

## Use of exudated gum produced by *Samanea saman* in the potabilization of the water

Griselda González<sup>1</sup>, Magaly Chávez<sup>2</sup>, Donaldo Mejías<sup>2</sup>, Marielba Mas y Rubí<sup>2</sup>, Nola Fernández<sup>2</sup> y Gladys León de Pinto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigaciones Ambientales del Núcleo Costa Oriental del Lago (LIANCOL), Venezuela. E-mail: grigonzalez@luz.edu.ve. Fax: +58-264-241-1210.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA), Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Apartado Postal 526. Maracaibo 4001-A, Venezuela.

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones en Química de los Productos Naturales, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

### Abstract

For the clarification of drinking water aluminium sulphate is used to remove colloids and organic substances to improve the water quality. High concentrations of residual aluminium in the drinkable water can have implications on human health, thus, it is necessary to develop alternative environmentally acceptable coagulants. The exudates gums from *Samanea saman* were studied as natural coagulants, establishing optimum dose according to the jar test and determining parameters such as: turbidity, colour, pH, total alkalinity, MPN and heterotrophic count; using synthetic turbid water inoculated with pure culture of *E. Coli* and coagulant solution on the volume range of 50 to 500 mg/L. The initial turbidity used was between 10 to 100 NTU. The optimum coagulant dose was found to be between 10 to 25 mg/L, with significant reduction of turbidity and colour, i. e.: 1 NTU for turbidity and 5 U for colour. The pH and total alkalinity did not present significant variations. On the other hand, for fecal coliforms a significant removal of 99.7%, and for total coliforms (99.8%) was found. And finally, the heterotrophic count was observed with 0 UFC. The parameters evaluated using the exudates gum from *Samanea saman*, comply with the standard established to guarantee the quality of water for human consumption, showing the efficiency of this natural coagulant.

Key words: Coagulant, Exudates gum, *Samanea saman*, potabilization.

## Uso del exudado gomoso producido por *Samanea saman* en la potabilización de las aguas

### Resumen

En la clarificación del agua potable se utiliza sulfato de aluminio para remover materia coloidal y sustancias orgánicas, mejorando la calidad del agua. Elevadas concentraciones de aluminio residual en el agua potable tienen implicaciones en la salud humana, siendo necesario el desarrollo de coagulantes alternativos, ambientalmente aceptables para reemplazar los productos químicos. En esta investigación se estudió el exudado gomoso de *Samanea saman* como coagulante natural, estableciendo su dosis óptima mediante la prueba de jarro y determinando los parámetros: turbidez, color, pH, alcalinidad total, número más probable y conteo de heterótrofos, usando agua turbia sintética inoculada con un cultivo puro de *Escherichia coli* y solución de coagulante en dosis de 10-500 mg/L, con valores de turbidez inicial entre 10-100 NTU. La dosis óptima del coagulante resultó entre 10-25 mg/L, obteniendo disminuciones significativas en los valores de turbidez (1NTU) y color (5 UC), los valores de pH y alcalinidad total no presentaron variaciones significativas, los coliformes fecales y totales tuvieron remociones significativas (99,7% y

99,8% respectivamente) y el conteo de heterótrofos de observó con 0 UFC. Los parámetros evaluados cumplen con los estándares establecidos para garantizar la calidad del agua para consumo humano, usando el exudado gomoso de *Samanea saman*, demostrando la eficiencia de este coagulante natural.

Palabras clave: Coagulante, Exudado gomoso, *Samanea saman*, Potabilización.

## Introducción

La contaminación de las aguas es una de las causas de millones de muertes infantiles cada año en el mundo en desarrollo [1], por lo que es necesario potabilizar el agua con tratamientos elementales como la clarificación, desinfección, acondicionamiento químico y organoléptico [2]. La clarificación es una etapa importante en la potabilización del agua que incluye el proceso de coagulación-floculación en el cual las partículas presentes en el agua se aglomeran formando pequeños gránulos con un peso específico mayor; de esta forma las partículas sedimentan y ocurre la remoción de los materiales en suspensión, lo que permite que el agua alcance la características físicas y organolépticas idóneas para el consumo humano según las normas y estándares de salud pública [3].

El coagulante primario más empleado en la clarificación del agua es el sulfato de aluminio (alumbre). Otras sustancias, tales como los exudados gomosos, extraídos del árbol de *Samanea saman* pueden ser estudiados para establecer la capacidad de coagulación-desinfección en el tratamiento del agua. Recientes investigaciones han demostrado también la eficiencia de las sustancias orgánicas en cuanto a la remoción de turbidez, color y microorganismos, además de quedar demostrada la inocuidad de estos productos naturales a la salud humana en la producción de agua limpia y segura, sin el uso del sulfato de aluminio, pero usando productos naturales, ambientalmente más aceptables y de bajo costo [3, 4]. La metodología incluye la determinación de la dosis óptima con el método de prueba de jarro, aplicando dosis progresivas del coagulante natural, usando agua turbia sintética (caolina) con sustancia que generen las condiciones físico-químicas similares a las aguas crudas naturales, determinando los parámetros físico-químicos, bacteriológicos y la capacidad de remoción de turbidez, color y microorganismos.

Esta investigación pretende confirmar las bases sobre el desarrollo subsecuente de diver-

sos polímeros orgánicos como alternativa que permita superar muchos de los problemas inherentes al uso del sulfato de aluminio en la potabilización de las aguas [5].

## Metodología Experimental

### Selección y toma de muestras

La especie investigada fue *Samanea saman* localizada en el sector Cumbres de Maracaibo (Circunvalación No. 2), Estado Zulia, Venezuela. A tres (3) plantas de *Samanea saman* se le hicieron heridas en forma de surcos a nivel del tallo, obteniendo un total de 156 g de exudado gomoso con un rendimiento promedio de 53,10 g/semana/espécimen [6] (Figura 1). El polímero exudado se colectó durante los meses de sequía (Noviembre a Abril, 2003); otras investigaciones refieren que los árboles exhiben su mayor productividad de goma durante la estación seca, disminuyendo progresivamente durante los períodos lluviosos, hasta inhibir su actividad [7]. Una vez que la goma se colectó, se almacenó en frascos de vidrio, secos y cerrados herméticamente para ser trasladados al laboratorio a una temperatura de 23°C [6].

### Preparación del exudado gomoso

El material exudado se separó manualmente de los pedazos de madera, se mantuvo a 35°C durante 3 días, procesado en el laboratorio con un molino eléctrico de rotación (Grinding 4E), a una velocidad de 89 rpm hasta obtener un polvo muy fino, el cual se pasó a un tamiz mecánico (Thomas Scientific J-IR); usando una serie de tamices de medidas ASTM de especificación No. 11 y tipo 25 -30 con mallas de 710 y 600  $\mu\text{m}$ . Se tomaron 2 g de la goma de *Samanea saman* y se agregaron en 1 L de agua de chorro hasta su uso como coagulante [6, 7].

### Preparación de agua turbia sintética

El agua turbia sintética fue preparada mediante la adición de 5 g de caolina en 1 L de agua



Figura 1. Exudado gomoso de *Samanea saman*. Corte en forma de surco.

de chorro, de acuerdo con Okuda y col [8] y Okuda y col. [9]. Esta suspensión fue agitada por una hora para lograr una dispersión uniforme de las partículas de caolina, se estableció un periodo de 24 horas para la hidratación completa de estas partículas [9]. Luego se efectuaron sucesivas diluciones, hasta obtener los valores prefijados para la turbidez, estos son: 10, 15, 25, 50, 75 y 100 NTU, los cuales fueron verificados en un turbidímetro (Orbeco-Hellige).

#### Preparación del inóculo

El inóculo utilizado fue un cultivo puro de la Enterobacteria *Escherichia coli*, CAZ-085 (Cepario Aníbal Zaidenberg, FEC-LUZ). Esta bacteria Gram negativa mostró las siguientes características morfológicas en sus unidades formadoras de colonias (UFC): color blanco, forma esférica, consistencia cremosa y borde liso [10]. Las soluciones de agua turbia sintética fueron inoculadas con una alícuota de este cultivo microbiano, antes de la adición del agente coagulante y posteriormente se dio inicio a la prueba de jarro.

#### Dosis óptima

La dosis óptima del coagulante se determinó mediante la Prueba de Jarro, método que se utiliza para la simulación del proceso coagulación-floculación [11]. El equipo utilizado fue un agitador múltiple de velocidad variable con seis vasos de precipitado, a los cuales se les agregó un litro de agua turbia sintética con valores de turbidez fijados previamente de: 10, 15, 25, 50, 75 y

100 NTU, metodología según Okuda y col. [9]. Dichas jarras se agitaron a una velocidad que produjo un mezclado rápido de 100 rpm durante 1 minuto, luego usando pipetas estériles, a cada vaso de precipitado se le añadió 0,5 mL de cultivo puro (inóculo) de *E. coli* y 10 mL de exudado gomoso de *Samanea saman* como coagulante, en dosis progresivas de 10, 25, 50, 100, 250 y 500 mg/L. Una vez lograda la mezcla homogénea con el coagulante, se determinaron los parámetros: turbidez, color, alcalinidad total, pH, número más probable (NMP) y conteo de heterótrofos totales según la metodología estándar [11]. Después de finalizada la mezcla rápida se comenzó una mezcla lenta con una agitación de 30 rpm por un tiempo de 30 minutos, luego de este mezclado los vasos de precipitado se dejaron en reposo, hasta alcanzar la fase de sedimentación por un tiempo de 60 minutos [11]. Posteriormente se realizó el cálculo de la dosis óptima, seleccionando la menor cantidad de coagulante que alcance la más alta remoción de turbidez y de color [12].

#### Evaluación Estadística

La data obtenida se analizó usando el programa Statistica (Statsoft®, versión 4.3 para Windows).

### Resultados y Discusión

La Figura 2 muestra las variaciones del pH en los diferentes niveles de turbidez. El pH, en relación a la dosis del coagulante aplicado presentó una tendencia general hacia la disminución con el incremento de la dosis del coagulante y con respecto a los valores de turbidez fijados. Se observó que para el nivel de turbidez de 10 NTU el valor de pH se mantiene con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ; con un nivel de significación expresado en términos de probabilidad de 5%), desde 6,72; 7,00 y 7,02 aplicando dosis de *Samanea saman* de 10, 25 y 50 mg/L;  $p < 0,05$  [13], indica que el margen de error es del 5%, lo que evidencia que existe un 95% de confiabilidad para que el pH de la muestra se mantenga constante. Posteriormente se observó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ), de 6,3; 5,75 y 5,2 correspondiendo a las dosis aplicadas de 100, 250 y 500 mg/L. Respecto al nivel de turbidez de 15 NTU se observó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ), en el valor del

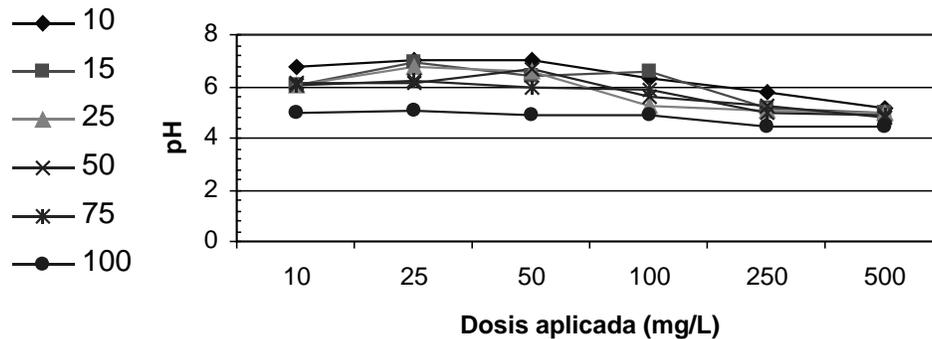


Figura 2. Comportamiento del pH en relación a las dosis de *Samanea saman* y los niveles de turbidez aplicados.

pH con relación a la concentración de las dosis, de 6,08 hasta 4,99 para concentraciones de 10 hasta 500 mg/L de exudado gomoso de *Samanea saman*. Con una turbidez de 25 NTU se registró una disminución significativa ( $p < 0.05$ ) del pH, desde 6,07 hasta 5,02 tomando en cuenta las diferentes dosis aplicadas del coagulante. Para la turbidez de 50 NTU se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el valor del pH, desde 6,17 hasta 4,76; un comportamiento similar se registró para la turbidez de 75 NTU ( $p < 0.05$ ), desde 6,03 hasta 4,92 unidades de pH; mientras que para el nivel de turbidez de 100 NTU se observó una disminución significativa ( $p < 0.05$ ), desde 5,00 hasta 4,41 para concentraciones de coagulante *Samanea saman* desde 10 hasta 500 mg/L. La disminución significativa del pH ( $p < 0.05$ ) correspondiente a la dosis de 100, 250 y 500 mg/L se justificó, ya que durante el periodo de agitación se produjo la liberación de ácidos orgánicos (glucurónicos) presentes en el exudado gomoso, lo que evidencia la disminución del pH.

Para establecer las diferencias entre las medias o valores promedios de los diferentes valores de turbidez se utilizó el método DUNCAN [14]. La normativa vigente venezolana [15] para aguas de consumo humano establece valores de pH de 6,5-8,0 por lo que los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las dosis de coagulantes de 10-50 mg/L mantienen los valores de pH en un margen óptimo o aceptable para niveles de turbidez de 10 hasta 75 NTU.

Los resultados de esta investigación demostraron la eficiencia de los exudados gomosos como coagulantes primarios sin la adición de sustancias químicas, las cuales son requeridas

cuando se usa el sulfato de aluminio para evitar el incremento de la acidez del agua, que la hace peligrosamente corrosiva [16]. Sin embargo, se observaron valores de pH que no cumplen con los estándares de calidad para el agua potable, cuando se incrementa la dosis del coagulante (100-500 mg/L) para todos los niveles de turbidez; este comportamiento indica que el exudado gomoso de *Samanea saman* es conveniente como coagulante primario cuando se aplica en dosis bajas, menores de 50 mg/L. Estos resultados fueron comparados con los reportados en el estudio con Alumbre y semilla *Moringa oleifera* [17], en donde se observó que el valor de pH permaneció casi constante a 7,6 para todas las dosis ensayadas mientras que con la utilización del alumbre el pH disminuyó desde 7,6 hasta 4,2. Esto significa que con el aluminio es necesaria la adición de sustancias químicas para corregir el pH del agua tratada hasta valores entre 6,5-8,5 según la norma vigente venezolana [15]. Debido a los problemas de corrosión en las redes de distribución del agua; para la corrección de este desbalance es ya una práctica común la adición de bicarbonato o lima el cual incrementa el volumen del lodo así como los costos de tratamiento [16].

Muyibi y Evison, [17] realizaron un estudio de coagulación utilizando para ello la *Moringa oleifera* y encontraron que el valor del pH se mantiene constante con la aplicación del coagulantes entre valores de 6,7-7,2. Este comportamiento puede ser conveniente en países tropicales en vías de desarrollo (como Venezuela) en donde se pueden hacer ahorros en las sustancias químicas usados para el ajuste del pH en el tratamiento de potabilización convencional [16].

### Alcalinidad total en el agua turbia sintética con diferentes dosis de *Samanea saman*

La Figura 3 muestra que el aumento progresivo de las dosis del coagulante *Samanea saman* (10, 25, 50, 100, 250 y 500 mg/L) conduce a una disminución de la alcalinidad total, para los valores de turbidez fijados en esta investigación de 10, 15, 25, 50, 75 y 100 NTU. Con el valor de 25 mg/L de coagulante se observó un alto valor de alcalinidad (354 mgCaCO<sub>3</sub>/L) y a medida que la dosis del coagulante aumenta, el valor de la alcalinidad total disminuye. Este máximo valor de alcalinidad total estuvo por debajo del límite permisible fijado por las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable [15] para aguas de consumo humano, el cual es de 400 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Algunos investigadores manifiestan que una ventaja potencial de los coagulantes naturales es que la alcalinidad provee la capacidad de amortiguación necesaria del pH [18] y dicho comportamiento puede ser debido a la precipitación de productos insolubles de la reacción que ocurre entre el coagulante natural y los iones presentes en el agua, siendo el coagulante natural usado *Moringa oleifera* [17] el cual es reconocido como un polielectrolito catiónico y floculante natural que produce sólidos o flóculos de baja sedimentación, que se formaron durante la reacción de precipitación que conduce a la conversión de iones solubles que causan dureza. La alcalinidad total determinada en el proceso de coagulación-floculación se utilizó como agente amortiguador para resistir los cambios repentinos del pH y garantizar que el agua destinada al consumo humano este en condiciones óptimas de pH de 6,5-8,5 [19].

Según estudios realizados con semilla de *Moringa oleifera* como coagulante natural [18] se demostró que la alcalinidad total permaneció casi constante (63 mg CaCO<sub>3</sub>/L) con una dosis óptima de 10 mg/L, la cual se considera inferior en comparación con la determinada en esta investigación para el exudado gomoso (10-25 mg/L) de *Samanea saman* la cual se mantuvo en un valor superior a 100 mg CaCO<sub>3</sub>/L (Figura 3).

### Color en el agua turbia sintética con diferentes dosis de *Samanea saman*

En la Figura 4 puede observarse que las unidades de color se incrementan para las dosis del coagulante superiores a 25 mg/L, reportándose una mayor concentración para este parámetro cuando las concentraciones superan los 500 mg/L; para lo cual el color alcanza hasta 30 unidades. Esto ocurre probablemente a que la dosis excesiva del coagulante orgánico conduce a la dispersión de las partículas coloidales que proporcionan color al agua, reportando que este comportamiento produce una pérdida en la eficiencia de la coagulación. También se observa que para valores de turbidez de 50 y 75 NTU los valores de unidades de color resultaron similares.

Para los valores de turbidez de 10 a 75 NTU se mantuvo una relación del incremento del color de 5 a 10 UC, mientras que para valores de turbidez de 100 unidades, el color pasó de 10 a 30 UC, debido posiblemente a la dispersión de las partículas coloidales producida por la dosis excesiva del coagulante orgánico, el cual proporcionan color al agua [20], reportando que este comportamiento produce una pérdida en la eficiencia en la coagulación. En la Figura 4 se observa el valor

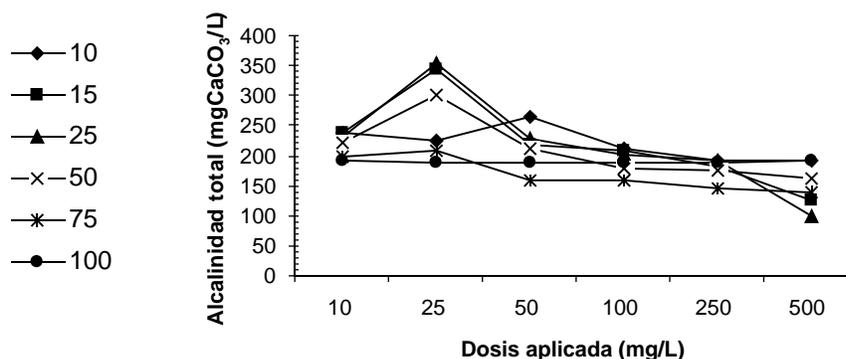


Figura 3. Comportamiento de la alcalinidad total en relación a las dosis de *Samanea saman* y los niveles de turbidez aplicados.

inicial de 5 UC para el agua turbia sintética, cumpliendo estos valores con los límites establecidos como aceptables para la calidad organoléptica del agua potable; cuyo valor máximo aceptable es de 15 UC [15]. Con el alumbre, el color decrece proporcionalmente a medida que aumenta la dosis de este agente químico (90-120 mg/L) [20]. Sin embargo, la eliminación del color hasta valores de 15 UC, ocurre a un pH ácido, en el orden de 4 a 6 unidades. Estas condiciones condujeron a la eliminación del color, en forma inadecuada, puesto que el pH resultante no se ajusta a los criterios establecidos en la normativa vigente venezolana [19]; mientras que se requirió una dosis de 10-25 mg/L de exudado gomoso de *Samanea saman* hasta alcanzar los niveles requeridos para la remoción del color.

**Turbidez en el agua turbia sintética con diferentes dosis de *Samanea saman***

En la Figura 5, se observa una tendencia general hacia el aumento de la turbidez rema-

nente de acuerdo a la dosis aplicada del coagulante orgánico natural *Samanea saman* (10, 25, 50, 100, 250 y 500 mg/L) y para todos los niveles de turbidez empleados (10, 15, 25, 50, 75 y 100 NTU). Para las dosis de 10 y 25 mg/L del coagulante utilizado, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) [13] para los valores de turbidez de 10-75 NTU, observándose de igual forma para las dosis de 50-500 mg/L diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); sin embargo, al compararlas con dosis de 10 y 25 mg/L se observaron valores diferentes. En relación al valor de 100 NTU, se observó una significativa variación en los valores para todas las dosis del coagulante aplicadas, de 10-500 mg/L, para un valor de  $p < 0,05$ . Esto puede explicarse por la reinversión del floculo, lo cual consiste en la regeneración del coloide, en consecuencia, no se produce una buena coagulación y la turbidez tiende a aumentar. La norma venezolana vigente [19] establece como valor máximo aceptable 5 NTU; a partir de este valor se seleccionará la dosis más apropiada del coagulante estudiado,

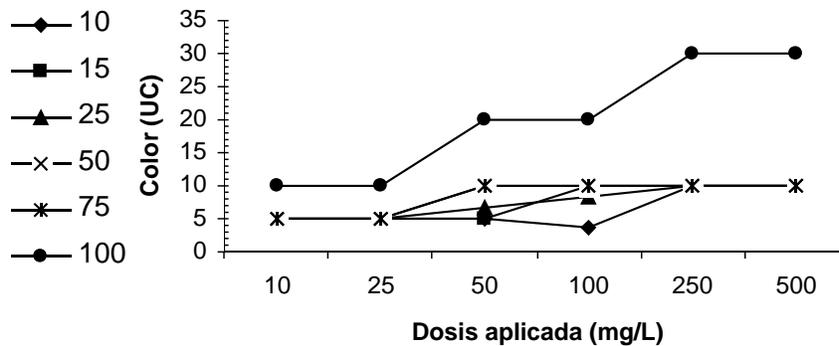


Figura 4. Comportamiento del color en relación a las dosis de *Samanea saman* y los niveles de turbidez aplicado.

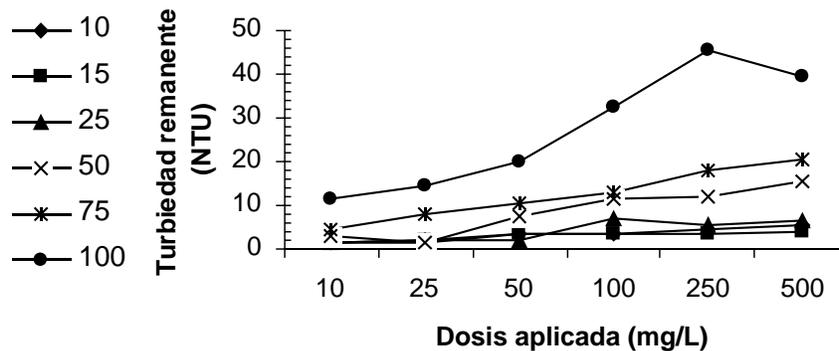


Figura 5. Comportamiento de la turbidez remanente en relación a las dosis de *Samanea saman* y los niveles de turbidez aplicados.

que resultó 10 mg/L para 75 NTU y 25 mg/L para 50 NTU, obteniendo valores de turbidez remanente de 4,33 y 1,67 NTU respectivamente.

Puede observarse que el incremento de la dosis del coagulante conduce al descenso de la remoción de turbidez (Figura 6), así mismo, la dosis de coagulante de 10 mg/L remueve un 94%, para una turbidez inicial de 75 NTU; mientras que con 25 mg/L se alcanzó un porcentaje de remoción de 97%, con lo que se establece un rango de dosis óptima para el exudado gomoso de *Samanea saman* de 10-25 mg/L; este rango puede considerarse bajo, comparándolo con la dosis de alumbre, la cual esta entre 8-15 mg/L, para su efecto en la remoción de turbidez.

Investigadores han demostrado que la utilización de los coagulantes naturales conducen a la remoción de turbidez en un 90% [17], esto implica un valor de turbidez excesivo, considerando que la normativa venezolana vigente refiere que la turbidez en el agua potable debe encontrarse en un rango de 1 a 5 NTU [19].

### Parámetros microbiológicos

Los resultados obtenidos en la determinación de microorganismos coliformes totales y fecales mediante la técnica de fermentación de tubos múltiples permitió determinar la densidad bacteriana, la cual resultó ser 2 N.M.P./100 mL (número más probable), valor que se considera aceptable según la gaceta oficial vigente [15], dicho valor corresponde a una combinación de 5 tubos múltiples [11].

Una vez establecida la dosis óptima del exudado gomoso de 10-25 mg/L, se realizaron algu-

nas pruebas microbiológicas para evaluar el grado de desinfección potencial de este exudado, utilizando 5 mg/L de cultivo puro de *E. coli* con un índice de N.M.P. de 920/100 mL para una combinación de tubos múltiples positivos de coliformes totales iguales a 5-5-3 y para coliformes fecales con valores iniciales de 540/100 mL, con una combinación de tubos positivos 5-5-2. Luego de ser aplicado 10 mL de la preparación de exudado gomoso a 0.5 mg/L de cultivo puro de *E. coli* resultó una combinación de tubos positivos de 0-0-0; esta combinación indica una cantidad mínima de microorganismos en el sobrenadante al final de la sedimentación, con un valor final de NMP menor de 2/100 mL [11], lo que reporta un porcentaje de remoción de 99,7% para coliformes fecales y de 99,8% para coliformes totales, demostrando estos resultados la eficiencia del exudado gomoso de *Samanea saman* para desinfectar el agua.

Al comparar los resultados de esta investigación con los reportados por otros investigadores, se observa que en las primeras dos horas de tratamiento, el porcentaje de reducción bacteriana usando el exudado gomoso de *Samanea saman* resultó similar al obtenido con las semillas de *Moringa oleifera* (90-99,9%) [17]. Estudios reportados por Rodríguez y col. [3] muestran altos niveles de remoción de microorganismos (99%) con el uso de *Moringa oleifera* como coagulante natural.

Con respecto al recuento total de heterótrofos (HTR) antes del proceso de coagulación se observaron colonias relativamente pequeñas y compactas en forma de puntos, alcanzando valores promedio de 79 UFC; después del proceso de coagulación con el exudado gomoso, se observó

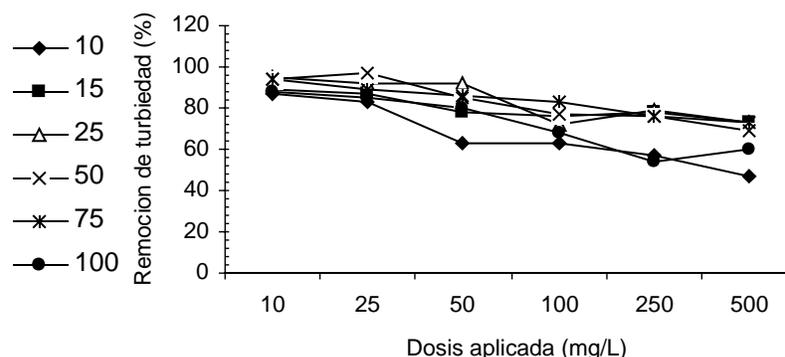


Figura 6. Comportamiento de la remoción de turbiedad en relación a las dosis de *Samanea saman* y niveles de turbiedad aplicados.

que no hubo crecimiento de organismo viables (presencia de UFC) [21], con los valores de turbidez fijados en un rango de 10-100 NTU para esta investigación. Los resultados obtenidos en estas pruebas de NMP y HTR, evidencian que el exudado gomoso usado en esta investigación juega un papel muy importante en la remoción de los microorganismos evaluados (cultivo puro de *E. coli*). Así mismo, la turbidez se ha señalado como un parámetro importante en la calidad bacteriológica del agua, la cual es medida por medio del conteo total de heterótrofos [11].

### Conclusiones

Con los resultados obtenidos en esta investigación se presentaron las siguientes conclusiones:

El exudado gomoso empleado para el proceso de coagulación fue capaz de remover niveles de turbidez y color hasta alcanzar los valores aceptables del agua potable con una dosis óptima de 10-25 mg/L del coagulante para las dosis de turbidez 10-100 NTU.

El exudado gomoso *Samanea saman* no afectó los valores de pH y alcalinidad total para la dosis óptima de 10-25 mg/L del coagulante, por encontrarse estos en el rango permitido de pH y alcalinidad; por lo que no requiere la adición de sustancias químicas para ajustar estos valores según lo establecido en la normativa venezolana vigente para el agua de consumo humano.

Las pruebas bacteriológicas (NMP y HTR) demuestran la eficiencia del exudado gomoso como desinfectante, produciendo agua segura y confiable para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico, lo que representa una alternativa viable en el proceso de potabilización.

### Agradecimiento

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES), La Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, por el financiamiento recibido para el desarrollo de esta investigación.

### Referencias Bibliográficas

1. Vargas L. "Manual del Laboratorio para Análisis de Agua". Trabajo de Ascenso. La Universidad del Zulia, (1984) 362.
2. Rodríguez S., García O., Muñoz R. "Una solución para la clarificación de aguas para consumo humano". Noticias Técnicas del Laboratorio, (2002) 1: 21-22.
3. McCoy W. y Olson H. "Relationship among turbidity, particle counts and bacteriological quality within water distributions lines". Water Research, Vol. 20, No. 8 (1986) 1023-1029.
4. Stauber J., McCoy J. "Bioavailability of Al in alum-treated drinking water". Journal of American Water Works Association, Vol. 91, No. 11 (1999) 84 -93.
5. Kemmer F. Manual del Agua, su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones. Editorial McGraw-Hill, Tomo I, México, (1998) 4-1.
6. León de Pinto G., Martínez M., Gutiérrez O., Rivas C., Ocando E. "Structural study of the polysaccharide isolated from *Samanea saman* gum". Rev. Ciencia, Vol. 6, No. 3 (1998) 191-199.
7. Rincón R., Clamens C., Beltrán O., Sanabria L., León G., Martínez M. "Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica de los exudados gomosos de especies diseminadas en el Estado Zulia, Venezuela". Rev. de la Facultad de Agronomía (LUZ). Vol. 16, No. 1 (1999) 56-63.
8. Okuda T., Baes A., Nishijima W., Okada M. "Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed". Water Research. Vol. 33, No. 15 (1999) 3373-3378.
9. Okuda T., Baes A., Nishijima W., Okada M. "Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution". Water Research. Vol. 35, No. 2 (2001) 405-410.
10. Luengo E. "Manual de Microbiología Básica". Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Biología, Universidad del Zulia, (1989) 166-168
11. APHA-AWWA-WEF. "Standard methods for the examination of water and wastewater", 20th ed. American Public Health Assoc., Washington, D.C. (1998).
12. Ndabigengesere A., Narasiah S., Talbot B. "Active agents and mechanism of coagula-

- tion of turbid waters using *Moringa oleifera*" Water Research. Vol. 29, No. 2 (1995) 703-710.
13. Hernández S. Roberto; Fernández C. Carlos y Baptista L. Pilar "Metodología de la Investigación". McGrawHill. Segunda Edición. México (1999) 371-393.
  14. Canavos G. Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos. Editorial McGrawHill. México (1999) 133-135.
  15. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N<sup>o</sup> 36.395. Normas sanitarias de calidad del agua potable, Venezuela (1998).
  16. Arboleda J. "Teoría y Práctica de la Purificación del Agua". Editorial Nomos, S.A. (2000) 362.
  17. Muyibi S., Evison S. "Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Moringa oleifera* seeds". Water Research. Vol. 29, No. 12 (1995) 2689-2695.
  18. Ndabigengesere A., Narasiah S. "Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds". Water Research. Vol. 32, No. 3 (1998) 781-791.
  19. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 34.892. Normas sanitarias de calidad del agua potable, Venezuela (1992).
  20. Cohen J. Hannah S. "Coagulación y Floculación". Control de Calidad y Tratamiento del Agua. American Water Works Association. (1995) 734.
  21. Escobar M. "Fundamentos de Microbiología". Editorial CEJA, México (1996) 168.

Recibido el 01 de Noviembre de 2004

En forma revisada el 13 de Febrero de 2006