

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE USO DE BIOPOLÍMEROS
ORGÁNICOS “GOMA GUAR” EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES**

**ING. CLAUDIA CRISTINA ROMERO DUARTE
ING. SEBASTIÁN DAVID DUARTE SOTOMAYOR**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE USO DE BIOPOLÍMEROS
ORGÁNICOS “GOMA GUAR” EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

**ING. CLAUDIA CRISTINA ROMERO DUARTE
ING. SEBASTIÁN DAVID DUARTE SOTOMAYOR**

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director
ING. RICHARD DÍAZ GUERRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. ANTECEDENTES	18
2. GENERALIDADES	20
2.1 PROPIEDADES	22
2.2 CLIMA, SUELOS Y AGUA	22
2.3 PRODUCCIÓN DE GOMA GUAR	23
2.3.1 Reología	23
2.3.2 Ventajas del Cultivo de Guar.	23
3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	25
3.1 APLICACIONES DE BIOPOLÍMEROS “GOMA GUAR” EN LAS DIFERENTES INDUSTRIAS.	25
3.1.1 Industria de Alimentos	25
3.1.2 Queso Procesado	25
3.1.3 Estabilización de Helados.	25
3.1.4. Mezclas para Pasteles	25
3.1.5 Ligador para Embutidos	26
3.1.6 Alimento enlatado para animales	26
3.1.7 Salsas y aderezos para ensaladas	26
3.1.8 Industria farmacéutica y cosmética	26
3.1.9 Industria del Papel	26
3.1.10 Industria del tabaco	26
3.1.11 Industria minera y/o perforación petrolera	26
3.1.12 Tratamiento de Agua	27
3.2 PRUEBAS CON GOMA GUAR PARA COMPROBAR SUS BENEFICIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	27

3.3 PREPARACIÓN DE REACTIVOS	33
3.4 COMPARACIÓN COSTOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS INORGÁNICOS USADOS Y BIOPOLÍMEROS COMO LA GOMA GUAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA.	35
4. CONCLUSIONES	36
5. RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	38

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de la celulosa.....	12
Figura 2. Planta de goma Guar.....	22
Figura 3. Agua residual sin tratar	27
Figura 4. Toma de muestra 1	28
Figura 5. Preparación agente coagulante 1	28
Figura 6. Preparación agente floculante (Goma Guar)	29
Figura 7. Solución Goma Guar homogeneizada.....	29
Figura 8. Distribución del agua residual en los recipientes para realizar la prueba.....	29
Figura 9. Prueba 1	30
Figura 10. Prueba II	31
Figura 11. Prueba III	32
Figura 12. Dosificación adecuada 1	32
Figura 13. Agua clarificada	33

LISTA DE GRÁFICAS

Pág.

Gráfica 1. Valores ph	35
-----------------------------	----

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1, Máximos niveles de uso de goma Guar permitidos en E.U.A.	21
Tabla 2. Dosificación prueba 1.....	30
Tabla 3. Dosificación Prueba II	31
Tabla 4. Dosificación Prueba III	31
Tabla 5. Resultados	33

GLOSARIO

BIOPOLÍMEROS: los biopolímeros son macromoléculas presentes en los seres vivos. Materiales poliméricos o macromoleculares sintetizados por los seres vivos. También se incluyen materiales sintéticos con la particularidad de ser biocompatibles con el ser vivo, existen tres principales familias: proteínas (fibróinas, globulinas, etc), polisacáridos (celulosa, alginatos, etc.) y ácidos nucleicos (ADN, ARN, etc), aunque también otros más singulares como los politerpenos, entre los que se incluye el caucho natural, los polifenoles (como la lignina) o algunos poliésteres como los polihidroxicanoatos producidos por algunas bacterias.¹

El biopolímero más abundante en la tierra es la celulosa. Otros biopolímeros abundantes son la quitina (en los exoesqueletos de arácnidos, crustáceos e insectos).

BIOPOLÍMERO DEGRADABLE: por degradación de un polímero se entiende aquel cambio en su estructura química que conlleve una modificación apreciable de sus propiedades. Lo que se pretende con los polímeros degradables es que se mantengan las propiedades durante el período de utilización del polímero y un posterior cambio de su estructura química para descomponerse en componentes compatibles con el medio ambiente.²

CELULOSA: la Celulosa es la principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas. Es una fibra vegetal que al ser observada en el microscopio es similar a un cabello humano, cuya longitud y espesor varía según el tipo de árbol o planta³.

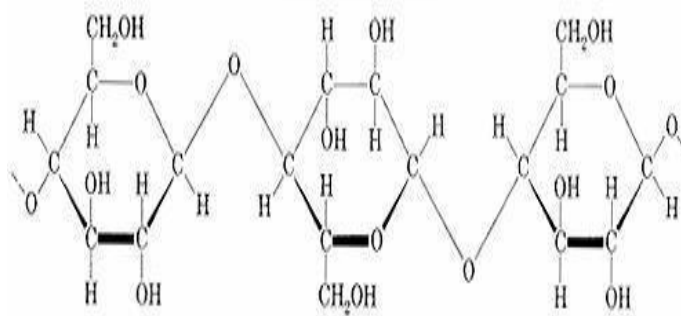
Desde el punto de vista bioquímico, la celulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ con un valor mínimo de $n = 200$, es un polímero natural, constituido por una larga cadena de carbohidratos polisacáridos. La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno, haciéndolas muy resistentes e insolubles al agua. De esta manera, se originan fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales, dándoles así la necesaria rigidez.

¹ QUIMICAS.COM. Que es un polímero. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: iquimicas.com › Material Didáctico

² INTEREMPRESAS. Polímeros el plástico del futuro. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en www.interempresas.net/Plastico/.../28983-Los-biopolimeros-el-plastico-del-futuro.

³ SALUD.CCM. ¿Qué es celulosa? [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en salud.ccm.net › Consejos › Definiciones

Figura 1. Estructura de la celulosa.



Fuente: WIKIPEDIA. Celulosa. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa>.

COAGULACIÓN: en la coagulación, se agrega una sustancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante.⁴

FLOCULACIÓN: le sigue al proceso de coagulación y consiste en una agitación suave y lenta. Durante la floculación, las partículas entran más en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración. El alumbre (sulfato de aluminio) es un coagulante muy usado, dentro de los coagulantes naturales se incluyen semillas en polvo del árbol Moringa olifera y tipos de arcilla tales como la bentonita.⁵

LODOS RESIDUALES: el tratamiento de los lodos producido en las plantas de tratamiento de aguas residuales, durante su proceso, en las fases primaria, secundaria y terciaria, involucra una combinación de procesos físico, químico y biológico.⁶

PLÁSTICO: el término plástico en su significado más general, se aplica a las sustancias de similares estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen, durante un intervalo de temperaturas, propiedades de elasticidad y

⁴ MEDLINE PLUS. ¿Qué es coagulación. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: medlineplus.gov > Página Principal > Enciclopedia médica

⁵ LENNTECH.ES. ¿Qué es floculación? [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.lennotech.es/floculacion.htm

⁶ DATATECA UNIVERSIDAD NACIONAL A DISTANCIA. Concepto básicos de lodos residuales. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en datateca.unad.edu.co/.../Residuales.../leccin_26__conceptos_bsicos_de_lodos_residual.

flexibilidad, que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido concreto, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación semi-natural de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.⁷

La palabra plástico se usó originalmente como adjetivo para denotar un escaso grado de movilidad y facilidad para adquirir cierta forma, sentido que se conserva en el término plasticidad.

POLIMERIZACIÓN: la polimerización es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, o bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional.⁸

⁷ MIS RESPUESTAS. ¿Qué es plástico?. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.misrespuestas.com

⁸ MIS RESPUESTAS. ¿Qué es polimerización? ?. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.misrespuestas.com

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE USO DE BIOPOLÍMEROS ORGÁNICOS “GOMA GUAR” EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.⁹¹⁰

AUTORES: CLAUDIA CRISTINA ROMERO DUARTE Y SEBASTIÁN DAVID DUARTE SOTOMAYOR

PALABRAS CLAVES: Coagulante, aguas residuales, lodos, remoción, biopolímero

DESCRIPCIÓN:

La problemática ambiental evidencia, cada vez más, la necesidad de desarrollar mecanismos efectivos en los sectores productivos para mejorar las condiciones ambientales. Se hace necesaria la búsqueda de tecnologías alternativas en el tratamiento de aguas que incluyan la utilización de coagulantes naturales, amigables con el ambiente.

El guar o goma guar, *Cyamopsis tetragonoloba* es una especie fanerógama (plantas con flores y semillas) perteneciente a la familia de las fabáceas/leguminosas. La goma guar es el polisacárido de reserva nutricional, polímero lineal con peso molecular aproximado de 220,000 daltons, comestible, útil como agente espesante en agua y como reactivo de adsorción y ligador de hidrogeno con superficies minerales y celulósicas.

En este documento se busca verificar el uso de tecnologías alternativas como lo es la utilización de coagulantes naturales (biopolímeros) de bajo impacto ambiental en el tratamiento de aguas residuales que puedan minimizar o evitar el uso de coagulantes químicos inorgánicos de más difícil degradación. Para lograr este objetivo se describe el uso y aplicaciones de biopolímeros en las diferentes industrias, realizando pruebas con goma Guar para comprobar su utilidad en el tratamiento de agua y comparar los costos de los productos químicos inorgánicos usados y los biopolímeros goma Guar para el tratamiento de agua, esto buscando generar un aporte investigativo y cualitativo de las aplicaciones de la *Cyamopsis tetragonoloba* – Goma Guar.

⁹ Trabajo de Grado

¹⁰ Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Escuela de ingeniería química. Director Ing. Richard Díaz Guerrero.

ABSTRACT

TITLE: FEASIBILITY STUDY TECHNICAL use of biopolymers ORGANIC "GUAR" IN WASTEWATER TREATMENT. ¹¹¹²

AUTHORS: CLAUDIA CRISTINA ROMERO DUARTE Y DAVID SEBASTIAN DUARTE SOTOMAYOR

KEYWORDS: Coagulant, wastewater, sludge removal, biopolymer

DESCRIPTION:

Environmental issues evidence, increasingly, the need to develop effective mechanisms in productive sectors to improve environmental conditions. the search for alternative technologies in water treatment involving the use of natural, environmentally friendly coagulants is necessary.

Guar or guar gum, guar is one belonging to the family Fabaceae / legumes flowering plant (flowering plants and seeds). Guar gum is the nutritional reserve polysaccharide, linear polymer with molecular weight about 220,000 daltons of edible useful as thickening agent and as a reagent in water adsorption and hydrogen with mineral binder and cellulosic surfaces.

This paper seeks to verify the use of alternative technologies such as the use of natural coagulants (biopolymers) low environmental impact on waste water treatment that may minimize or avoid the use of inorganic chemical coagulants more difficult degradation. To achieve this objective the use and applications of biopolymers in different industries described, testing with Guar gum to test its usefulness in treating water and compare the costs of inorganic chemicals used and biopolymers Guar gum for the treatment of water, that seeking to create a research and qualitative contribution of the applications of guar - guar gum.

¹¹ Work of Degree

¹² It authorizes of physicochemical engineerings. School of chemical engineering. The director Ing. Richard Díaz Guerrero..

INTRODUCCIÓN

El uso agresivo de nuestros recursos naturales y de materias primas fósiles e inorgánicas y el resultado de los subproductos y derivados de carbono en constante interacción con los compuestos químicos presentes en los ecosistemas acentuado con la industrialización y el elevado consumo de las mismas, dando como resultado el actual y progresivo deterioro ambiental y creando un entorno polimérico, antinatural y extensible en el tiempo.

El rápido crecimiento poblacional y el desarrollo de las ciudades ha traído consigo pluralidad de servicios ecosistémicos, necesarios para el asentamiento, comodidad y desarrollo, además de rigurosas técnicas de ingeniería interdisciplinaria, que buscan soluciones y el mejoramiento continuo de los procesos para el tratamiento de agua; sin embargo estos en oportunidades resultan costosos, poco eficientes y difíciles de mantener, muchas veces debido a la complejidad de los cambios en la materia a tratar o por la dificultad de la remoción de los contaminantes o residuos presentes.

Según (Ortiz, 2013), a pesar de su indiscutible utilidad en la vida cotidiana, una vez que los plásticos se han utilizado se convierten en residuos que forman parte de los residuos sólidos urbanos (RSU), generados en grandes cantidades. Los RSU originan problemas de contaminación del agua, aire y suelo, que impactan directamente al ambiente y a la salud. A nivel mundial, se calcula que 25 millones de toneladas de plásticos se acumulan en el ambiente cada año y pueden permanecer inalterables por un periodo de entre 100 y 500 años. Esto se debe a que su degradación es muy lenta y consiste principalmente en su fragmentación en partículas más pequeñas, mismas que se distribuyen en los mares (en estos se han encontrado entre 3 a 30 kg/km²), ríos, sedimentos y suelos, entre otros. Es común observar paisajes en caminos, áreas naturales protegidas, carreteras, lagos, entre otros, con plásticos tirados como parte de lo mismo.¹³

Según *María Laura Ortiz Hernández Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)*, La implementación de materias orgánicas en la industria de alimentos, salud, cosmética e industrial para la obtención de biopolímeros ha tenido un gran crecimiento en los últimos años; siendo notable sus diversas aplicaciones y el potencial que estas representan en el tratamiento de aguas residuales, la optimización de las técnicas usadas en la actualidad o en su defecto para la "reutilización o reincorporación de los recursos a la cadena de valor y haciendo imperioso la búsqueda de soluciones verdaderamente convenientes para el medio ambiente y los recursos más afectados.

¹³ ORTIZ HERNÁNDEZ, Ma. Laura. Implementación de políticas públicas que coadyuven a disminuir los efectos. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos 2013

El presente trabajo busca describir el uso y aplicaciones de biopolímeros en las diferentes industrias, realizar pruebas con goma Guar para comprobar su utilidad en el tratamiento de agua y comparar los costos de los productos químicos inorgánicos usados y los biopolímeros goma Guar para el tratamiento de agua, esto buscando generar un aporte investigativo y cualitativo de las aplicaciones de la *Cyamopsis tetragonoloba* – Goma Guar.

1. ANTECEDENTES

La problemática ambiental evidencia, cada vez más, la necesidad de desarrollar mecanismos efectivos en los sectores productivos para mejorar las condiciones ambientales.

Se hace necesaria la búsqueda de tecnologías alternativas en el tratamiento de aguas que incluyan la utilización de coagulantes naturales, amigables con el ambiente, más accesibles a las economías emergentes de los países en vía de desarrollo, que no compitan con la cadena alimenticia y que tengan mínima o nula toxicidad, para el tratamiento y potabilización del agua.

En 1988, Jahn publicó una lista de coagulantes naturales de origen vegetal que tradicionalmente se habían utilizado en África subsahariana, la India y América del Sur. Entre ellos, se encontraban las semillas de almendra, albaricoque, melocotón, Cactus Opuntia, legumbres, guisantes, lentejas, nueces, habas, guar y Moringa Oleifera.¹⁴

En el tratamiento del agua se incluye tratamiento fisicoquímico de coagulación y floculación; en el primero, se adicionan sustancias químicas para que las partículas y algunos contaminantes disueltos se aglutinen en partículas más grandes que se puedan retirar mediante procesos de remoción; sin embargo, existen desventajas asociadas al uso de estos coagulantes, como altos costos de adquisición, producción de grandes volúmenes de lodo y el hecho que afectan significativamente el pH del agua tratada. El empleo de materiales naturales puede minimizar o evitar el uso de coagulantes químicos inorgánicos de más difícil degradación.

Los extractos naturales de plantas se han usado para la purificación de agua por muchos siglos como alternativas que incluyan la utilización de coagulantes para el tratamiento de aguas que sean de origen orgánico y de bajo impacto a nivel ambiental. Las principales ventajas de la utilización de coagulantes naturales a base de plantas como material para el tratamiento de agua son evidentes: remueven turbiedad orgánica e inorgánica, remueven color verdadero y aparente, producen lodo de fácil remoción, eliminan patógenos, destruyen algas; son rentables por los bajos costos de producción y altamente biodegradables.

Los coagulantes orgánicos son una alternativa de gran potencial aún no explotado suficientemente. Por lo general, presentan una mínima o nula toxicidad y, en

¹⁴ GARTNER, Jhan. Coagulantes naturales de origen vegetal. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: [https://ja.scribd.com/doc/186877944/](https://ja.scribd.com/doc/186877944/coagulantes-naturales) **coagulantes- naturales**

muchos casos, son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua

Según Martínez en Santiago de Chile – 2007 en el estudio de COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMA DE LA SEMILLA DE ACACIA DE TRES ESPINAS (*Gleditsia triacanthos* L.) Se encontró factibilidad de uso comestible de la goma obtenida. Las propiedades tecnológicas y la viscosidad dieron como resultado que la goma extraída mediante H₂SO₄ a 90°C por 25 minutos, es la que presenta los mejores valores acercándose a los de la goma de algarrobo, por lo cual podría ser factible, incorporar la goma diferentes productos alimenticios¹⁵.

En Colombia, se han realizado investigaciones sobre la utilización de coagulantes naturales, como el almidón de yuca y el de maíz, los cuales, han sido evaluados junto con el sulfato de aluminio B y un polielectrólito comercial, como agentes coagulantes de aguas crudas superficiales. Los resultados obtenidos mostraron un buen desempeño del almidón de maíz, comparable con el polielectrólito y mejor que el sulfato de aluminio B; por el contrario, el almidón de yuca presentó un mal desempeño en estas condiciones y fue el menos efectivo de los agentes coagulantes evaluados¹⁶

Según el trabajo realizado por José Ramón Laines Canepa, Jorge Alberto Goñi Arévalo, Randy Howard Adams Schroeder y Wilder Camacho Chiu sobre el estudio de: MEZCLAS CON POTENCIAL COAGULANTE PARA TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE UN RELLENO SANITARIO. Las pruebas de jarras realizadas a fin de evaluar la funcionalidad de las mezclas coagulantes utilizadas permiten comparar la efectividad de coagulación de las mezclas con base en almidón de plátano, sobre los lixiviados recolectados en el relleno sanitario. Tal efectividad se evaluó bajo criterios comparativos en relación a los resultados obtenidos por la coagulación obtenida por el sulfato de aluminio o el cloruro férrico. Los resultados permitieron establecer la factibilidad de aplicar mezclas preparadas a base de almidón de plátano-sulfato de aluminio y arcillas con propiedades coagulantes para el tratamiento de lixiviados y en el ulterior tratamiento de aguas residuales industriales o municipales. Tales mezclas, por su menor costo, pudieran ser una opción de tratamiento físico en regiones en vías de desarrollo¹⁷.

¹⁵ MARTÍNEZ VÁSQUEZ, Comparación de métodos para la extracción de goma de la semilla de acacia de tres espinas. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/martinez_p/pdf/martinez_p.pdf

¹⁶ RODRÍGUEZ, ET AL. **Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso.** [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32768/41591

¹⁷ LAINES CANEPA, J. A.; GORFO ARÉVALO, Randy Howard; SCHROEDER, A. y CAMACHO CHIU, W. Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario.

2. GENERALIDADES

Goma Guar - Cyamopsis Tetragonoloba o planta de Goma.

El guar o goma guar, *Cyamopsis tetragonoloba* es una especie fanerógama (plantas con flores y semillas) perteneciente a la familia de las fabáceas/leguminosas. La goma guar es el polisacárido de reserva nutricional. En India esta planta se ha utilizado en la dieta humana durante cientos de años. La molécula de guar es un polímero lineal con peso molecular aproximado de 220,000 daltons.

Es una planta bianual forrajera nativa de la India y Pakistán y que por su utilidad médica se cultiva en Norteamérica.

Tallo hueco, grueso y erecto, con un periodo vegetativo de 95 a 135 días, dependiendo de la variedad y época de siembra, puede crecer desde 60 cm hasta 100 cm de altura. Tiene una raíz fasciculada, es decir, que sus raíces secundarias crecen tanto o más que la principal. Es erecta, porque se desarrolla al aire y crece verticalmente. Las hojas son alternas y están formadas por tres folíolos (trifoliadas). Estos folíolos son elípticos, de 3,8 a 7,5 cm de longitud y de 1, 2 a 5 cm de grosor. Las dos caras de las hojas no presentan ninguna diferencia morfológica aparente, ambas son dentadas y pubescentes. El pecíolo, que es el pie que soporta el limbo, mide de 2,5 a 3,8 cm de largo. Su textura es fina, verde y blanda (herbáceas).

Carbohidrato polimerizado comestible, útil como agente espesante en agua y como reactivo de adsorción y ligador de hidrogeno con superficies minerales y celulósicas.

El polisacárido de la goma guar es soluble en agua. Se usa principalmente en la industria alimentaria, en zumos (jugos), helados, salsas, comida para mascotas, panificación. La harina obtenida del grano de *Cyamopsis tetragonoloba* se usa como agente espesante.

[En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.scielo.org.ve/pdf/inci/v33n1/art06.pdf

Cuadro 1. Especificaciones del Food Chemical Codex para la goma Guar

ESPECIFICACIONES DEL FOOD CHEMICAL CODEX, PARA LA GOMA GUAR	
Galactomamana:	No menos de 66.0%
Límite de impurezas:	
Material insoluble al ácido:	No más del 7%
Arsénico:	No más de 3 ppm
Cenizas:	No más de 1.5%
Metales pesados (como Pb) =	no más de 20 ppm
Plomo:	No más de 10 ppm
Pérdida al secado:	No más del 15%
Proteína:	No más del 10%
Almidón:	Negativo

Tabla 1, Máximos niveles de uso de goma Guar permitidos en E.U.A.

MAXIMOS NIVELES DE USO DE GOMA GUAR PERMITIDOS EN E.U.A.	
Alimentos	Porcentaje del producto terminado
Productos horneados y mezclas para hornear	0.35
Cereales del desayuno	1.2
Queso	0.8
Análogos de productos lácteos	1.0
Aceites y grasas	2.0
Salsas y jugos de carne	1.2
Compotas y jaleas	0.6
Productos de leche	0.6
Vegetales procesados y jugos de vegetales	2.0
Sopas y mezclas para sopas	0.8
Salsas dulces, cubiertas y jarabes	1.0
Otros	0.5

2.1 PROPIEDADES

La fibra purificada de goma guar es un polvo blanco que cuando se mezcla con agua genera un gel viscoso e insípido. La viscosidad de la solución depende de la longitud de la cadena de galactomanano (galactosa-manosa) que contiene. La hidrólisis con ácidos fuertes puede reducir o abolir la viscosidad de la goma.

Figura 2. Planta de goma Guar



Fuente: AGRO GUMS. Role of Guar in Indian & Global Economy, [en línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.agrogums.com/blog/2014/02/>

2.2 CLIMA, SUELOS Y AGUA

El guar crece bien desde el nivel del mar hasta los 1000 metros. Se adapta bien a los diferentes tipos de suelos, sin embargo, para obtener los máximos rendimientos, los mejores suelos son aquellos sueltos y bien drenados, francos, franco-arenosos y mejor aún los arenosos.

Necesidades hídricas: Durante todo el periodo vegetativo la planta requiere de 350 a 400 mm, de agua; casi la mitad del agua que necesita el algodón.

La planta es resistente a la sequía. Si después de germinar no hay mas suministro de agua, el cultivo se desarrolla casi de una manera normal. Es resistente a la desecación producida por la brisa costera en los meses de verano.

Esta leguminosa produce unos granos que convertidos en harina y tomados con agua se convierte en un gel saciante ya que absorbe más de 50 veces su peso en agua.

2.3 PRODUCCIÓN DE GOMA GUAR

La goma está contenida en una porción de la semilla llamada endospermo. Esta es la reserva alimenticia para el desarrollo del embrión durante la germinación. Como la semilla es dicotiledónea, se tienen dos endospermos por cada semilla. Los endospermos rodean al embrión y estos están rodeados de una cascara de un color tostado claro.

La producción de goma guar, en un sentido general, comprende varias operaciones de quebrado, cribado y molido en pasos, destinadas a separar las semillas de las vainas y luego la goma de las semillas. Las técnicas de proceso influyen las características de la goma guar y, generalmente, son propiedad de los productores.

Hay varios tipos de moliendas, que aplican combinaciones de molinos de martillos y de rodillos, que se pueden emplear en combinación con remojos ácidos en agua y tratamientos térmicos para eliminar el embrión.

Una buena nivelación del terreno y una siembra a 75 cms. entre surcos asegura una fácil recolección, ya que las ramas no se extienden horizontalmente sino que crecen hacia arriba.

2.3.1 Reología. La goma guar es el espesante acuoso más eficiente que se conoce. Las soluciones de goma guar y sus derivados, son no newtonianos, clasificadas como pseudoplásticas. Se vuelven fluidas de forma reversible, cuando se aplica calor, pero se degradan irreversiblemente cuando se aplica alta temperatura y tiempo prolongado. Las soluciones resisten bien la degradación por esfuerzo cortante, comparadas con otros polímeros hidrosolubles, pero se degradan con el tiempo bajo fuertes esfuerzos cortantes.

2.3.2 Ventajas del Cultivo de Guar.

– El guar es un cultivo de rotación para el semestre seco de las zonas aldoneras y arroceras de la costa atlántica.

- Elimina el lucro cesante de la tierra y la maquinaria en el semestre inactivo y seco.
- Incrementa los niveles de nitrógeno en el suelo.
- Da utilidad a suelos arenosos y secos y en general a regiones áridas y a zonas marginadas del algodón por deficiencias de agua.
- Los residuos de las cosechas se pueden utilizar para alimentación del ganado.
- Es fuente de divisas para el país por ser un cultivo para exportación.
- La amplia utilización en la práctica clínica -avalada por la bibliografía- de la goma guar es una demostración evidente de su eficacia terapéutica. Los estudios clínicos realizados, tanto en individuos sanos como en pacientes con alteraciones de metabolismo glúcido y/o lipídico, demuestran carencia de efectos secundarios y buena tolerancia a la goma guar.
- Aplicaciones industriales
- Textiles. Encolado, acabado y estampado.
- Papel. Mejoramiento en formación de hojas, plegamiento y superficie (más densa) para impresión.
- Explosivos. Agente a prueba de agua, mezclado con nitrato de amonio, nitroglicerina, etcétera.
- Farmacéutica. Como aglutinante o como desintegrador en tabletas. Ingrediente principal en algunos laxantes voluminosos.
- Cosmética y aseo personal. Espesante en pastas dentales, acondicionador de champúes (por lo común en versión químicamente modificada).
- Combate de incendios. Retardante, como espesante.
- Instituciones médicas, especialmente de nutrición. Espesante de líquidos y alimentos para pacientes con disfagia.
- Una aplicación reciente, trascendental, es en lo siguiente:

Petróleo y gas natural. Extracción de petróleo y gas natural mediante fracturación hidráulica de lutitas: triturado puede «endurecer» tanto el agua que una mezcla permite inyectar arena en pozos perforados mediante fracturación horizontal.

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 APLICACIONES DE BIOPOLÍMEROS “GOMA GUAR” EN LAS DIFERENTES INDUSTRIAS.

3.1.1 Industria de Alimentos. Se aplican en particular como aditivos químicos, modificadores de propiedades tales como hidratación, viscosidad y estabilidad, y pueden añadirse para controlar la gelación y el decremento de la viscosidad. La goma guar es un carbohidrato polimerizado que contiene galactosa y manosa en sus bloques estructurales.

3.1.2 Queso Procesado. La goma guar ha encontrado amplia aplicación en productos de queso de varios tipos y es un aditivo que al igual que la goma de algarrobo, ha sido aprobada como ingrediente opcional por la FDA en las normas de identidad de queso y derivados. En alimentos empacados en frío conteniendo queso, se permite en niveles de hasta 3% del peso total.

El uso de la goma guar en estos productos, además de eliminar el efecto “llorada” (sinéresis) también ayuda a su mejoramiento, proporcionando texturas y sabores más uniformes, debido a la capacidad de controlar la migración y distribución de humedad. En queso suave, el uso de la goma guar mejora el rendimiento de la cuajada, pues le imparte una textura suave y compacta, liberando un suero de aspecto límpido. Esto se logra con el uso de 2.5 a 3 g. de goma por cada 100 litros de leche.

3.1.3 Estabilización de Helados. Los postres congelados se han estabilizado de manera efectiva con goma guar. Las propiedades de hidratación y capacidad de ligar agua le han dado un uso muy importante en estabilización de helado; particularmente para usarse en procesamiento por alta temperatura y corto tiempo.

3.1.4. Mezclas para Pasteles. En el empaque de mezclas para pasteles, se agregan con frecuencia estabilizantes, por varias razones y el uso de goma guar ofrece algunas ventajas funcionales como:

- El proceso de mezclado se realiza en un solo paso.
- Se reduce el tiempo de mezclado del batido o masa de pastel.
- Hay menos tendencia a desprender migas en el pastel terminado.
- Se facilita la aplicación de betunes o decorados de azúcar (glase).

- Aplicable en pasteles congelados.

3.1.5 Ligador para Embutidos. Las fuertes propiedades de retención de agua de la goma, tanto en agua fría como caliente, son muy efectivas en su uso como ligador y lubricante en la fabricación de embutidos y derivados.

3.1.6 Alimento enlatado para animales. La goma guar se usa para espesar el agua libre en el producto: la carne y vegetales sólidos están cubiertos con una salsa espesa. Algunas veces se usa un grado especial de guar de bajo poder de espesamiento para limitar la viscosidad y favorecer el llenado de las latas.

3.1.7 Salsas y aderezos para ensaladas. Esos productos hacen uso de la alta viscosidad y baja concentración, que son las propiedades básicas de la goma guar.

3.1.8 Industria farmacéutica y cosmética. La goma guar se usa como un depresor del apetito y como desintegrador y agente aglutinador en tabletas comprimidas. También se usa para espesar diferentes cosméticos como jabones, lociones y cremas.

3.1.9 Industria del Papel. La industria del papel es uno de los mayores usos de la goma guar. En este segmento se le utiliza como agente retenedor de humedad en los procesos de manufactura de papel, confiriéndole características especiales. También se usa como corrector de irregularidades en las prensas y calandras.

3.1.10 Industria del tabaco. La goma guar se usa como aglutinante de tabaco fragmentado en la producción de hojas de tabaco reconstituidas. Estas hojas flexibles, con la fuerza tensil y espesor de una hoja de tabaco, retienen las características de sabor y aroma del tabaco y se mezclan con hojas de tabaco. Las hojas son formadas pasando una mezcla húmeda de goma guar, el humectante y el polvo de tabaco entre rodillos de acero, que giran a velocidades periféricas diferentes, permitiendo la reincorporación de partículas que originalmente no podían ser utilizadas.

3.1.11 Industria minera y/o perforación petrolera. Acelera la sedimentación de lodos suspendidos y facilita su remoción. Se usa como depresor de talco en operaciones de minería y para controlar el flujo de agua y como un coloide protector en lodos de perforación de pozos petroleros. También se usa en la fractura de ácidos para aumentar el flujo de petróleo.

3.1.12 Tratamiento de Agua. La Goma Guar aumenta el tamaño de los flóculos formados por el coagulante inicialmente, incrementando la sedimentación de impurezas sólidas, reduciendo el paso de sólidos a los filtros y el tiempo entre retro-lavados. En aguas industriales, goma guar forma flóculos con arcilla, sílice, carbonatos e hidróxidos cuando es usado solo o junto con coagulantes inorgánicos.

3.2 PRUEBAS CON GOMA GUAR PARA COMPROBAR SUS BENEFICIOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Para el tratamiento de aguas residuales se Adición Soda Cáustica, Coagulante-Hidroxiclорuro de aluminio y el Floculante: Polímero y/o Biopolímero

El procedimiento a realizar es el siguiente (Prueba de Jarras)

- Se seleccionaron 4 recipientes, para luego llenarlos con la misma cantidad de aguas (180 ml)
 - Agitación continúa.
 - Se añade las soluciones los recipientes sucesivamente.
- Agua residual sin tratar

Figura 3. Agua residual sin tratar



- Toma de muestra agua industrial

Figura 4. Toma de muestra 1



- Preparación agente coagulante (Hidroxiclورو de Aluminio)

Figura 5. Preparación agente coagulante 1



- Preparación agente floculante (Goma Guar)

Figura 6. Preparación agente floculante (Goma Guar)



- Solución Goma Guar homogeneizada

Figura 7. Solución Goma Guar homogeneizada



- Distribución del agua residual en los recipientes para realizar la prueba

Figura 8. Distribución del agua residual en los recipientes para realizar la prueba



Prueba I

Tabla 2. Dosificación prueba 1

RECIPIENTE	Soda Cáustica (ml)	Hidroxiclорuro de Aluminio (ml)	Goma Guar (ml)
1	2	2	5
2	3	3	10
3	2	3	4
4	2	5	5

Figura 9. Prueba 1



Prueba II

Tabla 3. Dosificación Prueba II

RECIPIENTE	Soda Cáustica (ml)	Hidroxocloruro de Aluminio (ml)	Goma Guar (ml)
1	4	3	5
2	3	2	5
3	2	1	5
4	1	2	6

Figura 10. Prueba II



Prueba III

Tabla 4. Dosificación Prueba III

RECIPIENTE	Soda Cáustica (ml)	Hidroxocloruro de Aluminio (ml)	Goma Guar (ml)
1	1	1	1
2	1	3	3
3	1	4	7
4	1	2	6

*Siendo las dos últimas opciones las más óptimas

Figura 11. Prueba III



Dosificación óptima en cuanto a Barrido y tiempos de clarificación.

Figura 12. Dosificación adecuada 1



Resultados agua clarificada

Figura 13. Agua clarificada



3.3 PREPARACIÓN DE REACTIVOS

1. En el caso de ser polímero-Disolver 300 gr de floculante en 250 lt de agua limpia (Agitar constante mente durante 30 minutos), si se trata de biopolímero 2,5 kg en en 250 lt de agua. Agitar durante 30 minutos.
2. 30 kg de coagulante (Hidroxiclورو de aluminio) en 250 lts de agua limpia. Agitar constantemente durante 30 minutos.
3. Disolver 10 kg de Soda Cáustica en 250 ml de agua limpia. Agitar durante 15 minutos.

Resultados dentro de los requisitos especificados

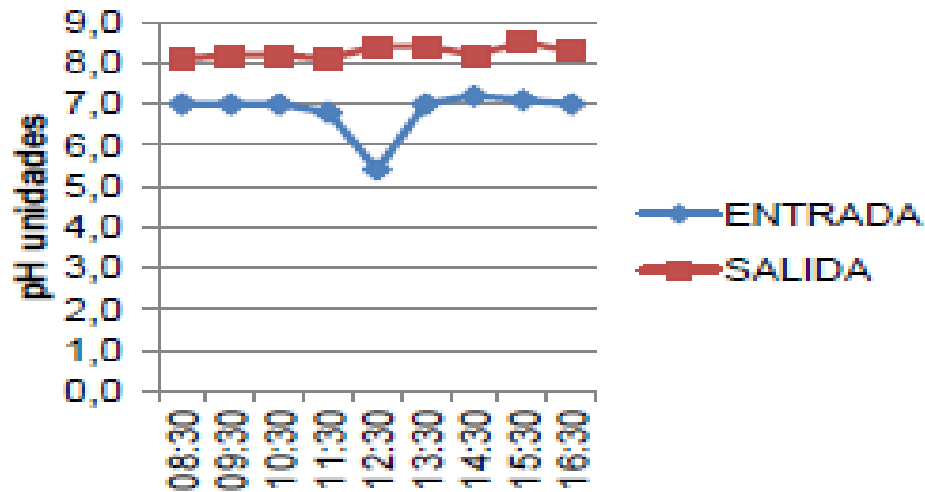
Tabla 5. Resultados

REFERENCIA	RANGO
Ph	6-8
Temperatura	< 40 °C
Materia flotante	Ausente
Grasas y aceites	Remoción > 80%
Sólidos suspendidos	Remoción > 80%
Demanda Bioquímica de oxígeno	Remoción > 80%

Turbiedad (Unidades Jakson de Turbiedad)	< 10
SUSTANCIA	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Arsénico	0,5
Bario	5
Cadmio	0,1
Cobre	3
Cromo	0,5
Tabla 5. Continuación	
Compuestos fenólicos	0,2
Mercurio	0,02
Níquel	2
Plata	0,5
Plomo	0,5
Selenio	0,5
Cianuro	No detectable
Difenilpoliclorados	1
Tricloroetileno	1
Cloroformo	1
Tabla 5. Continuación	
Tetracloruro de carbono	1
Dicloroetileno	1
Sulfuro de carbono	1
Otros compuestos orgánicos	0,05
Compuestos organofosforados	0,1
Carbonatos	0,1
Aluminio	5
Nitratos + Nitritos	100

Con base en los requerimientos se toma una muestra puntual del agua industrial residual

Gráfica 1. Valores ph



Con los resultados obtenidos se evidencia que el tratamiento de agua residual cumple con lo establecido.

3.4 COMPARACIÓN COSTOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS INORGÁNICOS USADOS Y BIOPOLÍMEROS COMO LA GOMA GUAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA.

La producción es en peso similar a la obtenida en algodón: de 1000 a 1300 kg por Ha.

La siembra es igual al de cualquier cultivo tropical mecanizado como el sorgo. Se debe tener en cuenta algún herbicida en baja dosis similar al cultivo de algodón. A lo anterior hay que sumar el costo de la cosecha, por ser un cultivo rustico es resistente al ataque de plagas por tanto no es necesario invertir en plaguicidas.

Valor en el Mercado

Valor Sulfato de Aluminio = 770 libra 38500 COP - 25 Kg

Valor en el mercado de la Goma Guar = 12000 COP - 25 kg

4. CONCLUSIONES

- Se encontró alta favorabilidad de uso de la semilla *Siamopsis tetragonoloba* “Gum Guar” en el proceso de Coagulación – floculación
- Valoración cualitativa de la actuación de la goma es óptimo.
- Se cumple los requerimientos de la norma legal vigente Resolución 631 con mediciones de Ph entre 7.0 – 8
- Se encuentra altamente factible como bien sustituto de materias químicas orgánicas (Sulfato de Aluminio – Alumbre) y económicamente disponible en el mercado.
- Se pronostica un crecimiento de su uso en varios sectores industriales.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas fisicoquímicas del agua para evaluación de remoción de contaminantes y metales pesados, las cuales no se pueden realizar en este proyecto por no disponibilidad económica.
- Se recomienda realizar pruebas de tratamiento con la semilla *Siamopsis tetragonoloba* o goma guar para distintos tipos de aguas (Domesticas, industriales, minería e hidrocarburos).
- Preveer y realizar un estudio de uso para tratamiento de lodos.
- Estudio de aplicaciones con la semilla de moringa como agentes antibacterianos.
- Realizar estudios de estabilidad de la goma guar para ver comportamiento en diferentes condiciones de ph.

BIBLIOGRAFÍA

AGRO GUMS. Role of Guar in Indian & Global Economy, [en línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.agrogums.com/blog/2014/02/>.

DATATECA, UNIVERSIDAD NACIONAL A DISTANCIA. Conceptos básicos de lodos residuales. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: datateca.unad.edu.co/.../Residuales.../leccin_26__conceptos_bsicos_de_lodos_residual.

GARTNER, Jhan. Coagulantes naturales de origen vegetal. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: <https://ja.scribd.com/doc/186877944/coagulantes-naturales>.

INTEREMPRESAS. Polímeros el plástico del futuro. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.interempresas.net/Plastico/.../28983-Los-biopolimeros-el-plastico-del-futuro.

LAINES CANEPA, J. A.; GORFO ARÉVALO, Randy Howard; SCHROEDER, A. y CAMACHO CHIU, W. Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.scielo.org.ve/pdf/inci/v33n1/art06.pdf.

LENNTech.ES. ¿Qué es floculación? [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.lenntech.es/floculacion.htm.

MARTÍNEZ VÁSQUEZ, Comparación de métodos para la extracción de goma de la semilla de acacia de tres espinas. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/martinez_p/pdf/martinez_p.pdf.

MEDLINE PLUS. ¿Qué es coagulación. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: medlineplus.gov › Página Principal › Enciclopedia médica.

ORTIZ HERNÁNDEZ, Ma. Laura. Implementación de políticas públicas que coadyuven a disminuir los efectos. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos 2013.

QUIMICAS.COM. Que es un polímero. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: iquimicas.com › Material Didáctico.

RODRÍGUEZ, ET AL. Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32768/41591.

SALUD.CCM. ¿Qué es celulosa? [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en: salud.ccm.net › Consejos › Definiciones.

WIKIPEDIA. Celulosa. [En línea], [consultado el 3 de agosto de 2016]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa>.