura, clara y de una gran calidad para cualquier tipo de consumo humano. El sistema de filtros y membrana consigue eliminar los niveles de metales pesados y sales minerales, tan perjudiciales para la salud, asimismo, filtra las partículas disueltas en el agua y mejora la composición causante de los olores y sabores (principalmente el cloro). El resultado de los análisis muestran que existe una gran diferencia entre una muestra y otra, por lo tanto, el sistema utilizado, en este caso el equipo de ósmosis inversa, ha sido efectiva para el tratamiento de agua subterránea ya que se pudo obtener agua apta para consumo humano (potable).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ámbito de estudio

El ámbito del estudio se concentra en el tratamiento de agua subterránea mediante la utilización de la tecnología de ósmosis inversa en el sector Chuina-Morales-San Martín. La zona rural Chuina pertenece al distrito de Morales, se encuentra ubicada en la selva alta de la amazonía peruana, en la jurisdicción del departamento de San Martín.

### Diseño de investigación

La presente investigación es preexperimental, cuenta con un diseño de preprueba y postprueba y esto lo señalan Hernández, Fernández y Baptista (2014) donde nos dicen que “a un grupo se le aplica una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo” (p. 141.)

### Muestra y método de análisis

El volumen de muestra total, por mes de estudio (junio y noviembre), fue de 2600ml, utilizados en partes iguales (1300ml) para realizar las evaluaciones de pre y post prueba. En la (Tabla 1) se detalla los métodos analíticos, el tipo de frasco y el volumen de muestra que se utilizó para cada parámetro:

**Tabla 1**  
*Técnicas de toma y análisis de muestra según parámetro evaluado.*

Parámetro	Método analítico	Tipo de frasco	Volumen de muestra (ml)
pH	Potenciometría	Plástico	100
Conductividad eléctrica	Potenciometría	Plástico	500
Salinidad	Potenciometría	Plástico	250
Calcio	Absorción atómica	Plástico	100
Magnesio	Absorción atómica	Plástico	100
Bacterias heterotróficas	APHA	Vidrio	250

*Fuente:* Elaboración propia, 2016.

## Metodología

El estudio se desarrolló en tres etapas: la primera de ellas consistió en la recopilación de información respecto al tema, la identificación del lugar (pozo subterráneo ubicado en sector Chuina que pertenece al distrito de Morales) y la elaboración del diagnóstico; la segunda etapa (experimental) estuvo comprendida por la toma de muestras antes y después del tratamiento, las mismas que fueron enviadas al Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) para los análisis físicos y químicos, y al Laboratorio Referencial Regional de San Martín para el caso de bacterias heterotróficas; en la tercera etapa se realizó las comparaciones de los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S N° 031-2010-SA “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), órgano técnico-normativo del Ministerio de Salud (MINSA) y posteriormente se elaboraron las conclusiones y recomendaciones.

## Técnicas, materiales y/o equipos

Los equipos utilizados en la presente investigación fueron: GPS para definir las coordenadas del lugar de estudio y para el proceso de tratamiento se utilizó un sistema de ósmosis inversa que está compuesto por un cartucho de filtro de carbón activado granular extrusionado de 5 micras de 2.5” de diámetro x 10”, cartucho filtro polipropileno de 1 micra de 2.5” de diámetro x 10”, un cartucho de filtro carbón activado en bloque bacteriostático, una membrana de poliácridamida de 75GDP (galones por día) y un tanque de almacenamiento de 9 litros.

También se utilizaron las siguientes técnicas, tales como: un análisis de caracterización del agua y parámetros de presencia-concentración de sustancias, entrevistas, uso de los software ArcGis y la aplicación Google Earth, observación directa de la zona de estudio, revisión de libros y el uso de la internet como herramienta para búsqueda de información referente al tema de investigación. Además, se utilizó un formato de campo, una cadena de custodia y los datos de pruebas de análisis (pre y post-prueba) como instrumento en la investigación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La (Tabla 2) contiene los resultados obtenidos de la pre y post prueba que corresponde al mes de junio. Se puede ver la variabilidad entre los parámetros analizados, destacando el valor de pH inicial (sin tratamiento que fue de 5.48 considerado ácido y esto se debe a que el agua presenta gran cantidad de especies iónicas que ejercen influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos como el amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, entre otros al como lo señala (Teves, 2016). Asimismo, la principal fuente del ion hidronio, en cuerpos de agua, es el ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) y sus varias formas disociadas son capaces de producir valores de

pH menores a 6.0 y cercanos a 5.0 en aguas no contaminadas (Casas, 2012), clasificación a la cual pertenece el agua subterránea utilizada para el presente estudio.

**Tabla 2**

*Contraste de valores de los parámetros analizados de la preprueba con la postprueba en el mes de junio*

Parámetros	Unidades	Preprueba	Postprueba	LMP
pH	Valor de pH	5.48	7.5	6.5 a 8.5
Conductividad eléctrica	µS/cm	98.1	20.02	1500
Salinidad	mg/L	44	1.02	Parámetro indicador
Calcio	mg/L	4.36	1.01	Parámetro indicador
Magnesio	mg/L	2.01	0.18	Parámetro indicador
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	250000	170	500

*Fuente:* Elaboración propia, 2016.

La (Tabla 3) contiene los resultados obtenidos de la preprueba (sin tratamiento) y la postprueba (con tratamiento) de la primera evaluación realizada en el mes de noviembre y nos muestra 6 parámetros diferentes que son de gran importancia para determinar si el agua es apta para consumo humano. Por otro lado, se puede ver la variabilidad entre los parámetros analizados como es el caso de la conductividad, el calcio y el magnesio que son responsables de la dureza del agua. En el caso de la salinidad se puede ver una gran diferencia entre la primera y segunda muestra, esto se debe a que el sistema empleado tiene la capacidad de retener gran cantidad de sales, responsable de provocar sabor en el agua.

**Tabla 3**

*Contraste de valores de los parámetros analizados de la preprueba con la postprueba en el mes de noviembre*

Parámetros	Unidades	Preprueba	Postprueba	LMP
pH	Valor de pH	6.8	7.05	6.5 a 8.5
Conductividad eléctrica	µS/cm	75.2	28.57	1500
Salinidad	mg/L	87.0	13.0	Parámetro indicador
Calcio	mg/L	3.1	1.7	Parámetro indicador
Magnesio	mg/L	0.9	0.2	Parámetro indicador
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	19000	170	500

*Fuente:* Elaboración propia, 2016.

Al analizar la calidad del agua, durante la preprueba, se determinó un valor de 44mg/L y 87 mg/L para la concentración de salinidad. De acuerdo con Fonseca y Vargas (2009) estas variaciones, en los niveles de salinidad, pueden ocurrir debido al cambio climático natural, al bombeo excesivo y las prácticas de riego que estimulan la precipitación de sólidos disueltos, como las sales en las tierras agrícolas; por lo tanto, teniendo en cuenta la naturaleza de la fuente de agua se puede corroborar dicha afirmación, ya que el lugar de estudio estuvo rodeado de cultivos, principalmente de arroz.

En el sistema de ósmosis inversa el índice de salinidad en el agua se logró disminuir a 1.0 mg/L y 13.0 mg/L en los meses de estudio. De acuerdo a García (2002) el método de ósmosis inversa en la remoción de salinidad puede lograr hasta un 97% de eficiencia, lo que significa que es altamente significativo para el tratamiento de este parámetro.

Con respecto a la conductividad eléctrica, en ambos meses de estudio, se logró una gran disminución. La conductividad se evalúa mediante la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, en una medida indirecta por la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (Goyenola, 2007).

## **CONCLUSIONES**

El resultado de los análisis muestran que existe una gran diferencia entre una muestra y otra, por lo tanto, el sistema utilizado en este caso el equipo de ósmosis inversa ha sido efectiva para el tratamiento de agua subterránea, ya que se pudo obtener agua apta para consumo humano (potable).

Los análisis de laboratorio físicos, químicos y microbiológicos, realizados tanto a la primera muestra (sin tratamiento) como a la segunda muestra (con tratamiento), nos ayudan a comprobar diferencias con respecto a la concentración de los parámetros evaluados.

El agua por ósmosis inversa es ideal. Se eliminan así, casi en su totalidad, sustancias contaminantes como nitratos, pesticidas, bacterias, virus, microbios, amianto, herbicidas, cal, mercurio, plomo y otros metales pesados, así como todo lo que está disuelto. La membrana ósmosis inversa permite el mayor filtrado; ningún otro filtro llega hasta este nivel.

Las membranas filtrantes son la clave y responsables de separar las impurezas del agua. Dichas membranas pueden considerarse como filtros moleculares. El tamaño de los poros de estos filtros-membranas es extremadamente reducido, por lo que

se requiere una presión considerable para hacer pasar cantidades de agua a través de ellas.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las personas que se abastecen con esta fuente de agua que realicen realizar un tratamiento previo antes de consumirla, puesto que tiene una gran cantidad de microorganismos capaces de generar algunas alteraciones en la salud.

Como una alternativa eficiente, para el tratamiento de agua, recomendaríamos el equipo de ósmosis inversa, ya que no requiere de ningún tipo de energía, funciona de manera rápida cuando tiene gran presión, el sabor del agua es buena, etc.

Aquellas personas que cuenten con un equipo de ósmosis inversas se recomienda que cuiden mucho los filtros, ya que cuando existe gran cantidad de sólidos suspendidos los poros se saturan de manera rápida, ocasionando la pérdida de su eficiencia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro especial agradecimiento al biólogo Henry Jave Concepción, al químico Meyer Obando Cerpa y al ingeniero Juan Eduardo Vigo Rivera por el tiempo dedicado a la asesoría y supervisión de los trabajos realizados correspondientes a los distintas etapas del proyecto, haciendo posible así realizar esta investigación.

## Referencias

- Casas, D. (2012). *Evaluación de la calidad del agua en el lago del parque Alameda Oriente*. México.
- FAO. (2013). *Afrontar la escasez de agua-un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Foncesa, N., & Vargas, C. (2009). *Evaluación de los riesgos de contaminación de los acuíferos pertenecientes al municipio de Mosquera*.
- García, M. (2002). *Desarrollo de un proceso de desalinización de aguas subterráneas salobres del valle del Yaqui, Sonora*.
- Goyenola, G. (2007). *Guía para la utilización de las valijas viajeras*. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición ed.). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- INEI. (2010). *Perú: Mapa del Déficit de Agua y Saneamiento Básico a Nivel Distrital, 2007*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- OMS. (octubre de 2006). Constitución de la Organización Mundial de la Salud. *Documentos básicos, suplemento de la 45ª edición*, 1-18.
- Teves, B. (2016). *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Caca, región Lima*. San Miguel, Perú.

## ANEXOS

