

## **Evaluación del Desempeño del Filtro de Bioarena modificado con nanoarcillas y biomasa en la Reducción de Coliformes/ *Evaluation of the performance of the Biosand Filter modified with nanoclays and biomass in the Coliform Reduction***

Correa Caraballo Juan (Estudiante, Universidad de Cartagena, jcorreac@unicartagena.edu.co), De Pombo Angulo María (Estudiante, Universidad de Cartagena, depombo14@hotmail.com), Puello Sánchez Álvaro (Estudiante, Universidad de Cartagena, alvaro.x95@hotmail.com), Acevedo Morantes María (Docente, Universidad de Cartagena, macevedom@unicartagena.edu.co), Realpe Jiménez Álvaro (Docente, Universidad de Cartagena, arealpe@unicartagena.edu.co)

### **Resumen:**

Se evaluó el desempeño de un filtro de bioarena a escala intermedia modificado con nanoarcillas y las cascarillas de arroz (como medios filtrantes) para evaluar su eficiencia de remoción de patógenos (Coliformes Totales y Fecales) y cambios de propiedades fisicoquímicas en aguas contaminadas por la presencia de pozos sépticos en el sector del municipio de Turbaco (Colombia), con el fin de presentar como resultado, una alternativa de obtención de agua filtrada apta para el consumo humano y adecuada para el suministro y uso doméstico en regiones de Colombia que no constan de agua potable.

En este trabajo de investigación, se realizó la modificación de un filtro de bioarena para tratamiento de agua diseñado por estudiantes de la Universidad de Cartagena, donde se le implementó el uso de nanoarcillas y cascarilla de arroz (residuos del proceso de producción de arroz de la zona suroriental de Colombia) con el fin de incrementar su efectividad y porcentaje de remoción de patógenos. Se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos (Ph, Conductividad eléctrica y turbidez) y microbiológicos de coliformes totales y fecales a las muestras de agua filtrada recogidas a los 0, 1, 2, 7, 14 y 21 días, Se obtuvieron resultados favorables en los parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos, dado a que estos se encontraban dentro de los niveles permitidos para ser considerada agua apta para el consumo humano, permitiendo la posibilidad de implementarlo en zonas con pobre o nulo suministro de agua segura brindando la alternativa de satisfacer las necesidades hídricas de la población rural afectada.

### **Abstract:**

The performance of an intermediate-scale biosand filter modified with nanoclays and rice husks (as filter media) was evaluated to determinate its pathogen removal efficiency (Total and Fecal Coliforms) and changes of physicochemical properties in water contaminated by the presence of septic tanks in the sector of the municipality of Turbaco (Colombia), with the purpose of presenting as result, an alternative to obtain filtered water suitable for human consumption and suitable for supply and domestic use in regions of Colombia that do not have drinking water.

In this research work, a biosand filter designed by students of the University of Cartagena for water treatment was modified, where the use of nanoclays and rice husks (residues from the rice production process in the southeastern part of Colombia) was implemented in order to increase their effectiveness and percentage of pathogen removal. There were carried out the physicochemical (Ph, Electrical conductivity and turbidity) and microbiological analyzes of total and fecal coliforms on the filtered water samples collected at 0, 1, 2, 7, 14 and 21 days. Favorable results were obtained in both physicochemical and microbiological parameters, given that these were within the permitted levels to be considered water suitable for human consumption, allowing the possibility of implementing it in areas with poor or no supply of safe water, providing the alternative of satisfying the water needs of the affected rural population.

## **1 INTRODUCCIÓN**

En Colombia existen regiones como el Casanare, la Guajira y municipios de Bolívar que no cuentan con un suministro de agua potable o con un servicio deficiente de este, siendo la culpable de que cientos de familias afectadas obtengan agua por medio de pozos, efluentes hídricos, lagos o ríos desconociendo sus contenidos de contaminantes en ellos y exponiéndose a enfermedades. Debido a esta problemática que se presenta, se ve obligado buscar y desarrollar tecnologías apropiadas y económicas que brinden un suministro de agua apta para el consumo y uso humano en su día a día.

Una alternativa para la obtención de agua para el consumo humano en lugares afectados por lo mencionado son los filtros de bioarena, estos filtros tienen las características de remover virus y bacterias, además de mejorar las condiciones de la muestra de agua. Sin embargo, su operación posee algunos limitantes en la etapa inicial, al tardar de 4 a 6 semanas en formar su biocapa (lecho encargado de remover patógenos) en la arena filtrante. Es por ello, se realizó la modificación del filtro de bioarena al utilizar nanoarcillas y un lecho de biomasa (cascarilla de arroz) que le permitan incrementar el porcentaje de remoción en las etapas iniciales de operación del filtro.

En la investigación, se evaluó el desempeño del filtro de bioarena a escala intermedia tipo piloto modificado con nanoarcillas y cascarilla de arroz para determinar eficiencia de remoción de patógenos y el comportamiento en las etapas iniciales de operación, con el objetivo de satisfacer las necesidades hídricas de las comunidades indígenas y rurales del país sin afectar la salud de estos.

## **2 MATERIALES Y METODOLGÍA**

### **2.1 Materiales**

Para la investigación se partió con la utilización de un biofiltro de tamaño intermedio tipo piloto diseñado por estudiantes de la universidad de Cartagena como trabajo de grado en el año 2016 (Torres & Verbel, 2016), fue construido con base en el procedimiento indicado por el manual de CAWST para la construcción de biofiltros en cemento (CAWST 2009).

Como principal medio filtrante para el filtro, se utilizó arena sílice de grado industrial malla 20-30, además se utilizó arcilla para elaboración de uno de los medios filtrantes presentes en este. Ambas fueron adquiridas en la ciudad de Cartagena.

La biomasa escogida fue cascarilla de arroz proveniente de la zona suroriental de Colombia y fue tratada en los laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena.

Los reactivos y demás materiales fueron proporcionados por los laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena y algunos fueron adquiridos por otros laboratorios.

### **2.2 Metodología**

#### *2.2.1 Preparación de la biomasa*

Se utilizó la cascarilla de arroz como uno de los medios filtrantes del filtro, esta proviene del proceso de producción de arroz de la zona suroriental de Colombia.

Para su preparación como lecho del filtro, se le realizó un lavado por completo y se secaron al sol durante dos días, para su desinfección por radiación UV. Al estar secado la biomasa, se le realizó un proceso de molienda y así tener lista para ser introducida al filtro de bioarena.

#### *2.2.2 Preparación de la nanoarcilla*

El Procedimiento realizada para la preparación de la nanoarcilla para el filtro se encuentra documentada por Perugachi Benalcázar (2006) donde se realizaron tres procedimientos principales:

#### 2.2.2.1 Obtención de la fracción arcilla

Este procedimiento consistió en el Método de la Pipeta, donde se tuvo en cuenta la caída de partículas que componen la muestra, fijando el tiempo para la caída de la suspensión, la cual está en función del peso, tamaño de la partícula y temperatura de la suspensión. La muestra inicial de arcilla comprende tres componentes básicos: arena, limo y arcilla. Para la obtención de la fracción arcilla, inicialmente se eliminó la materia orgánica y los carbonatos que no permiten la suspensión de las partículas de arcilla.

#### 2.2.2.2 Obtención de la montmorillonita

Una vez obtenido la fracción arcilla se procede a obtener la proporción montmorillonita de carácter sódico, intercambiando el catión calcio por el catión sodio, y eliminando residuos por diferencia de densidades.

#### 2.2.2.3 Preparación de las Nanoarcillas

Para la modificación de la arcilla a escala nanomolecular, se le añadió a la arcilla un catión o modificar orgánico, el cual fue Arquad HTL8-MS (Dehydrogenated Tallow, 2-ethylhexyl quaternary ammonium) obtenido por AZCO NOBEL.

#### 2.2.3 Preparación del efluente del agua

Se utilizó el agua de un ojo de agua que se encuentra en la carretera Turbaco-Cartagena, debido que en el municipio de Turbaco se evidencia la práctica de pozas sépticas, contaminando las aguas subterráneas. (El Universal, 2011)

Se recolectaron muestras cada siete días para la filtración, se analizó la muestra antes y después de que se vertiese en el filtro, los días 0, 1, 2, 7, 14 y 21.

Las muestras de agua se almacenaron de manera hermética en el laboratorio a temperatura de 20°C para evitar que se murieran las coliformes. Se analizó las propiedades fisicoquímicas del efluente de agua en los laboratorios de la Universidad de Cartagena, y se analizó la cantidad de coliformes presentes en 100ml.

#### 2.2.4 Diseño del biofiltro

Los materiales se dispondrán en el filtro a manera de capas según lo indica la figura:

- Primero un difusor para una distribución uniforme del flujo de agua que garantice el paso de esta hasta la arena sin perturbar la capa biológica que se espera formar.
- Una columna de agua de 1,25 cm donde se formará la biopelícula clave en la remoción de microorganismos del filtro, esta capa puede demorar hasta 30 días en formarse y la efectividad del filtro para la remoción de patógenos antes de esto es solo de 30-70%. (CAWST, 2009)
- Una capa de 1,7 cm de la cascarilla de arroz tratada que se espere fomento el crecimiento de la biocapa y mejore las capacidades de remoción de patógenos.
- Una primera capa de arena sílice de 12,5 cm, la arena fue sometida a un proceso de lavado y secado ultravioleta según las instrucciones del manual de CAWST. Esta capa induce el atrapamiento mecánico de los microorganismos aun presentes en el agua o su muerte por falta de alimento y oxígeno, también es importante para la remoción de sólidos suspendidos. (CAWST, 2009)
- Una capa de 1,7 cm de arena sílica mezclada con la nanoarcilla modificada para la remoción de cationes. Se dispone de esta manera para evitar el taponamiento del filtro debido a la expansión de la nanoarcilla en contacto con agua.
- Una segunda capa de 12,5 cm de arena sílice.
- Dos columnas de 2,5 cm de grava para retener la columna de arena, la primera con tamaño de partícula menor a 6 mm y la segunda con tamaño de partícula menor a 12mm.

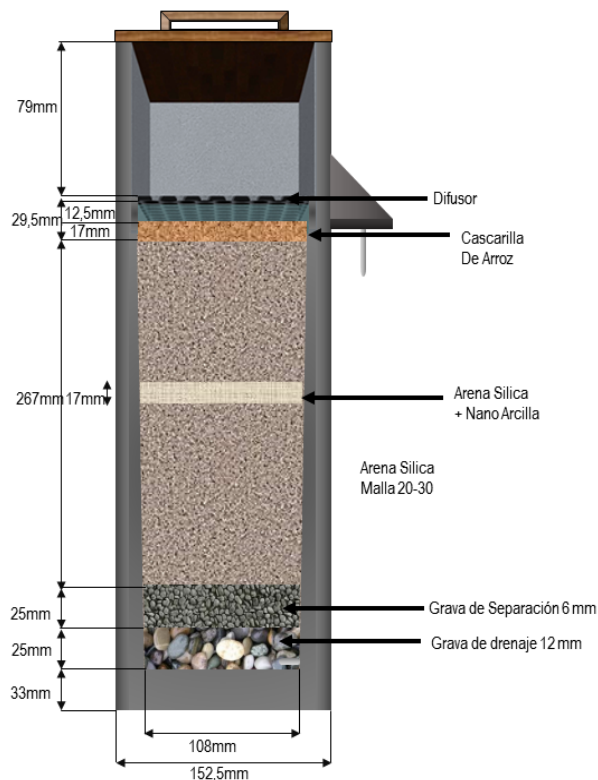


Figura 1. Esquema del filtro de bioarena modificado con nano arcillas y biomasa

### 2.2.5 Puesta en marcha del filtro y toma de muestras

El primer día (día 0) se añadió 2.1 L de agua y se obtuvo una salida de 300 ml, se observó en el agua filtrada que esta mostró un color amarillo debido a la capa de la cascarilla de arroz, sin embargo, esto se observó únicamente al inicio del funcionamiento del filtro. A partir del día uno (1) se agregó 500 ml de agua cada día menos los domingos (días 5, 12 y 19). Se recolectaron muestras del agua suministrada al filtro y el agua filtrada para análisis bacteriológico y fisicoquímico.

### 2.2.6 Análisis Fisicoquímico y Bacteriológicos

Se recolectaron muestras del agua suministrada al filtro y el agua filtrada para análisis bacteriológico y fisicoquímico en los días 0, 1, 2, 7, 14 y 21.

Los análisis bacteriológicos se llevaron a cabo en el LABORATORIO BACTERIOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO DE AGUAS Y ALIMENTOS MIGUEL TORRES BENEDETTI, de la ciudad de Cartagena. Donde se analizó los coliformes totales y coliformes fecales de las muestras, en base a los Parámetros Microbiológicos de agua potable de la Resolución 2115 de 2007 de la Republica de Colombia.

## 2.3 Análisis y Resultados

El análisis de las características físicas y químicas del agua obtenida del ojo de agua del municipio de Turbaco (Colombia) y el agua tratada en el filtro de bioarena modificado permitieron evaluar la eficiencia del filtro en cuanto a la mejoría en el color, olor y remoción de patógenos del agua filtrada con respecto a la no tratada. Los valores para los parámetros fisicoquímicos tanto como para los microbiológicos fueron comparados con los valores establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo en la resolución 2115 de 2007 de Colombia.

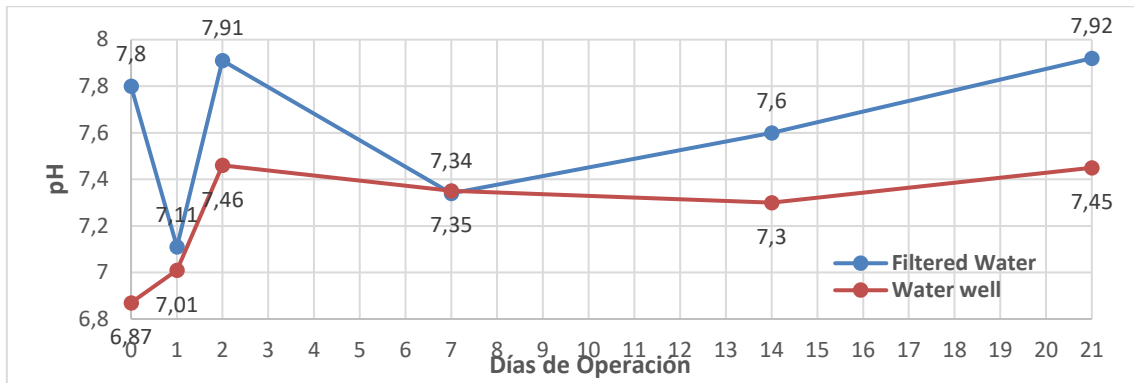


Figura 2. Valor de pH del agua de pozo y el agua filtrada con respecto al tiempo (días)

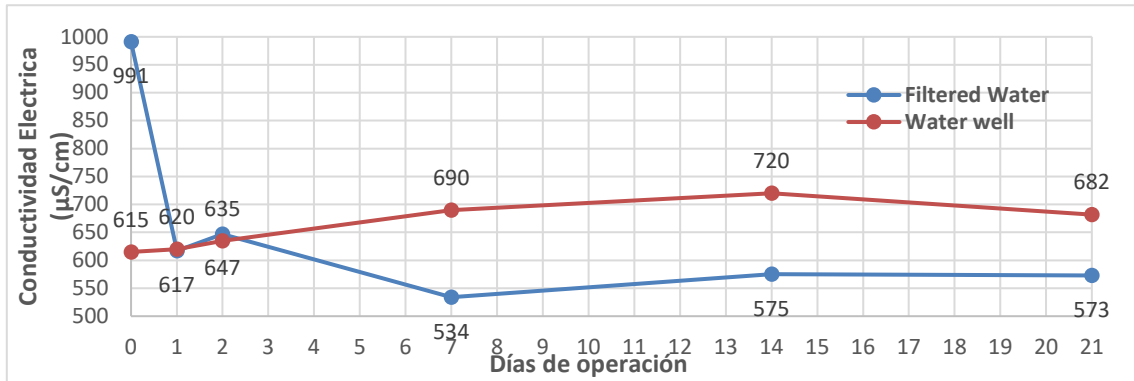


Figura 3. Valores de la conductividad eléctrica del agua de pozo y el agua filtrada con respecto al tiempo (días)



Figura 4. Valores de la turbidez del agua de pozo y el agua filtrada con respecto al tiempo (días)

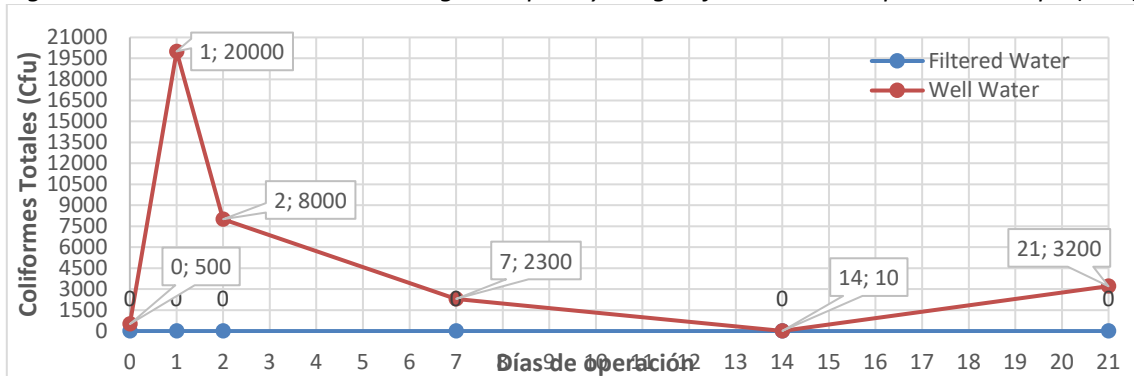


Figura 5. Coliformes totales del agua de pozo y el agua filtrada con respecto al tiempo de operación del filtro (días)

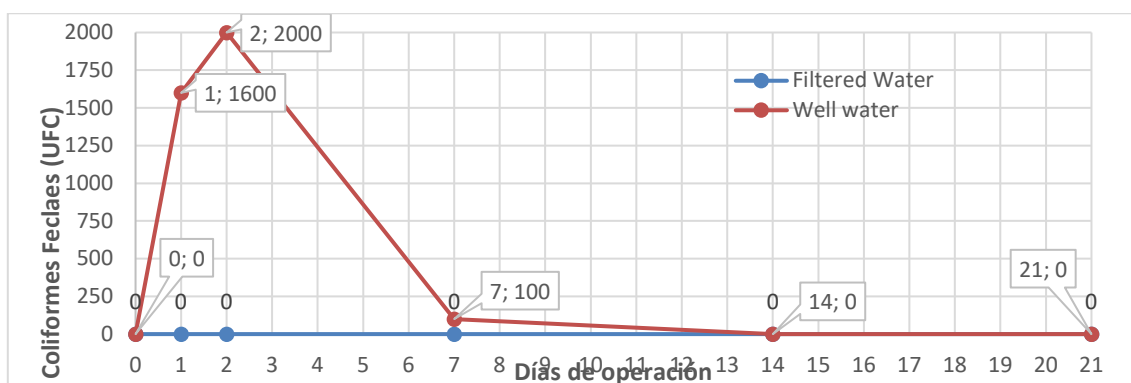


Figura 6. Coliformes fecales del agua de pozo y el agua filtrada con respecto al tiempo de operación del filtro (días)

Resulta que en el séptimo día de operación se logra mayor eficiencia que el último día de operación de la investigación, además se evidencia que durante el periodo de los 21 días siempre se mantuvieron dentro de los parámetros establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo de Colombia.

Características Físicas y Microbiológicas	Resolución 2115 de 2007 de Colombia (Valores máximos aceptables)	Agua Filtrada en el filtro de bioarena modificado DIA 7	Agua Filtrada en el filtro de bioarena modificado DIA 21
Olor y sabor	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Turbiedad (NTU)	2	0,01	1,38
pH	6,5- 9,0	7,34	7,92
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1000	534	573
Coliformes Totales (Cfu)	0	0	0
Coliformes Fecales (UFC)	0	0	0

Tabla 1. Comparativa de la Resolución 2115 de 2007 de Colombia con los resultados en los días 7 y 21

## 2.4 Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos del filtro de bioarena con las modificaciones, se concluye que este presenta un desempeño aceptable desde el primer día de operación al encontrarse dentro de los parámetros establecidos, asegurando el suministro de agua potable al usuario. Esto abre la posibilidad de implementarlo en zonas apartadas con pobre o nulo suministro de agua segura.

Los parámetros de pH, conductividad eléctrica, turbidez y coliformes se encuentran dentro los niveles permitidos en Colombia. Sin embargo, por el cambio observado en la turbiedad se recomienda realizar un cambio de la cascarilla de arroz cada siete días para evitar que aumente la turbidez al deteriorarse con el tiempo la biomasa.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cawst, C. for A. W. and S. T., Biosand filter manual design, construction, installation, operation and maintenance. (2009).
- [2] Acevedo, R., Severiche, C., & Jaimes, J., Calidad del agua para consumo humano: municipio de Turbaco-Bolivar, norte de Colombia. (2015).
- [3] Icontec, Normas oficiales para la calidad del agua Colombia, 1–13, (2004).
- [4] Perugachi Benalcázar, C. R., Modificación a nivel nanomolecular de las propiedades de las arcillas pertenecientes al Grupo Ancon de la Península de Santa Elena (PSE), (2006).
- [5] Suárez, A., Mesa, P., Bravo, V., & Prieto, A. Evaluación de un sistema de filtros de cascarilla de arroz y luffa cylindrica para el tratamiento de aguas lluvias. Revista Mutis,(2015),5(1),21–27. <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/view/1015/1049>
- [6] Redacción Regional, Hallan bacterias coliformes en ojo de agua de Turbaco. EL UNIVERSAL, (2011). <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/bolivar/hallan-bacterias-coliformes-en-ojo-de-agua-de-turbaco-7433>
- [7] Resolución 2115. Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia, Bogotá, (2007).
- [8] Torres, G., & Verbel, B., Diseño y evaluación de un filtro de bioarena para la remoción de coliformes totales para tratamiento de aguas superficiales de consumo humano (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia, (2016).