

Estudio de tratabilidad de aguas residuales domésticas usando Almidón extraído del (Bore)

Alocasia Macrorrhiza como coagulante alternativo.

Juan Camilo Santamaría Hincapié

Juan Manuel Flórez Arbeláez



Universidad católica de Manizales

Facultad de ingenierías y arquitectura

Manizales

2018

Estudio de tratabilidad de aguas residuales domésticas usando Almidón extraído del (Bore)
Alocasia Macrorrhiza como coagulante alternativo.

Asistencia de investigación como modalidad de grado del proyecto de investigación docente
para obtener el título de: **Ingeniero ambiental.**

Juan Camilo Santamaría Hincapié

Juan Manuel Flórez Arbeláez

Tutor: Sebastián Isaac Pacheco González

Ingeniero Químico

Docente Investigador

Universidad católica de Manizales

Facultad de ingeniería y arquitectura programa de ingeniería ambiental

Manizales

2018

Tabla de contenido

Resumen	5
Introducción	6
1. Planteamiento del problema	7
2. Justificación	9
3. Objetivos	11
4. Marco teórico	11
4.1) Tratamiento de aguas residuales	13
4.2) Coagulación química	13
4.3) Floculación	14
4.4) Índice de Wilcomb	14
4.5) Almidón	14
4.6) Biopolímeros	15
4.7) Tratamiento de aguas con almidón vegetal	15
4.8) Generalidades de Alocasia Macrorrhiza	16
4.9) Hidrólisis	17
4.10) Quebrada Olivares	17
4.11) Test de jarras	17
4.12) Turbidez	17

4.13) Aguas residuales domésticas	17
4.14) Aguas termales	18
4.15) Carbohidratos	18
4.16) Polímero	18
4.17) Profloc 930	19
4.18) PH	19
4.19) Lodo Activado	19
4.20) Floc	20
4.21) Amilasa	20
4.22) Amilo pectina	20
4.23) Gradiente hidráulico	20
4.24) Gradiente de velocidad	21
4.25) Técnica de muestreo	21
Bibliometría	21
5. Metodología	26
6. Resultados	37
7. Tablas análisis de resultados	38
8. Discusión	54
Adversidades de la utilización del cloruro férrico	54
Almidón extraído únicamente del tallo	55

9. Recomendaciones	61
Índice de Tablas	62
Índice de Ilustraciones	63
Bibliografía	65

Resumen

En el siguiente estudio se expone las potencialidades del coagulante vegetal de *Alocasia Macrorrhiza* con un pos tratamiento de este dado con agua termal, mostrando así su espectro de funcionamiento con aguas residuales de origen doméstico y sus rendimientos a distintas dosis y gradientes de mezcla, así pues el estudio se llevó a cabo mediante el uso de prueba de jarras en las cuales se simulaba las condiciones físicas del agua para así lograr un mayor acercamiento a las condiciones de un cuerpo de agua, además de postular una metodología para la extracción del almidón de esta especie de herbácea adecuando los métodos propuestos en la revisión del estado del arte de vegetales con proporciones de almidón similares a la planta estudiada y con ello evaluar la comparación de este coagulante de origen vegetal con los coagulantes comúnmente utilizados como son el sulfato de alúmina y el cloruro férrico mostrando esté resultados prometedores al tener rendimientos mayores al 90% en la remoción de la turbidez inicial.

Abstract

In the next study is exposed the potentialities of vegetable coagulant of *Alocasia Macrorrhiza* with its pos-tratament of this, with thermal water, showing so its spectrum of functioning with residual water of domestic origin and its performance to different dosages and gradients of mixture, so that the study it was carried out through the use of jar test in this test it simulated the physical conditions of the water to achieve a greater close up to the conditions of a water body, also postulate a methodology to the extraction of starch of this specie of herbaceous adapting the method proposed in the review of state of the art of vegetables with proportions of starch similar to the plant studied and with this evaluated the comparison of this coagulant of vegetal origin with common coagulants used how are the alumina sulfate and ferric chloride showing this promising results having returns greater at 90 percent in the removal of turbidity.

Introducción

El propósito de la investigación es bien conocido en el ámbito mundial, dado al interés y la preocupación que se tiene para con todos los seres vivos en el planeta por las aguas residuales que se han generado a lo largo del tiempo. Las aguas residuales domésticas son una problemática en cualquier asentamiento humano, por lo que el tratamiento a dichas aguas mencionadas es una fuente para actuales y futuras investigaciones, debido a esta temática anteriormente expuesta se llega a la necesidad de obtener nuevas tecnologías y técnicas para el tratamiento de dichas aguas, ya que en la actualidad los químicos que más se utilizan para este fin son potencialmente nocivos para el ser humano y el ambiente por los subproductos generados en los procesos de tratamiento, lo que nos conlleva a un problema secundario del ya existente.

El uso de coagulante químicos, los cuales han tenido gran aceptación mundial puesto que dan resultados muy positivos esta problemática es abordada igualmente por investigaciones llevadas a

cabo con otras fuentes menos perjudiciales para el ambiente y se desea por medio de estos estudios potencializar su uso y demostrar su eficiencia por medio de ensayos de laboratorio basados en las buenas prácticas en este espacio.

Específicamente se llevará a seguimiento un biopolímero de una fuente vegetal la cual en un análisis bibliográfico demostraba gran cantidad de almidón que éste tenía en su estructura, el cual se aprovechará debido que tiene características ideales para su uso en el tema de tratamiento de aguas residuales.

Con el uso de herramientas comparativas (gráficos, tablas, entre otros) encontraremos los distintos procesos y resultados que se obtuvieron con esta investigación, la cual varía en el uso de concentraciones, mediciones y algunos parámetros fisicoquímicos que se tienen en cuenta en los análisis de las aguas residuales de cualquier tipo, fomentando así las novedosas formas de tratar el agua no con métodos químicos convencionales sino optando por la biotecnología, que tiene en estos momentos mayor acogida por sus efectos menos adversos en medio ambiente y en el ser humano.

1. Planteamiento del problema

En los tratamientos de aguas residuales para reducir principalmente la turbidez dada en términos de NTU, se opta la mayoría de las veces por la aplicación de coagulantes químicos tales como el sulfato de aluminio, cloruro férrico, policloruro de aluminio entre otros, dados sus resultados óptimos y su fácil accesibilidad, puesto que son económicamente asequibles y comercialmente sencillos de encontrar se tiene una prevalencia de estos coagulantes de orígenes químicos frente a los biocoagulantes de orígenes vegetal.

Las capacidades de las alternativas vegetales en el tratamiento de aguas como coagulantes son considerables, puesto que, mediante el uso de los diferentes especímenes que poseen características favorables se logra la disminución de algunos parámetros fisicoquímicos; mediante los polímeros presentes en la estructura de la planta favorecen el proceso de coagulación / floculación por el hecho que almacenan una cantidad cercana de almidón de un 40% al 50% dando así una medida clave para el tratamiento de aguas residuales.

Planteado lo anterior se escogió una planta comúnmente conocida como Bore de nombre científico *Alocasia Macrorrhiza*, la cual presenta gran cantidad de almidón en su estructura según el estado del arte, además de un fácil reconocimiento dado a sus características fisionómicas y su abundancia en zonas tropicales.

Según los planteamientos anteriormente expuestos se desea por medio de test de jarras determinar los rendimientos que esta planta nos brinda en cuanto al tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta que solo se utilizara su tallo y raíz aérea dado a que presenta mayor cantidad de almidón en estas pts. específicas, además de solo medir su rendimiento en aguas de origen doméstico para investigar su factibilidad y compararlo con los resultados obtenidos con los coagulantes químicos comúnmente usados con el propósito innovar y solucionar problemas de carácter mundial como lo es el tratamiento de las aguas residuales de diversas índoles.

Mediante la investigación de este proyecto se concibe información de la planta (*Alocasia Macrorrhiza*) para temas de tratamiento de aguas residuales debido que es nula la información que se tiene de ella en este campo de estudio, y demostrar sus potenciales usos o aprovechamientos en el campo investigativo para poder dar el primer paso a futuras soluciones o investigaciones que se puedan seguir realizando por parte de los investigadores.



Ilustración 1: Quebrada Olivares Manizales Caldas



Ilustración 2: Quebrada Olivares intervenida (Bavaria Meuno) Manizales Caldas

2. Justificación

La gran cantidad de aguas residuales domésticas hoy en día nos conlleva a buscar alternativas no convencionales para su tratamiento a ciertos parámetros, para a su vez mejorar la calidad fisicoquímica del agua a tratar efluente, llevando a cabo una investigación preliminar, se realizarán pruebas con una sencilla metodología inicial y comparando sus resultados finales con los coagulantes químicos convencionales se creará información pertinente al tema del tratamiento de aguas con una fuente no convencional.

Al realizar la investigación anteriormente descrita se encontró en la bibliografía citada que la capacidad de los almidones vegetales como tratamientos alternativos referente al tema de aguas presenta una respuesta a dicho problema, dado a su capacidad de coagulación/floculación, mediante pruebas de jarras se comprobará su eficacia en el tratamiento. Basándonos en casos anteriores con diferentes fuentes de almidón de fuente vegetal como lo son: plátano hartón (*Musa*

Paradisiaca), yuca (*Manihot Esculenta*), ñame(*Dioscorea Rotundata*) entre otros vegetales que cuentan con gran cantidad de estos polímeros, se optó por la utilización de otra planta similar, la cual presenta altas cantidades de almidón para contemplar el rendimiento de este en las pruebas de tratamiento de aguas además que esta planta presenta una poca investigación en el ámbito ambiental lo cual da una alternativa adicional a las anteriormente mencionadas en el tema del tratamiento no convencional de aguas.

Alocasia Macrorrhiza, comúnmente llamada “Bore” fue la planta a elegir debido a que no pone en riesgo la seguridad alimentaria como potencialmente sí lo hacen otras plantas las cuales han sido utilizadas para este fin tales como el maíz, la yuca, plátano hartón (*Musa Paradisiaca*), ñame (*Dioscorea Rotundata*), esta especie arbórea nos presenta dicha ventaja adicional en las opciones presentadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas, por lo tanto, su producción y utilización para la remoción de contaminantes en el agua problema no afectará la seguridad alimentaria del sector donde este se llevando a cabo, su finalidad puede ser netamente ambiental puesto a que solo se consume por algunos animales destinados a engorde, presentando una solución prometedora a uno de los problemas que se identifican en las aguas residuales domesticas como un factor a tratar el cual es la turbidez. Según la revisión bibliográfica exhaustiva realizada mediante el estado del arte se presentó que ningún estudio se llevaba en el momento acerca de la utilización de *Alocasia Macrorrhiza* en el tratamiento de aguas residuales domésticas debido a que su enfoque se presenta en estudios enfocados a áreas como alimento para animales como menciono anteriormente, tales como cerdos para lograr un aumento de peso en estos ya que esta planta también presenta altas cantidades de proteínas, en dicha revisión bibliográfica no se evidenciaba un uso de *Alocasia Macrorrhiza* con un enfoque ambiental, desplegando un sin fin de posibilidades en el área investigativa con esta, siendo pt de los pioneros

que se adentran en este trabajo presentamos un uso eficiente en la ciudad de Manizales primeramente debido a que es la ciudad donde reside la investigación, pero con la oportunidad de ser más investigada este tipo de tecnología para la remoción de la turbidez debido que se cuentan con los insumos necesarios y recursos naturales como lo es el agua termal, el cual es asequible en el sector.

Mediante este estudio se quiere evidenciar como el almidón brindado con esta planta servirá potencialmente en un futuro para el tratamiento de aguas residuales a una escala mayor a la presentada en el laboratorio y con aguas de distintos orígenes según lo que nos arroje el presente estudio.

3. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la trazabilidad de aguas residuales domésticas usando Almidón extraído de *Alocasia Macrorrhiza* como coagulante alternativo.

Objetivos específicos

- Hacer una revisión del estado del arte sobre *Alocasia Macrorrhiza* y sus aplicaciones en el área ambiental.
- Comparar la efectividad de *Alocasia Macrorrhiza* como coagulante para tratamiento de aguas residuales, frente a otros coagulantes de uso convencional
- Determinar la eficiencia del almidón de *Alocasia Macrorrhiza* como coagulante y floculante con un coadyuvante en aguas residuales domésticas mediante el uso de pruebas de jarras.

4. Marco teórico

En la investigación llevada a cabo se evaluó la eficiencia que se tiene en el almidón extraído de la planta *Alocasia Macrorrhiza* en el tratamiento de aguas residuales, llevando a cabo un test de jarras con el fin de generar datos comparativos acerca de los rendimientos del almidón, con otros

coagulantes químicos para encontrar las diferencias y eficacias que presenta esta planta en el tratamiento de aguas.

El análisis se basó en la realización de pruebas de jarras con coagulantes comerciales, como son: sulfato de aluminio y cloruro férrico con la finalidad de comparar su rendimiento con el Bore (Alocasia Macrorrhiza), al cual se le adiciono agua termal y Profloc al 1% como coadyuvante potenciando su acción en el agua estudiada.

Los coagulantes comunes tienen una alta eficiencia en la remoción de turbidez, pero se debe tener en cuenta que tienen varios subproductos a tratar como son los lodos producidos en la sedimentación que se presentan en la operación unitaria, además de su alto costo de tratamiento.

Partiendo de esto se procedió a verificar la eficiencia de un coagulante orgánico como una alternativa amigable con el medio ambiente donde se presentan unos lodos a los cuales se les puede dar un manejo para incorporarlos al sistema productivo de una manera más sencilla, debido a que en su composición no tiene químicos abrasivos a tratar, su costo de tratamiento es menor y la seguridad alimentaria no se ve afectada ya que la planta con la cual se trabajó, no se encuentra en la canasta familiar, en la actualidad es usado en la alimentación de animales porcinos.

Buscando también el enfoque en la sencillez en cuanto a la réplica de la prueba, se procedió a generar una metodología con elementos fáciles de encontrar en el mercado y de fácil acceso en el campo, que no implicarán un gasto significativo para aquellas personas que desean realizar en proceso.

Este proceso investigativo es de gran aporte en el descubrimiento de tratamientos alternativos de aguas residuales y de descubrir la potencialidad de algunas especies vegetales endémicas de nuestra región las cuales nos brindan soluciones eficaces a problemas de ámbito mundial como lo son las aguas contaminadas.

4.1) Tratamiento de aguas residuales

La necesidad de tratar la contaminación del agua es de gran importancia ya que el perjuicio al tener unos vertimientos que no cumplan con parámetros fisicoquímicos específicos según las distintas normativas mundiales produciendo así una gran nocividad en el agua lo que afecta de manera aguda a las especies animales tanto del medio acuático como terrestre y en la calidad del agua en general para la captación para los seres humanos con los distintos fines de uso a los que se destinan estas.

La necesidad de tener aguas con características físico químicas favorables para su consumo son de vital importancia para cualquier asentamiento humano lo que genera una gran necesidad tecnológica y técnica para cumplir que se tenga aguas que pueden ser captadas para fines tanto agropecuarios como propios, así pues la calidad de este líquido vital nos genera una gran responsabilidad para brindarle a la población y al medioambiente unas aguas con cumplimiento oportuno de tratarlas para que se genere el menor daño ambiental posible y pueden ser más fácilmente reutilizadas y menos nocivas.

Con esta preocupación a nivel mundial se deben de tener alternativas viables en cuanto al tratamiento de este líquido puesto a que en ocasiones algunos sitios no poseen las facilidades para tratar el agua con los químicos comúnmente usados pero si poseen probablemente algunas soluciones de tipo vegetal para el tratamiento de sus vertimientos y disposiciones de este recurso tan importante, así pues se llevará a cabo la investigación pertinente para observar su desarrollo con las distintas aguas residuales.

4.2) Coagulación química

Es el proceso en el cual se añade un químico orgánico o inorgánico con el cual se logra la desestabilizar las moléculas suspendidas en el agua para una posterior sedimentación

4.3) Floculación

Proceso posterior a la coagulación en el cual se logra la unión de partículas suspendidas para la formación de los floc

4.4) Índice de Wilcomb

Puesto que los flocs que se crean en los procesos de coagulación-floculación varían en tamaño desde menos de 0,001 mm hasta más de 5 mm se crea la necesidad de tener un índice representativo el cual exponga la aglutinación de los flocs o sus tamaños aproximados y esto puede determinar además su sedimentación en la prueba de jarras.

Se utiliza para de manera óptica determinar las cantidades de flocs que se generaron en la coagulación floculación, y se hace dejando sedimentar alrededor de 30 minutos el agua para observar las formaciones que en él se crean. (Lozano, 2013)

Tabla 1 Tabla de Índice Wilcomb.

Numero del Índice	Descripción
00	Floc coloidal. Ninguno signo de aglutinación
02	Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
04	Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
06	Claro. Floc de tamaño relativamente claro pero que precipita con lentitud.
08	Bueno. Floc que se deposita fácil pero completamente.
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.

Fuente: Jorge Arboleda Valencia. Teoría y práctica de la purificación del agua

4.5) Almidón

Es una macromolécula compuesta de dos polisacáridos y es un glúcido de reserva de gran cantidad de especies vegetales es un producto que procede de la polimerización de la glucosa y

esta se va adaptando en formas diversas según las características de las plantas esta sustancia es muy destacada sobre todo por la gran capacidad de adsorción y utilizada comúnmente para este propósito en formas tanto sólidas como suspendidas en diversas áreas y en este caso particular en el tratamiento de aguas residuales, en el cual actúa como un medio de gelatinización según la naturaleza del almidón y de qué fuente se extrajo este.

La fórmula química para este compuesto es de $(C_6H_{10}O_5)_n$ como fórmula medianamente desarrollada y tiene una variación de tamaños y formas esferoides que van alrededor de las $1.5\mu m$ a $40\mu m$, y siendo sus variables térmicas y estructurales características en función de su cantidad y de la fuente en la que se halla. (Yufera, 2007)

4.6) Biopolímeros

un polímero como bien se tiene conocimiento posee la capacidad fisicoquímica de usarse en la coagulación floculación dado esto se tienen fuentes de polímeros en la naturaleza y mayormente en el contenido de almidón de algunas de estas, mediante el uso de estos se ha dado gran investigación a la eficacia de este en el tratamiento de aguas residuales con el fin de dar seguimiento a la posible utilización de estos y dar solución efectiva frente a los polímeros o coagulantes de origen netamente químico. (Guzman, Villabona, Tejada, & Rafael, 2013)

4.7) Tratamiento de aguas con almidón vegetal

El tratamiento de aguas residuales con almidón de plátano hartón se considera que este tipo de coagulante floculante tiene efectos positivos en el tratamiento de estas aguas y se evidencia en otros estudios con papa, yuca, ñame y maíz que pueden tener un gran desempeño y se pueden llegar a considerar como alternativa a los reactivos comúnmente utilizados para este fin.

4.8) Generalidades de Alocasia Macrorrhiza

El bore o taro gigante (*Alocasia Macrorrhiza*) es una planta la cual puede alcanzar hasta 5 metros de alto y en sus hojas hasta un 1 metro de largo esta planta tiene una gran capacidad para la captación de energía solar dada sus anchas hojas lo que permite que puedan crecer a la sombra de una manera normal y siendo esta una característica de especies arbóreas tropicales, esta clase de planta posee diversos subgéneros los cuales tienen gran cantidad de almidón en la raíz y en el caso de la (*Alocasia Macrorrhiza*) que presenta más almidón en el tallo aéreo esta planta tiene la particularidad de un rápido crecimiento y de la fácil adecuación a varios tipos de clima y a suelos que presenten una baja fertilidad en el tallo aéreo se presenta el almidón en forma de carbohidratos y en sus hojas que se presentan grandes cantidades de proteína la cual lo vuelven ideal para la alimentación de algunas especies de animales de consumo.

Esta planta es de uso primitivo y se cree que es originaria del subcontinente indio y que fue domesticada a través del tiempo de la cual se fue extendiendo su cultivo alrededor de algunos países con climas parecidos

En el país el género *Alocasia* lo encontramos distribuido en las zonas bajas de la costa Pacífica y Atlántico, en el resto del país en los valles interandinos y en zonas de cordillera hasta clima medio, se encuentra estas en zonas con humedad alta al lado de quebradas o nacimientos de aguas. Su crecimiento depende de factores climáticos en los cuales se encuentra en crecimiento óptimo de la planta en zonas más calidas con abundante presencia de agua, sus hojas empiezan a crecer alrededor de los 5 meses y la maduración de su tallo y hojas está en el rango de los 2 años desde su cosecha, El tallo una vez la planta esté madura, a partir de los dos años y este haya alcanzado una altura de 2 y puede pesar entre 12 y 25 kg. (Sánchez & Méndez, 2001)

4.9) Hidrólisis

Hidrólisis es una reacción química en la cual se pretende el rompimiento de enlaces de una molécula

4.10) Quebrada Olivares

Afluente, que representa el 30% del agua que surte Manizales, el cual registra una extracción continua de arena y piedras por pt de la comunidad asentada a su alrededor, el afluente muestra un alto grado de contaminación de la quebrada, ubicada en el extremo occidental de la cordillera de Los Andes que cubre gran pt. de la ciudad y está directamente ligada al sector comercial y residencial, los cuales vierten sus residuos líquidos indiscriminadamente. (Agencia de noticias UN, 2015)

4.11) Test de jarras

El Test de Jarras es un procedimiento que se utiliza en los laboratorios para determinar las condiciones de operación óptimas generalmente para el tratamiento de aguas, la prueba de jarras permite ajustar el PH, hacer variaciones en la dosis de las diferentes sustancias químicas que se añaden a la muestra, alternar velocidades de mezclado. (Moreno, y otros, 2018)

4.12) Turbidez

Es la falta de transparencia de una muestra de agua debido a la presencia de partículas en suspensión (Aguamarket, 2018)

4.13) Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede

manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación (Tratamiento de aguas residuales , 2013)

4.14) Aguas termales

Se llaman aguas termales a las aguas minerales que salen del suelo con más de 5 °C que la temperatura superficial. Estas aguas proceden de capas subterráneas de la Tierra que se encuentran a mayor temperatura, las cuales son ricas en diferentes componentes minerales y permiten su utilización en la terapéutica como baños, inhalaciones, irrigaciones, y calefacción. Por lo general se encuentran a lo largo de líneas de fallas ya que a lo largo del plano de falla pueden introducirse las aguas subterráneas que se calientan al llegar a cierta profundidad y suben después en forma de vapor (que puede condensarse al llegar a la superficie, formando un géiser) o de agua caliente.

(Real academia nacional de medicina, 1956)

4.15) Carbohidratos

Los carbohidratos son uno de los principales tipos de nutrientes. Son la fuente más importante de energía para su cuerpo. Su sistema digestivo convierte estos hidratos de carbono en glucosa (azúcar en la sangre). Su cuerpo usa esta azúcar como energía para sus células, tejidos y órganos y guarda cualquier azúcar extra en su hígado y músculos para cuando los necesite (Medlineplus, 2018)

4.16) Polímero

Un polímero es un compuesto químico en el que las moléculas están formadas por cadenas largas en las que se repite una unidad básica (a esta unidad básica se llama monómero).

Cada polímero tiene unas propiedades determinadas. Conociendo las propiedades requeridas de un material para un uso en particular, puede escogerse un polímero u otro, incluso puede diseñarse

la síntesis en laboratorio de un nuevo polímero buscando dichas propiedades específicas. (Jr., 2004)

4.17) Profloc 930

Coadyuvante utilizado en las pruebas de jarras para colaborar en la remoción de turbidez debido a sus propiedades ya que este es un polímero que ayuda a la formación de los Flocs

4.18) PH

Es una medida que representa el nivel de acidez o alcalinidad de alguna sustancia, y esta mide la concentración de los iones de hidrógeno que contiene una solución determinada. (Aguamarket, 2018)

4.19) Lodo Activado

La eliminación de materia orgánica disuelta y los nutrientes de las aguas residuales tiene lugar durante el tratamiento biológico del agua. Normalmente se caracteriza por la interacción de distintos tipos de bacterias y microorganismos, que requieren oxígeno para vivir, crecer y multiplicarse y consumen materia orgánica. El lodo resultante es llamado lodo activo.

Normalmente este lodo está en forma de flóculos que contienen biomasa viva y muerta además de pts. minerales y orgánicas absorbida y almacenada.

El comportamiento de sedimentación de los flóculos de los lodos activos es de gran importancia para el funcionamiento de la planta de tratamiento biológico. Los flóculos deben ser removidos, para separar la biomasa del agua limpia, y el Vol. requerido de lodo activo puede ser bombeado de nuevo en el tanque de aireación. (Water treatment handbook, 1991)

4.20) Floc

Es un conglomerado de partículas sólidas que se genera a través de los procesos de coagulación y floculación. El floc está constituido en primer lugar por los sólidos que se separan del agua, así como también por los sólidos que aporta el coagulante. (Serquimsa, 2014)

4.21) Amilasa

La α -amilasa hidroliza el sustrato definido 2-cloro-p-nitrofenil- α -D-maltotriósido (CNP-G3) para liberar 2-cloro-p-nitrofenol (CNP), formándose 2-cloro-nitrofenil- α -D-maltósido (CNPG2), maltotriosa (G3) y glucosa. El CNP absorbe a 405 nm y la velocidad de aparición del color es directamente proporcional a la actividad enzimática. (Linea Turbitest AA, 2000)

4.22) Amilo pectina

la amilopectina es un polisacárido que se diferencia de la amilasa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular parecida a la de un árbol: las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilasa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 25-30 unidades lineales de glucosa. Su masa y su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones. La amilo pectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. (Dergal, 1993)

4.23) Gradiente hidráulico

Magnitud vectorial determinada por el incremento de potencial del agua por unidad de distancia. (Riego, 2018)

4.24) *Gradiente de velocidad*

Es la velocidad empleada en el test de jarras en la operación unitaria de coagulación - floculación dada en revoluciones por minuto, durante un tiempo determinado

4.25) *Técnica de muestreo*

Las técnicas de muestreo se basaron en el método simple el cual se rige por que se toma una muestra en un mismo punto, en los mismos tiempos.

Bibliometría

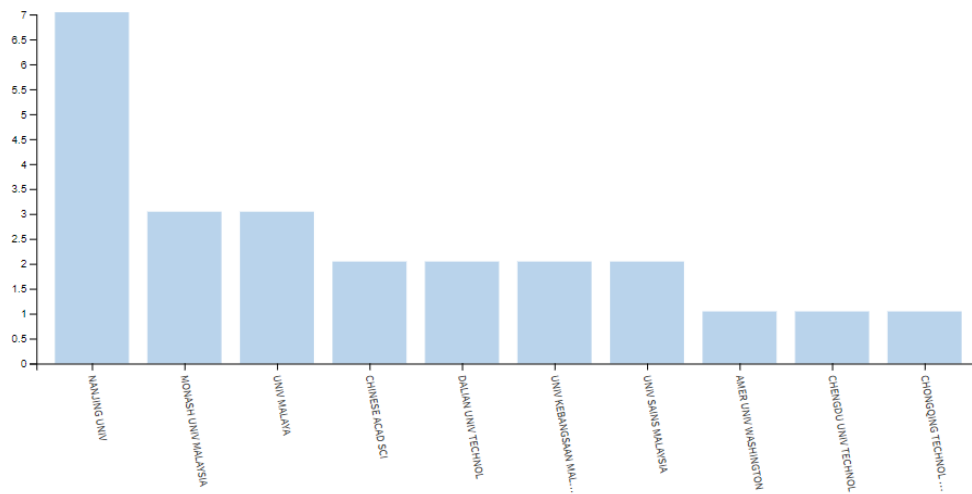


Ilustración 3: Reporte de citas de science direct mediante palabras clave (starch, coagulation, flocculation, waste, water)

Tabla 2: Organizaciones dedicadas a la investigación

Field: Organizations	Record Count	% of 35	Bar Chart
NANJING UNIV	7	20.000 %	■
MONASH UNIV MALAYSIA	3	8.571 %	■
UNIV MALAYA	3	8.571 %	■
CHINESE ACAD SCI	2	5.714 %	■
DALIAN UNIV TECHNOL	2	5.714 %	■
UNIV KEBANGSAAN MALAYSIA	2	5.714 %	■
UNIV SAINS MALAYSIA	2	5.714 %	■
AMER UNIV WASHINGTON	1	2.857 %	■
CHENGDU UNIV TECHNOL	1	2.857 %	■
CHONGQING TECHNOL BUSINESS UNIV	1	2.857 %	■
CHONGQING UNIV	1	2.857 %	■
CLARKSON UNIV	1	2.857 %	■
COLEGIO SUPER AGR TROP	1	2.857 %	■
E CHINA UNIV SCI TECHNOL	1	2.857 %	■
FAC SCI SFAX	1	2.857 %	■

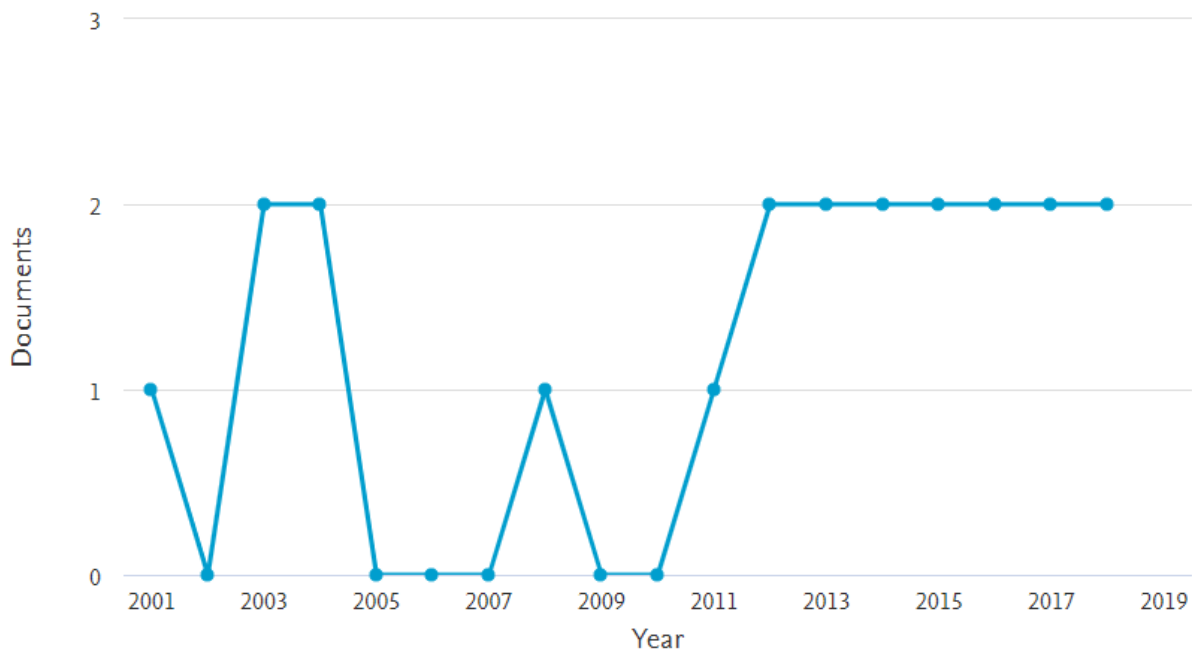


Ilustración 4: **Documentos por año** Scopus mediante palabras clave (starch AND coagulation AND flocculation AND waste AND water) obteniendo 21 resultados

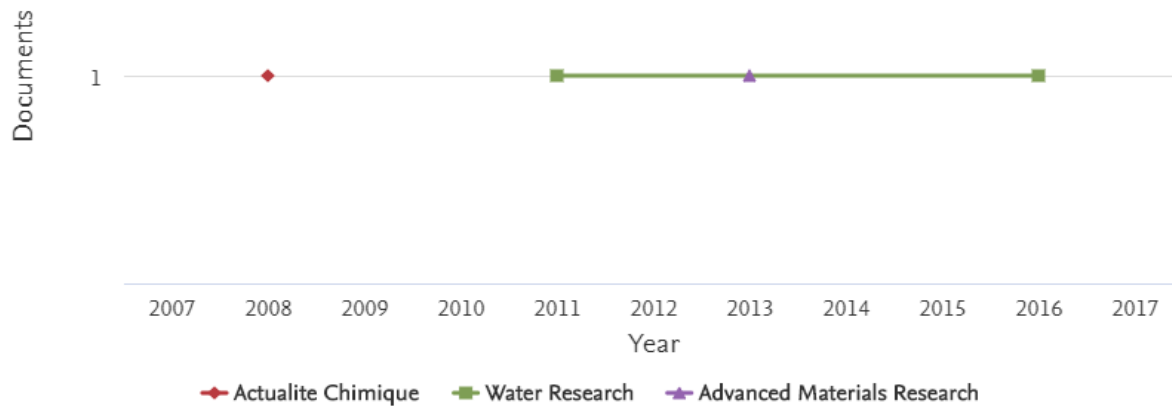


Ilustración 5: Documentos por año por recurso

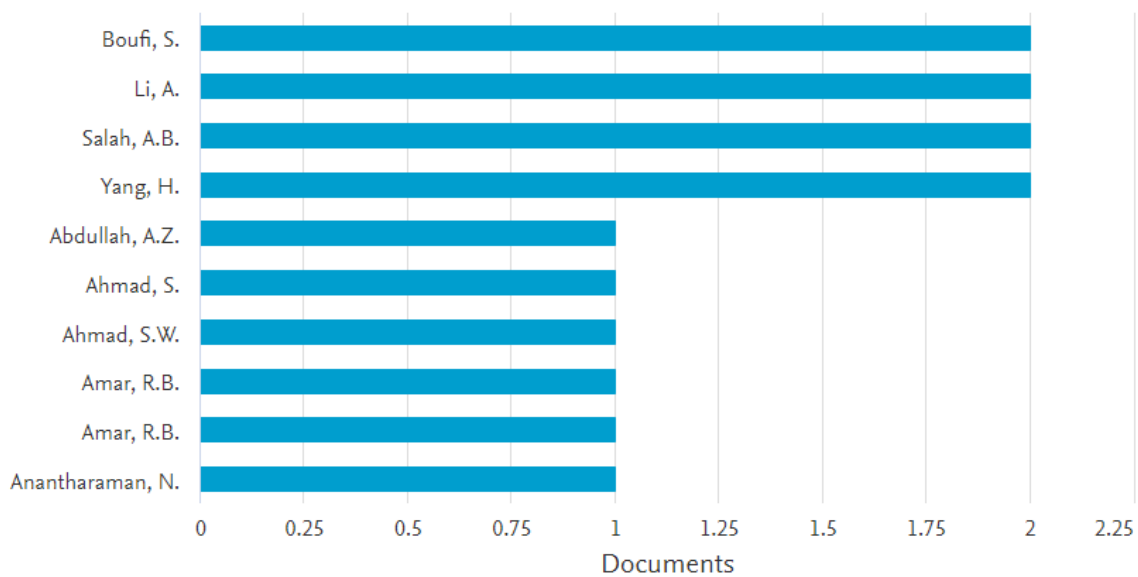


Ilustración 6: Documentos por autor

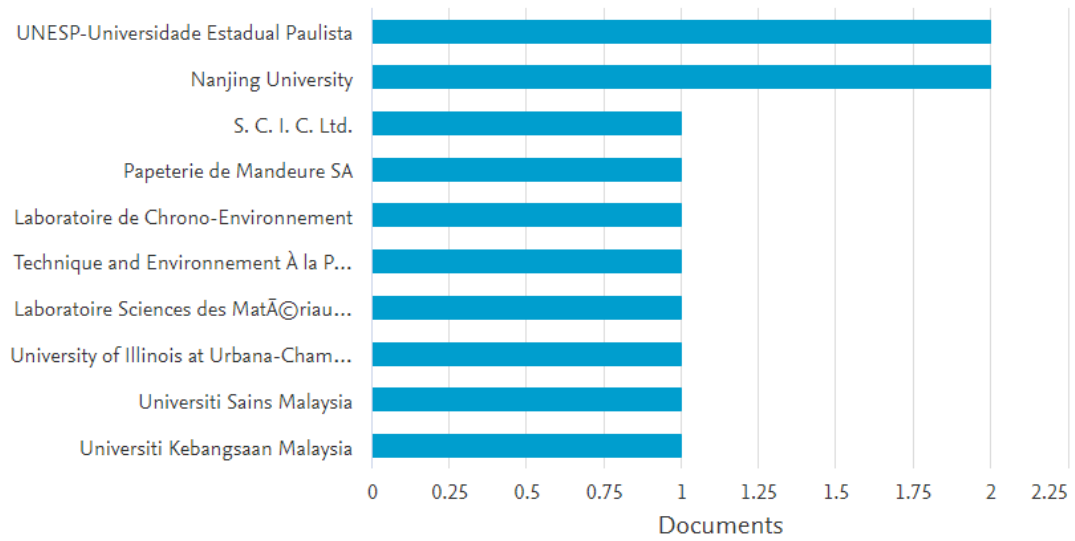


Ilustración 7: Documentos por institución

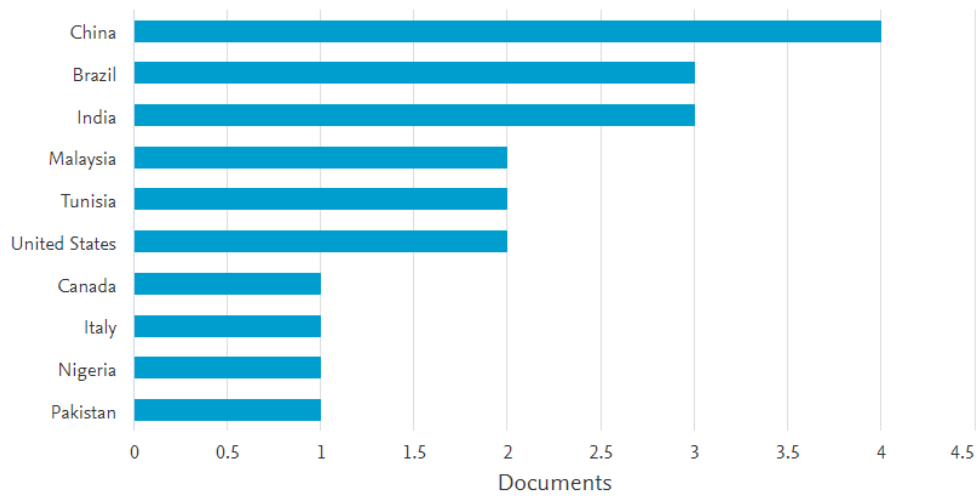


Ilustración 8: Documentos por país o territorio

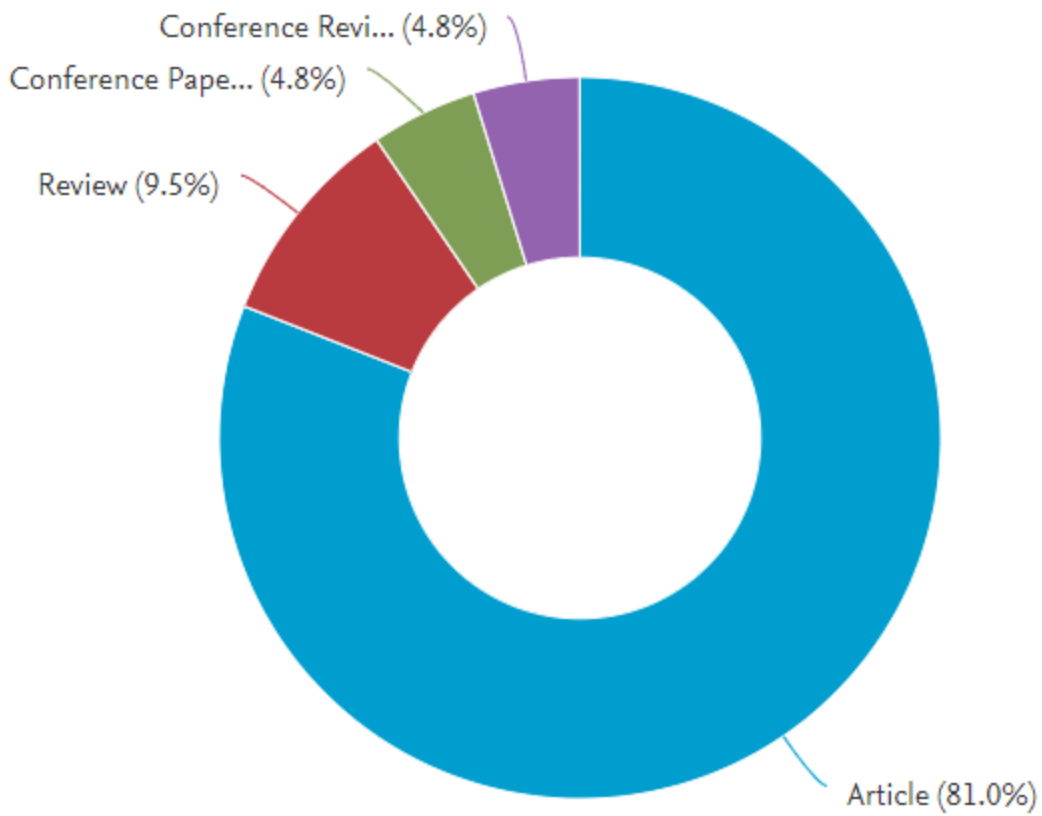


Ilustración 9: Tipos de documentos

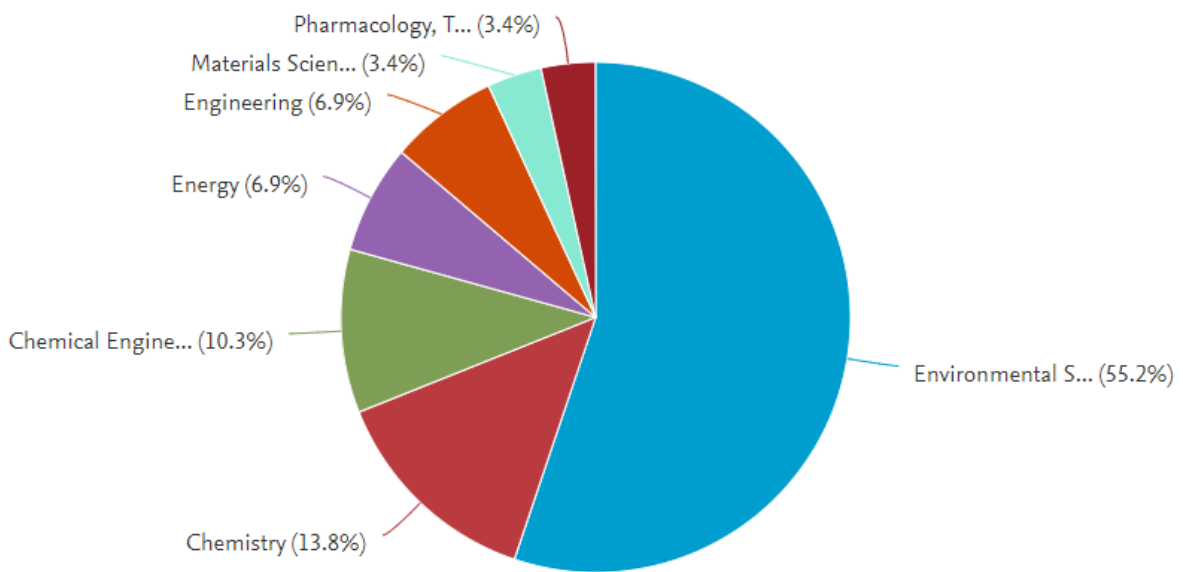


Ilustración 10: Documentos por área de estudio

Tabla 3: Tabla de Documentos por área de estudio.

Subject area ↓	Documents ↓
Environmental Science	16
Chemistry	4
Chemical Engineering	3
Energy	2
Engineering	2
Materials Science	1
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	1

5. Metodología

La toma se hizo siempre en horas de la mañana entre las 8 am y 10 am teniendo en cuenta que no estuviera en el momento del muestreo lloviendo y llevando a cabo siempre la misma metodología para la toma del agua residual.

Con el uso de los elementos de bioseguridad tales como guantes, tapabocas y bata de laboratorio anti-fluidos, se ingresaba a el afluyente un recipiente el cual era purgado en el cuerpo de agua de dos a tres veces y se procedía a el proceso de llenado por medio de otro recipiente de menor Vol. hasta llegar al Vol. requerido para hacer las pruebas de jarras posteriormente a la recolección.

No obstante dado a que no eran unas condiciones de muestra constantes se concluyó que se podían tener diferentes parámetros físico químico tales como unidades de turbidez, color, pH entre

otros. Conllevando así a que no se diera un resultado de disminución concordante al 100% con los otros.

Como punto de partida se inició realizando un test de jarras teniendo como coagulante un químico no amigable con el medio ambiente (sulfato de aluminio) para realizar una comparación posterior al finalizar todos los test de jarras necesarios en la investigación, comprobando la efectividad de los insumos utilizados

En un segundo test de jarras inicial, se procedió a realizar un test de jarras con cloruro férrico como segundo coagulante inorgánico con el fin de realizar una comparación con el sulfato de aluminio y el coagulante orgánico con *Alocasia Macrorrhiza*.

Para iniciar el proceso pertinente, se realizó una revisión al estado del arte para obtener diferentes metodologías según los criterios previamente establecidos, las cuales se presentan en la investigación para así poder desarrollar el proceso con *Alocasia Macrorrhiza* a partir de estas metodologías obtenidas, y poder adquirir la metodología definitiva que se utilizara en el proceso que continúa.

La obtención de *Alocasia Macrorrhiza* se dio en el Eco-parque de los alcázares (Manizales, Caldas. Colombia) donde abundan estos especímenes (coordenadas geográficas 5° 04'03'' Norte. 75° 31' 44'' W), la extracción de dicha planta se dio de tal forma que se obtuvo, el tallo, la raíz, y las hojas de este, la sustracción se realizó el mismo día que se iba a realizar la metodología propuesta para evitar las variables extrañas que se pudieran presentar en el tubérculo y poder extraer el almidón lo más fresco posible.

El agua residual doméstica se obtuvo de la quebrada Olivares, en una zona residencial llamada la Asunción ubicada en la Avenida del río en la ciudad de Manizales, Caldas (Coordenadas geográficas 5° 04'06'' Norte. 75° 29'35''W). Al igual que en la extracción del tubérculo, se

obtuvo dicha agua problema horas previas para evitar variables que pudieran afectar los resultados como la degradación que se pudiera presentar por pt. de microorganismos presentes.

Luego de tener los insumos necesarios en el laboratorio se procedió a realizar las 2 metodologías encontradas en la revisión bibliográfica las cuales fueron propuestas iniciales, ya que a lo largo de la investigación se fueron ultimando variables para perfeccionar la metodología.

En la primera metodología se empleó para iniciar un lavado integral del tubérculo con agua destilada para remover las impurezas que se pudieran haber adherido en el trayecto del lugar de extracción al laboratorio, tales como tierra, maleza.



Ilustración 11: Raíz de Alocasia Macrorrhiza

Fuente: Registro Fotográfico tomado, Laboratorio Ginei.

Luego que el tubérculo estuviera por el proceso de limpieza se inició el pelado, picado de las pts. a preparar, cada una por separado (tallo, raíz, hoja).



Ilustración 12: Tallo de Alocasia Macrorrhiza cortado

Fuente: Registro Fotográfico tomado, Laboratorio Ginei.

Se pesó al finalizar el triturado para poder realizar un posterior análisis sobre la cantidad en ml que se extrajo por cada X gr, debido a que en tallo y la raíz contienen una mayor humedad, que es el insumo principal donde se extraería el almidón.

Al finalizar y coleccionar los datos sobre la cantidad de ml extraídos, se procedió a implementar la metodología en cuestión, con la cual se obtuvieron 2 líquidos provenientes del tallo y la raíz, diferenciados principalmente por el color que estos tienen como se muestra en la siguiente imagen

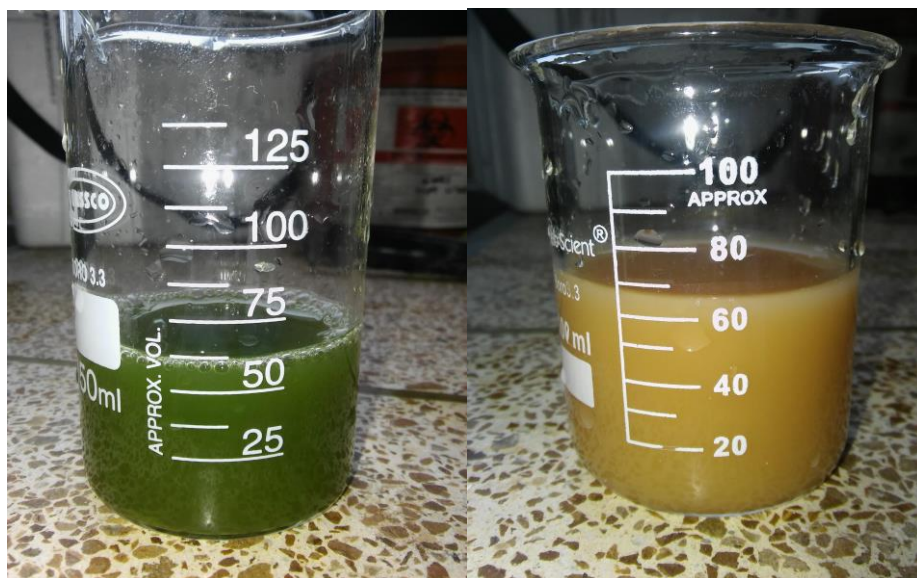


Ilustración 13: Tallo y Raíz de Alocasia Macrorrhiza

Fuente: Registro Fotográfico tomado, Laboratorio Ginei.

La imagen de la izquierda muestra el almidón extraído del tallo y la imagen de la derecha muestra el líquido extraído de la raíz, luego de haber empleado la metodología en cuestión.

Debido que en los procesos realizados se encontraba el bagazo junto con el líquido anteriormente mostrado, se debió realizar un filtrado para separar las pts. ya que en la investigación solo se trabajó con el almidón extraído más no con el bagazo el cual fue desechado, además debido al estado del arte en esta pt. líquida es donde se concentra la mayor cantidad de almidón.

En la que la hoja no se presentaba mucha humedad por lo que, cuando se le realizaron los procedimientos de la metodología no se presentó mucho almidón evidenciado en ml de líquido extraído, por esto se procedió también a descartar esta pt. de la planta.



Ilustración 14: Hoja triturada posterior al licuado de Alocasia Macrorrhiza

Fuente: Registro Fotográfico tomado, Laboratorio Ginei.

Se dispuso en el horno, 2 cápsulas con el almidón extraído del tallo y la raíz, cada uno por separado por un tiempo en el cual se esperaba un producto más concentrado y con menos cantidad de agua, a tal punto que estuviera solidificado.



Ilustración 15: Almidón extraído de Tallo (izquierda) y Raíz (derecha) Alocasia Macrorrhiza

Fuente: Registro Fotográfico tomado, Laboratorio Calidad de aguas.

Debido a inconvenientes del almidón con esta metodología inicial ya que los enlaces de almidón que se rompen a una temperatura de 40-50 grados centígrados, se optó por cambiar la pt. final de la primera metodología propuesta por otra adquirida en el estado del arte.

La segunda metodología consistió en suprimir la pt. final donde se sometieron las cápsulas a un aumento de temperatura. Optando por realizar un test de jarras luego de obtenido el almidón sin que se le realizará procesos adicionales, dicha metodología consistió en.

- ✓ Lavado del tubérculo con agua destilada para remover la tierra y demás impurezas que este tuviera
- ✓ Pelado y picado de las pts. a utilizar (tallo, raíz)
- ✓ Pesado de cada una de las pts. para poder realizar un posterior análisis sobre la cantidad en ml que se extrajo por cada X gr
- ✓ Luego de esto se procedió a implementar la pt. final de la metodología con sus modificaciones pertinentes para una correcta extracción del insumo.

Al realizar el test de jarras que consistió en utilizar *Alocasia Macrorrhiza* como coagulante floculante con el coadyuvante Profloc al 1%, se presentó un altercado con la turbidez y el color aparente, las cuales no presentaron cambios favorables, por lo cual se indago en demás artículos relacionados para terminar de perfeccionar la metodología definitiva.

Se logró concluir de la búsqueda que se tenía que efectuar pos-tratamiento al líquido extraído para generar un rompimiento molecular y el almidón pudiera tener una mayor efectividad en la remoción y se pudiera efectuar su acción coagulante, en la búsqueda de la metodología se lograron articular los siguientes pasos.

- ✓ Lavado del tubérculo con agua destilada para remover la tierra y demás impurezas que este tuviera

- ✓ Pelado y picado de las pts. a utilizar (tallos, raíz)
- ✓ Pesado de cada una de las pts., para poder realizar un posterior análisis sobre la cantidad en ml que se extrajo por cada X gr

Para realizar este post tratamiento se necesitaban elementos químicos altamente peligrosos para el ambiente, lo cual nos presentaba una alta remoción, pero con lodos que necesitaban un tratamiento especial por su composición, además del alto costo se optó por generar alternativas ambientalmente amigables con un costo menor para una mayor sostenibilidad y viabilidad del proyecto.

Debido al alto contenido de químicos que se debería utilizar, si hablamos en grandes cantidades a tratar por ejemplo el agua de un afluente hídrico como en este caso podría ser de la quebrada Olivares donde se recolectó el agua problema, se tendría un componente que no es en lo absoluto amigable con el medio donde se disponga, y mucho más si a términos hídricos nos referimos pudiendo causar problemas con la fauna y la flora que se encuentre en el afluente o a las laderas del río, también con una probabilidad de afectar a la población aledaña con las emanaciones presentadas por el químico y debido a que el afluente pasa por una gran zona urbana se puede presentar la posibilidad de ocasionar un problema mayor si una persona llega a caer en el afluente en cuestión por avatares de la vida, corriendo un gran peligro con la salubridad pública, además de tener un alto costo en su adquisición por lo que se tendría que contar con una muy buena economía si el proyecto se piensa llevar a una escala mayor, por todo esto presentado a pesar de obtener unos buenos resultados en el test de jarras pero con la proeza de una mejora continua en el proceso se procedió a realizar otro método para hidrolizar el almidón.

Buscando una alternativa con la cual se pretendió bajar los costos de producción y especialmente en la pt de pos-tratamiento de dicho almidón, se investigó una opción amigable con el medio

ambiente, se basó en una alternativa de una anterior experiencia que consistía en la remoción de turbidez de aguas residuales con almidón de plátano y agua termal.

El agua termal, como principal opción en el cambio de químico utilizado para el rompimiento de moléculas del almidón, debido a sus propiedades coadyuvantes, la necesidad de tener temperaturas que oscilan en 50 grados Celsius en el agua, y a la facilidad que presta en su recolección, pensando en un uso a gran escala se optó por esta favorable opción, el agua se obtuvo en la vereda Gallinazo de Villamaría, Caldas (Coordenadas geográficas 5°01'05'' Norte. 75°26'12'' W). El mismo día que se iba a realizar el test de jarras, para evitar los posibles cambios que se pudieran dar, afectando los resultados, comúnmente llamados variables extrañas, dicha agua se emplearía en la hidrólisis del almidón de *Alocasia Macrorrhiza*.



Ilustración 16: Entrada A Gallinazo – Villamaría

Fuente: Registro Fotográfico tomado.

La metodología definitiva propuesta para la extracción de almidón de *Alocasia Macrorrhiza* consistió en los siguientes pasos, los cuales los pasos se obtuvieron de la primera metodología planteada gracias a la revisión bibliográfica, y demás pasos se obtuvieron gracias a

investigaciones realizadas según se presentará la necesidad, explicadas anteriormente. Dicha metodología consistió en.

- ✓ Lavado del tubérculo para remover la tierra y demás que este tuviera
- ✓ Pelado y picado de las pts. a utilizar
- ✓ Pesado para poder realizar un posterior análisis sobre la cantidad en ml que se extrajo por cada X gr
- ✓ Licuado de las pts. preparadas cada una por separado (tallo, raíz, hoja)
- ✓ Filtrado del licuado obtenido cada elemento por separado, para la separación del bagazo y el almidón

Se procedió a investigar que pt del tubérculo en cuestión tiene más contenido de almidón para ser utilizado en los test de jarras aumentando la concentración de este, y potenciar los resultados, en el cual se concluyó que por un mayor contenido de almidón se correspondería a usar la pt. del tallo.

Luego de esto se dispuso 100 ml de agua termal en un beaker, donde se aumentó su temperatura con la ayuda de una placa de calentamiento hasta que se obtuvieron 25 ml de está logrando una concentración de los sulfatos, luego de esto se le añadió a la preparación 25 ml del producto líquido obtenido de *Alocasia Macrorrhiza* al agua termal, dejando primero que el agua bajara la temperatura al ambiente para proceder a añadir el almidón.

Para finalizar se procedió a añadir agua termal hasta completar una relación 6:1 de agua termal:

Alocasia Macrorrhiza.



Ilustración 17: Reducción de Agua Termal de Balneario Tierra Viva Manizales Caldas

Fuente: Registro Fotográfico tomado, Laboratorio Ginei.

Luego de la obtención del almidón, se procedió a preparar diferentes test de jarras para realizar las pruebas pertinentes, cada jarra de los test se preparó con un litro de agua residual colectada horas previas; el coadyuvante Profloc se preparó al 1%, una cantidad de 100 ml de agua destilada con el Profloc, se dispuso en una plancha magnética aumentando su temperatura hasta que se diluyera completamente y mantuviera un estado líquido sin coágulos, con una agitación constante proporcionada por la pílora de la plancha, al completar dicho procedimiento, aún con una alta temperatura del coadyuvante, para que este se mantuviera sin coágulos se procedió con la ayuda de unas jeringas a extraer 5 ml por cada jarra



Ilustración 18: Test de Jarras con 1 litro de agua de la quebrada Olivares

Fuente: Registro Fotográfico tomado, Laboratorio Operaciones Unitarias.

Al disponer el almidón y el coadyuvante al mismo tiempo en las jarras se procedió con la operación unitaria de coagulación a una velocidad de 100 RPM por un tiempo de 1 minutos, al concluir el tiempo se procedió a la fase de floculación con una velocidad de 40 RPM por 12 minutos (valores de velocidad/tiempo proporcionados por la revisión del estado del arte), se concluyó con una etapa de sedimentación de 10 minutos para que los flocs precipitaron clarificando el agua.

Luego de esto procedió a realizar pruebas de turbidez, pH, sólidos, Wilcomb para que por medio de tablas y gráficos se pudieran estudiar y analizar los resultados obtenidos.

6. Resultados

A continuación se mostrarán las tablas con los resultados obtenido y un análisis correspondiente a cada uno de estos, donde se podrá ver evidenciado el avance y los pasos que se dieron en las metodologías planteadas, hasta llegar a la metodología definitiva en la extracción de almidón mediante la planta *Alocasia Macrorrhiza*, el registro a continuación cuenta con las 6 jarras

empleadas en el test, el pH obtenido luego de proceso de coagulación/ floculación con sus tiempos correspondientes, la turbidez obtenida en unidades de NTU el cual es fin de esta investigación, poder reducir la turbidez partiendo del almidón del tubérculo.

Luego de esto se tienen en mL o mg/L del coagulante utilizado el cual en estas primeras tablas cuentan con una relación 6:1 de agua termal: almidón, debido a que en un inicio se procedió a utilizar coagulantes inorgánicos como punto de comparación, en la columna siguiente se tiene el índice Wilcomb el cual es un criterio más subjetivo que nos indicará el tamaño de los floc obtenidos. También se cuenta con una columna que contiene los datos del coadyuvante utilizado en unidades de mL, el cual en nuestro caso fue el Profloc 930.

7. Tablas análisis de resultados con curvas polinómicas con mayor al $R^2=0.90$

Primer test de jarras ejecutado con sulfato de aluminio, con el fin de realizar una comparación con los posteriores test de jarras con el coagulante/floculante orgánico (*Alocasia Macrorrhiza*), la turbidez inicial del test de jarras 1 es 27 NTU con un pH de 7,8

Jarra	pH	NTU	Cantidad (mg/L) al 1%	Wilcom b	Profloc (ml)	Vol. de lodo (ml/L)
1	7,94	20,3	0	2	5	-
2	7	0,25	5	6	5	11
3	6,38	6,28	10	8	5	-
4	5,19	7,29	15	4	5	-
5	5,04	9,52	20	4	5	-
6	4,76	5,85	25	4	5	-

En esta tabla se evidencia el primer test de jarras realizado el cual, su dosis óptima como se esperaba en un inicio dio excelentes resultados en la remoción de turbidez presentada en el agua, la dosis óptima se obtuvo en la jarra 2 con un NTU final de 0,25 el cual se le añadió 5 mg/L y se tienen los resultados iniciales para la elaboración comparativa con el coagulante vegetal con este

compuesto químico usado extendidamente en el proceso de disminución de turbidez en aguas residuales.

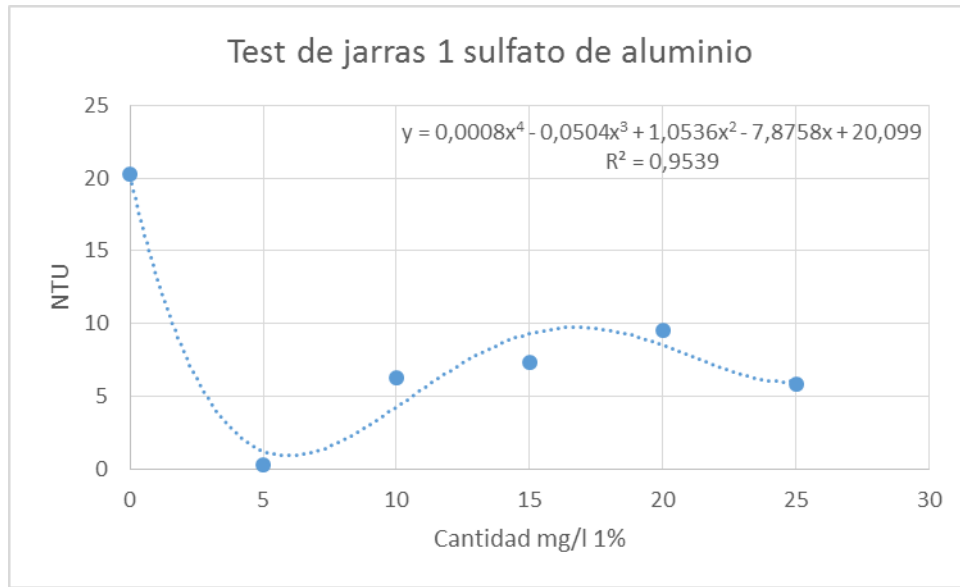


Ilustración 19: Gráfica de Test de Jarras 1 NTU – CANTIDAD SULFATO DE ALUMINIO

Test de jarras número dos a partir de cloruro férrico con la finalidad de realizar una comparación con el sulfato de aluminio como coagulantes inorgánicos y la alternativa ecológica planteada a partir de *Alocasia Macrorrhiza*, la turbidez inicial del test de jarras 2 es 27 con un pH de 7,8

Tabla 5: Test de jarras 2 (Cloruro férrico)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (mg/L) al 1%	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodo (ml/L)
1	8,35	24,5	0	2	5	-
2	7	1,89	5	4	5	11
3	5,1	6,49	10	4	5	-
4	3,7	33,6	15	2	5	-
5	3,1	28,2	20	2	5	-
6	3	25	25	2	5	-

En la tabla 2 se evidencia como se redujo de una manera considerable la turbidez como también se esperaba, debido a que se utilizó un coagulante químico, en el cual se evidencio una coloración amarilla en el agua debido a los componentes del mismo coagulante añadido

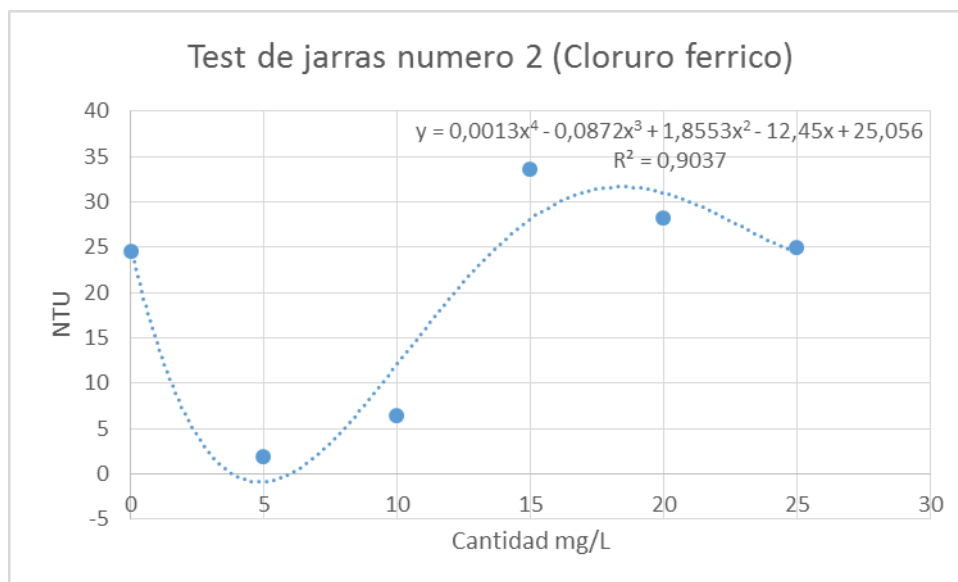


Ilustración 20: Test de Jarras 2 NTU – CANTIDAD DE CLORURO FÉRRICO

Primer test de jarras realizado con el almidón de *Alocasia Macrorrhiza* sin hidrolizarse ayudado con el coadyuvante (Profloc al 1%), la turbidez inicial en el test de jarras 3 es de 23 con un pH de 7,9

Tabla 6: Test de jarras 3 (Almidón de *Alocasia Macrorrhiza* sin hidrolizar)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (mg/L) al 1%	Wilcomb	Profloc 1% (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,9	23,5	0,5	2	5	-
2	7,8	26,8	2	0	5	-
3	7,7	26,7	5	0	5	-
4	7,6	30,5	10	0	5	-
5	7,6	39,9	15	0	5	-
6	7,2	37,5	20	0	5	-

En este primer test de jarras realizado se evidencio que al aumentar la cantidad de coagulante orgánico de *Alocasia Macrorrhiza* a su vez iba aumentando el NTU del agua a tratar por lo que no se le estaba dando una solución al problema planteado, puesto que los enlaces de celulosa presentes en la preparación de la mezcla no se habían hidrolizado generando así que el almidón

contenido en este hiciera un papel antagonista en cuanto a el aumento sustancial del NTU demostrando así la necesidad del proceso de un hidrolizado para liberar el almidón de la celulosa. En cuanto a la concentración de pH se halla que el almidón de *Alocasia Macrorrhiza* y el coadyuvante disminuyen esta característica según las dosis suministradas para cada jarra, estos no poseen una capacidad abrupta para el cambio de pH en el agua problema.

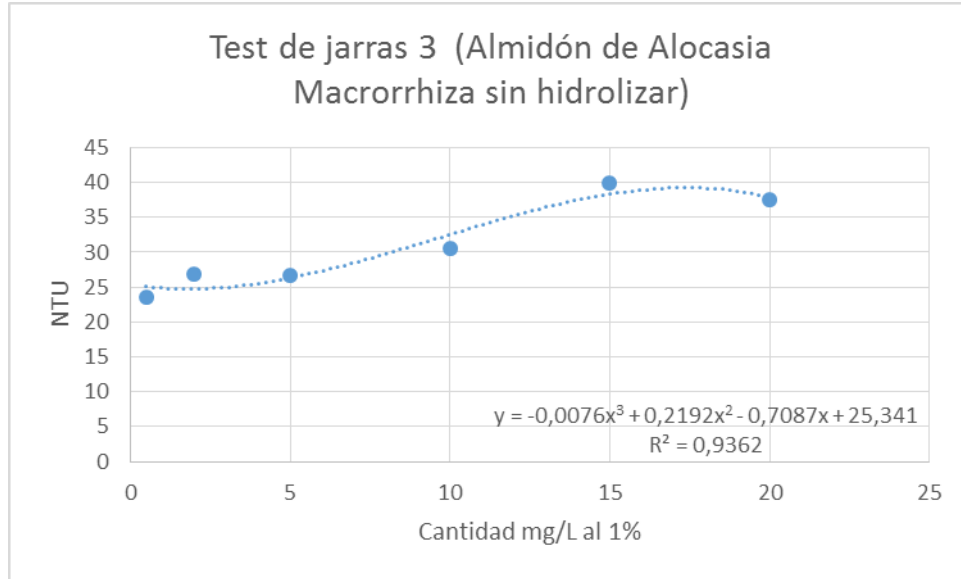


Ilustración 21: Test de Jarras 3 NTU – CANTIDAD DE ALMIDÓN

Segundo test de jarras a partir de *Alocasia Macrorrhiza* hidrolizada con ácido clorhídrico; con la presencia del coadyuvante Profloc al 1%, la turbidez inicial es de 24,5 NTU con un pH de 7,9

Tabla 7: Test de jarras 4 (Hidrólisis con Ácido Clorhídrico y Profloc al 1%)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc 1%(ml)	Vol. de lodos (ml)
1	2,6	12,6	5	4	5	3
2	2,4	14,8	10	4	5	-
3	2,2	14,9	20	8	5	-
4	2,12	16,4	30	4	5	-
5	1,76	16,2	40	2	5	-
6	1,68	16,4	50	8	5	-

Se evidencia que hay una disminución del NTU puesto que la turbidez inicial de esta prueba era de 24,5 NTU pero no se logra una disminución prometedora de esta mezcla puesto a que no logra los estándares que se esperaban con antelación además que, debido al ácido clorhídrico el pH del agua iba disminuyendo generando una mayor acidez en el agua a medida que la cantidad de coagulante aumentaba teniendo así otro problema además de la turbidez

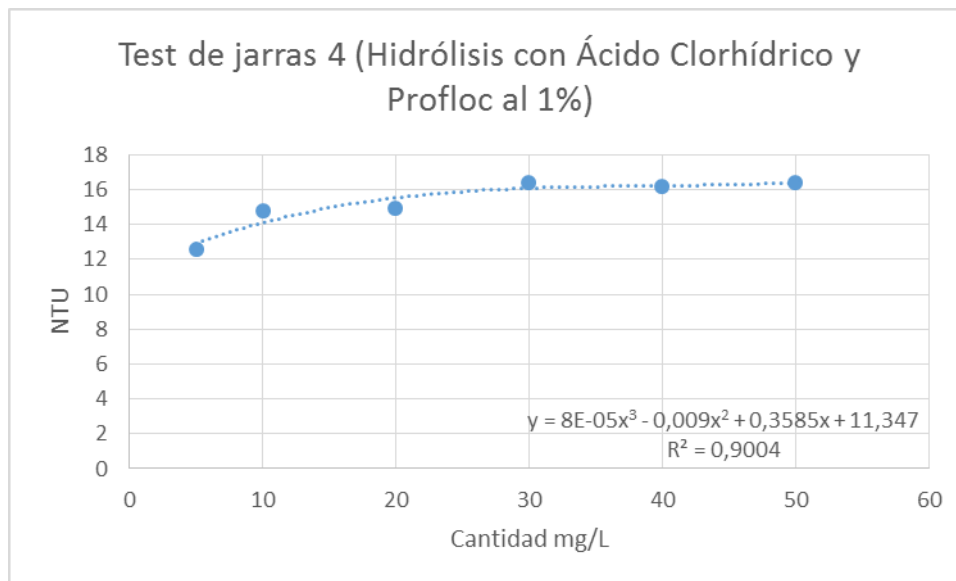


Ilustración 22: Test de Jarras 4 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

Test de jarras con *Alocasia Macrorrhiza* hidrolizada partiendo de un agua termal con el coadyuvante Profloc al 1%, el test de jarras 5 presenta una turbidez inicial de 23 NTU con un pH de 7,7

Tabla 8: Test de jarras 5 (Hidrólisis con agua termal y Profloc al 1%)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc 1% (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,7	6,43	5	6	5	4
2	7,68	7,67	10	6	5	-
3	7,47	10,52	15	6	5	-
4	7,38	6,22	20	6	5	-
5	6,41	10,73	30	4	5	-
6	4,73	9,35	40	4	5	-

En este test de jarras se presentó un problema con el equipo al cual en la zona de las aspas, una de ellas no inició al mismo tiempo que las demás en el proceso de coagulación por lo que se procedió a repetir el procedimiento con el fin de tener datos veraces, sin tener en cuenta el percance, el NTU en general del agua problema se redujo

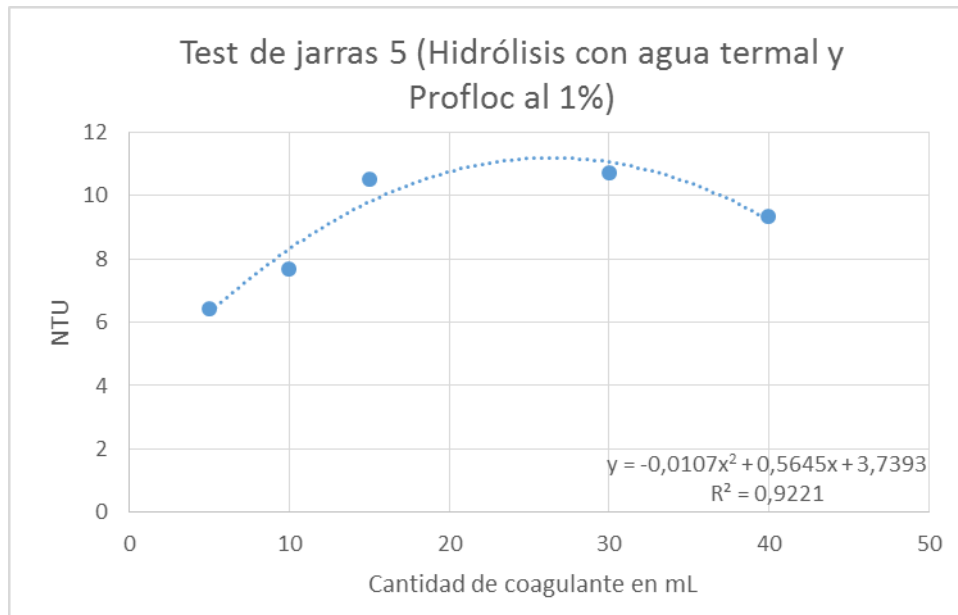


Ilustración 23: Test de Jarras 5 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

Se repitió el test de jarras 5, debido a que en la jarra 1 el color aparente indicaba una mayor remoción de turbidez que la jarra 4, por lo que el test de jarras siguiente se especificaron los valores a investigar con un rango en la cantidad para la jarra 1-4 del test anterior, el test de jarras 6 tiene un NTU inicial de 23 con un pH de 7,7

Tabla 9: Test de jarras 6 (Hidrólisis con agua termal)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,2	13,02	3	4	5	-
2	7,09	2,11	5	8	5	-

3	7,01	2,01	7	8	5	-
4	6,22	3,18	15	8	5	-
5	5,5	0,49	20	8	5	11
6	5,13	2,47	25	8	5	-

En el test de jarras 6 se evidencia una reducción de la turbidez porcentualmente mayor del 90% en la jarra 5, donde se obtuvo un NTU final de 0,49 cumpliendo con la normativa colombiana para turbidez en agua potable y siendo la dosis óptima para una turbidez inicial de 23 NTU, las demás jarras presentaron una reducción de turbidez significativa.

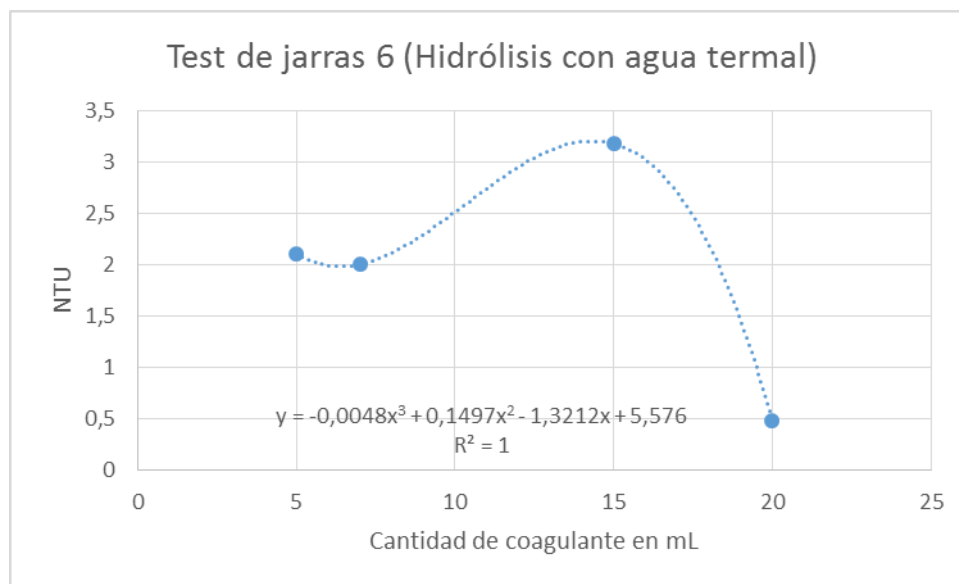


Ilustración 24: Test de Jarras 6 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos en 3 test de jarras donde se manejó una relación 1:1 de agua termal: almidón, donde se redujo 300 ml de agua termal a 150 ml y se completó hasta volver a obtener 300 ml con la extracción de almidón de *Alocasia Macrorrhiza* donde además se manejó un rpm de 200 durante 1 minuto en la etapa de coagulación y de 40 rpm por 15 minutos durante la floculación, el agua colectada presentaba un pH de 8,3 y una turbiedad de 31,3.

Test de jarras con *Alocasia Macrorrhiza* sin hidrolizar con el coadyuvante Profloc al 1%

Tabla 10: Test de jarras 7 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza sin hidrolizar y Profloc al 1%)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	8,0	32,5	1	0	5	No se
2	7,7	32,9	5	0	5	presentaron
3	8,13	39,9	10	0	5	lodos
4	8,0	44,7	15	0	5	
5	7,8	50,5	20	0	5	
6	7,7	61,2	25	0	5	

Esto nos ratifica que se debe hidrolizar el almidón para remover la turbidez debido que no se presentaron lodos luego del proceso unitario de sedimentación además que en el color aparente de las jarras se tornó de un verde más oscuro, agregando que el NTU en todas las jarras aumento a medida que aumentaba la cantidad de coagulante añadido.

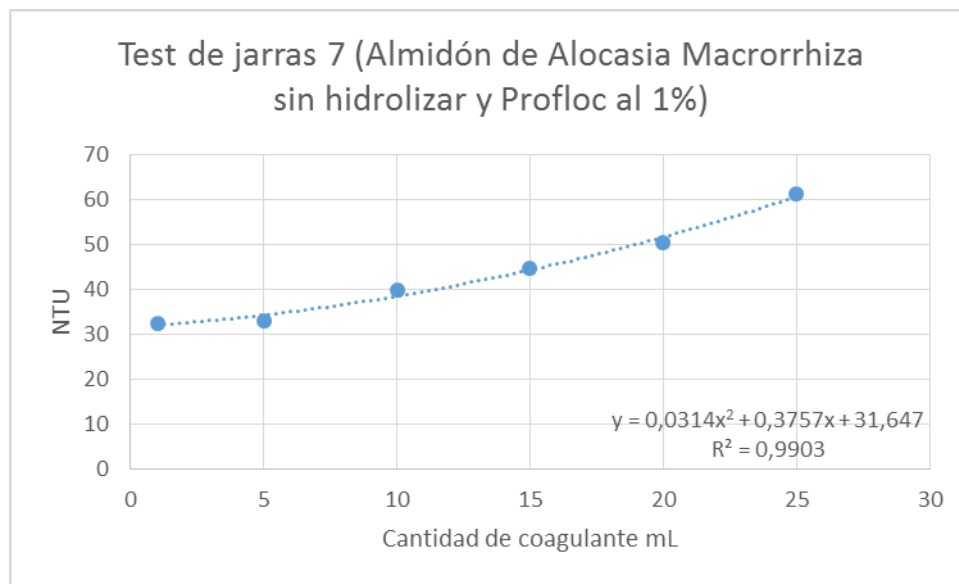


Ilustración 25: Test de Jarras 7 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

Test de jarras con *Alocasia Macrorrhiza* hidrolizado con agua termal y con el coadyuvante Profloc al 1%

Tabla 11: Test de jarras 8 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y Profloc al 1%)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,8	30,4	1	4	5	-
2	7,7	26,1	5	8	5	-
3	7,5	22	10	4	5	-
4	7,3	22,2	15	8	5	-
5	7,18	22,3	20	8	5	-
6	6	21,7	25	8	5	3

Se redujo la turbidez y se tomó solo el Vol. de lodos del NTU más bajo presentado luego de realizado el test, en dicho test de jarras 8 se presentó un altercado al añadir el almidón extraído de agua termal, debido que el agua aún presentaba una alta temperatura por lo cual hizo que los enlaces de almidón se convirtieran en fructosa, por lo que el NTU no presentó una reducción significativa al final del proceso

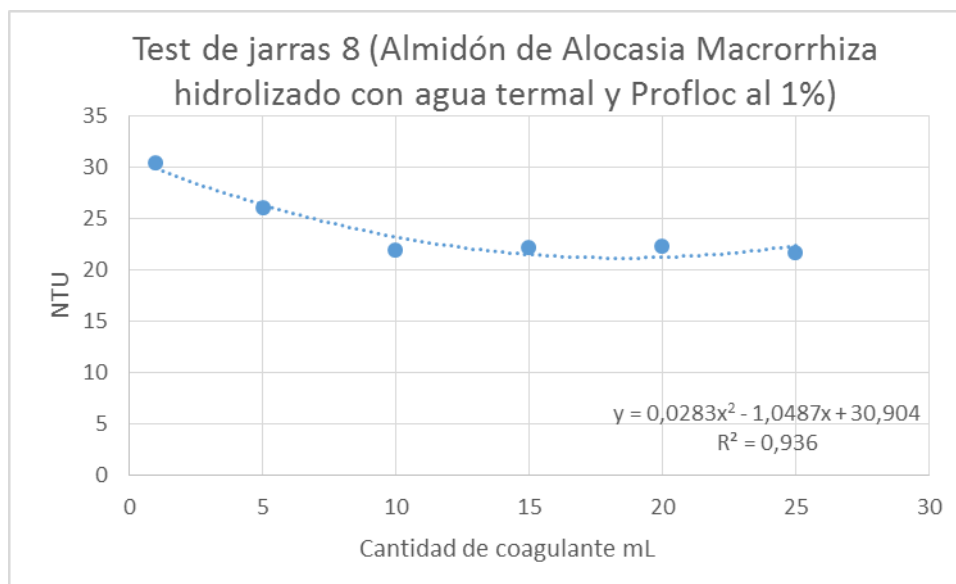


Ilustración 26: Test de Jarras 8 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

En las siguientes tablas se manejó una turbidez de 42,7 debido a que el día anterior a la recolección se presentaron precipitaciones en la ciudad de Manizales por lo que aumentó el cauce del río y su material de arrastre

Test de jarras con almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y con el coadyuvante Profloc al 1% en una proporción 1:1 de agua termal: almidón de Alocasia Macrorrhiza

Tabla 13: Test de jarras 10 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y Profloc al 1%)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,8	25,3	1	2	5	-
2	7,7	16,8	5	2	5	3
3	7,7	19	10	2	5	-
4	7,5	18,3	15	2	5	-
5	7,2	16,9	20	2	5	-
6	7	18	25	2	5	-

En el presente test de jarras se obtuvo un NTU de 16,8 siendo la dosis óptima en dicho estudio.

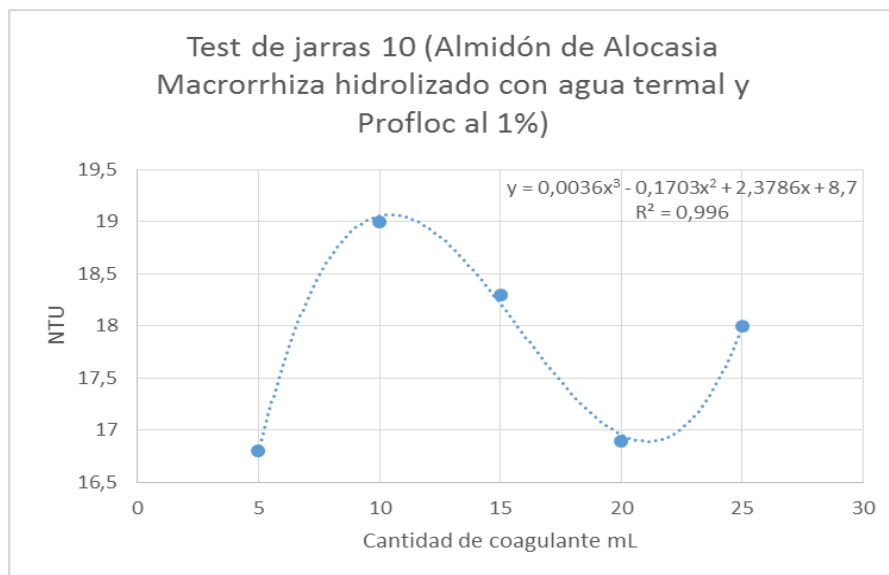


Ilustración 28: Test de Jarras 10 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

Test de jarras con almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y con el coadyuvante Profloc al 1% en una relación 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 sucesivamente de almidón de Alocasia Macrorrhiza: agua termal en las jarras 1,2,3,4,5,6 respectivamente

Tabla 14: Test de jarras 11 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y

Profloc al1%)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,9	23,4	1	2	5	-
2	7,7	11,2	5	8	5	-
3	7,5	9,7	10	10	5	-
4	7,3	12,9	15	10	5	-
5	7	9,3	20	10	5	-
6	6,8	1,1	25	10	5	7

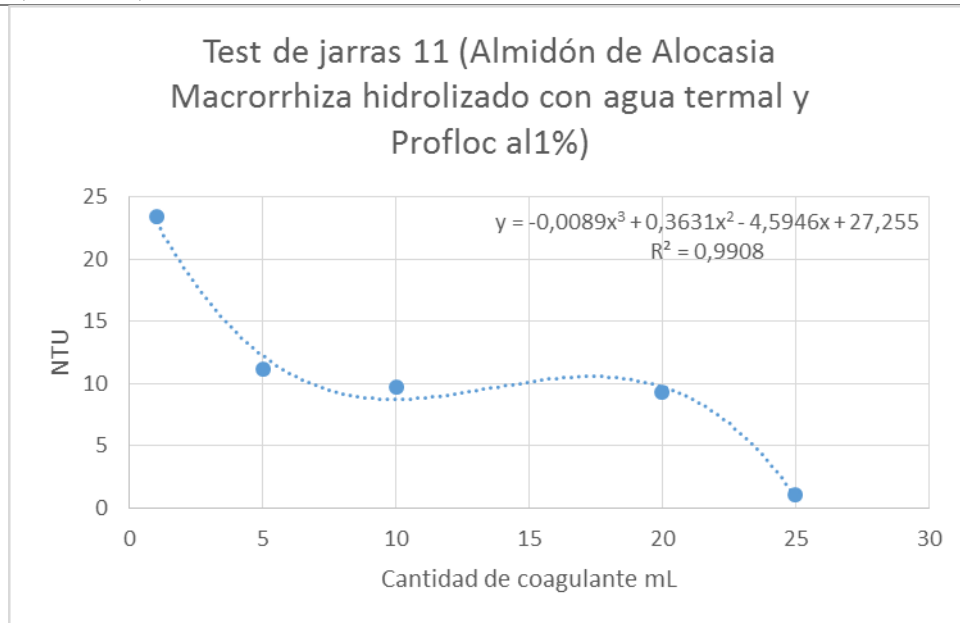


Ilustración 29: Test de Jarras 11 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

Test de jarras con almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y con el coadyuvante Profloc al 1% en una relación 1:6 de almidón de Alocasia Macrorrhiza: agua termal.

Tabla 15: Test de jarras 12 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y Profloc al 1%)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,7	6,1	12,5	8	5	8
2	7,6	11	15	8	5	-
3	7,7	7,7	17,5	8	5	-

En la tabla 12 se utilizaron las dosis óptimas para un NTU de 23 con un rango de 2,5 ml superior e inferior en la cantidad de coagulante, este test se realizó en 3 jarras obteniendo como dosis óptima 12,5 ml de coagulante debido a que el NTU que se obtuvo fue de 6,1, todas las jarras tuvieron un índice Wilcomb de 8 en la escala lo que nos indica unos muy buenos resultados en la coagulación y formación de los flocs además de esto se decidió cargar después de 5 minutos el agua termal para así demostrar la importancia los coagulantes al mismo tiempo obteniendo una hidrolización óptima en el borde

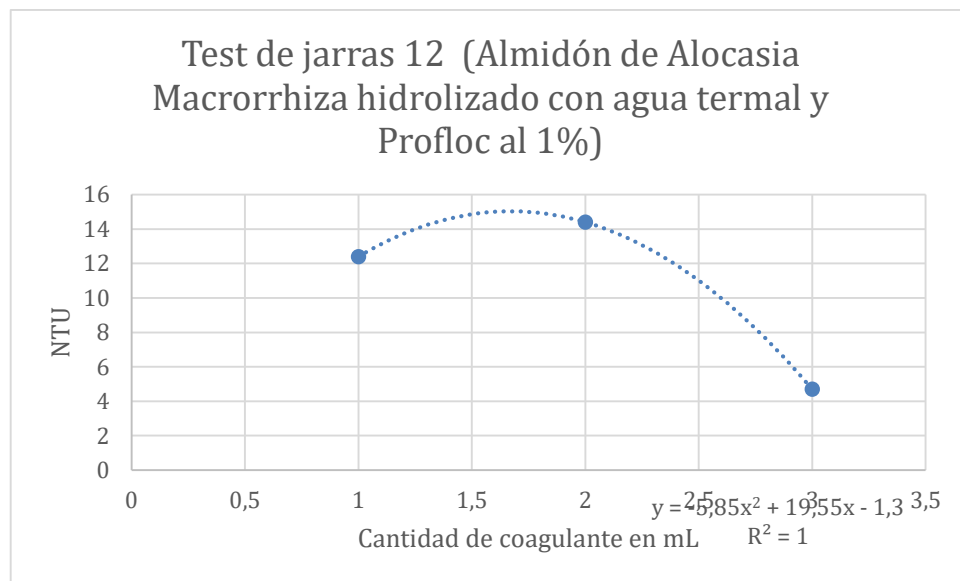


Ilustración 30: Test de Jarras 12 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

Test de jarras con almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal SIN el coadyuvante Profloc al 1% en una relación 1:1, 1:2 , 1:3 ,1:4, 1:5, 1:6... , sucesivamente de Alocasia Macrorrhiza: agua termal en las jarras 1, 2,3,4,5,6 ... Respectivamente.

Tabla 16: Test de jarras 13 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal sin Profloc)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (ml)	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodos (ml)
1	7,5	30,9	15	2	-	-
2	7,3	26,2	15	8	-	-
3	7	26,6	15	10	-	-
4	7,1	22,7	15	10	-	-
5	6,9	15	15	10	-	-
6	7	14,7	15	10	-	3

En la jarra donde se obtuvo una relación óptima fue en la sexta con una relación de 1:6 almidón de Alocasia Macrorrhiza: agua termal con un NTU de 14,7, se manejó la misma cantidad de coagulante debido a los buenos resultados obtenidos en test de jarras anteriores que se manejó un NTU inicial de 23

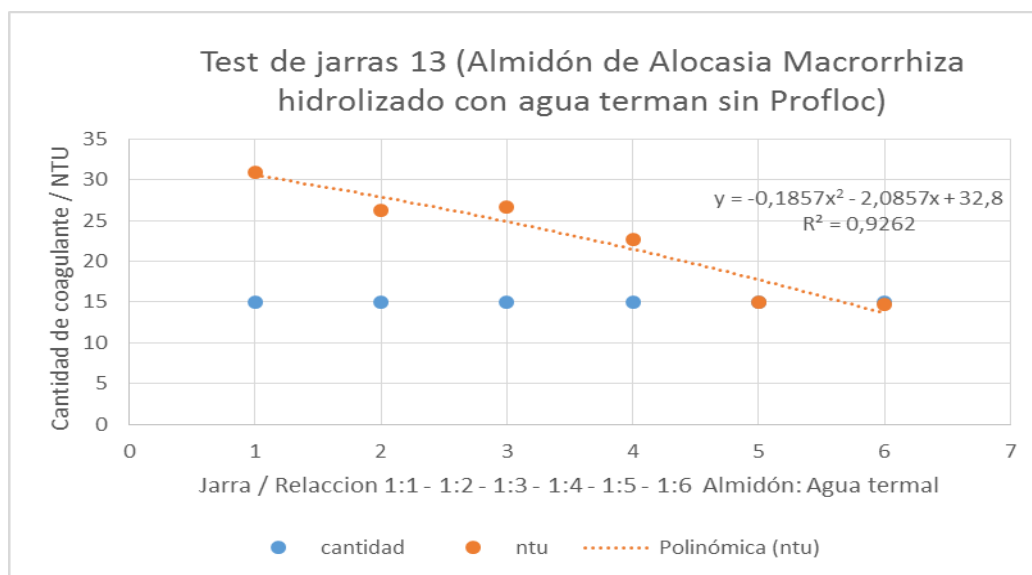


Ilustración 31: Test de Jarras 13 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

Turbidez inicial de 64.9 NTU para el test de jarras número 14.

Tabla 17 : Test de jarras 14 (Almidón con postratamiento Sin profloc)

Jarra	pH	NTU	Cantidad (mg/L) al 1%	Wilcomb	Profloc (ml)	Vol. de lodo (ml/L)
1	7.3	12,4	5	4	-	-
2	7	14,4	10	4	-	11
3	7.4	4,7	15	4	-	-
4	7.9	2,8	20	4	-	-
5	7.6	5,1	25	4	-	-

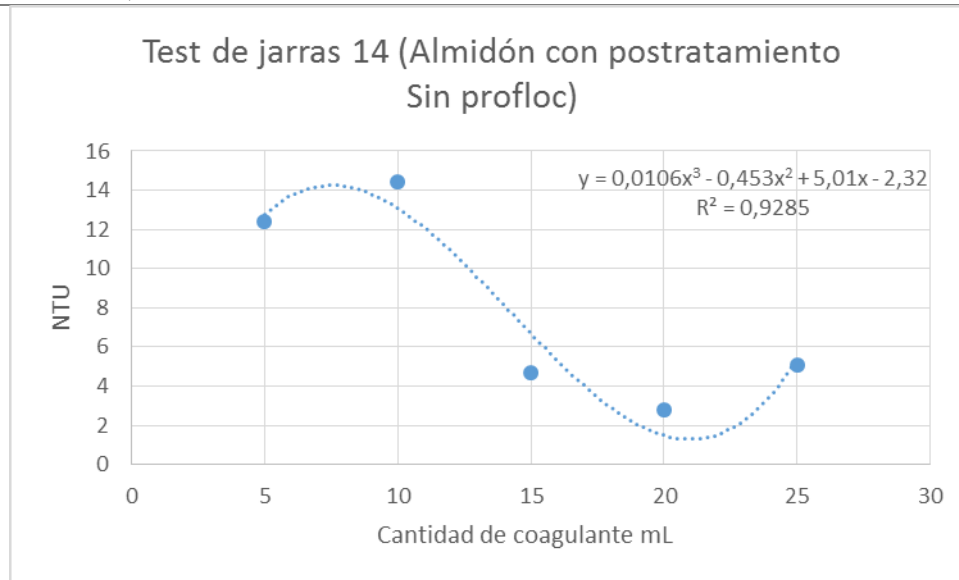


Ilustración 32: Test de Jarras 14 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON

A continuación, una gráfica comparativa de las mejores jarras por test realizado

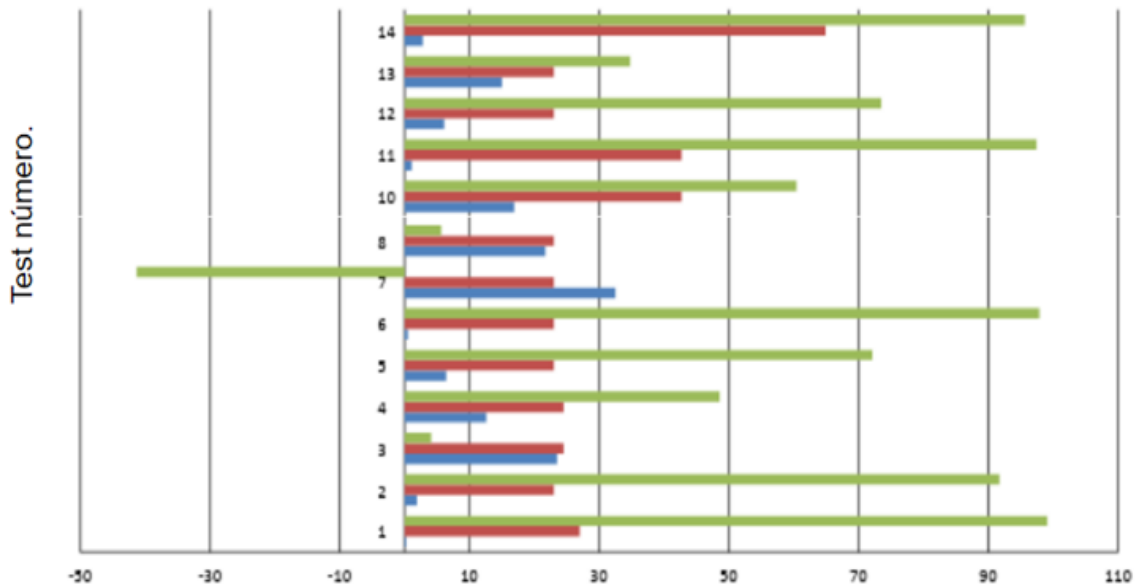


Ilustración 33: GRAFICA MEJORES RENDIMIENTOS POR TEST

Dosis óptima	5m g/L	5m g/L	0,5 mL	5m L	30 mL	20 mL	1m L	25 mL	20 mL	25m L	12,5 mL	14,7 mL	20m L
Mejor test.	Jar 1	Jar 2	Jar 3	Jar 4	Jar 5	Jar 6	Jar 7	Jar 8	Jar 10	Jar 11	Jar 12	Jar 13	Jar 14

MEZCLA RAPIDA	NRO TEST	TIPO DE TRATAMIENTO	NTU FINAL	NTU INICIAL	PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN
100 RPM	Test 1	Sulfato de aluminio	0,25	27	99,07%
100 RPM	Test 2	Cloruro férrico	1,89	23	91,7%
100 RPM	Test 3	Almidón de Alocasia Macrorrhiza sin hidrolizar y Profloc al %	23,5	24,5	4,08%
100 RPM	Test 4	Hidrólisis con Ácido Clorhídrico y Profloc al 1%	12,6	24,5	48,57%
100 RPM	Test 5	CNPP y Profloc al 1%, 1:6	6,41	23	72,13%
100 RPM	Test 6	CNPP y Profloc al 1% Rep. T15	0,49	23	97,86%
200 RPM	Test 7	Almidón de Alocasia Macrorrhiza sin pretratamiento y Profloc al 1%	32,5	23	41,3%
	Test 8	CNPP y Profloc al 1% (Quemado) 1:1	21,7	23	5,65%
100 RPM	Test 10	CNPP y Profloc al 1%, 1:1	16,9	42,7	60,42%
100 RPM	Test 11	CNPP y Profloc al 1%, 1:1 - 1:6 Profloc al 1%)	1,1	42,7	97,42%
100 RPM	Test 12	CNPP y Profloc al 1%, 1:6	6,1	23	73,47%
100 RPM	Test 13	CNPP sin Profloc, 1:1 - 1:6	15	23	34,78%
100 RPM	tes 14	CNPP sin Profloc, 1:6	2,8	64,9	95,6%

Ilustración 34: MEJORES RENDIMIENTOS POR TEST.

8. Discusión

Las condiciones iniciales del agua en cuestión son cambiantes, debido a las condiciones climáticas que se están presentando en horas previas a la toma de la muestra, además que la muestra se realizó en horas donde las personas se encontraban en sus hogares, ya que al proceder a tomar dicha agua problema horas después de que se haya presentado una precipitación en la zona de influencia, el material de arrastre y el caudal va a ser mucho mayor por lo que la turbidez en ese momento va a ser mayor si se compara con una toma de muestra que se haya realizado cuando no haya llovido en la misma zona de influencia, el pH varía entre 7 - 8, se tiene un pH ligeramente básico con un gran potencial de encontrar organismos patógenos en el agua, además de esto se presentan en el agua gran cantidad de sólidos por lo que fue esencial filtrar el agua antes de todos los procesos que se le realizaron, debido a que es un sector residencial y todas las aguas resultantes se descargan en el afluente hídrico en cuestión se presenta una carga orgánica alta. En algunas muestras tomadas se pudo presenciar organismos vivos en el agua, algunos patógenos tales como organismos provenientes de moscas que se encontraban en el afluente los cuales se tornaban de un color rojo debido a la gran cantidad de carga orgánica, algunos de estos usados como bio-indicadores en pruebas alternativas

Adversidades de la utilización del cloruro férrico

Mediante el uso de cloruro férrico en las cantidades ya mencionadas y con la metodología que se utilizó se encontró un problema en cuanto a el color aparente del agua dado que este compuesto químico genera que el agua obtenga un color amarillo tenue, lo que produce un mal aspecto en dicha agua en el tema de color, teniendo en cuenta que se usó como coagulante, tendría a una escala industrial un costo más grande que otros coagulantes que se utilizaron, además de esto se encuentra que este químico puede ser nocivo en la salud humana y potencialmente corrosivo en

redes de alcantarillado o acueducto de metal así como también a la flora y fauna que entra en contacto con esta según sus concentraciones.

Almidón extraído únicamente del tallo

Después de la revisión bibliográfica exhaustiva de los artículos encontrados en español y en inglés se llegó a la determinante de solo utilizar el tallo aéreo de la planta dado a que la raíz presenta mucha suciedad y su tratamiento era dificultoso por la dureza que este tenía además del factor determinante sobre la cantidad de almidón ya que se encontraba más cantidad en el tallo a comparación de la raíz, en cuanto a la hoja se llegó al inconveniente de que era demasiado seca y presentaba que al contacto con la piel, el oxalato de calcio que esta tiene, produce comezón y sarpullido al igual se vio dificultad en extraer su almidón por la metodología que se utilizó para el tallo aéreo que presentó ser más manejable y fácil de recuperar el almidón que del resto de la planta al ser más húmedo y con mayor facilidad en su corte, trituración y posterior filtrado para adquirir solo el líquido de este.

En el trabajo en cuestión se logró adquirir los conocimientos y procesos necesarios para obtener la dosis óptima para una turbidez de 23 NTU de la quebrada olivares de la ciudad de Manizales, caldas. debido a que en esta se encontró y evidencio mediante el test de jarras 6 que una relación de 6:1 de agua termal y almidón de *Alocasia Macrorrhiza* en la jarra 5 se obtuvo una remoción mayor al 95%, debido a que el caudal y a su vez la turbidez del cuerpo de agua en cuestión es variable dependiendo a las condiciones climáticas y demás factores como se ha venido mencionando con anterioridad, no se evidencia en este trabajo la dosis óptima para NTU diferentes a la mencionada por lo que se requiere más pruebas en el equipo para lograr definir una gráfica con una curva donde se obtenga la dosis óptima dependiendo de la turbidez del momento.

Se realizó un test de jarras solo con el coadyuvante profloc, otro con almidón de bore hidrolizado y ambos, el cual nos mostraba que disminuyen la turbidez, en el caso del almidón hidrolizado de una manera más efectiva, como se evidencia en el test de jarras 14, concluyendo que se evidencia una mejor remoción cuando se efectúan los tratamientos con el almidón y el coadyuvante juntos. Debido a la contaminación presente en la quebrada olivares con una turbidez entre 20 - 65 NTU (basándonos en las repetidas ocasiones que se tomaron muestras en dicha quebrada a la misma hora en diferentes días de la semana) en este trabajo se presenta una prometedora solución para la remoción de contaminantes en dicha quebrada ya que como se muestra en los resultados de las tablas se presenta un NTU en los procesos exitosos menores a 10, y en términos de color aparente se observa una translucidez luego del proceso realizado

Se omitieron los procesos con la hoja del Alocasia Macrorrhiza debido a que se trabajó con la humedad de este y al someter dicha hoja en el primer procedimiento donde se debe licuar el insumo no tuvimos ningún resultado esperado ya que no se pudo extraer algún flujo por la baja humedad que se presentaba además que su contenido de almidón no era muy elevado por lo que con estas razones, en los demás procesos se descartó esta fuente de almidón; guiándonos de la revisión del estado del arte procedimos a indagar si dicho tubérculo presentaba más almidón en la pt del tallo o la raíz para eliminar variables en el proceso, se verificó que presentaba más almidón en el tallo, por lo cual se procedió a extraer el almidón de ambas pts. pero en el test de jarras solo se trabajó con el que presentó una mayor cantidad de almidón para esperar unos mejores resultados en el tratamiento de dicha agua residual

En la primera metodología debido a que se aumentaba la temperatura a unos 100° Celsius los enlaces de almidón se rompen, descomponiendo la molécula, por lo que al extraer la cápsula luego de las 10 horas de proceso, se expelía un fuerte olor a azúcares y el insumo estaba adherido a la

cápsula por el alto nivel de deshidratación, por lo que fue necesario agregar agua para desprender el insumo, por dichas razones se cambió la metodología, además de la razón anteriormente mencionada que los almidones no soportan temperaturas superiores a 50° Celsius

En la primera pt se obtuvo como resultado una pigmentación verdosa del agua, debido al almidón, a pt. que los niveles de remoción de turbidez fueron mínimos o aumentaron cómo se puede ver evidenciado en la tabla 3, debido a que el almidón no realizaba un proceso efectivo se desarrolló un tratamiento al extracto de almidón para aumentar su rendimiento en las pruebas.

Se hizo un postratamiento con la ayuda de un ácido clorhídrico diluido en agua, aumentando su temperatura hasta 40° Celsius blandiendo por 40 minutos la solución, dicho insumo se agregó a una cantidad de almidón de *Alocasia Macrorrhiza* dejando bajar la temperatura, partiendo de esto se procedió a ejecutar el test de jarras con unos resultados evidenciados en la tabla 4.

Debido a un alto costo en el insumo con el cual se hidrolizo y pensando en una alternativa valorando los beneficios del sector donde nos encontramos asentados, se derivó una alternativa para la hidrolización del almidón extraído con la ayuda de un agua termal, por lo que con un caso exitoso anterior con almidón de *musa paradisiaca* y agua termal nos impulsó a cambiar por dicho insumo

Al realizar el postratamiento del almidón, y realizar el test de jarras 5 como se puede evidenciar en la tabla 5 se evidenciaron altos niveles de remoción, debido a un problema con el equipo el cual presentó dificultades en el manejo de las aspas, no se pudo realizar una coagulación homogénea en las diferentes jarras, específicamente en la jarra 1, que se encontraba atascada en la pt. superior por lo que se pudieron evidenciar variables extrañas en los resultados como una

mayor remoción en la turbidez y una mejor apariencia refiriéndonos a términos de color aparente. Por lo que para despejar las incertidumbres generadas en el proceso se eligieron las 2 mejores jarras en términos de remoción de turbidez para realizar un análisis más exhaustivo con un rango de valores como se encuentran en la tabla 6

Se pudo presenciar luego del test de jarras 6 que la dosis óptima de almidón de *Alocasia Macrorrhiza* correspondió a la jarra 5 con 20 ml de la solución de, almidón de *Alocasia Macrorrhiza* hidrolizado en una relación 6:1 de agua termal: almidón de bore, con una remoción del 98% de turbidez, dejando como una variable extraña la remoción efectiva del test de jarras 5, jarra 1 debido a los problemas ocasionados con el equipo ya que al realizar la duplicación se evidencio una efectiva remoción de turbidez sin ser la dosis óptima para realizarle un estudio adicional al tubérculo con el cual se realizó la investigación se procedió a disponer unas muestras de *Alocasia Macrorrhiza* en contenedores pertinentes para un posterior análisis de cromatografía en la ciudad de Bucaramanga, donde se analizó principalmente el tallo y la raíz debido a que dichas pts. fueron las fuentes principales en la extracción del almidón, sin tener en cuenta que en los test de jarras realizados solo se usó como insumo el almidón extraído del tallo, todo esto con el fin de tener un soporte donde se tuvieran las composiciones de *Alocasia*

Macrorrhiza. Los resultados de la cromatografía se anexarán a continuación.

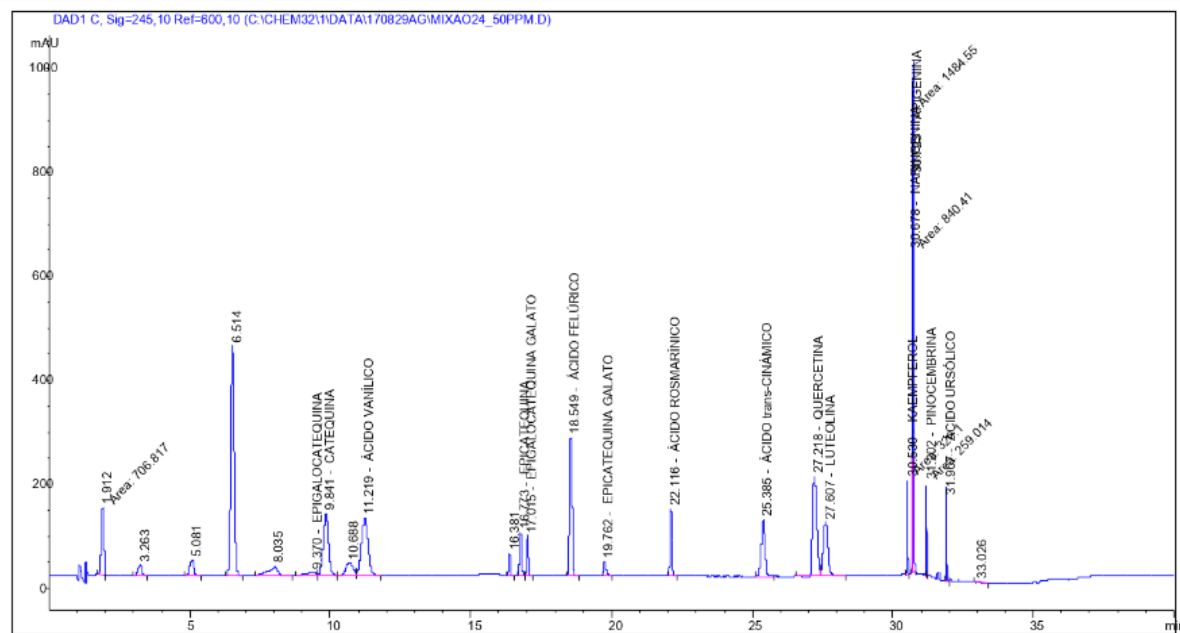


Ilustración 35: Cromatografía de *Alocasia Macrorrhiza* – Mix de estándares evaluados en la Muestra Usando HPLC DAD

Fuente: Universidad Industrial de Santander, Cromatografía líquida de alta eficiencia mediante detector de diodos.

Los compuestos hallados en la cromatografía se basan en compuestos en su mayoría antioxidantes, oxalatos de calcio, compuestos antimicrobianos, cafeína y ácidos vanílicos varios los cuales no tenían ninguna relevancia en el estudio y por ello se omitió su clasificación y definición.

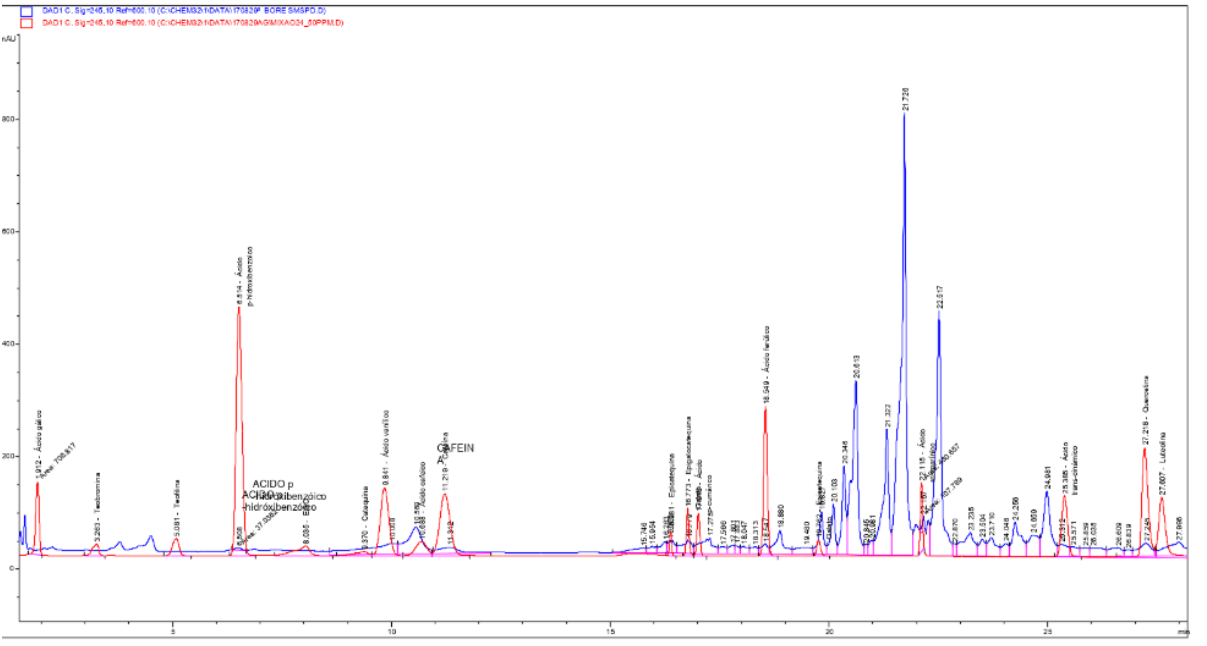
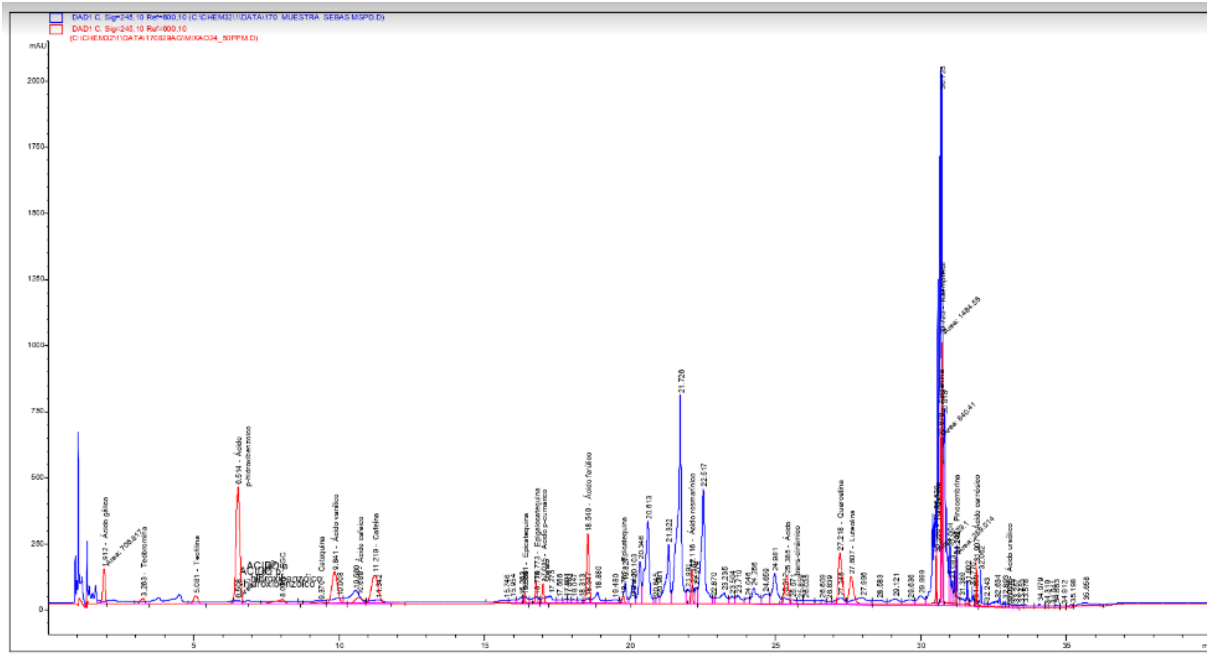


Ilustración 36: Cromatografía de Alocasia Macrorrhiza – Continuidad de izquierda a Derecha

Fuente: Universidad Industrial de Santander, Cromatografía líquida de alta eficiencia mediante detector de diodos

- El coadyuvante profloc 930 es una poliacrilamida (polímero) la cual se dispuso a preparar en agua aumentando la temperatura de esta para disolver el coadyuvante. El Profloc se preparó a una concentración de 1%. El cual fue añadido a ciertos test de jarras con un volumen de 5 mL (50 ppm).

Conclusiones

- Se comprobó mediante el estado del arte que Alocasia Macrorrhiza es poco investigada en el área ambiental, ya que la literatura nos indica un uso para la dieta de animales de engorde
- Los coagulantes inorgánicos muestran unas remociones de turbidez mayores al 95% en sus dosis óptimas, y el coagulante orgánico a partir de Alocasia Macrorrhiza presenta una remoción de turbidez cuando se hidroliza correctamente mayor del 95%
- Las velocidades de mezcla rápida con un tiempo de 1 minuto y mezcla lenta con un tiempo de 12 minutos, fueron los gradientes recomendados para la remoción de turbidez en las aguas residuales domésticas con el almidón de Alocasia Macrorrhiza
- Mediante la metodología propuesta se logró extraer el almidón presente del tallo aéreo dando así resultados favorables en el test de jarras.
- El CNPP indica una dosis óptima de 20 mL en una relación 1:6 con agua termal para una turbidez de 23 NTU, por medio de los test de jarras se logró evidenciar una eficiencia mayor del 95% en la remoción de este parámetro

9. Recomendaciones

- Debido a la poca investigación sobre esta planta enfocada en este tema, se invita a los futuros investigadores de la UCM ahondar sobre las potencialidades de dicho tubérculo en diferentes campos

- Debido a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se insinúa continuar el estudio de coagulación/floculación con aguas residuales de otras naturalezas
- Se confía continuar con estudios tales como la obtención de bioetanol a partir de *Alocasia M.*
- Por la obtención de un subproducto de bagazo, se propone realizar una investigación con el fin de hallar un uso provechoso a un insumo potencial generado

Índice de Tablas

Tabla 1 Tabla de Índice Wilcomb.	12
Tabla 2: Organizaciones dedicadas a la investigación	20
Tabla 3: Tabla de Documentos por área de estudio.	24
Tabla 4: Test de jarras 1 (Sulfato de aluminio)	37
Tabla 5: Test de jarras 2 (Cloruro férrico)	38
Tabla 6: Test de jarras 3 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza sin hidrolizar)	39
Tabla 7: Test de jarras 4 (Hidrólisis con Ácido Clorhídrico y Profloc al 1%)	40
Tabla 8: Test de jarras 5 (Hidrólisis con agua termal y Profloc al 1%)	41
Tabla 9: Test de jarras 6 (Hidrólisis con agua termal)	42
Tabla 10: Test de jarras 7 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza sin hidrolizar y Profloc al 1%)	43-44
Tabla 11: Test de jarras 8 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y Profloc al 1%)	44-45
Tabla 13: Test de jarras 10 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y Profloc al 1%)	46

Tabla 14: Test de jarras 11 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y Profloc al1%)	47
<i>Tabla 15: Test de jarras 12 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal y Profloc al 1%)</i>	47
Tabla 16: Test de jarras 13 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal sin Profloc)	49
Tabla 17: Test de jarras 14 (Almidón de Alocasia Macrorrhiza hidrolizado con agua termal sin Profloc)	50

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Quebrada Olivares Manizales Caldas	7
Ilustración 2: Quebrada Olivares intervenida (Bavaria Meuno) Manizales Caldas	7
Ilustración 3: Reporte de citaciones de Science Direct mediante palabras clave (starch, coagulation, flocculation, waste, water)	20
Ilustración 4: Documentos por año Scopus mediante palabras clave (starch AND coagulation AND flocculation AND waste AND water) obteniendo 21 resultados	21
Ilustración 5: Documentos por año por recurso	21
Ilustración 6: Documentos por autor	22
Ilustración 7: Documentos por institución	22
Ilustración 8: Documentos por país o territorio	23
Ilustración 9: Tipos de documentos	23
Ilustración 10: Documentos por área de estudio	24
Ilustración 11: Raíz de Alocasia Macrorrhiza	27

Ilustración 12: Tallo de Alocasia Macrorrhiza cortado	27
Ilustración 13: Tallo y Raíz de Alocasia Macrorrhiza	28
Ilustración 14: Hoja triturada posterior al licuado de Alocasia Macrorrhiza	29
Ilustración 15: Almidón extraído de Tallo (izquierda) y Raíz (derecha) Alocasia Macrorrhiza	30
Ilustración 16: Entrada A Gallinazo – Villamaria	33
Ilustración 17: Reducción de Agua Termal de Balneario Tierra Viva Manizales Caldas	34
Ilustración 18: Test de Jarras con 1 litro de agua de la quebrada Olivares	35
Ilustración 19: Grafica de Test de Jarras 1 NTU – CANTIDAD SULFATO DE ALUMINIO	38
Ilustración 20: Test de Jarras 2 NTU – CANTIDAD DE CLORURO FÉRRICO	39
Ilustración 21: Test de Jarras 3 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	40
Ilustración 22: Test de Jarras 4 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	41
Ilustración 23: Test de Jarras 5 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	42
Ilustración 24: Test de Jarras 6 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	43
Ilustración 25: Test de Jarras 7 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	44
Ilustración 26: Test de Jarras 8 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	45
Ilustración 28: Test de Jarras 10 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	46
Ilustración 29: Test de Jarras 11 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	47
Ilustración 30: Test de Jarras 12 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	48
Ilustración 31: Test de Jarras 13 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	49
Ilustración 32: Test de Jarras 12 NTU – CANTIDAD DE ALMIDON	50
Ilustración 33: Mejores rendimientos por test de jarras	51
Ilustración 34: Mejores rendimientos por test de jarras tabla general	53
Ilustración 35: Cromatografía de Alocasia Macrorrhiza – Mix de estandares evaluados en la Muestra Usando HPLC DAD	59

Bibliografía

- Choy, S. Y., Prasad, K. N., Wu, T. Y., Raghunandan, M. E., & Ramanan, R. N. (2016). *Performance of conventoinal starches as natural coagulants for turbidity removal. ScienceDirect, 13.*
- Cruz, A. E. (2010). *Evaluación de la extracción de almidón del banano verde (Musa Sapientum Variedad Gran Enano) producto de desecho de las industrias bananeras. Universidad de San Carlos de Guatemala, 87.*
- Davila, V. (2014). *Determinación de los parámetros para la extracción de almidón del plátano bellaco (Musa paradisiaca). investigación universitaria, 6.*
- Delgado, E. N. (2013). *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir del guineo majoncho verde (Musa sp. Variedad Cuadrado), para su uso en la industria de alimentos. universidad de el salvador, 220.*
- Du, Q., Wei, H., Li, A., & Yang, H. (2017). *Evaluation of the starch-based flocculants on flocculation of hairwork wastewater. ScienceDirect, 10.*
- Garcia-Suarez, F. J., & Nuñez, M. (2004). *Rendimiento del proceso de extracción de almidón de frutos de plátano (Musa paradisiaca). Acra científica venezolana, 6.*
- Huang, M., Wang, Y., Cai, J., Bai, J., Yang, H., & Li, A. (2016). *Preparation of dual-function starch-based flocculants for the simultaneous removal of turbidity and inhibition of Escherichia coli in water. ScienceDirect, 10.*
- Liu, Z., Huang, M., Li, A., & Yang, H. (2017). *Flocculation and antimicrobial properties of a cationized starch. ScienceDirect, 10.*

- Madruga, M. S., Medeiros de Albuquerque, F. S., Alves Silva, I. R., Silva do Amaral, D., Magnani, M., & Queiroga Neto, V. (2013). Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (Artocarpus heterophyllus L.) seeds starch. Department of food engineering center of technology, Federal university of Paraiba, 6.*
- Melo Neto, B., Acevedo Barbosa, A., dos Santos Leite, C. X., de Almolda, P. F., & Ferreira Bonomo, R. C. (2015). Chemical composition and functional properties of starch extracted from the pejibaye fruit (Bactris gasipaes Kunth.). 110.*
- Moreno-Álzate, J. L. (2016). Propiedades de los almidones aislados de plátano Dominico Hartón (Musa AAB S.) durante el almacenamiento postcosecha. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 3.*
- Ortiz, D. A. (2015). Evaluación nutricional y funcional de almidón de la fruta de pan (artocarpus altilis) como potencial componente en alimentos, en la provincia del oro. Universidad Técnica de Machala, 76.*
- Pinto, H. M. (2012). Extracción, caracterización y aplicación del almidón de ñame variedad blanco (dioscorea trifida) originario de la región amazónica colombiana. Universidad Nacional de Colombia, 80.*
- Quitiguiña, C. (2012). Obtención de jarabe de glucosa a partir de la hidrólisis enzimática de almidón de banano, Musa Cavendish. Revista Boliviana de Química, 8.*
- Teh, C. Y., Wu, T. Y., & Juan, J. C. (2014). Potential use of rice starch in coagulation–flocculation process of agro-industrial wastewater: Treatment performance and flocs characterization. ScienceDirect, 11.*
- Wu, H., Liu, Z., Yang, H., & Li, A. (2016). Evaluation of chain architectures and charge properties of various starch-based flocculants for flocculation of humic acid from water. ScienceDirect, 10.*

MedlinePlus. (9 de 08 de 2018). MedlinePlus. Obtenido de

<https://medlineplus.gov/spanish/carbohydrates.html>

Riego, G. d. (2018). Glosario de riego. Obtenido de <https://www.riego.org/glosario/gradiente-hidraulico/>

Serquimsa. (18 de 08 de 2014). Serquimsa. Obtenido de www.serquimsa.com/consideraciones-sobre-el-diseno-del-floc/

Water treatment handbook, D. I. (1991). Lenntech. Obtenido de <https://www.lenntech.es/tipo-de-lodos.htm#ixzz5Rxdyc3WB>

Agencia de noticias UN. (2015). Contaminación de la quebrada Olivares-Minitas proviene de Manizales. Manizales: Agencia de noticias UN.

Aguamarket. (15 de 10 de 2018). Aguamarket. Obtenido de

<http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2269&termino=Turbidez>

Aguamarket. (11 de 10 de 2018). Aguamarket. Obtenido de

<http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3197&termino=pH>

Dergal, S. B. (1993). Química de los alimentos. Ciudad de México: Alhambra mexicana.

Guzman, L., Villabona, Á., Tejada, C., & Rafael, G. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. Artículo Técnico, Div. Cient, 253-256.

Jr., F. W. (2004). Ciencia de los polímeros. Barcelona: Reverte.

Linea Turbitest AA. (2000). Aso Calibrador para la calibración de la determinación de antiestreptolisina. 1-2.

Lozano, W. A. (2013). Calidad fisicoquímica del agua. Bogotá: Universidad piloto de Colombia, escuela de agua.

Medlineplus. (10 de 10 de 2018). Medlineplus. Obtenido de

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002469.htm>

Moreno, L., Mota, M., Urbano, T., Benavidez, S., Chavarro, D., & Oviedo, R. (20 de Octubre de 2018).

Laboratorios aguas Sena. Obtenido de <http://laboratoriosaguasena.blogspot.com/2015/05/test-de-jarras.html>

Real academia nacional de medicina. (1956). Geoquímica de las aguas termales. Madrid.

Sánchez, M., & Méndez, M. R. (2001). Agroforestería para la producción animal en América latina II.

Roma: Dirección de producción y sanidad animal FAO.

Tratamiento de aguas residuales. (26 de octubre de 2013). Tratamiento de aguas residuales domésticas.

Obtenido de <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>

Yufera, E. P. (2007). Química orgánica básica y aplicada de la molécula a la industria. Barcelona: Reverté.