



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS GRISES  
UTILIZANDO FLOCULANTES NATURALES”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:  
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Freshia Katherine Jesús Otoya Bernaola

Asesor:

Jorge Luis Cárdenas Ruiz

Lima – Perú

2019



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°113-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTÍFICA.**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 26 de junio de 2020

**VISTO:**

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Sistema de recirculación de aguas grises utilizando floculantes naturales**, presentado por:

- **Otoya Bernaola Freshia Katherine Jesús**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Sistema de recirculación de aguas grises utilizando floculantes naturales** con N° de registro de la carrera: **056-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Jorge Luis Cardenas Ruiz** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese.

  
*Documento firmado digitalmente*  
**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico  
Carrera de Ingeniería Ambiental

SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS GRISES UTILIZANDO FLOCULANTES NATURALES  
 Freshia Otoya Bernaola<sup>1</sup>, Jorge Luis cárdenas Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de ciencias ambientales, Universidad Científica del sur, Lima-Perú*

[100025663@ucientifica.edu.pe](mailto:100025663@ucientifica.edu.pe)

## I. RESUMEN

La conservación de la calidad y cantidad del agua es uno de los temas más importantes en la actualidad, debido al gran estrés hídrico que se está sufriendo a nivel mundial. Se plantea un enfoque a tratamientos de aguas residuales y de recirculación de las mismas para disminuir tanto la demanda de agua de fuentes naturales, como los impactos negativos generados por el vertimiento de estas sin previo tratamiento, a los cuerpos receptores. Los tratamientos de aguas residuales pueden ser físicos, químicos y biológicos; estos últimos utilizan mecanismos naturales del medio ambiente, reduciendo así sus costos de operación; sin embargo, se limitan a las condiciones climáticas; por otro lado, están los tratamientos químicos, basados en modificar la forma y tamaño de las partículas a través de floculantes, aumentando su densidad para que luego, utilizando un tratamiento físico, puedan ser separados. En esta investigación se compararon dos tipos: los floculantes químicos y los floculantes naturales; los primeros tienen como ventaja la alta **eficiencia** como es el caso del sulfato de aluminio, el cual logra remover el 99% de las impurezas suspendidas en el agua, sin embargo, producen grandes volúmenes de lodos tóxicos, mientras que, los floculantes naturales, al ser de origen vegetal o animal, son amigables con el medio ambiente ya que no son industrializados, requieren de bajas concentraciones de floculante y los lodos generados pueden ser utilizados como compostaje, tal es el caso de la especie *Moringa oleífera* con una eficiencia de un 98%, las semillas de maíz (*Zea emays*) con un 89.4% y el quitosano (biopolímero de aminopolisacárido) con 94.5% de remoción de impurezas.

Palabras clave:

Recurso hídrico, floculantes naturales, floculantes sintéticos, aguas residuales, aguas grises, tratamiento de aguas, recirculación de aguas.

#### ABSTRACT

The conservation of the quality and quantity of water is one of the most important issues at present, due to the great water stress that is being suffered worldwide. The solution to this problem is the approach to wastewater treatments and the recirculation of them to reduce: the demand for water from natural sources and the negative impacts generated by the discharge of these wastewater without prior treatment to the receiving bodies. Wastewater treatments can be classified into physical, chemical and biological, the last one use natural mechanisms of the environment, thus reducing their operating costs; however, they are limited to climatic conditions; On the other hand, there are the chemical treatments, based on modifying the shape and size of the particles through flocculants, increasing their density so that later, using a physical treatment, they can be separated, in this research two types are compared: flocculants synthetic and natural flocculants; the flocculants synthetic have the advantage of high efficiency as is the case of aluminum sulphate, which has an efficiency of 99% to remove impurities from water, however they produce large volumes of toxic sludge, whereas natural flocculants are of vegetable or animal origin, making it friendly to the environment since they are not industrialized, require low concentrations and the sludge generated can be used as composting, such is the case of the *Moringa oleifera* species with an efficiency of 98% removal of impurities.

Keywords:

Water resource, natural flocculants, synthetic flocculants, waste water, grey water, wáter treatments, recirculation of water.

## II. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importante para los seres vivos, por lo que es necesario su adecuado uso y reciclaje (Garcés et al., 2008). A pesar de que un 75% de la superficie de la tierra está ocupada por el recurso hídrico (Arévalo et al, 2012), la disponibilidad de agua óptima para el consumo humano, según datos de la organización mundial de la salud (OMS) es aproximadamente un 2.5% del total, y una buena parte de ella está fuera del alcance de los seres humanos (OMS, 2019); Sin contar con las actividades humanas que han ido degradando en calidad y cantidad este recurso, trayendo como consecuencias temas como el cambio climático (Cardona & Ochoa, 2013). Afectando a 450 millones de personas en 29 países, lo cual se extendería a cifras mayores para el año 2030 replicándose a 1,8 billones de personas, representando a los dos tercios de la población mundial (Banchón et al., 2016).

Por otro lado la Organización de las Naciones Unidas (ONU) prevé que para los próximos 11 años la demanda mundial de agua será 39% superior a la oferta de las fuentes naturales, es por ello que el enfoque a tratamientos de aguas residuales y su recirculación de estas es de suma importancia (Wwap, 2017). Uno de los enfoques a tratar es el constante crecimiento poblacional a escala mundial, el cual se ha venido aumentando cuatro veces más desde el año 1900, trayendo consigo el aumento de la demanda de los alimentos para sostener a toda la población mundial; generando altos consumos del recurso hídrico (7 a 9 veces más), que, añadido al cambio climático, atrae incertidumbres ambientales, limitando la producción del planeta (Martinez et al., 2016).

Esto se refleja en los valores extremos de inundaciones y sequías que se vienen dando a lo largo del tiempo en los diferentes países que sufren con estos fenómenos, trayendo consigo desnutrición, condiciones anti-sanitarias, y el incremento de la pobreza (Cardona & Ochoa, 2013) y es que, el agua no está ajena a los temas económicos, siempre está sumergida en la ola de la globalización (Sotel, 2015).

Hoy en día el agua pasó de ser un recurso renovable a uno no renovable, en donde su capacidad de resiliencia ya no es suficiente para satisfacer su demanda (Cantillo, 2018), es por ello que esta investigación busca mostrar como alternativa la utilización de un sistema de recirculación de aguas utilizando floculantes naturales para disminuir el consumo de agua potable, el uso de floculantes sintéticos y además el impacto de verter aguas grises sin previo tratamiento a los cuerpos receptores.

### III. REVISIÓN TEÓRICA

Las aguas residuales, son todas aquellas alteraciones de la composición natural del agua por alguna actividad antropogénica que requiere de un tratamiento previo antes de su disposición final, trayendo impurezas que contienen elementos contaminantes, es por ello que se debe contar con una red sanitaria que conduzca los vertidos hasta una planta de tratamiento de aguas residuales antes de su disposición final (Romero, Santiso, & González, 2014).

Según Muñoz (2008) la clasificación de aguas residuales se determinan por diferentes factores:

- Por su caracterización: donde se hayan las aguas blancas y aguas negras
- Por su procedencia: aguas de drenaje, de escorrentías, domésticas, industriales, agrarias, etc.

Las aguas blancas están constituidas por aguas pluviales o manantiales, sin embargo, con el desarrollo urbano se ha generado gran impacto en ellas ya que las redes de alcantarillado han sufrido rupturas, colapsos, deterioros de su infraestructura, haciendo que las aguas de drenaje se mezclen con estas aguas generando su alteración, agregando también elementos de contaminación de las lluvias ácidas, restos de la actividad humanas (papeles, colillas, excrementos, aceites, grasas, hidrocarburos, componentes fenólicos, arenas, residuos vegetales, insecticidas, herbicidas, abonos, etc.) que se han venido integrando en las aguas blancas. Por otro lado se encuentran las aguas negras o urbanas que a diferencia de las aguas blancas, estas contienen compuestos químicos, microorganismos, urea, sales, aceites, y todo tipo de residuo que sean procedentes de la actividad antropogénica, en esta categoría se encuentran las aguas grises que a su vez provienen exclusivamente de las actividades domésticas tales como: el lavado de ropa, platos, duchas, lavamanos, y que guardan diferencia con el resto de aguas negras por su menor índice de contaminación (Cantillo, 2018).

En contraste están las aguas residuales industriales, las cuales son enormemente variables en caudal y composición, y es que existe una variedad de actividades para producir un bien o servicio, necesitando en la mayoría de los casos; agua, que al pasar por los diferentes procesos serán alteradas y vertidas en diferente temporalidades ya sea en horas por día, o únicamente en algunas épocas del año, siendo el peor de los casos; un vertimiento continuo a lo largo del día, haciendo que el tratamiento de las aguas residuales sea muy complejo (Arévalo et al., 2012).

La composición de estas aguas industriales dependerá exclusivamente de la actividad de procedencia, dentro de las industrias más destacadas están:

- La textil, que a su vez se divide en tres grandes grupos: lana, algodón y fibra química las cuales tienen como contaminante al desengrasante, tintura y enzima. (Paulo et al., 2019)
- La industria de curtidos, que también se divide en tres operaciones: de adobado, de curtido y húmedas, en todas las mencionadas se utiliza agua ya sea para el lavado, separación de la piel, etc., utilizando productos químicos para poder lograr los objetivos de cada proceso, compuestos como el cloruro sodio que sirve para mantener las sales de cromo en la piel y no se pierda al realizar el curtido con cromo (Muñoz, 2008).
- La industria química en donde se fabrican productos que serán utilizados por otras industrias, causando doble impacto; en su fabricación y en su utilización para otro proceso. Sus vertimientos en ríos, lagos o alcantarillados pueden causar impactos significativos, ya sea en el cambio de pH (fuertemente ácidas, fuertemente coloreadas, presencia de sustancias tóxicas e inflamables).

Existe una industria que realiza el faenado de los animales de abasto, la cual contribuye con la producción primaria de alimentos para el consumo humano, esta actividad se realiza en mataderos, establecimientos donde se hacen sacrificios de animales, los cuales deben estar en constante vigilancia sanitaria y ambiental (Rica, 1985), ya que producen aguas residuales de procesos cárnicos o derivados, que a diferencia de los ya mencionados contienen cantidades importantes de sólidos en suspensión, sangre de todos los sacrificios de animales (aves, porcino, ovino, etc.) que se descompone muy fácilmente, generando adicionalmente microorganismos. Sin embargo, existen industrias que se encuentran en contradicción como es el caso de la industria de papel ya que por



se puede producir papel a partir de materia prima reciclada y renovable (madera), es degradable fácilmente sin efectos adversos, pero para su procesamiento consume grandes volúmenes de agua y energía, además emplea productos nocivos, contaminando el agua y el aire con los gases de efecto invernadero que se producen. (Doldán García & Chas Amil, 2001).

Teniendo en consideración la procedencia de las aguas residuales, se puede afirmar que estas causan un daño principalmente a la calidad ambiental de los cuerpos receptores, como a los sitios aledaños, y a todo lo que se ponga en contacto directo con las mismas (Chalarca, Ruiz, & Aguirre, 2007). A esto se le agrega el ineficiente tratamiento actual que se les da, o peor aún la falta de uno, haciendo que las consecuencias sean aún mayores. (Jáuregui et al., 2007). Además, la exposición al agua residual aumenta los riesgos de infecciones gástricas por *Ascaris lumbricoides*, ocasionando enfermedades diarreicas e infecciones amebianas. (Cifuentes et al., 1993)

Se debe tener en cuenta que, si bien el uso de aguas residuales, para algunas comunidades o ciudades que sufren de escases de agua, es la única solución, estas deben pasar por un tratamiento previo, al margen del uso posterior a dicho tratamiento (riego de cultivos, uso primario, etc.), de lo contrario se ocasionan daños en la salud humana, causando un problema mayor (González & Chiroles, 2011).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2001) data que en el siglo XX, menos del 13.5% del total de las aguas residuales domésticas en América Latina contaba con un tratamiento antes de su disposición y solo el 5.99% de estos tratamientos eran aceptables, esto se ve claramente reflejado en la contaminación del recurso hídrico en estos tiempos, un siglo después. Es por ello que el aumento de las aguas residuales, ha

generado la necesidad de aplicar alternativas de depuración que sean eficientes, autónomas y económicamente viables (Arias & Brix, 2003), los cuales deben integrar tres dimensiones: sanitarias (concentraciones de parásitos, virus que generan alteraciones a la salud humana), agronómicas (concentraciones de nutrientes y elementos tóxicos que limiten la actividad agrícola) y ambientales. Cabe resaltar que el cumplimiento estricto de las normativas desarrolladas a nivel nacional e internacionales tienen el objetivo de aumentar la eficiencia de dichos tratamientos de aguas residuales (Lorenzo et al., 2009). Los procesos de tratamientos pueden ser clasificados en físicos, químicos y biológicos, dentro de los biológicos se encuentran los tratamientos que utilizan los mecanismos naturales del medio ambiente tales como: lagunajes, sistemas de infiltración, humedales artificiales, entre otros ya que generan efluentes de buena calidad y sin la necesidad de tener personal calificado, reduciendo así los costos de operación (Arias I. & Brix, 2003) estos también varían según la exigencia de oxígeno molecular, siendo aerobios, anaerobios y facultativos, que, a comparación de los tratamientos que usan componentes químicos, estos solo requieren de un cierto porcentaje de oxígeno para su funcionamiento (Lorenzo et al., 2009).

Al respecto, los humedales artificiales son una buena alternativa, siempre y cuando se tengan muy en claro las características del agua residual y las condiciones climáticas del área donde se instalará la misma. (Arias & Brix, 2003). No obstante, un nuevo método utilizado para la eliminación de contaminantes presentes en el agua, es la oxidación fotocatalítica, que consiste en utilizar radiación ultravioleta y catalizadores para destruir toda presencia de suspensión coloidal en el medio mediante radicales hidroxilos que posteriormente serán los encargados de oxidar a las impurezas. Existen dos tipos de fuentes:

- Fotocatálisis mediada por  $\text{TiO}_2$
- Fotocatálisis mediada por compuestos férricos

Las ventajas de este método son variadas ya que logra una mineralización profunda de los contaminantes orgánicos, y una oxidación de los mismos (dióxido de carbono e iones), además, es altamente reactivo con la mayoría de compuestos, esto conlleva a no producir subproductos potencialmente tóxicos como los lodos producidos por otros métodos (Garcés et al., 2008).

Por otro lado, están los tratamientos químicos, su funcionamiento se basa en modificar la forma y tamaño de las partículas, aumentando su densidad para que luego, a través de procesos físicos, puedan ser separados. La desventaja principal de estos tipos de tratamientos es la producción de lodo, el cual se produce por el cambio de posición de la materia orgánica, de estar en suspensión a formar parte de la línea base de lodos, teniendo una eliminación nula de materia orgánica; por el contrario generan un subproducto, que a su vez, requiere de otro tratamiento, conllevando a otras problemáticas tales como la producción grandes volúmenes de lodos y la necesidad de un lugar para su disposición final. Además, tienen alto costo de operación, ya que usualmente una planta de tratamiento de agua residual a gran escala necesita de una etapa de mantenimiento, siendo esta la más costosa (Torres, 2010).

Los floculantes son sustancias químicas que sirven para acelerar la separación de un sólido con un líquido, la cual dependerá de varios factores, tales como: el pH, la temperatura, la velocidad de giro o de mezcla, y la concentración a utilizar del floculante. Este proceso consiste en formar flóculos más grandes, que, al pasar el tiempo, sedimentarán; ayudando de esta manera a los tratamientos físicos, como es la filtración,

en la separación de las impurezas del agua. Según su naturaleza química, los floculantes pueden ser de dos procedencias, los inorgánicos (electrolitos) y orgánicos, los electrolitos tienen la característica de ser solubles y estar compuestos por cationes polivalentes, los más utilizados son las sales de hierro, aluminio y sílice (Díaz,2014). Dentro de las desventajas más características de estos floculantes es la formación de grandes volúmenes de lodos que a su vez contienen sustancias inorgánicas que alteran las condiciones naturales de las fuentes en donde se vierten, desde el punto de vista económico son más costosos, ya que son producidos industrialmente, pasando por un proceso de fabricación que requiere de materiales y energía, generando un costo de producción que se ve reflejado en el costo final del producto (Ramírez & Peralta, 2015). A inicios de los setenta, en Latinoamérica se propuso utilizar agentes naturales, como alternativa de solución para el exceso de lodos generados por los floculantes inorgánicos, los cuales son provenientes de especies vegetales o animales, debiendo ser solubles en agua con la capacidad de reducir la turbidez, y, en algunos casos, combatir patógenos que pueden producir enfermedades, al contener agentes antimicrobianos (Ramírez & Peralta, 2015), además son considerados amigables con el medio ambiente y en algunos casos son superiores en rendimiento a los de origen sintético. El almidón, la celulosa y el quitosano, son algunos de los compuestos que otorgan al floculante natural la capacidad de aglomerar las partículas coloidales y poder sedimentarlas. Villabona et al. (2013), En uno de sus estudios indicaron que los cactus son excelentes floculantes naturales, citando a la tuna (*Opuntia ficus-indica*) como ejemplo, la cual contiene alto contenido de saponinas, flavonoides y hierro, metabolitos que realizan la acción de coagulante, esta especie actúa eficientemente como floculante a concentraciones entre 50- 100 mg/L de

agua, a pesar de contar con bajos contenidos de calcio lo cual depende, básicamente, de la madurez de la planta.

Por otro lado, el contenido de proteínas en estos agentes de procedencia vegetal, no son relevantes para el efecto de coagulación, sin embargo, el alto contenido de carbohidratos es de suma importancia ya que favorece la coagulación debido a que cuenta con un compuesto algínico, derivado del almidón y además la relación de remoción de color y turbidez es directamente proporcional a la dosis del floculante natural. Al comparar los floculantes naturales con uno sintético, como el alumbre, con 94% de eficiencia de remoción de contaminantes, se concluyó que la eficiencia de remoción es menor, con un 83.66% de eficiencia; sin embargo, en este caso no se genera residuos tóxicos como si lo genera el alumbre (Olivero et al., 2014).

Por su parte, Martínez, (2012), comprobó la eficiencia de tres floculantes naturales: surjana (*Moringa oleífera*) con una eficiencia de un 98% de remoción de impurezas, las semillas de maíz (*Zea mays*) con un 89.4% y el quitosano (biopolímero de aminopolisacárido) con 94.5%, cabe resaltar que para lograr esta eficiencia es necesario trabajar bajo ciertas características tales como una temperatura de 68°C y un pH de 4 con una dosis mayor a 25 mg/L.

Al respecto, *Moringa oleífera* tiene la capacidad de extraer concentraciones de *Escherichia coli* (84% - 88%) y, a pesar de no tener una capacidad máxima de remoción como el sulfato de aluminio con un 99%, sí tiene una alta eficiencia y puede lograr perfectamente la función de floculante natural. Adicionalmente, la semilla del árbol de nirmali (*Strychnos potatorum*), la cual contiene un polielectrólito que cumple con la función de floculante natural, además, las especies *Opuntia cochinellifera*, *Opuntia imbricata* y *Opuntia lindheimeri*, las cuales tienen una eficiencia media con respecto a la

reducción de turbidez a diferencia de las especies ya mencionadas anteriormente, sin embargo logra remover entre 72% - 74% de impurezas presentes en aguas crudas, esto se debe a su alto contenido de sales inorgánicas importante para desestabilizar las cargas (Ramos & Baldeón , 2019). Otro estudio realizado en Venezuela por Díaz et al. (1999), obtuvo como resultado que el *Cactus latifaria* y las semillas de *Prosopis juliflora* tienen la capacidad de reducir la turbidez de una muestra de agua cruda, de 150 NTU a 35 NTU, que al ser comparado con la eficiencia de del sulfato de aluminio, se pudo comparar una mejor reacción de estas semillas.

Los Tatinos son compuestos que están presentes en las plantas como metabolitos sintéticos, la especie *Acacia mearnsii* es una de la principal fuente de taninos, este compuesto es definido como un polifenol que sirve para producir formaldehídos e hidróxidos para la adsorción de contaminantes de las aguas. Otro componente que cumple la misma función es el Tanfloc, presente en la *Acacia negra*, que logra reaccionar y precipitar a las proteínas (Ramírez & Peralta, 2015). Algunos floculantes naturales también son de procedencia animal, como son los casos de los crustáceos, el camarón y los cangrejos que cuentan con un exoesqueleto que contiene un biopolímero denominado quitina, del cual se puede generar un producto a partir del proceso de desacetilación, llamado quitosán, el cual ha sido estudiado para ser utilizado en tratamientos de aguas residuales y tratamientos de potabilización. Este compuesto también se puede extraer a partir del micelio de *Aspergillus niger*, pudiendo reducir hasta un 50% de las impurezas en aguas residuales (Ellingson et al., 2018).

Para lograr un aprovechamiento integral del agua, es necesario crear un sistema de recirculación, donde se aplique una reingeniería de procesos y un análisis del ciclo de vida

de agua, esto se debe hacer para cada uno de los tipos de industrias existentes ya que las aguas residuales de cada una de ellas cuentan con diferentes características y por lo tanto, estos sistemas deben ser específicos para cada caso, utilizar este tipo de sistema permite implementar cualquier tipo de tratamiento o tecnología aplicable para el tratamiento de la aguas residuales, incrementando la conexión de todo el sistema de cada uno de los procesos, logrando así la máxima utilización de agua residual tratada y reinyectándola a los procesos que requieran del recurso (Ralcea, 2013), estos sistemas cuentan con varias ventajas, una de ellas es que permiten un monitoreo y control constante para verificar si se está cumpliendo con los objetivos del tratamiento y además de la normativa nacional, es necesario mencionar que las variables físico-químicas del agua son importantes para mantener la calidad del agua, otra ventaja sería el poder volver a distribuir y reutilizar el mismo volumen de agua que ingresó a ser tratada en el mismo proceso o en otro diferente (Merino & Sal, 2018), reduciendo el consumo del recurso hídrico, aumentando el número de personas con accesibilidad al agua potable, además de disminuir las enfermedades a causa de del consumo de agua no tratada. Indirectamente se permitiría la recarga de los acuíferos de agua subterránea aumentando la reserva de agua de la superficie.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- Las aguas residuales por su alto nivel de contaminación, deben tener un tratamiento previo antes de ser vertidas a un cuerpo receptor. Sin embargo, en esta revisión se plantea la recirculación, para que estas mismas aguas al ser tratadas, sean utilizadas para los mismos procesos o en su defecto para otra actividad, logrando de esta manera reducir los impactos negativos que se

generan en el ecosistema, además de reducir la demanda de agua superficial y subterránea.

- Los tratamientos de aguas residuales a utilizar, pueden ser físicos, químicos o biológico, cada uno de ellos tienen diferentes ventajas y desventajas. Los biológicos utilizan mecanismos naturales, sin embargo es limitado por las condiciones climáticas del lugar.
- Los tratamientos químicos son los más utilizados a la actualidad, buscan aumentar el tamaño de las partículas que se encuentran suspendidas, a través de floculantes, logrando que estas sedimenten y puedan, a través de tratamientos físicos, separarse. Sin embargo, generan lodos altamente tóxicos difíciles de tratar, es por ello que existe la necesidad de buscar alternativas de solución para estos residuos peligrosos, logrando además reducir el estrés hídrico.
- Este artículo plantea priorizar el uso de floculantes naturales frente a los de origen sintético, esto ayudaría en gran medida reducir la industrialización de floculantes sintéticos, ser más amigables con el medio ambiente, y además producir lodos que puedan ser utilizados como compostaje debido a su baja toxicidad.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, D., Lozano, J., & Sabogal, J. (2012). *sostenibilidad tecnología y humanismo Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola*. 101–126.
- Arias I., C., & Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales Abstract. *Ciencia e Ingeniería en Neogranadina*, (13), 17–24.



- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). *Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales ( Natural coagulation for the decontamination of industrial effluents )*. 111–126.
- Cantillo, S. P. (2018). *Diseño e implementación de un filtro para tratamiento de aguas grises en la aplicación de un sistema de riego para una huerta casera en San Andrés Islas , Colombia. 1*, 15–24.
- Cardona, C. M., & Ochoa, B. C. (2013). *La huella hídrica, un indicador de impacto en el uso del agua*. 20–25.
- Chalarca, D., Ruiz, R. M., & Aguirre, N. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel , sobre la calidad del agua de la ciénaga Approach to the determination of the impact of the wastewater unloads of the municipality. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 40, 41–58. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43004004>
- Cifuentes, E., Blumenthal, U., Ruiz-Palacios, G., Bennett, S., Quigley, M., Peasey, A., & Romero-Alvarez, H. (1993). Problemas de salud asociados al riego agrícola con agua residual en México. *Salud Publica de Mexico*, Vol. 35, pp. 614–619.
- Díaz, J. (2014). *Coagulantes-floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas*.
- Doldán García, X. R., & Chas Amil, M. L. (2001). La contaminación de la industria de pasta-papel en Galicia: un análisis de flujos de materiales y energía. *Estudios de Economía Aplicada*, 18, 143–158.

- Ellingson, B. M., Salamon, N., Woodworth, D. C., Yokota, H., & Holly, L. T. (2018). *Reproducibility, temporal stability, and functional correlation of diffusion MR measurements within the spinal cord in patients with asymptomatic cervical stenosis or cervical myelopathy*. 1–9. <https://doi.org/10.3171/2017.7.SPINE176>.
- Fernando Garcés Giraldo, L., Alejandro Mejía Franco, E., & Julián Santamaría Arango, J. (2008). Artículo de Revisión La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 83–92.
- González, M. I., & Chiroles, S. R. (2011). Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura Safe use and microbiological risks of wastewater for agriculture. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(1), 61–73. <https://doi.org/10.1590/S0864-34662011000100007>
- Jáuregui-Medina, C., Ramírez-Hernández, S., Espinosa-Rodríguez, M. A., Tovar-Rodarte, R., Quintero-Hernández, B., & Rodríguez-Castañeda, I. (2007). Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3(1), 65–73. Retrieved from <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v3-n1-8-impacto-de-la-descarga-de-aguas-residuales.pdf>
- Lorenzo, E. et al. (2009). Reúso de Aguas Residuales Domésticas para Riego Agrícola. Valoración Crítica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 40(1), 35–44.
- Martínez garcía, j. (2012). *evaluación del poder coagulante de la tuna (opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas*. 1–50.
- Martínez M, et al (2016). Huella Hídrica De Una Finca Ganadera Lechera Bajo Las

Condiciones Agroecológicas Del Valle Del Cauca. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 47. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)47-56](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)47-56)

Merino, O., & Sal, F. (2018). *Sistemas de Recirculación y Tratamiento de agua*.

Muñoz, A. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales. *Cvonline.uaehedumx*, 114. Retrieved from [http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Especialidad/Modulo1\\_PDF/Gen12/ESTEMO1T01E08.pdf](http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Especialidad/Modulo1_PDF/Gen12/ESTEMO1T01E08.pdf)

Olivero, R., et al. (2014). Utilización de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. *AVANCES Investigación En Ingeniería*, 11(1), 70–75. Retrieved from <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-11/art7.pdf>

Paulo, L. et al. (2019). *Correlations and selection of parents to technological traits of upland cotton*. 1–7.

Ralcea. (2013). *Tratamiento y Reuso de AGUAS RESIDUALES*.

Ramírez, H., & Peralta, J. (2015). Universidad Militar Nueva Granada Agentes Naturales Como Alternativa Para El Tratamiento Del Agua Agents As Natural Alternative for Water Treatment. *Revista de La Facultad de Ciencias Basicas*, 11(2), 136–153. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>

Ramos, J., & Baldeón, W. (2019). Análisis de riesgos de la seguridad e higiene ocupacional durante el manejo de residuos sólidos y reciclaje de plástico polietileno. *Producción + Limpia*, 12(1), 63–71. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n1a6>

Rica, c. (1985). *saneamiento porcinos bobenrieth ,' fabio e . beltrán2 y alfonso*. 98(3), 211–227.

Romero, T., Santiso, P., & González Díaz, O. A. (2014). Caracterización de las aguas residuales de la empresa procesadora de alimentos PRODAL, Cuba. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 35(3), 88–100.

Sotelo Pérez, M. (2015). Cuestiones de escala en el ámbito de la “Huella Hídrica”. *Observatorio Medioambiental*, 18(0), 9–37.  
[https://doi.org/10.5209/rev\\_obmd.2015.v18.51284](https://doi.org/10.5209/rev_obmd.2015.v18.51284)

Torres, P. (2010). Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países de desarrollo. *Textile Progress*, (January 2013), 37–41.  
<https://doi.org/10.1533/tepr>

Villabona Ortiz, Á. et al. (2013). Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural Characterization of Opuntia ficus-indica for using as a natural coagulant. *Rev. Colomb. Biotecnol*, XV(1), 137–144.

Wwap. (2017). *El Recurso No Explotado*.