

Comparación entre un proceso de filtración simple y múltiple para tratar agua subterránea con alto índice de fierro (Fe+2) - Centro Poblado Alianza, San Martín, 2014

Betsabeth Padilla Macedo* ; Diana Leiva Sobrino*;
Patty Flores Chuquilin*

Recibido 5 de junio de 2015, aceptado 10 de julio de 2015
Received: June 5, 2015 Accepted: July 10, 2015

RESUMEN

La finalidad de esta investigación es evaluar los procesos de filtración para el tratamiento de aguas subterráneas con alto índice de metales procedente del Centro poblado Alianza-San Martín. Las variables de estudio fueron: tratamiento iónico simple (X1), tratamiento iónico compuesto (X2); como variable dependiente el índice de metales en agua subterránea (Y1). El tratamiento de filtración simple estuvo compuesto por un aluminosilicato denominado zeolita además de diferentes arenas y gravas; el tratamiento de filtración compuesta estuvo constituido por un lecho filtrante de carbón activado, biopolímero natural, arenas y grava. El tratamiento iónico simple permitió alcanzar un pH 6.8-6.9 y la disminución de la concentración de fierro (Fe+2) 0-0.06 mg/L en el agua; con el tratamiento iónico compuesto se logró un pH 7-7.1 y valores de 0-0.01 mg/L en la concentración de fierro (Fe+2), no obstante las propiedades organolépticas cambiaron debido al biopolímero natural que usó para la filtración compuesta. De acuerdo al análisis de ANOVA los resultados entre pre-prueba y post-prueba, presentan un nivel de significancia mayor a 0.05, indicando que existe una diferencia significativa entre ambos. Se concluye que ambos tratamientos de filtración iónica fueron efectivos; sin embargo el tratamiento con filtración compuesta logró estabilizar el pH y disminuir la concentración de fierro (Fe+2) con mayor eficiencia, por otro lado las propiedades organolépticas del agua se vieron alteradas.

Palabras clave: Filtración simple; filtración compuesta; zeolita; carbón activado; biopolímero.

* Estudiantes de Ingeniería Ambiental. Universidad Peruana Unión – Tarapoto.
Email: padilla.betsabeth@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate filtration processes for groundwater treatment with high levels of metals coming from Alianza-San Martin (a village in San Martin, Peru). The study variables were: simple ionic treatment (X1), compound ionic treatment (X2); as the dependent variable: the index of metals in groundwater (Y1). Simple filtration treatment consisted of an aluminosilicate called zeolite besides the different types of sand and gravel; compound filtration treatment consisted of an activated carbon filter bed, natural biopolymer, sand, and gravel. Simple ionic treatment enabled a pH 6.8-6.9 and decreased the concentration of iron (Fe + 2) 0-0.06 mg / L in water; with ionic compound treatment, we reached a pH 7-7.1 and decreased 0-0.01 mg / L of iron concentration (Fe + 2); however, the organoleptic properties changed due to the natural biopolymer used for the composite filtration was. According to ANOVA analysis, the results between pre-test and post-test, show a significance level greater than 0.05, indicating that there is a significant difference between the two. We conclude that both ionic filtration treatments were effective; however, compound filtration treatment successfully stabilized the pH and decreased the concentration of iron (Fe + 2) with greater efficiency, on the other hand, the organoleptic properties of water were altered.

Keywords: Simple filtration; compound filtration; zeolite; activated carbon; biopolymer.

INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es de vital importancia para la civilización porque supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por los seres humanos. A nivel global, el agua subterránea representa cerca de un 20% de las aguas dulces, que a su vez constituyen el 3% del total, el 80% restante está formado por las aguas superficiales, un 70% es hielo y el 11% representa el agua presente en ríos, lagos y arroyos (Rojas G., 2002).

El déficit del recurso hídrico en algunas de las zonas ha motivado al sector público a mirar el aprovechamiento de las aguas subterráneas mediante la construcción de pozos para el abastecimiento pero por presencia de metales, como el fierro procedimos a evaluar el proceso de filtración para el tratamiento de dichas aguas procedentes del Centro Poblado Alianza-San Martin. Dados los problemas nos orientamos al estudio de la eficacia entre dos procesos de filtración, uno simple y otro múltiple, para la remoción del fierro y otros metales así aprovechar las aguas subterráneas como sus bondades por el bajo riesgo microbiológico que presentan y por su disponibilidad. El fierro (Fe) en el agua natural proviene de la disolución de las rocas y minerales donde se encuentra contenido (Laborde, 2003). También puede incrementarse artificialmente, porque es muy utilizado en las industrias y existe la posibilidad de vertidos industriales ferrosos en el agua (Valencia E., 2010).

Materiales y Métodos

El diseño de la investigación fue experimental, en ella se estableció cuál de los tratamientos iónicos (simple o compuesto) era el más eficiente para la disminución del índice de fierro. Asimismo, se utilizó pre-pruebas y post-pruebas para analizar la evolución de los grupos antes y después del tratamiento experimental. En este caso se identificó que la investigación será de tipo exploratorio, descriptivo, comparativo y el enfoque es cuantitativo debido a la recolección y análisis de datos. Los análisis realizados en esta investigación fueron a nivel de laboratorio, en los parámetros de pH y Fe. El estudio se desarrolló en cuatro etapas. Recopilación de bibliografía existente respecto al tema e identificación del lugar de estudio, el cual corresponde al pozo subterráneo "Flores", ubicado en el Centro Poblado Alianza, entre las coordenadas geográficas 358752 N, 9323056 O, en la Provincia de Lamas, Departamento de San Martín, Perú. Esta localidad se encuentra a 88 Km de la ciudad de Tarapoto. Se procedió a la toma de muestras, las cuales presentaron propiedades organolépticas óptimas y se realizaron los siguientes análisis en campo, pH, T°, conductividad y la determinación de calcio y magnesio, así mismo se desarrolló los respectivos procesos de conservación de muestras antes de ser llevadas al laboratorio. En laboratorio se realizaron análisis fierro (Fe+2) en la muestra obtenida. Se llevó a cabo la experimentación con el uso de un sistema de filtración simple y otro con filtración compuesta para disminuir la concentración de metales en el agua. Después de ejecutar la experimentación se realizaron comparaciones de los resultados obtenidos, se analizó cuál de los tratamientos fue el más efectivo, se elaboraron las conclusiones y recomendaciones. Los equipos utilizados en la presente investigación fueron: pHmetro, multiparámetro, fotómetro y GPS. Para el proceso de filtración simple se utilizó: esponja, arena fina (0,063 y 2 milímetros), arena gruesa (4.75-2mm), grava y zeolita de tipo clinoptilolita. En la filtración compuesta se emplearon los siguientes materiales: papel filtro, esponja, arena fina (0,063 y 2 milímetros), arena gruesa (4.75-2mm), grava, carbón activado y biopolímero a base de plátano.

Así mismo se utilizaron las siguientes técnicas: Análisis de caracterización del agua y parámetros de presencia-concentración de sustancias, entrevistas, uso de los software ArcGIS y la aplicación Google Earth, uso del software SSPS 20, observación directa de la zona de estudio, revisión de libros virtuales referente al tema de investigación, y el uso de la internet como herramienta para búsqueda de información referente al tema de investigación. Además se utilizó una hoja de campo y los datos de pruebas de análisis (pre-prueba y post-prueba) como instrumento en la investigación.

Resultados y Discusión

Pre-prueba

Al analizar la calidad del agua durante la pre-prueba, se determinó un valor de 0.88 mg/L para la concentración de hierro ($\text{Fe}+2$)[†], además se identificó que este elemento estaba relacionado con el pH ácido que presentaba el agua (pH 4.5). De acuerdo a Mcfarland & Dozier (2010) las aguas subterráneas tienen mayores concentraciones de hierro ya que la materia orgánica del suelo absorbe el oxígeno disuelto del agua, normalmente las aguas con gran carga orgánica suelen tener más hierro produciéndose así asociaciones y complejos entre ellos cuya eliminación y potabilización puede ser problemática. “Las aguas de pozos contienen mayores concentraciones de Fe y Mn que las aguas superficiales, debido al bajo pH (alta concentración de CO_2) y al escaso contenido de oxígeno disuelto” (Avendaño, 2005).

Tabla 1.

Resultados de la pre-prueba

Parámetro	Unidades	Pre-prueba	ECA-Agua**
pH		4.50	6.5-8.5
Temperatura	°C	28.40	
Hierro	mg/L	0.88	0.3

** Estándares de Calidad de Agua (DS- 002-2008-MINAM).

Fuente: Elaboración propia

Post-prueba

Filtración simple

En el proceso de filtración simple, cuyo componente principal fue la zeolita, el índice de hierro en el agua se logró disminuir a 0.06 - 0.00 mg/L. Se estabilizó el pH del agua, alcanzando un valor de a 6.9, el cual se encuentra dentro de los Estándares de Calidad de Agua (DS- 002-2008-MINAM).

Tabla 2

Resultados post-prueba del filtro simple

Parámetro	Unidades	Post-Prueba Filtro simple	ECA-Agua**
pH		6.90	6.5-8.5
Temperatura	°C	28.20	-
Hierro	mg/L	0.06-0.00	0.3

Fuente: Elaboración propia

† En las condiciones habituales de pH (4,5 y 9), el hierro soluble está presente generalmente en estado ferroso ($\text{Fe}+2$).

Los resultados obtenidos en la post prueba con el uso del filtro simple se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua establecidos por la normativa nacional.

De acuerdo a Vizcaino (1998) las zeolitas permiten llevar a cabo tratamientos de aguas, de una forma mucho más eficiente y económica que otros materiales conocidos para estos efectos. El hierro presente en las fuentes de agua subterráneas pueden ser removidos mediante un proceso no convencional de adsorción que utiliza zeolita natural tipo clinoptilolita recubierta con óxidos de manganeso, el cual se lleva a cabo en una columna de adsorción idéntica a un simple sistema de filtración (Piña, Rivera, & Antonio, 2005). “Adicionando adecuadamente zeolitas naturales en sus diversas modificaciones catiónicas en los sistemas de filtración, se pueden alcanzar niveles de purificación de aguas bastante notables, y lograr la eliminación de materiales, como hierro, cromo, entre otros” (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2008).

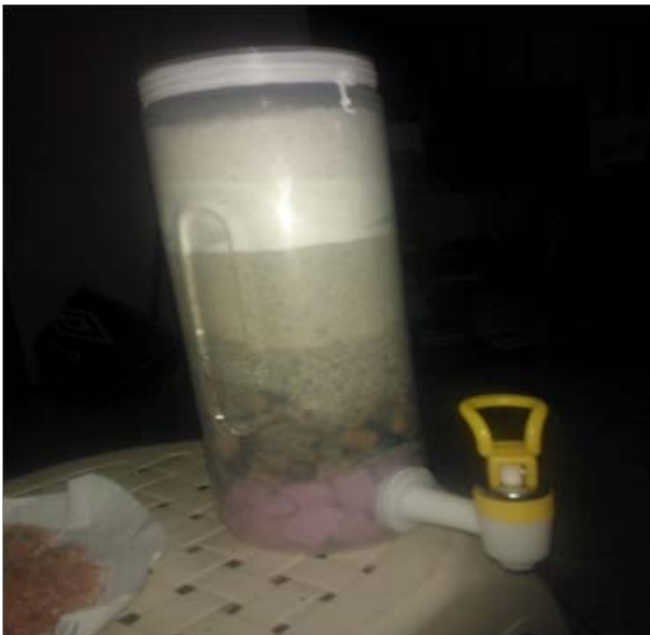


Figura 1. Filtración simple

Filtración compuesta

En el caso del filtro compuesto, el nivel de hierro en el agua se disminuyó a 0.00 mg/L. Además se obtuvo un pH neutro (pH 7), lo cual es recomendable para aguas de consumo humano.

Tabla 3*Resultados post-prueba del filtro compuesto*

Parámetro	Unidade	Post-Prueba Filtro compuesto	ECA-Agua**
pH		7.0	6.5-8.5
Temperatura	°C	28.2	-
Hierro	mg/L	0.00	0.3

** Estándares de Calidad de Agua (DS- 002-2008-MINAM).

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de la post prueba con el uso de filtro compuesto, el agua también se encuentra de los Estándares de Calidad de Agua; sin embargo, las propiedades organolépticas del agua filtrada se vieron afectadas, “en los filtros lentos, lo más efectivo es usar exclusivamente arena; no es recomendable el uso de materiales putrescibles” (Ramalho, Jiménez Beltrán, & Lora, 1996). Para este caso, es necesario tomar en cuenta que, “un poco de materia orgánica disuelta, presente en todas las aguas naturales puede ocupar lugares en las superficies de carbón y con ello excluir los contaminantes de interés” (Fernandez R., 2009). Este problema en filtros de carbón es mitigado en nuestro caso, por los “procesos unitarios de la grava y filtro de arena que actúan para eliminar una parte sustancial de materia orgánica disuelta en el agua de la fuente antes de que se encuentre con el carbón” (Garzon J., 2012). “El principio es lograr un alto nivel de tratamiento antes del filtro de carbón, con el fin de "salvar el carbón" para la eliminación de compuestos problemáticos disueltos que pasan a través de las etapas de tratamiento anteriores” (Schön & Tenório, Jorge Alberto Soares, 1996). No obstante, pese a usar múltiples capas de filtración, además de diez capas de papel filtro de diferente grosor; no se pudo controlar el arrastre de la resina del biopolímero, por ello las propiedades organolépticas se vieron afectadas.



Figura 2. Filtración compuesta

Prueba de resultados

Tabla 4.

Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	52.128	1	52.128	422.434	.002
Intra-grupos	.247	2	.123		
Total	52.375	3			

Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre la pre-prueba y post prueba muestra ser significativa, debido a que muestra un nivel de significancia menor a 0,05.

Tabla 5*Anova*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1680.590	1	1680.590	1.454	.351
Intra-grupos	2312.000	2	1156.000		
Total	3992.590	3			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de ANOVA, se pudo identificar un nivel de significancia mayor a 0.05, esto indica que la diferencia entre el filtro simple y filtro compuesto no es significativa.

Conclusiones

Se concluye que ambos tratamientos de filtración iónica fueron efectivos; se realizó la prueba de ANOVA donde se identificó un nivel de significancia mayor a 0.05, indicando que existe una diferencia significativa entre pre-prueba y post-prueba para ambos filtros. Podemos añadir que el tratamiento con filtración compuesta logró estabilizar el pH y disminuir la concentración de hierro (Fe+2) levemente con mayor eficiencia, por otro lado las propiedades organolépticas del agua se vieron alteradas debido al biopolímero natural. No obstante, al comparar la efectividad entre los dos procesos de filtración se pudo identificar un nivel de significancia mayor a 0.05, esto indica que la diferencia entre el filtro simple y filtro compuesto no es significativa.

Recomendaciones

El presente estudio abre paso a nuevas investigaciones, es necesario realizar un estudio en base al uso de un sistema de encapsulamiento de resina, con lo cual se podría evitar el arrastre del biopolímero, evitando así afectar las propiedades organolépticas.

Referencias

- Avendaño, N. (2005). Remoción de hierro (Fe) y manganeso (Mn). Retrieved from <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Remoci%C3%B3n de Hierro y Manganeso.pdf>
- Fernandez R. (2009). Construcción de un Sistema de Tratamiento de Agua de Barreras Múltiples Usando Materiales Locales. *SciELO*, 5(1). Retrieved from <http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/water-system-handbook-spanish.pdf>.
- Garzon J. (2012). adsorción de Cr (VI) utilizando carbón activado a partir de cáscara de naranja. Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias.
- Hernández, M. A., Asomoza, M., Rojas, F., Solís, S., Portillo, R., Salgado, M. A., Hernández, F. (2010). Trapping of BTX compounds by SiO₂, Ag-SiO₂, Cu-SiO₂, and Fe-SiO₂ porous substrates. *Chemosphere*, 81(7), 876–883. doi:10.1016/j.chemosphere.2010.08.004
- Laborde, K. (2003). Trastornos del agua y de los electrólitos. *EMC - Pediatría*, 38(4), 1–17. doi:10.1016/S1245-1789(03)72053-8
- Mcfarland, M. L., & Dozier, M. C. (2010). Problemas del agua potable : El hierro y el manganeso. Texas. Retrieved from <http://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman.pdf>
- Piña, M., Rivera, M., & Antonio, R. (2005). Remocion de Hierro y Manganeso en fuentes subterranas de abastecimiento de agua potable mediante un proceso de adsorcion-oxidación en continuo. *Morrels*. Retrieved from <http://www.zeolitanatural.com/docs/aguaafemn3.pdf>
- Ramalho, R. S., Jiménez Beltrán, D., & Lora, F. d. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Barcelona: Reverté. Retrieved from <http%3A/www.worldcat.org/oclc/34206692>
- Rojas G. (2002). Problemas del Agua Potable: El Hierro y el Manganeso. *Mine Water and the Environment*, 8(2).
- Red Iberoamericana de Potabilizacion y Depuracion del Agua. (2008). *REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO EN FUENTES DE* (pp. 37–54). Retrieved from http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_04.pdf
- Schön, C. G., & Tenório, Jorge Alberto Soares. (1996). The chemistry of the iron-niobium intermetallics. *Intermetallics*, 4(3), 211–216. doi:10.1016/0966-9795(95)00035-6
- Vizcaino, B. (1998). *Identificación y Caracterización de la Zeolita Natural*. Universidad Autonoma de Nuevo Leon. Retrieved from <http://eprints.uanl.mx/1647/1/1020124779.PDF>
- Valencia E. (2010). Química del Hierro y Manganeso en el agua potable de Lurín, Lima 2010 (Tesis para obter el grado de Ingeniero Químico). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.

