

Evaluación de la eficiencia de la antracita y cuarzo en la remoción de contaminación del agua de la Quebrada Malvinas, Provincia Bagua, Región Amazonas, 2018.

Evaluation of the efficiency of anthracite and quartz in the removal of water pollution from the Malvinas Creek, Bagua Province, Amazon Region, 2018.

Orfa Delgado Fernández¹, Jeferson Fitzgerald Reyes Farje¹

RESUMEN

El presente estudio de investigación se estableció con el objetivo de evaluar la eficiencia descontaminante de la antracita y cuarzo a través de filtros de la quebrada Malvinas, provincia Bagua, región Amazonas. La metodología aplicada fue de tipo experimental, la unidad de estudio estaba compuesta por agua obtenida de la quebrada para realizar los filtrados por los lechos, se diseñó dos filtros con material tereftalato de polietileno (PET), se instaló un soporte de madera con la finalidad de estabilizarlos, se consideraron las muestras del agua en su estado natural por cuatro veces y seis filtraciones con cuatro repeticiones cada una que son por: solo cuarzo, solo antracita, 50 % cuarzo-50 % antracita, 30 % cuarzo – 70 % antracita, 70 % cuarzo – 30 % antracita posteriormente realizándose su análisis físico químico y microbiológico tales como pH, Temperatura, Turbidez, color, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, coliformes fecales. El procesamiento de la información se realizó en un diseño completamente al azar, para la identificación de resultados se recurrió a la prueba de comparaciones múltiples (DMS). El análisis de varianza permitió identificar donde hubo mayor remoción de turbidez, color y coliformes fecales de los dos lechos filtrantes cuarzo y antracita asimismo los datos de varianza son: pH = 0,14; Turbidez = 46,85; Color = 1817,92; Conductividad eléctrica = 87,56; Cloruros = 27,79; Dureza = 128,46.

Palabras clave: Filtros, cuarzo, antracita, muestras.

ABSTRACT

The present research study was established with the objective of determining to evaluate the decontaminating efficiency of anthracite and quartz through filters from the Malvinas creek, Bagua province, Amazonas region. The methodology applied in the present study was of an experimental type, the study unit was composed of water obtained from the quebrada to carry out the filtrates through the beds, two filters with polyethylene terephthalate (PET) material were designed, a support was installed wood in order to stabilize them, the water samples were considered in their natural state for four times and six filtrations with four repetitions each that are for pure quartz, pure anthracite, 50 % quartz – 50 % anthracite, 30 % quartz- 70 % anthracite, 70 % quartz – 30 % anthracite, subsequently performing its physical and chemical microbiological analysis such as pH, temperature, turbidity, colour, electrical conductivity, alkalinity, chlorides, hardness, faecal coliforms. The processing of the information was carried out in a completely randomized design, for the identification of results the multiple comparisons test (DMS) was used. The analysis of variance allowed to identify where there was greater removal of turbidity, colour and faecal coliforms of the two quartz and anthracite filter beds, as well as the variance data are pH = 0.14; Turbidity = 46.85; Color = 1817.92; Electrical conductivity = 87.56; Chlorides = 27.79; Hardness = 128.46.

Keywords: Filters, quartz, anthracite, samples.

¹Bachiller en Ingeniería Ambiental de la FICIAM de la UNTRM. Email: del_95_20@hotmail.com

²Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la UNTRM. Email: jeffersonrefa@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Cada año mueren casi tres millones y medio de seres humanos, y en su mayoría niños con enfermedades diarreicas agudas (EDA) que son frecuentemente originadas por falta de servicios de agua. Por lo tanto, los factores que agudizan el problema de desabastecimiento de aguas son: el crecimiento imparable de la población y el efecto invernadero que acelera la desertificación de muchas zonas alrededor del planeta, afectando tanto el ciclo hídrico como al cambio climático y reduciendo la media de precipitaciones esperadas en regiones ya desiertas o semis-desiertas. No obstante, las técnicas y estrategias que ayudan al proceso de la purificación de agua para el consumo humano son el uso y comparación de lechos filtrantes que son sistemas sencillos y efectivos, donde el agua pasa a través de lechos de capas de diferentes tamaños que retienen las impurezas y patógenos (OMS, 2003).

Un estudio reciente de eficiencia de lechos filtrantes para la potabilización de agua proveniente de la quebrada la despensa en el Municipio Guaduas Cundinamarca en Bogotá documenta que el filtro con mayor eficiencia de remoción y más viable económicamente es el filtro que se constituye de piedra grande grava arena gruesa y antracita; el sistema de filtración muestra una eficiencia entre el 73.4% y el 93. % en la disminución de la turbidez del agua. Los filtros evaluados fueron efectivos para remover sólidos y turbidez obteniendo una eficiencia entre el 88 y 96 % (turbidez) 99 y 100% (sólidos). (Prasad, 2014).

Este trabajo de investigación tuvo finalidad de mejorar el agua suministrada a la población de Aramango, evaluar la eficiencia de los lechos de filtración de cuarzo y antracita a través de filtros mediante análisis físico químico y microbiológico, y de esta manera determinar la eficiencia descontaminante de la antracita y cuarzo. Así mismo, se determinó la eficiencia descontaminante de la antracita y cuarzo, con el fin de establecer el grado de remoción de sólidos suspendidos y microorganismos patógenos; se construirá filtros con antracita y cuarzo a diferentes espesores para determinar la mejor eficiencia descontaminante del lecho respecto a su espesor; se realizará una comparación entre el análisis físico, químico y bacteriológico del agua cruda de la quebrada Malvinas y el agua después del proceso de filtración.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio y muestra

El Distrito de Aramango se encuentra en el norte del Perú, limita por el norte con el distrito de Imaza; por

el oeste con la provincia de Utcubamba; por el sur con el distrito de La Peca y el este con el distrito de Copallín, en una altitud de 550 m.s.n.m.

El distrito fue creado el 28 de diciembre del 1961 mediante Ley N° 13789, en el segundo gobierno del presidente Manuel Prado Ugarteche. Según el Censo Nacional 2007 tiene una población de 12 000 hab., con una superficie de 815,07 km², con su capital La Villa de Aramango.

Figura 01: Ubicación Geográfica del estudio



Métodos

Los pasos que se realizaron para lograr cada uno de los objetivos específicos y dar solución al problema de contaminación del agua se comprenden en los siguientes aspectos.

Procedimiento del diseño del filtro y obtención de muestras

Se diseñó un filtro con material (PET) de 50 cm de largo y 10 cm de diámetro (4 pulg.) con uniones, codos, y tubos de ½ pulg.

Se colocó duchas al filtro para dispersar el agua, procediendo a filtrar el agua a través de los lechos (Cuarzo y Antracita).

Se instaló un soporte de madera superior e inferior con la finalidad de estabilizar los filtros, el soporte superior se realizó con medidas de L= 50 cm, A= 50 cm, H= 1m; y el soporte inferior con medidas de L= 50 cm, A= 50 cm, H= 40 cm.

En el soporte superior se colocó el balde en donde estaba el agua a filtrar, y en el inferior los filtros.

Se lavó los lechos filtrantes hasta que ya no aporta su color natural al agua.

La toma de las muestras de la quebrada se realizó previo a lo estipulado en el protocolo de monitoreo de agua del Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025, donde se obtuvieron cuatro muestras debidamente rotuladas y agua para la filtración por los lechos.

Se agregó el agua de la Quebrada en el balde, previo cerrado de la llave de paso de agua a los filtros.

Para obtener las muestras filtradas por cuarzo, se introdujo en ambos filtros cuarzo en diferente granulometría (2", 1", 1/2"); el cuarzo más grueso el de 2" se colocó en la base del filtro, el de 1" en el intermedio y el más fino 1/2" en la parte superior.

Se procedió a colocar en la parte inferior un pequeño balde para recoger las muestras de agua filtrada, luego se abrió la llave de los filtros en pequeño caudal realizando la filtración.

Este procedimiento se realizó cuatro veces en un intervalo de tiempo de 10 minutos.

Se colocó antracita en ambos filtros, este material solo se encuentra en una sola granulometría (1/2"), lo mismo se hizo para el filtro 50% cuarzo – 50% antracita, 30% cuarzo – 70% antracita y 70% cuarzo – 30% antracita.

Las muestras de agua salida por los filtros fueron recogidas y llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

Toma de muestras

Las muestras fueron tomadas en el mes de mayo, donde se recogieron en frascos de vidrio transparente esterilizados donde se realizó los análisis fisicoquímico y microbiológico (pH, T°, turbidez, color, conductividad eléctrica, cloruros, dureza, coliformes fecales), analizados en el Laboratorio de aguas y suelos del Instituto de la Investigación para el desarrollo sustentable de ceja de selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

Tabla 1 límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	límite máximo permisible
Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	Ucv escala pt/co	15
4. Turbiedad	Unt	5
5. Ph	Valor de ph	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	Mmho.cm ⁻¹	1 500
7. Sólidos totales disueltos	Mg.l ⁻¹	1 000
8. Cloruros	Mg .l ⁻¹	250
9. Sulfatos	Mg so ₄ . L ⁻¹	250
10. Dureza total	Mg caco ₃ .l ⁻¹	500
11. Amoníaco	Mg n .l ⁻¹	1,5
12. Hierro	Mg fe .l ⁻¹	0,3
13. Manganeso	Mg mn .l ⁻¹	0,4
14. Aluminio	Mg al .l ⁻¹	0,2
15. Cobre	Mg cu .l ⁻¹	2,0
16. Zinc	Mg zn .l ⁻¹	3,0
17. Sodio	Mg na .l ⁻¹	200

Ucv = unidad de color verdadero

Unt = Unidad nefelométrica de turbiedad

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos están en función de los 09 parámetros evaluados fisicoquímico y Microbiológico

Análisis de datos

Los datos obtenidos del laboratorio se procesaron a través del diseño completamente al azar, donde se determinó la significancia de los parámetros, cada parámetro se agrupó en una tabla para así poder procesar los datos obtenidos, a los procesos de filtración se le denominó un tipo de tratamiento en el siguiente orden: agua turbia (T1); puro cuarzo (T2); puro antracita (T3); 50 % cuarzo – 50 % antracita (T4); 30% cuarzo – 70% antracita (T5); 70% cuarzo – 30% antracita (T6).

Se realizaron los cálculos respectivos donde se desarrolló el análisis de varianza, que tiene por finalidad definir si existe diferencia altamente significativa, significativa, no significativo en los tratamientos con respecto al parámetro trabajado; se concluye diferencia altamente significativa cuando el F calculado es mayor al F tabulado al 5% y al F tabulado al 1%, significativo cuando uno de los dos F tabulado ya sea el 5% o 1 es mayor que el F calculado y no significativo cuando los F tabulado al 5% y al 1% son mayores que el F calculado.

En los parámetros que se ha trabajado se ha obtenido que existe una diferencia altamente significativa en los tratamientos con respecto a cada parámetro trabajado.

Se desarrolló la prueba de comparaciones múltiples (DMS) con la finalidad de obtener la semejanza en los tratamientos en el mayor y menor de ellos, y así poder interpretar los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.

Eficiencia.

La eficiencia se realizó por cálculos matemáticos para la medición de las filtraciones de cuarzo, antracita, 50% cuarzo – 50% antracita, 30% cuarzo – 70% antracita, 70% cuarzo -30% antracita.

Fórmula:

Según (Mulle y Sturm, 2000) la eficiencia se mide en indicadores que se obtiene mediante el resultado alcanzado (RA)-resultado teórico (RT) entre el Resultado teórico (RT) por 100.

$$E = ((RA - RT) / RT) \times 100$$

Eficiencia del lecho filtrante cuarzo.

En su tesis "Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros de cuarzo",

Colombia, concluye que los filtros trabajados en diferente espesor tienen la capacidad de remover en menos porcentaje los valores obligatorios del agua para consumo humano, el sistema de filtración muestra un resultado del 40 y 45% en la remoción los valores obligatorios del agua. (Suniaga, N. 2013).

$$E = (45-40) / 40 \times 100 \quad E = 12,5\%$$

Eficiencia del lecho filtrante antracita

En su tesis “Evaluación de la aplicación de Antracita en la filtración del agua clarificada del río Cauca”, Colombia, concluye que en los filtros de antracita la reducción en los coliformes fecales y totales fue del 99,9 %, turbiedad del 98 % y color del 83 %, obteniendo un porcentaje del carbón activado antracita del 80% en la clarificación del río Cauca. Arana, J. (2016).

$$E = ((95-80))/80 \times 100 \quad E = 18,75\%$$

Tabla 2 muestras de la quebrada Malvinas

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de la Quebrada Malvinas					
Parámetros físicos					
Parámetros	U.D	Resultados			
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
pH	pH	6,66	6,95	7,12	6,77
T°	°C	16,7	16,7	16,7	16,7
Turbidez	UNT	43	43	43	43
Color	mg/l	246	246	246	246
Conductividad eléctrica	uS/ cm ²	48.3	47.4	47.1	48.6
Parámetros inorgánicos no metálicos					
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	50	50,3	51,2	50,4
Cloruros	ppmCl ⁻	26,82	28,24	27,14	26,48
Dureza	ppm CaCO ₃	38,26	39,24	38,96	40,1
Parámetros microbiológicos					
Coliformes fecales	UFC/100m	16	18	17	15

En la siguiente tabla 3 se muestra las filtraciones por el lecho filtrante cuarzo.

Tabla 3 muestras de las filtraciones por cuarzo

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras filtradas por cuarzo					
Parámetros físicos					
Parámetros	U.D	Resultados			
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
pH	pH	7.8	7,94	7,86	7,74
T°	°C	17.3	17,3	17,3	17,3
Turbidez	UNT	34	35	35	36
Color	mg/l	196	194	190	195
Conductividad eléctrica	uS/ cm ²	30.3	28.6	29.9	30.8
Parámetros inorgánicos no metálicos					
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	58,24	59,36	60,12	59,98
Cloruros	ppmCl ⁻	19,86	19,92	18,36	20,54
Dureza	ppm CaCO ₃	34,76	35,2	34,82	35,1
Parámetros microbiológicos					
Coliformes fecales	UFC/100m	15	14	15	15

En la siguiente tabla 4 se muestra las filtraciones por el lecho filtrante antracita.

Tabla 4 muestras de las filtraciones por antracita

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras filtradas por antracita					
Parámetros físicos					
Parámetros	U.D	Resultados			
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
pH	pH	7,40	7,46	7,36	7,44
T°	°C	17,3	17,3	17,3	17,3
Turbidez	UNT	24	24	23	22
Color	mg/l	121	123	119	115
Conductividad eléctrica	uS/ cm ²	50.4	52.3	54.8	51.6
Parámetros inorgánicos no metálicos					
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	20,98	23,36	24,56	22,48
Cloruros	ppmCl ⁻	31,23	31,52	31,72	32,18
Dureza	ppm CaCO ₃	62,80	60,75	58,94	64,25
Parámetros microbiológicos					
Coliformes fecales	UFC/100m	6	4	5	5

Tabla 5 muestras de las filtraciones por 50% cuarzo-50% antracita

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras filtradas por 50% cuarzo - 50% antracita						
Parámetros físicos						
Parámetros	U.D	Resultados				
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
pH	pH	7,70	7,75	7,72	7,71	
T°	°C	16,6	16,6	16,6	16,6	
Turbidez	UNT	29	31	30	32	
Color	mg/l	162	182	180	184	
Conductividad eléctrica	uS/ cm ²	45.3	43.2	38.5	41.2	
Parámetros inorgánicos no metálicos						
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	38,15	40,26	42,98	41,22	
Cloruros	ppmCl-	23,25	24,76	24,98	23,78	
Dureza	ppm CaCO ₃	43,18	41,31	43,74	42,93	
Parámetros microbiológicos						
Coliformes fecales	UFC/100ml	10	12	10	9	

En la siguiente tabla se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico de 30% cuarzo – 70% antracita.

Tabla 6 muestras de las filtraciones por 30% cuarzo-70% antracita

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras filtradas por 30% cuarzo - 70% antracita						
Parámetros físicos						
Parámetros	U.D	Resultados				
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
pH	pH	7,81	7,82	7,76	7,75	
T°	°C	17	17	17	17	
Turbidez	UNT	25	26	25	23	
Color	mg/l	118	122	124	120	
Conductividad eléctrica	uS/ cm ²	49.6	48.7	52.9	53.7	
Parámetros inorgánicos no metálicos						
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	23,12	24,56	22,14	23,45	
Cloruros	ppmCl-	30,18	32,15	31,18	31,86	
Dureza	ppm CaCO ₃	60,28	61,56	59,94	60,75	
Parámetros microbiológicos						
Coliformes fecales	UFC/100ml	7	5	6	6	

En la siguiente tabla 7 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico de 70% cuarzo – 30% antracita.

Tabla 7 muestras de las filtraciones por 70% cuarzo- 30% antracita

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras filtradas por 70% cuarzo - 30% antracita						
Parámetros físicos						
Parámetros	U.D	Resultados				
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
pH	pH	7,90	7,92	7,84	7,82	
T°	°C	17,5	17,5	17,5	17,5	
Turbidez	UNT	36	34	31	32	
Color	mg/l	198	196	182	190	
Conductividad eléctrica	uS/ cm ²	31.2	28.8	30.2	32.6	
Parámetros inorgánicos no metálicos						
Alcalinidad	ppm CaCO ₃	56,92	58,62	57,42	58,64	
Cloruros	ppmCl-	20,14	21,12	20,22	21,62	
Dureza	ppm CaCO ₃	34,15	35,64	37,26	36,15	
Parámetros microbiológicos						
Coliformes fecales	UFC/100ml	14	15	15	14	

Resultado del diseño completamente al azar

Tabla 8 resultado del diseño completamente al azar

PARÁMETROS	ANÁLISIS DE VARIANZA F	OBSERVACIÓN
pH	65,56 **	Altamente significativo
TURBIDEZ	129,03 **	Altamente significativo
COLOR	311,78 **	Altamente significativo
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA		
	109,71 **	Altamente significativo
ALCALINIDAD		
	712,01 **	Altamente significativo
CLORUROS		
	179,33 **	Altamente significativo
DUREZA		
	383,47 **	Altamente significativo
COLIFORMES FECALES		
	261,32 **	Altamente significativo

* = Significativo, ** = Altamente significativo y ns = No significativo.

Procesado los datos se obtuvo una tabla resumen para la interpretación de cada uno de los parámetros, se utilizó la nomenclatura estadística de los asteriscos; un asterisco (*) para una interpretación significativa, dos asteriscos (**) para la interpretación altamente significativa y ns no significativo.

Resultados de la prueba de comparaciones múltiples (DMS)

Tabla 9 prueba de comparaciones múltiples (DMS)

PARÁMETROS							
pH	TURBIDEZ	COLOR	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	ALCALINIDAD	CLORUROS	DUREZA	COLIFORMES FECALES
T ₆	T ₁	T ₁	T ₃	T ₂	T ₃	T ₃	T ₁
T ₂	T ₂	T ₂	T ₅	T ₆	T ₅	T ₅	T ₂
T ₅	T ₆	T ₆	T ₁	T ₁	T ₁	T ₄	T ₆
T ₄	T ₄	T ₄	T ₄	T ₄	T ₄	T ₁	T ₄
T ₃	T ₅	T ₅	T ₆	T ₅	T ₆	T ₆	T ₅
T ₁	T ₃	T ₃	T ₂	T ₃	T ₂	T ₂	T ₃

Los parámetros que se desarrollaron todos tienen la observación de altamente significativo, esto se debe a que el F calculado es mayor que el F tabulado al 5% y al 1%; esto quiere decir que existe gran diferencia entre los tratamientos.

El parámetro pH el menor valor de los tratamientos fue 6,66 y el mayor 7,94, donde se determinó que todos los valores de los tratamientos están dentro de los límites máximos establecidos por el D.S. N° 031, que son de 6,5-8,5 pH.

Se realizó las pruebas de comparaciones múltiples de cada parámetro con sus tratamientos, esto se realizó con la finalidad de obtener la semejanza en los tratamientos en los mayores y menores de ellos donde nos permitió realizar la discusión.

En el parámetro pH se observó que el T₆, T₂, T₅ tienen semejanza entre ellos y el T₆ tiene el mayor pH, también se observó que hay semejanza en el T₂, T₅, T₄ y el tratamiento con menor pH es el T₁.

IV. DISCUSIÓN

Al filtrar agua por cuarzo y antracita se obtuvo el pH menor de 7,36 mayor 7,94 (Ver tabla 3 y 4) los datos obtenidos están dentro de los valores óptimo para agua de consumo humano, ya que el pH del agua es de 6,5- 8,5. Salmerón (2017). Utilizando carbón antracita y cuarzo como medio filtrante y de soporte en el tratamiento de agua, logro obtener el pH menor de 6,8 y el mayor es 8,2, obteniendo buenos valores de calidad de agua.

La remoción de turbidez es mejor cuando se usa un

lecho filtrante de menor diámetro

(porosidad), la antracita removió la turbidez en un 45,93% (Ver tabla 03) debido a que el diámetro del lecho filtrante que se utilizó es homogéneo (1/2 pulg.). En su tesis Arana (2016). Obtuvo mejores resultados de remoción de sólidos totales en los filtros de antracita lograron una eficiencia de remoción de turbiedad de hasta un 80%.

El lecho filtrante que removió mayor color es la antracita con una remoción del 51,42% (Ver tabla 04) esto se debe a que el color guarda relación con la turbidez, es decir a mayor remoción de turbidez mayor remoción de color, Según Gonzales (2015). Concluye que los filtros de antracita removieron el 70%, esto se hizo posible debido a que el carbón activado antracita tiene una capacidad de absorción que le permite remover los coloides más pequeños.

La conductividad eléctrica disminuyó al usar cuarzo (Ver Tabla 7) debido a que es un buen aislante eléctrico, que se caracteriza por tener una resistencia eléctrica de (350°): 7×10^7 ohm/cm. Salmerón (2017). Utilizando carbón antracita y cuarzo como medio filtrante y de soporte en el tratamiento de agua, logró disminuir la conductividad eléctrica en los filtros de cuarzo.

En relación con los cloruros existe semejanza con la conductividad eléctrica por lo que el uso del cuarzo contribuye a disminuir los cloruros en el agua debido a que es un buen aislante eléctrico. Por lo general existe una relación entre las variaciones de la conductividad eléctrica y las concentraciones de cloruro (Gonzales, M. A. 2017).

Se obtuvo una remoción de 69,70% de coliformes fecales con el lecho filtrante antracita esto es debido a que guarda relación con la turbidez y color, es decir a mayor remoción de turbidez y color mayor remoción de coliformes fecales. Arana (2016). Concluye que en los filtros de antracita la reducción en los coliformes fecales totales fue del 99,9, guardando una estrecha relación en turbidez, color y coliformes fecales.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que la antracita presenta un mayor porcentaje de remoción de turbidez, color y coliformes fecales en un 55,68% a diferencia del cuarzo con porcentaje de remoción de turbidez, color y coliformes fecales de 18,82%, debido al tamaño de graduación de la antracita 1/2 pulg.

Se determinó que el cuarzo al ser usado en filtros de diferente granulometría disminuyó su poder de remoción de turbidez, color y coliformes fecales en un 36,86%.

El agua procedente de la Quebrada Malvinas tuvo valores físico-químicos y microbiológicas iniciales de 43 NTU, 246 Pt/Co, 17 UFC/100mL y luego de pasar por los cinco filtros diseñados los valores físico-químicos y microbiológicos fueron de 22 NTU, 190 Pt/Co, 4 UFC/100mL.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana, J. (2016). *Evaluación de la aplicación de Antracita en la filtración del agua clarificada del río Cauca* (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Gonzales, C. (2015). *Modelo y manual de operación para la prueba de tratabilidad de filtración* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma, México: Une.
- Gonzales, M. A. (2017). *Problemas de salinización en el acuífero litoral del occidente de huelva*. Huelva, España: Uhu.ES.
- Prasad, T. E. (2014). *Influencia de los parámetros químicos y biológicos en la acumulación de sedimentos y magnesio en las redes de distribución de agua* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica, Valencia.
- Rodríguez, B. (2004). *Fundamentos de tecnología química*. Bogotá, España: Reverte, S.A.
- Salmerón (2017). *Evaluación del carbón antracita y cuarzo como medio filtrante y de soporte, respectivamente, en el tratamiento de agua* (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.