

Propuesta alternativa de coagulantes naturales

Alternative proposal of natural coagulants

Néstor Rafael Perico-Granados, Andrés Felipe Montaña.,
Maria José Uricoechea., Manuel Antonio Vargas.,
Heidy Arévalo Algarra

Facultad Ingeniería Civil
Universidad Santo Tomas, Tunja, Colombia
Correo-e: nestor.perico@usantoto.edu.co

Resumen

Para cualquier ser viviente en la tierra el agua es el recurso natural más importante. Por esta razón, el agua debe ser potable para evitar alteraciones y enfermedades en el ser humano y seres vivientes que la consumen. En la potabilización del agua se usan habitualmente coagulantes artificiales como el Sulfato de Aluminio, el cual produce a largo plazo enfermedades como el Alzheimer. El brindar una alternativa que elimine el uso de coagulantes artificiales para la purificación del agua, permiten la disminución de afectaciones al ser humano. El uso de productos como la moringa y el haba, actúan como coagulantes naturales, con un proceso previo como molienda, maceración y tamizado de los productos antes de que estos actúen en el agua o en la potabilización de esta. En este proceso, los coagulantes naturales o no convencionales se implementaron de dos formas, tipo infusión y agregado directamente al agua usando concentraciones como para el haba de 6 y 9 gramos, para la moringa 5 gramos y la unión de los dos coagulantes con una concentración de 6 gramos. Se usó en todos los casos 1000 ml de agua. Las muestras de agua que se usaron para el análisis fueron tomadas del bioma andino llamado Lago de Tota, ubicado en el municipio de Aquitania (Boyacá). Es importante destacar que los coagulantes se dejaban tratando durante 24 horas, sin ningún tipo de movimiento.

Palabras clave— Alzheimer, Coagulantes naturales, Moringa Oleífera, Vicia Faba.

Para citar este artículo: Perico-Granados, N.R., Montaña, A.F., Uricoechea, M.J., Vargas, M.A., Algarra, H.A. "Propuesta alternativa de coagulantes naturales" In *L'Esprit Ingénieux*. Vol. 10-1, pp. 111 a 144.

Abstract

For any living being on earth, water is the most important natural resource. For this reason, water must be potable to avoid alterations and diseases in humans and living beings that consume it. In the purification of water, artificial coagulants are usually used, such as Aluminum Sulphate, which produces diseases such as Alzheimer's disease in the long term. The offer of an alternative that eliminates the use of artificial coagulants for the purification of the water, allows the reduction of affectations to the human being. The use of products such as moringa and broad bean, act as natural coagulants, with a previous process such as grinding, maceration and sieving of the products before they act in the water or in the potabilization of it. In this process, the natural or non-conventional coagulants were implemented in two ways, type infusion and added directly to the water using concentrations such as for the bean of 6 and 9 grams, for the moringa 5 grams and the union of the two coagulants with a concentration of 6 grams. In all cases, 1000 ml of water was used. The water samples that were used for the analysis were taken from the Andean biome called Lago de Tota, located in the municipality of Aquitania (Boyacá). It is important to note that the coagulants were left to be treated for 24 hours, without any type of movement.

Key Word— Alzheimer, Natural coagulants, Moringa Oleífera, Vicia Faba.

Resumo

Para qualquer ser vivo na terra, a água é o recurso natural mais importante. Por esta razão, a água deve ser potável para evitar alterações e doenças nos seres humanos e nos seres vivos que a consomem. Coagulantes artificiais como o sulfato de alumínio, que a longo prazo produz doenças como o Alzheimer, são normalmente utilizados na purificação da água. Proporcionar uma alternativa que elimine a utilização de coagulantes artificiais para a purificação da água, permite a redução das afecções humanas. Produtos como a moringa e a fava, atuam como coagulantes naturais, com um processo prévio de moagem, maceração e peneiração dos produtos antes de atuarem na água ou na sua purificação. Neste processo, os coagulantes naturais ou não convencionais foram implementados de duas maneiras, tipo infusão e adicionados diretamente à água usando concentrações, para a fava de 6 e 9 gramas, para a moringa 5 gramas e a união dos dois coagulantes com uma concentração de 6 gramas. Em todos os casos, foram utilizados 1000 ml de água. As amostras de água utilizadas para a análise foram retiradas do bioma andino chamado Lago de Tota, localizado no município de Aquitânia (Boyacá). É importante salientar que os coagulantes foram deixados para serem tratados durante 24 horas, sem qualquer tipo de movimentação.

Palavras-chave - Alzheimer, Coagulantes naturais, Moringa Oleífera, Vicia Faba

1. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es considerado una fuente de vida, debido a su función esencial en los procesos biológicos y como parte fundamental del desarrollo (Monforte & Cantú, 2009). La disponibilidad de agua dulce en el mundo es una de las problemáticas que se plantean en el mundo hoy en día. Debido a que el 97.5% de agua salada se encuentra en los océanos, el 2.24% de agua dulce en los casquetes polares (Antártida y Groenlandia), en glaciares y aguas subterráneas profundas y el restante que es solo de 0.26% es el agua dulce accesible para consumo que se encuentra en lagos, embalses y canales fluviales (Mundial & UNESCO, 2017). Actualmente la demanda mundial de agua es alrededor de 4.600 km³/año, teniendo en cuenta que esta demanda aumente en 20% y 30% para el año 2050. Este aumento es dado al crecimiento de la población, el desarrollo económico y el consumo cambiante de los seres humanos (UNESCO, 2018a). La demanda de agua se presenta con un porcentaje del 1% anual, donde se estima que hay 3.600 millones de personas que habitan áreas con riesgo de escases del recurso hídrico al menos un mes al año (UNESCO, 2018b). Se estima que en los países en desarrollo el 80% de las enfermedades se dan por la ingesta de agua no potable y las malas condiciones sanitarias. Por tal motivo es de suma importancia proteger las fuentes de suministro de agua potable para disminuir la contaminación de los recursos hídricos (Córdoba, Del Coco, & Basualdo, 2010).

Debido a la ubicación geográfica de Colombia, esta cuenta con una precipitación media anual de 3.000 mm, por encima de la precipitación media anual mundial que es de 900 mm. Con respecto al caudal específico de escorrentía superficial el cual es de 58 l/s/km², siendo tres veces mayor al promedio sudamericano con un valor de 21 l/s/km² y seis veces mayor al promedio mundial el cual es de 10 l/s/km². En Colombia el consumo de agua básico potable es de 20 m³/vivienda – mes, presentándose problemáticas como las grandes pérdidas en la distribución y la deficiencia de la calidad (Partnership & CEPAL, 2000). Durante el periodo 2010 – 2015 en Colombia el suministro de agua potable se dio en 91.4 personas de 100, lo que permitió la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos. A pesar de estos avances, aun no se logra asegurar agua potable y saneamiento básico, para la totalidad de colombianos (Pereira, Urrego, & Martínez, 2017). *ovary, small bowel and brain, and three PMS2 mutation positive relatives had breast cancer. The overall cancer risk in the PMS2 mutation carriers at 50 years is 9% (95% CI: 0-18.* A nivel departamental (Boyacá), se cuenta con 123 municipios donde se tiene un IRCA (Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano) de 27.0 en un nivel de riesgo medio. Aunque uno de los principales problemas ambientales y críticos, son las crecientes descargas de aguas residuales domésticas e industriales sin ningún tipo de tratamiento previo, generando grave daño ambiental y a la salud humana. (Amaya, Mesa, & Roa, 2018)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que el 10% de la población mundial consume alimentos regados con aguas residuales sin ningún tratamiento, donde el 4% del total de muertes en el mundo está relacionado con la calidad del agua (Rodríguez, García, & García, 2017). El sulfato de aluminio en el ser humano presenta afectaciones en el aspecto cognitivo, en la demencia y en la aparición de enfermedades como el Alzheimer, cáncer y enfermedades óseas. Además de que deteriora las células epiteliales intestinales las cuales son responsables de proteger el intestino de sustancias nocivas (Meza, Riaños, Mercado, Olivero, & Jurado, 2018). Una de las exposiciones que presenta el ser humano para el desarrollo del Alzheimer es a través del agua que se consume, debido a que en el proceso de potabilización de esta se usa el sulfato de aluminio como coagulante. Al final del proceso quedan entre 0.014 y 2,7 mg/l del metal en el agua. Siendo el aluminio uno de los factores ambientales potenciales para el desarrollo de esta enfermedad (Suay & Ballester, 2002). La OMS (Organización

Mundial de la Salud) estima que el aluminio contenido en el agua para consumo, aumenta la posibilidad de ingerir aluminio en una concentración de 4,0 mg Al/día (Banegas, 2007).

Por medio de estos proyectos de investigación se logra que el estudiante identifique problemáticas y de solución a las mismas, siendo un método didáctico en el proceso formativo (Perico, Acosta, & Perico Martínez, 2014)(Perico, Sánchez, & Medina, 2015). Esto permite indagar sobre el tema de las soluciones no convencionales en los coagulantes presentes en el sistema de tratamiento de agua. Permitiendo una efectividad en la reducción de enfermedades o alteraciones en el cuerpo humano (Mendoza, Fernández, & Ettiene, 2009). Se da la propuesta del uso de coagulantes naturales en este caso la Haba y la Moringa, como posibles sustitutos de los coagulantes polímeros como el Sulfato de Aluminio.

2. MARCO TEÓRICO

Para el tratamiento de agua potable para consumo humano, se dan varios procesos. La complejidad de cada proceso dependerá de la calidad de la fuente o el agua cruda, uno de los procesos claves es la coagulación o coagulación -floculación. Este proceso consiste en la adición de un coagulante, con el objetivo de desestabilizar las partículas coloidales y ser removidas, al sumar el proceso de floculación, las partículas desestabilizadas chocan entre sí y se aglomeran formando el floc. Los coagulantes más usados son el sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato férrico. Durante este proceso se da la remoción de la turbidez y el color, se eliminan bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles (Chulluncuy, 2011).

Los coagulantes primarios se basan en compuestos inorgánicos convencionales de aluminio o hierro. Como se mencionaron anteriormente algunos coagulantes como sulfato de aluminio, aluminato de sodio, sulfato ferroso, sulfato férrico y cloruro férrico. En su mayoría son sales que permiten la disminución del pH del agua. Estos productos químicos en ocasiones son de alto costo y tienen efectos negativos en la salud y medio ambiente. Por tal razón, se ha buscado sustituir los coagulantes artificiales por otras opciones entre ellas las vegetales. Las cuales son solubles en el agua y al ser de origen vegetal, algunos poseen propiedades microbianas. Presentando ventajas como la rentabilidad, baja probabilidad de conferir pH extremo al agua y altamente biodegradables(Contreras, Mendoza, Salcedo, Olivero, & Mendoza, 2015).

Algunos coagulantes naturales de origen vegetal como moringa oleífera, cactus lefaria, almidón de yuca y algas marinas, resultan ser económicas, biodegradables y seguros para con el medio ambiente. Estos coagulantes vegetales presentan proteínas solubles que actúan en el proceso de como un polielectrolito catiónico natural, capacidad que es incrementada cuando se emplean sales inorgánicas como pre-tratamiento. Estos coagulantes no inciden significativamente en los cambios de pH y conductividad del agua, después del tratamiento reduciendo la presencia de microorganismos (Fuentes Molina, Molina Rodríguez, & Ariza, 2016)sin embargo no todas son aptas para el consumo, haciéndose necesario su tratamiento, mediante la combinación de procesos físicos y químicos que requieren el uso de coagulantes como el sulfato de aluminio; sustancia que cumple eficientemente su función, pero es bio-acumulada por los humanos afectando la salud. Objetivo. Evaluar la eficiencia de los coagulantes naturales Moringa Oleífera, Cactus Opuntia, Algas Marinas y Almidón, para la clarificación de las aguas de consumo humano, como sustituto al sulfato de aluminio en sistemas batch y continuos. Materiales y métodos. Se analizaron muestras de agua del Rio Cesar, durante periodos seco y lluvioso, representando baja y alta turbiedad. Las biomasas fueron analizadas con y sin pre-tratamientos químicos (Ca(OH.

El sistema nervioso de los seres humanos es muy susceptible a la acción de metales, en especial la del aluminio. Señalando las acciones degenerativas en el cuerpo, generando enfermedades como el Alzheimer (Torrellas, 2013). Esta enfermedad consiste en la dolencia degenerativa cerebral primaria, caracterizada por trastornos de memoria progresando a la pérdida de funciones cognitivas y conductuales (Fontán, 2012). Esta enfermedad es desarrollada por medio de dos factores: el genético y el ambiental. Uno de los factores externos es el aluminio (Peña, 1999). Este metal es adquirido por los seres humanos por medio de los alimentos, el agua para cocinar y beber (Trejo & Hernández, 2004). El sulfato de aluminio el cual es usado en la potabilización del agua incide en la aparición de esta enfermedad, por tal razón se hace necesario remover la turbidez, el color y materia orgánica sin el uso de elementos metálicos. En este punto aparecen los coagulantes naturales que en el caso de la moringa logran reducir parámetros de turbidez hasta en un 64% (Meza et al., 2018).

3. MATERIALES Y METODOS

Las etapas de desarrollo de la investigación se especifican a continuación:

a. Etapa 1

En esta etapa se realizó un análisis en el cual se busca una problemática a nivel social, a la cual se pretende realizar un estudio y por ende brindar una solución; se planteó el problema, en donde se afecta un recurso natural, el lago de Tota, ubicado en el departamento de Boyacá, en jurisdicción de los municipios de Aquitania, Cuítiva y Tota; una de las fuentes hídricas más importante de Colombia.

b. Etapa 2

A partir de lo planteado anteriormente se tomaron tres muestras de agua del lago de Tota y pequeños ríos que desembocan en este. La primera muestra se tomó en el sector “la peña” en el Lago de Tota, la segunda muestra se realizó en el sector “centro” en una desembocadura al Lago de Tota y la tercera muestra se tomó en el sector “Pérez” en una desembocadura del lago de Tota, de estas dos últimas muestras se encontró bastante contaminación en el agua. El recipiente de toma de muestra fue un galón de 5 litros, para el transporte del agua cruda. El recipiente fue debidamente desinfectado para evitar contaminación de la muestra y transportada de manera inmediata al laboratorio para los debidos ensayos.

c. Etapa 3

Con las muestras anteriormente mencionadas, se realizaron diversos laboratorios para cada muestra tomada. Los ensayos de laboratorio realizados fueron: ensayo de la probeta, test de jarras y medición de parámetros de calidad de agua como conductividad, turbidez y pH. Estos se realizaron para las muestras dos y tres. En este caso se usó el coagulante artificial (sulfato de aluminio). Para los coagulantes naturales, el haba y la moringa, se les dio un previo tratamiento desde su molienda y maceración, hasta pasarlo por el tamiz 200 y así obtener un producto más fino. La aplicación del coagulante al agua se dio de forma directa y tipo infusión, usando una concentración de 6 y 9 gr de haba, 5 gr de moringa y por último la unión de los dos coagulantes usando 6 gr esto para una probeta con capacidad de 1000 ml de agua. Para los coagulantes naturales no se elaboró test de jarras, sino que se decidió dejar actuar el

coagulante sin ningún movimiento durante 24 horas y proceder a la toma de los parámetros de calidad del agua.

d. Etapa 4

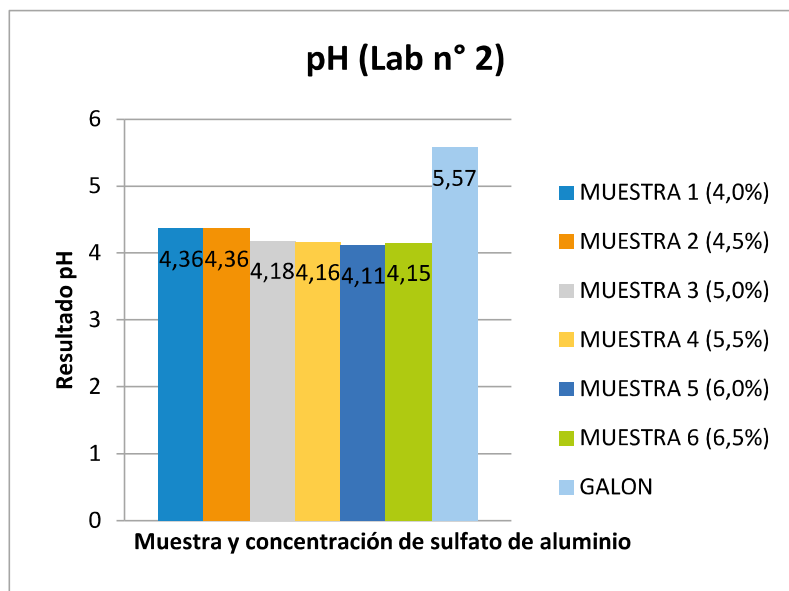
Por último, se tiene el análisis de resultados, con respecto a lo obtenido en cada ensayo de laboratorio. Principalmente se analizó los cambios en los parámetros de la calidad del agua (conductividad, turbidez y pH), la floculación, el tiempo que el coagulante natural actúa y como se da la disminución del uso del sulfato de aluminio en como coagulante artificial en el proceso de potabilización del agua. Estos análisis se compararon con varios autores y estudios realizados anteriormente, para generar una comparación con los resultados que se obtuvieron en esta investigación.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

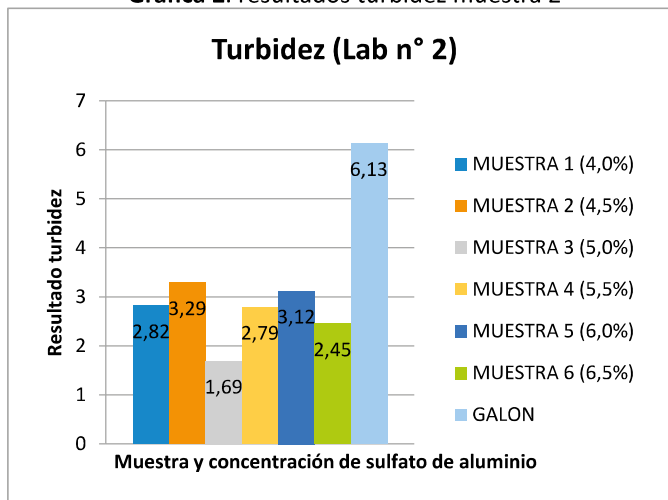
4.1 TEST DE JARRAS

En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos con respecto a los parámetros de calidad de agua como lo es el pH, conductividad y turbidez. La comparación se realiza con respecto a la concentración de sulfato de aluminio como coagulante y el valor inicial del estado del agua en el galón. Los resultados son de la prueba de jarras, para las muestras 2 y 3.

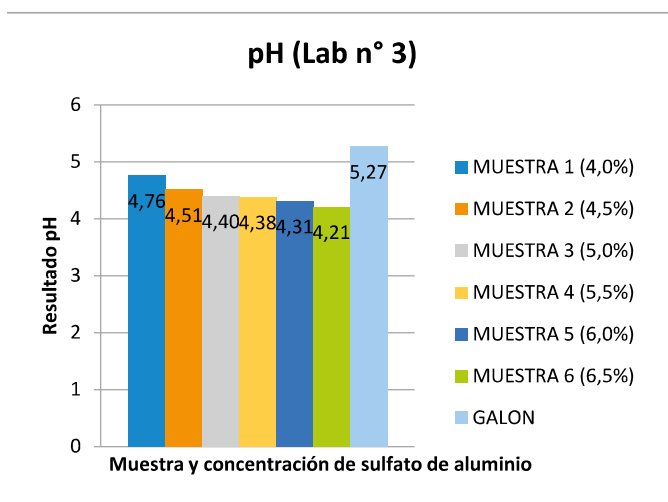
Grafica 1. resultados de pH para muestra 2.



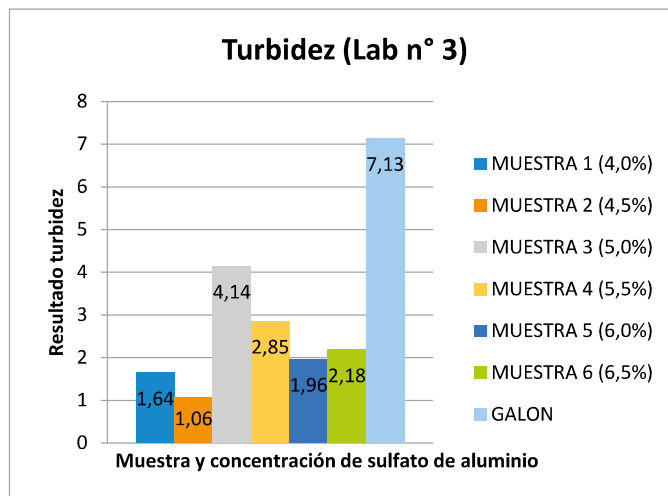
Grafica 2. resultados turbidez muestra 2



Grafica 3. Resultados de pH para muestra 3.



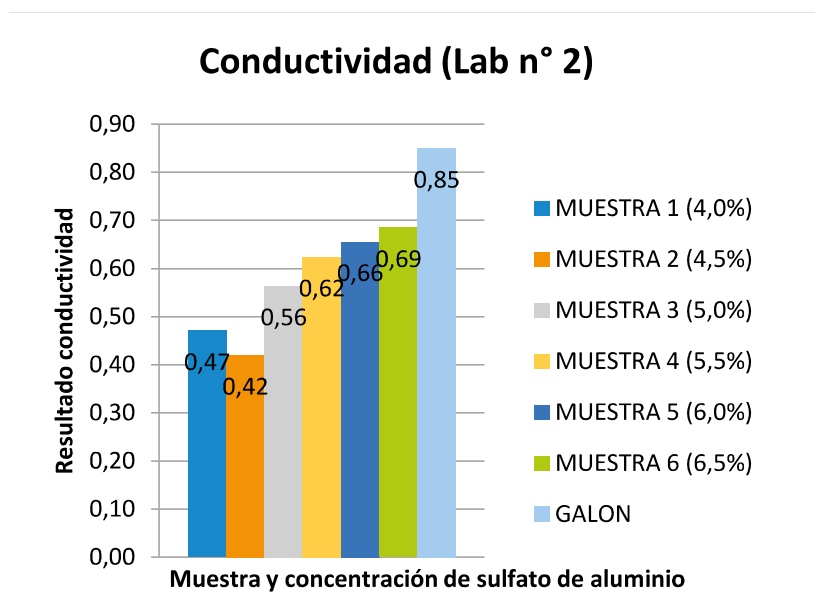
Grafica 4. Resultados turbidez muestra 3.

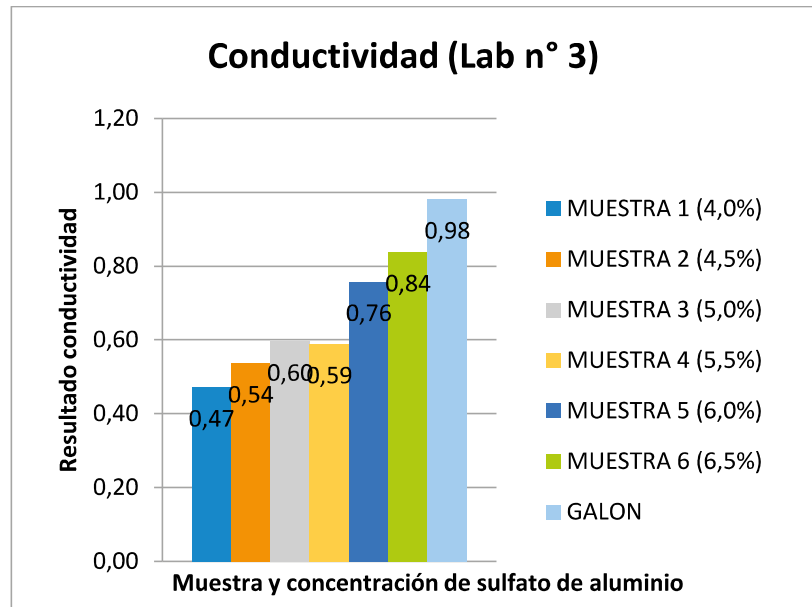


En las gráficas I y II se presentan los valores de pH obtenidos en el test de jarras. Para las muestras 2 y 3, se observa una disminución del parámetro a un valor mínimo de 4.11 con una concentración de 6.0% de sulfato de aluminio. Pasando de 5.57 y 5.27 que es el valor de pH de las muestras directamente del Lago de Tota. Es importante destacar que según el RAS (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico), el valor admisible de pH esta entre 6.5 y 9.0. Donde se evidencia que las muestras tomadas en el lago no cumplen y al realizar el test de jarras, este parámetro tiende a disminuir (Ministerio de Desarrollo Económico, 2010). Para este caso se debe usar alcalinizantes que permitan el aumento de este parámetro, debido a que entre más bajo sea el valor de pH, el agua tiende a ser más corrosiva, por ser ácida (Bueno, Torres, & Delgado, 2014). Algunos productos alcalinizantes son: cal hidratada, hidróxido de sodio, bicarbonato de sodio, carbonato de sodio y carbonato de calcio (Bueno, 2014).

Con respecto a los resultados de turbidez, se observa la variación y disminución notable de este parámetro, después del test de jarras. En la muestra 2 se pasa de un valor de turbidez de 6.13 UNT a 1.69 UNT, para la muestra 3 se presenta un valor de 7.13 UNT de la fuente natural y su disminución se da hasta un valor de 1.06 UNT. Según la ley, este parámetro debe estar por debajo de 2 (≤ 2) (Ministerio de Desarrollo Económico, 2010). Para el caso de la muestra 2 se cumple solo cuando el coagulante se encuentra a una concentración de 5.0%. En la muestra 3 se cumple con el parámetro en una concentración de 4.0%, 4.5% y 6.0%. En el caso de la muestra 3, se toma la concentración del 4,0%, debido que se a mayor sulfato de aluminio, mayores residuos se tienen de este coagulante (Colpas, Jaime, & Severiche, 2014). La floculación del agua se dio durante 30 minutos, por tal razón el floc no tiene el suficiente tiempo para sedimentar, pero en los casos donde actuó, se observó la capacidad que presenta este coagulante artificial en la generación del floc presente en el agua (Vásquez, 2013).

Grafica 5. Resultados conductividad muestra 2.



Grafica 6. Resultados conductividad muestra 3.

Por último, se analizó el parámetro de conductividad eléctrica, el cual presenta un aumento con respecto a la concentración, en especial en la muestra 3. Los valores para este parámetro de la fuente natural son de 0.85 US/cm para la muestra 2 y 0.98 US/cm para la muestra 3. Según la norma RAS, este valor no puede sobrepasar el valor de 1000 US/cm, por lo tanto para la muestra 2 y 3 se cumple este parámetro con las diversas concentraciones usadas de sulfato de aluminio (Zapata, Gaines, Muñoz, Otero, & Mendoza, 2017). En estudios previos se evidencio que varias desembocaduras son las que presentan un aumento en este parámetro, como se evidencia en la muestra 3 la cual es mayor (Abella & Martínez, 2013). Al tener valores bajos de conductividad el oxígeno disuelto tiende a ser mayor. Donde se presentan valores de 6,3 y 5,9 mg/L para oxígeno disuelto en zonas específicas del lago (Gil, Pedroza, & Aranguren, 2016). Cumpliendo con el reglamento nacional (RAS), el cual especifica que para una fuente aceptable el valor se debe encontrar superior o igual a 4 mg/L (Ministerio de Desarrollo Económico, 2010).

4.2 PRUEBAS COAGULANTES NATURALES

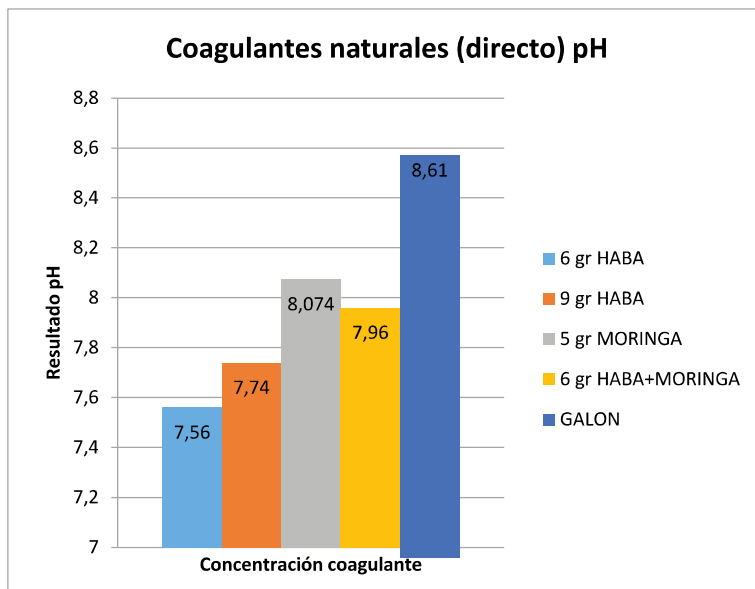
Para este caso se dio el traslado de una muestra de agua adicional de la Laguna de Tota, para la adición de los coagulantes naturales en este caso el haba y la moringa de forma directa y tipo infusión. Para la obtención de los coagulantes naturales, se dio los siguientes procesos:

1. Se obtuvo el producto, es decir las habas y la hoja de la moringa.
2. Se tomó una parte de las hojas de la moringa recolectadas y se ingresó a un horno durante 5 minutos. Para las habas, se dio un previo secado al aire libre.
3. Las habas fueron molidas, obteniendo un polvillo fino, pero no lo suficiente para usarse. Por otro lado, la moringa luego de ser sacada del horno, se macero hasta obtener un polvo fino.

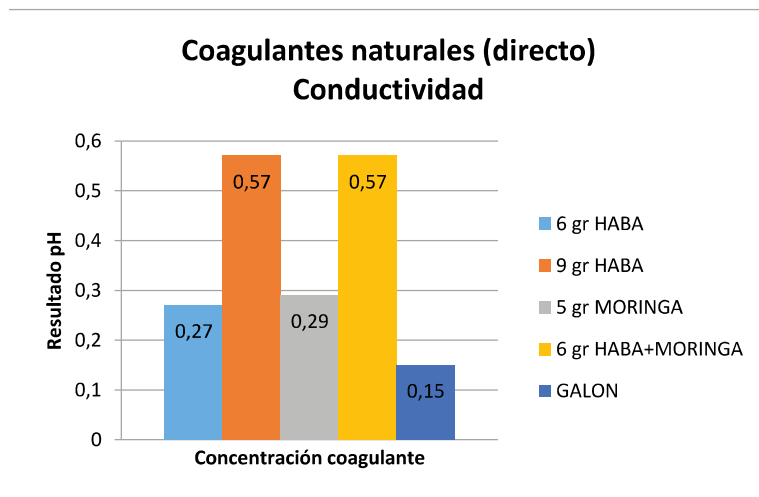
4. Tanto el haba como la moringa fueron pasadas por el tamiz 200, para que el polvillo fuera el óptimo para usarse.

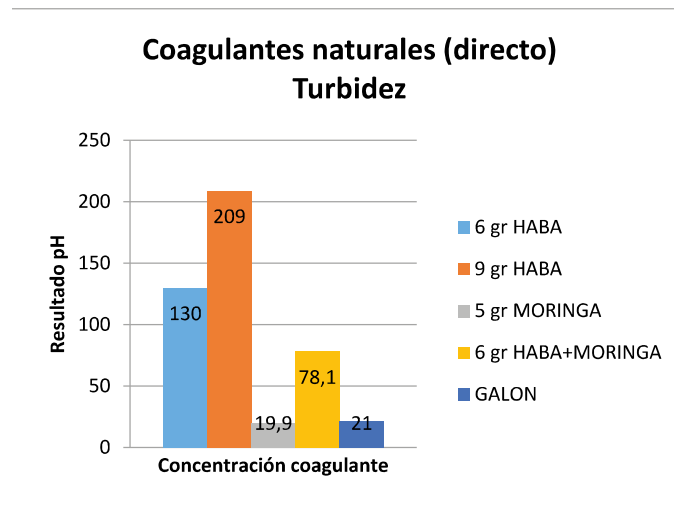
Teniendo en cuenta los pasos anteriores, se dio el uso de estos coagulantes en las muestras, en primer lugar, se tienen los resultados con respecto a los coagulantes añadidos de forma directa en el agua, es decir la cantidad de polvillo de coagulante en gramos en el agua.

Grafica 7. Resultados pH para coagulante natural.



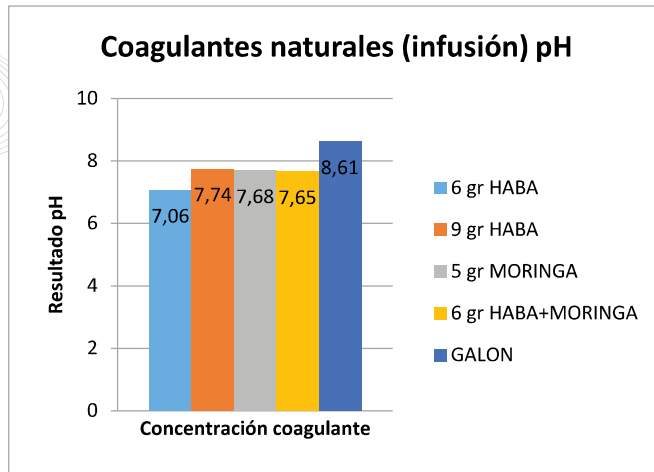
Grafica 8. Resultados conductividad para coagulante natural.



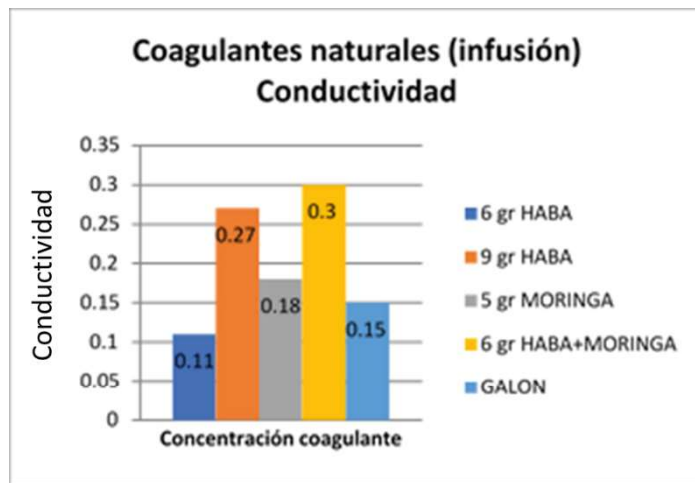
Grafica 9. Resultados turbidez para coagulante natural.

Los parámetros analizados fueron los básicos como pH, conductividad y turbidez. Se observa que el valor de pH para este caso cumple según lo especificado en el RAS, donde los valores se deben encontrar entre 6.0 y 9.0. Las concentraciones tanto de haba como de moringa disminuyen el valor de pH del agua que en este caso es de 8.61, y la concentración que hace que este valor disminuya notablemente es de 6 gramos de haba. Por otro lado, se presenta la conductividad, donde todas las concentraciones hacen elevar este parámetro, donde el haba y la combinación de los coagulantes son los que presentan mayor valor (0.57 US/cm). Por último, se tiene la turbidez, la cual presenta una baja disminución en su valor normal que fue de 21 UNT, disminuyendo a tan solo 19.9 UNT esto con la concentración de 5 gramos de moringa. Para obtener una disminución en la turbidez del 60%, es importante que las dosis sean de 250 mg/L, en aguas con una turbidez promedio de 50 UNT (Vásquez, 2013). Por otra parte las variaciones de pH son muy bajas, siempre buscando que estén según la norma (Mendoza et al., 2009). Los coagulantes naturales en especial la Moringa oleífera, son más usadas en la disminución de la turbidez, debido a que en las diversas formas que se pueden aplicar al agua, se ha comprobado su eficacia al remover material suspendidos (Paredes, 2013). Con respecto a la conductividad según Ndabigengesere y Narasiah (1998), la moringa en especial no presenta cambios significativos en la conductividad del agua después del tratamiento, pero si incrementa el carbono orgánico disuelto en el agua (Lédo, Lima, Paulo, & Duarte, 2009). El almidón de haba cambiando con otras legumbres, al ser combinada con el sulfato de aluminio a una concentración de 85 mg/L, el haba actúa tan solo en un 0.1% de la concentración (Ojeda, 2012). Por otra parte, se tienen los resultados obtenidos para el uso de los coagulantes, estos tipos infusión.

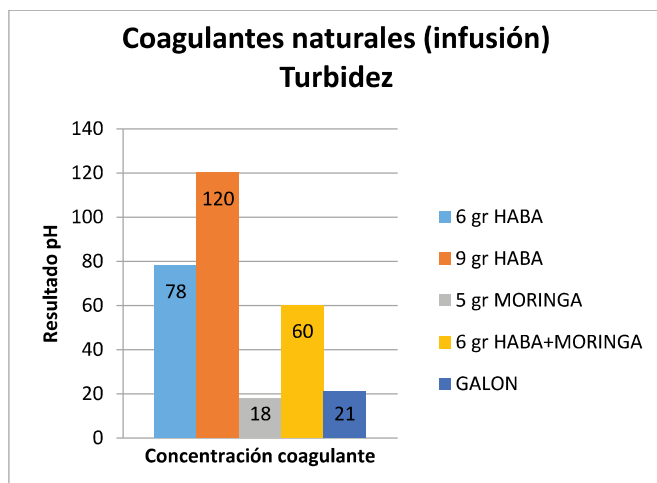
Grafica 10. Resultados pH para coagulante natural



Grafica 11. Resultados conductividad para coagulante natural.



Grafica 12. Resultados turbidez para coagulante natural.



En este caso se tiene que los valores de pH se encuentran dentro del rango establecido por la ley colombiana, que es entre 6.0 y 9.0. Donde la concentración por tipo infusión es óptima debido a que el valor mínimo encontrado fue de 7.06 con una concentración de 6 gr de haba. Para el caso de la conductividad, se disminuye este parámetro con respecto al coagulante natural de forma directa, dado que para este caso el valor mínimo de conductividad es de 0.11 US/cm a una concentración de 6 gramos de haba, valor que está por debajo del normal del agua que fue de 0.15 US/cm. Por último, se tiene la turbidez del agua que por este método es más notable su disminución, debido a que el valor de la muestra sin ningún tratamiento fue de 21 UNT, donde al agregar una concentración de 5 gramos de moringa el valor disminuyó a 18 UNT. Se evidencia en este caso que la moringa permite la remoción del 80% y 61% de sedimentos y si se aplica una filtración posterior, estos porcentajes aumentan hasta en un 95.50% (Mas y Rubí, Martínez, Carrasquero, & Vargas, 2011), además de esto la moringa permite el tratamiento de agua a un bajo costo y la fácil disponibilidad (Sanchez, Martínez, Sinagawa, & Vázquez, 2013). El pH es un parámetro que se tiende a mantener cercano al valor inicial, dado que la moringa y el haba no generan alteraciones significativas. La conductividad en este caso tiende a aumentar por los componentes de los coagulantes (Sandoval & Laines, 2013). Se debe considerar que la moringa es más efectiva en aguas de turbidez alta (cerca de 100 UNT), donde en nuestro caso el agua es de turbidez media y baja, por tal razón la disminución de este parámetro fue mínima. La dosis aplicada fue otro factor que no permitió que este parámetro cambiara de forma significativa (Guzmán, Villabona, Tejada, & García, 2013).

• CONCLUSIONES

- Los valores obtenidos de pH (7.06 y 7.65) y turbidez (18) permiten observar que la forma óptima para agregar los coagulantes al agua es el que se da por infusión, ya que esto permite que las propiedades de la planta tengan un mayor contacto con el agua analizada.
- En el test de jarras, para los parámetros de calidad del agua, se observa que los valores de pH no son óptimos y con el sulfato de aluminio tienden a bajar, pasando de un valor natural del agua de 5.57, 5.27 a 4.36 y 4.76 respectivamente. Por otra parte, se tiene el parámetro de la turbidez el cual solo cumple con ciertas concentraciones del coagulante a un 4.0%, 4.5% y 6.0%.
- Los coagulantes naturales se observan que son óptimos con respecto al parámetro de pH, logrando que estos se mantengan según lo estipulado por la norma el rango que es de 6.5 a 9.0. Donde para este caso se encuentran entre 7.56 y 7.96.
- Se puede establecer que la moringa es un coagulante bastante efectivo teniendo una eficiencia de un 70% pero no cumple por si solo con los estándares requeridos para una posible utilización a gran escala, por otra parte cabe resaltar que el proceso de clarificación (tamizado) contribuye a la eliminación de partículas que aporta a cumplir con los estándares de medición de pH, turbidez y conductividad en un intervalo mucho más pequeño por lo cual se puede concluir que este proceso ayuda a optimizar la purificación del agua.
- Por otro lado, el harina de la semillas de haba es un coagulante efectivo que a su vez necesita del proceso de tamizado (clarificación) y solución en agua destilada, para poder observar claramente su resultado, por otra parte, cabe resaltar que la eficiencia de la moringa es mucho mayor respecto a la semilla de haba, pero que la hibridación de estas dos contribuye a una disminución en su eficiencia, pero queda demostrado que utilizándolas por separado se asemeja a los resultados obtenidos con el sulfato de aluminio.

- La efectividad se observa como efecto de los coagulantes naturales, dado que no se encuentra en el proceso residuos de sedimentación.

5. REFERENCIAS

- [1] Abella, J., & Martínez, M. (2013). Contribución de un afluente tributario a la eutrofización del lago de tota (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 242-261.
- [2] Amaya, C., Mesa, D., & Roa, D. (2018). Ordenamiento Territorial Departamental de Boyacá - Dimensión Funcional (Servicios públicos e infraestructura). *Gobernación de Boyacá*, 1-59.
- [3] Banegas, J. (2007). Enfermedad de Alzheimer. *BUN Synapsis*, 2.
- [4] Bueno, K. (2014). *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN DEL pH DEL AGUA TRATADA DEL RÍO CAUCA*. Unniversidad del Valle.
- [5] Bueno, K., Torres, P., & Delgado, L. (2014). Monitoreo y medición del ajuste del pH del agua tratada del río cauca mediante índices de estabilización. *U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica.*, 17(2), 563-575.
- [6] Chilluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 0(29), 153. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>
- [7] Colpas, F., Jaime, J., & Severiche, C. (2014). Evaluación analítica de las determinaciones de aluminio disuelto en aguas tratadas por método colorimétrico. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 42-46.
- [8] Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, J., Olivero, R., & Mendoza, G. (2015). El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *Producción + Limpia*, 10(1), 40-50. <https://doi.org/10.22507/pml.v10n1a3>
- [9] Córdoba, M., Del Coco, V., & Basualdo, J. (2010). Agua y salud humana. *Química Viva*, Numero 3, 105-119.
- [10] Fontán, L. (2012). La Enfermedad de Alzheimer: elementos para el diagnóstico y manejo clínico en el consultorio. *Biomedicina*, 7(1).
- [11] Fuentes Molina, N., Molina Rodríguez, E. J., & Ariza, C. P. (2016). Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del $Al_2(SO_4)_3$ para clarificación de aguas. *Producción + Limpia*, 11(2), 41-54. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a4>
- [12] Gil, L., Pedroza, A., & Aranguren, N. (2016). Valoración ambiental del lago de Tota basado en estructura y función de macroinvertebrados. *Cultura Científica*, 14(October). Recuperado a partir de <https://www.researchgate.net/publication/325708747%0AValoración>

- [13] Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES : UNA REVISIÓN. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 16(1), 253-262.
- [14] Lédo, P., Lima, R., Paulo, J., & Duarte, M. (2009). Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de Moringa oleifera para la depuración de aguas con baja turbiedad. *Información Tecnológica*, 20(5), 3-12. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4096it.08>
- [15] Mas y Rubí, M., Martínez, D., Carrasquero, S., & Vargas, L. (2011). Uso de la Moringa Oleifera para el mejoramiento de la calidad del agua de un efluente doméstico proveniente de lagunas de estabilización. *Centro de investigaciones biológicas.*, 45(2), 169-180.
- [16] Mendoza, I., Fernández, N., & Ettiene, G. (2009). Uso de la Moringa oleifera como coagulante en la potabilización de las aguas. *Ciencia* 8, 8(August), 235-242. Recuperado a partir de [http://www.elaguapotable.com/Use de la Moringa oleifera como coagulante.pdf](http://www.elaguapotable.com/Use%20de%20la%20Moringa%20oleifera%20como%20coagulante.pdf)
- [17] Meza, M., Riaños, K., Mercado, I., Olivero, R., & Jurado, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico Evaluation of the coagulant power of aluminum sulfate and Moringa oleífera seeds in the c. *UIS Ingenierías*, 17(2), 95-103.
- [18] Ministerio de Desarrollo Económico. (2010). *Título B. Sistemas de Acueducto. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Recuperado a partir de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB 030714.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf)
- [19] Monforte, G., & Cantú, P. (2009). Escenario del agua en Mexico. *Culcyt//Recursos Hídricos*, No. 30, 31-40.
- [20] Mundial, O. M., & UNESCO. (2017). ¿Hay suficiente agua en el mundo? *Organización Meteorológica Mundial*, 91, 399-404.
- [21] Ojeda, L. (2012). *Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del tropaeolum tuberosum, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puegasí de la EPMAPS*. Universidad Politécnica Salesiana.
- [22] Paredes, P. (2013). El uso de Moringa oleifera como material natural para el tratamiento del agua potable en países en vía de desarrollo. *Revista Científica YACHANA*, 2(2), 243-246.
- [23] Partnership, G. W., & CEPAL. (2000). *Agua para el siglo XXI para América del Sur - Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia*. (A. M. del Agua, Ed.). Bogota D.C: Editorial Tiempo Nuevo.
- [24] Peña, J. (1999). Enfermedad de Alzheimer: del diagnóstico a la terapia: conceptos y hechos. *Activemos la mente*.

- [25] Pereira, D., Urrego, J., & Martínez, N. (2017). Informe sectorial: Agua potable y Saneamiento básico. *Findeter*, 13.
- [26] Perico, N., Acosta, P., & Perico Martinez, N. (2014). El ensayo para formar profesionales reflexivos, *5*, 111-119.
- [27] Perico, N., Sánchez, H., & Medina, J. (2015). Elementos para exposiciones orales en la formación profesional. *Quaestiones Disputatae: temas en debate*, 16(16), 1-12. Recuperado a partir de <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/qdisputatae/article/view/954>
- [28] Rodríguez, J., García, C., & García, J. (2017). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 18(5), 738. <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n5.54869>
- [29] Sanchez, Y., Martínez, G., Sinagawa, S., & Vázquez, J. (2013). Moringa oleifera ; importancia , funcionalidad y estudios nvolucrados. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), 25-30.
- [30] Sandoval, M., & Laines, J. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería*, 12(2), 93-101.
- [31] Suay, L., & Ballester, F. (2002). Revisión de los estudios sobre exposición al aluminio y enfermedad de Alzheimer. *Esp Salud Publica*, 645-658.
- [32] Torrellas, R. (2013). La exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud. *2012*, 9(1), 3-11.
- [33] Trejo, R., & Hernández, V. (2004). Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable. *Conciencia Tecnológica*, 25.
- [34] UNESCO. (2018a). *Soluciones basadas en la naturaleza para la gestion del agua - cifras y datos*. Unwater. Recuperado a partir de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247553s.pdf>
- [35] UNESCO. (2018b). *Soluciones basadas en la naturaleza para la gestion del agua - resumen ejecutivo*. Unwater. Recuperado a partir de <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>
- [36] Vásquez, L. (2013). Remoción de turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas (Eritrina americana, Quercus ilex, Acacia farnesiana, Viscum album y Senna candolleana). *Naturaleza y desarrollo*, 11, 30-41. Recuperado a partir de https://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidiroaxaca.ipn.mx.revista/files/pdf/Vol11No1/NYD_Vol-11-1-Art-3.pdf
- [37] Zapata, A., Gaines, S., Muñoz, V., Otero, V., & Mendoza, V. (2017). Calidad del agua y características habitacionales de un barrio en Bogotá. *NOVA*, 15, 31-36.