

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN

VICE-RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POST GRADO

DIRECCIÓN DE POST- GRADO

MAESTRIA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN

LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA



TESIS DE MAESTRÍA

“COAGULANTES-FLOCULANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

ELABORADOS DE PLANTAS Y DEL RECICLAJE DE LA CHATARRA, PARA EL

TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS”

TESISTA

José Nahum Díaz Claros

Asesora de tesis

Dra. Estela Rosinda Álvarez Martínez

San Pedro Sula Cortés, 11 de Diciembre del 2014

**“COAGULANTES-FLOCULANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS
ELABORADOS DE PLANTAS Y DEL RECICLAJE DE LA CHATARRA, PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS”**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FRANCISCO MORAZÁN**

**VICE-RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**“COAGULANTES-FLOCULANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS
ELABORADOS DE PLANTAS Y DEL RECICLAJE DE LA CHATARRA, PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS”**

**Tesis para obtener el título de Master en Educación en las Ciencias Naturales
con orientación en la Enseñanza de la Química**

Tesista

José Nahum Díaz Claros

Asesora de tesis

Dra. Estela Rosinda Álvarez Martínez

San Pedro Sula Cortés, 11 de Diciembre 2014

Rector

M.Sc. David Orlando Marín López

Vice Rector Académico

M.Sc. Hermes Alduvín Díaz Luna

Vice Rectora de Investigación y Postgrado

Dra. Yenny Aminda Eguigure

Vice Rector Administrativo

M.Sc. Jorge Alberto Álvarez

Vice Rector de Educación a Distancia

M.Sc. José Darío Cruz

Secretaria General

M.Sc. Celfa Idalidis Bueso Florentino

Directora de Postgrado

Dra. Estela Rosinda Álvarez Martínez

Tegucigalpa 2014

Los suscritos Miembros de la Terna Examinadora, nombrados para examinar el informe de investigación y la respectiva presentación de la tesis titulada **“COAGULANTES-FLOCULANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS ELABORADOS DE PLANTAS Y DEL RECICLAJE DE LA CHATARRA, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS”**, del estudiante José Nahum Díaz Claros, del Programa de Maestría en Educación en las Ciencias Naturales con orientación en la enseñanza de la Química, para optar al grado académico de Máster/Magister en Educación en las Ciencias Naturales con orientación en la enseñanza de la Química, dan fe de su respectiva defensa.

Tegucigalpa, 11 de Diciembre del 2014

M.Sc. Edwin Medina
Examinador-Presidente

Dra. Estela Rosinda Álvarez Martínez
Examinadora- Asesora

M.Sc. Ana Jacqueline Sobalvarro
Examinadora

José Nahum Díaz Claros
Tesisista

Dedicatoria

En primer lugar a mi Padre Celestial por permitirme llevar a cabo mi sueño.

A mi madre por desearme siempre mis triunfos en mis estudios.

A mi suegra porque siempre me animó a seguir adelante hasta el final.

A mi esposa por apoyarme en los momentos que más necesitaba.

A mis hijos Lidys Nicolle y Chistian Nahum por comprenderme en los momentos de trabajo de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

Para poder llegar al final de este trabajo en primer lugar le agradezco a la Dra. Estela Álvarez por orientarme y dirigirme a lograr mi objetivo.

A la asistente de Laboratorio Lidis Marbella Torres de la Universidad Pedagógica Francisco Morazán, regional de San Pedro Sula por llevar a cabo el desarrollo de las prácticas de laboratorio con sus estudiantes de la clase de Laboratorio de Ciencias para su validación.

Al Dr. Gunter por su apoyo.

A mis compañeros (as) de la Universidad del área de Ciencias por darme ánimos para terminar esta investigación.

Y a todas aquellas personas que contribuyeron en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
Capítulo I: Planteamiento del problema	5
1.1 Origen y justificación de la investigación.....	5
1.2 Importancia del estudio	6
1.3 Objetivo general.....	7
1.4 Objetivos específicos.....	7
1.5 Pregunta de investigación.....	7
1.6 Hipótesis.....	9
Capítulo II: Marco teórico	10
2.1 Antecedentes sobre los coagulantes-floculantes.....	10
2.2 Partículas en suspensión.....	11
2.2.1 Tamaño de las partículas en suspensión.....	12
2.2.2 Afinidad de las partículas coloidales por el agua.....	13
2.2.3 Carga eléctrica y doble capa	13
2.2.4 Factores de estabilidad e inestabilidad.....	14
2.3 Coagulantes.....	14
2.4 Mecanismo de la coagulación.....	15
2.4.1 Compresión de la doble capa.....	16
2.4.2 Absorción y neutralización de cargas.....	16
2.4.3 Atrapamiento de Partículas dentro de un Precipitado.....	17
2.4.4 Absorción y puente.....	17
2.5 Factores que influyen en la coagulación.....	18
2.5.1 Influencia del pH.....	18
2.5.2 Influencia de las sales disueltas.....	18
2.5.3 Influencia de la temperatura del agua.....	18
2.5.4 Influencia de la dosis del coagulante.....	19
2.5.5 Influencia de la mezcla.....	20
2.5.6 Influencia de la turbidez y demanda de oxígeno.....	20
2.6 Tipos de coagulantes.....	21
2.6.1 Coagulación por absorción.....	22
2.6.2 Coagulación por barrido.....	22
2.7 Floculación y coagulación.....	22

2.8	Mecanismos de transporte del proceso de floculación.....	23
2.8.1	Floculación pericinética o browniana.....	24
2.8.2	Floculación ortocinética.....	24
2.8.3	Sedimentación diferencial.....	24
2.9	Clasificación de los floculantes.....	24
2.9.1	Floculantes minerales.....	25
2.9.2	Floculantes orgánicos naturales.....	25
2.9.3	Floculantes orgánicos de síntesis.....	26
2.10	Coagulantes y floculantes derivados de desechos industriales o agroindustriales.....	26
2.11	Potabilización del agua.....	27
2.12	Balance de costo y beneficio para los coagulantes empleados en la clarificación del agua.....	27
2.13	Ventajas y desventajas de los coagulantes empleados en la clarificación del agua.....	28
2.14	Experiencias en algunos países sobre el uso de floculantes para la clarificación de las aguas contaminadas.....	29
2.14.1	Cuba.....	29
2.14.2	Costa Rica.....	30
2.14.3	Países en desarrollo.....	30
2.14.4	Países desarrollados.....	31
Capítulo III:	Metodología de investigación.....	32
3.1	Enfoque de investigación.....	32
3.2	Tipo de investigación.....	32
3.3	Diseño de la investigación.....	32
3.4	Operacionalización de variables.....	33
3.5	Población participante y muestra.....	35
3.5.1	Población.....	35
3.5.2	Muestra.....	35
3.6	Fuentes de información.....	35
3.6.1	Modelo de investigación.....	35
3.6.1.1	Etapa de planificación.....	35

	3.6.1.2	Etapa de ejecución.....	36
	3.6.2	Características del momento y del espacio.....	37
3.7		Técnica de recolección de información.....	37
	3.7.1	Técnicas de recolección de datos.....	37
	3.7.2	Combinaciones de compuestos realizadas para obtener floculantes a partir de chatarra metálica.....	37
3.8		Técnicas para procesamiento y análisis de información.....	38
	3.8.1	Métodos que se utilizaron en el proceso de elaboración de los coagulantes-floculantes.....	38
	3.8.2	Parámetros a tomar en cuenta como indicador del buen funcionamiento de los coagulantes-floculantes elaborados:	
		• pH	
		• Turbidez	
		• Demanda de oxígeno	
		• Clarificación del agua.....	39
	3.8.3	Registro de la información.....	41
	3.8.4	Instrumentos utilizados para comprobar la efectividad de los coagulantes-floculantes elaborados a partir de plantas y con chatarra metálica.....	41
	3.8.5	Proceso de análisis de la información.....	42
	3.8.5.1	Validación.....	42
	3.8.6	Manual de prácticas de laboratorio para la verificación de la investigación.....	42
	3.8.6.1	Práctica de laboratorio de coagulación-floculación a partir de plantas.....	42
		• Moringa	
		• Caulote	
		• Casulla de café	
		• Yuca	
	3.8.6.2	Práctica de laboratorio de coagulación-floculación a partir de chatarra metálica.....	44
		• Hierro	
		• Aluminio	
		• Cinc	

Capítulo IV:	Elaboración del manual de prácticas de laboratorio	47
4.1	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes con plantas.....	47
4.1.1	Prácticas de laboratorio de coagulantes - floculantes con moringa.....	47
4.1.2	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes con caulote.....	53
4.1.3	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes con casulla de café.....	60
4.1.4	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes con almidón de yuca.....	67
4.2	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes a partir de chatarra metálica.....	72
4.2.1	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes a partir de chatarra metálica de hierro.....	72
4.2.2	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes a partir de chatarra metálica de aluminio.....	79
4.2.3	Prácticas de laboratorio de coagulantes – floculantes a partir de chatarra metálica de zinc.....	86
Capítulo V	Análisis de resultados de las prácticas de laboratorio de coagulantes-floculantes orgánicos a partir de plantas y con chatarra metálica.....	92
5.1	Procedimiento de producción de coagulantes – floculantes a partir de plantas.....	92
5.1.1	Preparación del coagulante-floculante con moringa.	92
5.1.2	Preparación del coagulante-floculante con corteza caulote	94
5.1.3	Preparación del coagulante-floculante con semilla de caulote	95
5.1.4	Preparación del coagulante-floculante con casulla de café	95
5.1.5	Preparación del coagulante-floculante con almidón de yuca	96

5.2	Procedimiento de producción de coagulantes – floculantes a partir de chatarra metálica.....	97
5.2.1	Preparación del coagulante-floculante con chatarra metálica de viruta de hierro y ácido clorhídrico.....	97
5.2.2	Preparación del coagulante-floculante con chatarra metálica de clavos de hierro y ácido clorhídrico.....	97
5.2.3	Preparación del coagulante-floculante con chatarra metálica de viruta de aluminio y ácido sulfúrico.....	98
5.2.4	Preparación del coagulante-floculante con chatarra metálica de cinc.....	99
5.3	Efectividad del pH.....	101
5.3.1	pH con coagulante – floculante natural de moringa y sintético.....	101
5.3.2	pH con coagulante – floculante natural de caulote y sintético.....	104
5.3.3	pH con coagulante – floculante natural de cascara de café y sintético.....	107
5.3.4	pH con coagulante – floculante natural de almidon de yuca y sintético... ..	108
5.3.5	pH con coagulante – floculante elaborados con chatarra metálica de viruta y clavos de hierro con ácido clorhídrico y del cloruro férrico sintético.....	112
5.3.6	pH con coagulante – floculante elaborados con chatarra metálica de aluminio con ácido sulfúrico y del sulfato de aluminio sintético.....	113
5.3.7	pH con coagulante – floculante elaborados con chatarra metálica de zinc con ácido sulfúrico y del sulfato de zinc sintético.....	114
5.4	Efectividad en turbidez y demanda de oxígeno.....	116
5.4.1	Turbidez y demanda de oxígeno con coagulante-floculante natural de moringa y sintético.....	116
5.4.2	Turbidez y demanda de oxígeno con coagulante-floculante natural de caulote y sintético.....	122
5.4.3	Turbidez y demanda de oxígeno con coagulante-floculante natural de cascara de café y sintético.....	126

5.4.4	Turbidez y demanda de oxígeno con coagulante-floculante natural de almidón de yuca y sintético.....	129
5.4.5	Turbidez y demanda de oxígeno con coagulante-floculante elaborados con chatarra metálica de virutas y clavos de hierro con ácido clorhídrico y del cloruro férrico y sintético.....	130
5.4.6	Turbidez y demanda de oxígeno con coagulante-floculante elaborados con chatarra metálica de aluminio con ácido sulfúrico y del sulfato de aluminio sintético.....	132
5.4.7	Turbidez y demanda de oxígeno con coagulante-floculante elaborados con chatarra metálica de zinc con ácido sulfúrico y del sulfato de aluminio sintético.....	134
5.5	Comparación de los floculantes elaborados de plantas y chatarra metálica con los coagulantes – floculantes comerciales.....	135
Capítulo VI:	Conclusiones y recomendaciones.....	136
6.1	Conclusiones.....	136
6.2	Recomendaciones.....	137
Capítulo VII:	Referencias bibliográficas.....	138
	Anexo 1: fotografías.....	143
	Anexo 2: Índice de siglas.....	158

INTRODUCCIÓN

La contaminación en Honduras cada día aumenta aceleradamente trayendo como consecuencia la destrucción de nuestro ambiente; es por esto que surge la necesidad de elaborar instrumentos que pongan en práctica el desarrollo sostenible. Es indispensable adoptar medidas de prevención sobre la contaminación del agua haciendo uso de coagulantes - floculantes tanto naturales como sintéticos y de esta manera prevenir enfermedades y que el lugar contaminado por aguas negras, domésticas e industriales vuelvan a quedar descontaminado.

Aunque el agua es el elemento más frecuente de la tierra, únicamente el 2.53% del total de agua es dulce y el resto salada. Aproximadamente 2/3 del agua dulce se encuentran inmobilizadas en glaciares y al abrigo de nieves perpetuas (UNESCO, 2003). Adicional a eso la calidad y cantidad de agua disponible están siendo afectadas por el aumento de la contaminación por parte de fuentes puntuales y no puntuales tales como las industrias y la agricultura respectivamente y el constante incremento poblacional. (Mollah, 2004).

La tecnología que es la ciencia aplicada, ha sido y es actualmente la gran diferencia entre los países desarrollados cuyos gobiernos presupuestan millones de dólares anuales en investigación y aquellos en vías de desarrollo, entre ellos el nuestro donde todavía en pleno siglo XXI estamos buscando soluciones a problemas ambientales y de saneamiento básico e importando todo lo que consumimos y usamos, y todo, por falta de políticas de desarrollo bien planificadas y visionarias entre gobierno, universidad, empresa privada y sociedad para promover una integral transformación científica-tecnológica a nivel nacional.

Por esto, particularmente como profesor de Química en el departamento de Ciencias Naturales, consciente de la falta en nuestro país de conciencia ambiental, que contaminar el agua es fácil y descontaminarla es caro y complicado, que carecemos de metodologías descontaminantes de bajo costo y de acuerdo con nuestra realidad económica, que la mayoría de los desechos metálicos, plásticos y electrónicos tardan

muchísimos años en descomponerse y no son biodegradables por la luz, el calor, el oxígeno y las bacterias, he realizado este trabajo de investigación, buscando alternativas para la clarificación de las aguas servidas y residuales, utilizando derivados de las plantas y la chatarra metálica.

En los países en desarrollo, los procesos de coagulación y floculación para el tratamiento de agua se realiza utilizando materias primas importadas. Por ejemplo, Costa Rica ha importado alrededor de 3.000 toneladas anuales de sulfato de aluminio, equivalentes a medio millón de dólares por año (costo en aduanas) durante los últimos 5 años (Vargas, 2006).

Con este proyecto de tesis se propone un programa de reciclaje factible y rentable de los principales contaminantes para que dejen de ser un problema y convertirlos en una respuesta descontaminante que redunde en beneficio del entorno y mejora de la calidad de vida de todos los hondureños. Se recicla la chatarra metálica como el hierro, aluminio y cinc, y se hace uso de algunas plantas como ser moringa, caulote, yuca, y el mucílago de la casulla de café para obtener coagulantes y floculantes baratos, de fácil preparación y muy útiles para descontaminar aguas negras, de consumo humano e industriales de desechos textiles. Estos coagulantes y floculantes provenientes de las chatarras mencionadas, tienen las mismas propiedades, estructura y características fisicoquímicas de sus similares preparados a partir de la hidrólisis de las sales respectivas usadas en el laboratorio que se venden en el mercado químico-farmacéutico (por ejemplo: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ / $\text{FeCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ / NH_4Cl / Al_2Cl_6 / $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, Super Blue y Sea Klear).

Entre los coagulantes naturales están los de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas, son de diversos tipos, incluyen semillas en polvo del árbol *Moringa olifera*, el polvo de la semilla de durazno, las habas, penca de tuna y una de las más antiguas es la fariña obtenida de la planta conocida como mandioca o yuca cuyo nombre científico es *Manihot esculenta*, (Okunda, 2001).

En este proyecto la preparación de coagulantes y floculantes de origen natural y sintéticos se pueden trabajar adecuadamente en los laboratorios de química de la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, Centro Universitario Regional de San Pedro Sula (UPNFM-CURSPS) ya que se cuenta con todo el material y equipo necesario.

Los estudiantes de la clase de Laboratorio de Ciencias de la UPNFM-CURSPS validaron cada uno de los coagulantes-floculantes que se prepararon en dichos laboratorios mediante pruebas físico-químicas en aguas de crique, fábrica y domésticas.

Esta tesis propone una alternativa de elaborar coagulantes-floculantes tanto naturales como sintéticos a bajo costo con resultados semejantes a los coagulantes-floculantes que se venden en el mercado para descontaminar las aguas domésticas, de crique y de fábrica en los municipios de Choloma, La Lima, y San Pedro Sula del departamento de Cortés.

En el primer capítulo se presenta la formulación del problema, hipótesis, objetivos generales y específicos de la investigación, además se especifica el diseño de investigación.

En el Segundo capítulo se refiere al marco teórico en donde se da un panorama general de la importancia que tiene buscar alternativas de descontaminación del agua por medio del uso de coagulantes naturales y sintéticos, y las experiencias que se han tenido en diferentes partes del mundo.

En el tercer capítulo se da a conocer la propuesta metodológica para la cual se utilizó aguas contaminadas de algunos ríos y criques de los municipios de Choloma, La Lima, y de la colonia Miguel Ángel Pavón de San Pedro Sula del departamento de Cortés, estos municipios se seleccionaron porque es uno de los lugares más poblados y con más fabricas textileras, además está ubicada en una zona donde sus habitantes cuentan con poco recurso económico. Se da a conocer también las

prácticas de laboratorio sobre coagulantes-floculantes naturales y sintéticos que se elaboró.

El cuarto capítulo se refiere a la elaboración del manual de prácticas de laboratorio a base de algunas plantas con propiedades coagulantes-floculantes y chatarra metálica.

En el quinto capítulo se especifican los resultados que se obtuvieron de los coagulantes-floculantes que se elaboraron en los laboratorios de la UPNFM-CURSPS tanto naturales como sintéticos y las respectivas comparaciones con los floculantes naturales y artificiales que se venden en el comercio.

Finalmente en el sexto capítulo se presentan las conclusiones de la investigación; además se dan a conocer las recomendaciones para la aplicación de los coagulantes-floculantes en estudios futuros, las referencias bibliográficas y anexos en el cual se encuentra el manual de prácticas de laboratorio que se elaboró y utilizó para demostrar la descontaminación de las muestras de agua recolectadas de los desagües de las fábricas de Choloma, el crique del municipio de La Lima y el agua doméstica de la colonia Miguel Ángel Pavón de San Pedro Sula del departamento de Cortés.

Espero que esta propuesta sea utilizada en las diferentes partes de nuestro país que tienen este problema de contaminación de aguas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Origen y justificación de la investigación

Nuestro país requiere un sistema de tratamiento de aguas residuales que sea sencillo, fácil de operar, en un corto plazo y de bajo costo.

La elaboración de floculantes – coagulantes a base de plantas y chatarra metálica proveen una técnica eficiente, segura y relativamente económica para la eliminación de aguas residuales.

El agua y el saneamiento son uno de los principales aspectos que se deben de tomar en cuenta para obtener buena salud en la población.

El uso de estos floculantes está dirigido para descontaminar las aguas domésticas, de crique y de fábrica en los municipios de Choloma, La Lima, y San Pedro Sula del departamento de Cortés.

La implementación de este proyecto es altamente justificable por lo siguiente:

El 90% de los efluentes en Honduras, contaminan porque no son tratados antes de ser descargados en cuerpos receptores.

El costo de la tecnología descontaminante importada es muy alto.

Hay una ausencia de metodologías para descontaminar aguas residuales producidas en Honduras y falta de apoyo económico estatal y universitario para su investigación y desarrollo.

Se sugiere establecer el vínculo definitivo entre universidad-gobierno-empresa privada-sociedad mediante intercambios de capacitación, de instrumentación y laboratorios, de tecnología y de financiamiento para futuros proyectos.

Porque sugiere la posibilidad clara y necesaria de establecer convenios específicos de mutua colaboración en servicios entre la UPNFM con CESCO, unidades ambientales municipales, FHIA, maquilas, Secretaría de Salud y universidades de Honduras, de Centroamérica y del mundo.

La implementación de siete nuevas prácticas de laboratorio en la asignatura de Química analítica y Seminario de Química Ambiental.

La posibilidad muy factible de montar una microempresa productora de coagulantes y floculantes naturales para varios usos descontaminantes.

Desde que la Tela Rail Road Company (TRRC) en 1912, perforó su primer pozo en los campos bananeros de la Lima y el Progreso, miles de personas están bebiendo agua contaminada con fluoruro en exceso que les produce fluorosis severa desde los 7 años de edad, porque este es un problema de transmisión intergeneracional (de madre a feto) y osteoporosis (de acuerdo con diagnóstico realizado por COSUDE (Cooperación Suiza para el Desarrollo) en 39 comunidades del valle de Sula.

Según informe de CESCO (del 9 de abril del 2001) 9 comunidades de la IV región sanitaria de salud están bebiendo agua contaminada por metales pesados, lo mismo sucede en otros lugares del país. Por ejemplo los habitantes de las colonias 17 de Enero y las Rosas de la Lima, están consumiendo agua con arsénico (Diario la prensa, lunes, 2 de Junio del 2004).

El proyecto se desarrollará en la UPNFM de San Pedro Sula, y las muestras de agua para el tratamiento se tomarán de los desagües de las fábricas de Choloma, el crique del municipio de La Lima y el agua doméstica de la colonia Miguel Ángel Pavón de San Pedro Sula del departamento de Cortés.

1.2 Importancia del estudio

El propósito fundamental de esta tesis es elaborar floculantes- coagulantes a partir de plantas y chatarra metálica a bajo costo para descontaminar las aguas negras, domésticas e industriales y mantener el desarrollo sostenible en nuestra comunidad y de esta manera prevenir enfermedades. Además que los estudiantes de los espacios pedagógicos de Química Inorgánica, Química Analítica y Seminario de Química Ambiental obtengan las competencias necesarias en el uso de materiales reciclados y de algunas plantas para ayudar a conservar el ambiente de nuestro país.

Esta tesis propone una alternativa para clarificar las aguas a base de coagulantes - floculantes elaborados a partir de plantas como ser moringa, caulote, yuca o papa y casulla de café y de la chatarra metálica de clavos de hierro, zinc que se encuentran en las baterías usadas y virutas de aluminio.

1.3 Objetivos General:

Analizar la eficacia de coagulantes y floculantes elaborados a partir del reciclaje de la chatarra metálica y de plantas, para clarificar aguas de consumo humano.

1.4 Objetivos Específicos

- 1.4.1 Elaborar el procedimiento a seguir para la producción de los coagulantes-floculantes a partir de la chatarra metálica y las plantas de moringa, caulote, yuca, papa y el mucílago de la casulla de café, para clarificar agua de consumo humano, aguas negras y decolorar aguas industriales de desecho.
- 1.4.2 Comprobar la efectividad en aguas contaminadas, de los coagulantes-floculantes elaborados a partir de chatarra metálica y plantas.
- 1.4.3 Comparar los coagulantes-floculantes obtenidos a partir de la chatarra metálica y de plantas con los coagulantes-floculantes que están de venta en el comercio.
- 1.4.4 Proponer siete nuevas prácticas de laboratorio sobre floculantes naturales y sintéticos utilizando el método de aula-laboratorio en las clases de Química Inorgánica y Química Analítica del área de Ciencias Naturales de la UPNFM.

1.5 Pregunta de investigación

- 1.5.1 ¿Cuáles son los aspectos que se tomaran en cuenta para elaborar el procedimiento a seguir para la producción de los coagulantes-floculantes a partir de la chatarra metálica y las plantas de moringa, caulote, yuca, papa

y el mucílago de la casulla de café, para clarificar agua de consumo humano, aguas negras y decolorar aguas industriales de desecho?.

- 1.5.2 ¿Como comprobar la efectividad en aguas contaminadas, de los coagulantes- floculantes elaborados a partir de chatarra metálica y plantas?
- 1.5.3 ¿Para qué se realizan las comparaciones de los coagulantes-floculantes obtenidos a partir de la chatarra metálica y de plantas con los coagulantes-floculantes que están de venta en el comercio?
- 1.5.4 ¿Qué aspectos se tomaran en cuenta para elaborar las siete nuevas prácticas de laboratorio sobre floculantes naturales y sintéticos utilizando el método de aula-laboratorio en las clases de Química Inorgánica y Química Analítica del área de Ciencias Naturales de la UPNFM.
- 1.5.5 ¿Los coagulantes-floculantes elaborados a partir de chatarra metálica y plantas a bajo costo clarifican las aguas negras, domésticas e industriales?

En muchas zonas de nuestro país la disponibilidad de agua potable es escasa, surge entonces la necesidad de contar con métodos eficientes, baratos y que estén al alcance de la población para la clarificación y purificación de aguas contaminadas.

Existe una gran variedad de plantas y chatarra metálica que se pueden usar para elaborar floculantes y de esa manera contribuir en la descontaminación del agua que tanto necesita nuestro país sin ningún costo económico.

Los materiales metálicos que se desechan en su mayoría están disponibles para su recuperación, existiendo una demanda sostenida de este tipo de chatarra. Gran parte de la producción mundial de metales se realiza a través del reciclado de la chatarra metálica.

Los metales pueden recuperarse y regenerarse una y otra vez sin que pierdan sus

propiedades, no distinguiéndose de los metales vírgenes, por lo cual existe un mercado importante de compra y venta de chatarra. Los metales son recursos naturales no renovables por lo que es conveniente su aprovechamiento a través de la fundición secundaria de chatarra. Existen ventajas económicas ya que la producción primaria de metales implica importantes costos de inversión y operación, tanto en lo que respecta a la extracción como al procesamiento de los minerales. La producción de aluminio a partir de chatarra es un claro ejemplo en el cual la fundición secundaria genera un ahorro del 95% de la energía, si se compara con la producción a partir del mineral primario, la bauxita. Adicionalmente, la recuperación de metales a partir de la chatarra evita los impactos ambientales ocasionados por la industria minera. (Martínez, 2005).

1.6 Hipótesis

1.6.1 La elaboración de coagulantes-floculantes a partir de chatarra metálica de hierro, aluminio, zinc y plantas como: moringa, caulote, yuca, papa, y el mucílago de la casulla de café, permite decolorar y clarificar aguas textiles, domésticas e industriales de desecho.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes sobre los coagulantes y floculantes

La coagulación química ha sido utilizada por décadas para desestabilizar suspensiones coloidales, combinada con la floculación química, logran la precipitación de especies metálicas y otras especies inorgánicas eliminándolas así, mediante sedimentación y/o filtración, de las corrientes líquidas.

El estudio de los procesos de floculación comenzó en la segunda mitad del siglo XX.

Las técnicas de medida para la clarificación del agua se basaban, en la separación de las partículas por tamaño, mediante la sedimentación por gravedad o mediante la centrifugación a diferentes intensidades. A pesar de que se conocía la importancia de las propiedades eléctricas de las partículas desde mediados del siglo XX, no se desarrollaron técnicas comerciales de medida basadas en estas propiedades hasta los años de 1970. Al mismo tiempo que evolucionaba el mundo de la electrónica, surgieron técnicas ópticas para la medida fundamental de la floculación mecánica de partículas, y posteriormente, se desarrollaron técnicas capaces de medir la distribución de tamaños de partícula y/o flóculos, obteniendo así una caracterización completa del proceso de floculación.

Los coagulantes que más se han usado han sido sales de hierro, aluminio, cal, polímeros y otros; es decir floculantes sintéticos.

La chatarra sucia o no clasificada, comúnmente contiene restos de aquellos materiales que componían o contenían los artículos originales como etiquetas, plásticos, pinturas, lacas, barnices, adhesivos o sustancias que entraron en contacto durante su uso como es el caso de aceites, solventes, soluciones ácidas o restos de productos en caso de tratarse de envases.

Los metales ferrosos (hierro y acero) representan el mayor volumen de chatarra recuperada. Dentro del grupo de los metales no ferrosos los más comúnmente recuperados son: aluminio, cobre, plomo, cinc y sus aleaciones.

Las principales fuentes de chatarra son la industria metal mecánica, el desarmado de automóviles, maquinaria, herramientas y electrodomésticos obsoletos, cables de tendido, baterías usadas, mantenimiento y desmantelamiento de plantas industriales, demolición de edificios y talleres mecánicos entre otros.

En la siguiente tabla se presentan las fuentes más comunes de chatarra discriminadas por tipo de metal. (Martínez, 2005).

METAL	FUENTES MÁS COMUNES
Plomo	Baterías de plomo (88% del uso del Plomo), recubrimiento de cables, cañerías antiguas
Cobre	Cables eléctricos, circuitos electrónicos, bobinados de transformadores, aleaciones de bronce y latón.
Aluminio	Residuos de demoliciones, recortes o productos fuera de especificaciones de fábricas de materiales de aluminio, perfiles, envases.
Cinc	Polvos de producción de aleaciones de cobre y de acero por arco eléctrico, residuos del proceso de galvanizado y baterías.
Hierro/Acero	Industria metal mecánica, desarmado de automóviles, maquinaria industrial, repuestos y electrodomésticos obsoletos, estructuras edilicias, envases.

2.2 Partículas en suspensión.

Las partículas en suspensión de una fuente de agua superficial provienen de la erosión de suelos, de la disolución de sustancias minerales y de la descomposición de sustancias orgánicas. A este aporte natural se debe adicionar las descargas de desagües domésticos, industriales y agrícolas. En general la turbiedad del agua es causado por las partículas de materias inorgánicas (arcillas, partículas), en tanto que el color está formado por las partículas de

materias orgánicas e hidróxidos de metal (hierro por ejemplo). Las características de las partículas en suspensión son las siguientes:(Cárdenas, 2000)

2.2.1. Tamaño de las partículas en suspensión.

Las partículas se clasifican de acuerdo a su tamaño; así las partículas con diámetro inferior a 1 micrómetro (μm) que corresponden a partículas de materias orgánicas o inorgánicas, se depositan muy lentamente.

La tabla siguiente indica los tiempos de decantación de las diferentes partículas en función de: sus dimensiones; densidad y de la temperatura del agua.

Tipo de Partículas	Diámetro (mm)	Tiempo de Caída	
		Densidad 2.65	Densidad 1.1
Grava	10.000	0.013 s	0.2 s
Arena Gruesa	1.000	1.266 s	20.9 s
Arena fina	0.100	126.660 s	34.83 min
Lodo fino	0.010	3.520 h	58 h
Bacterias	0.001	14.650 d	249.1 d

Se observa fácilmente que a la misma densidad, las partículas más pequeñas tienen un tiempo de duración de caída más grande, esto imposibilita la decantación sin la adición de un factor externo.

Los Coloides son suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.

Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto inmensa entre la fase sólida y la fase líquida, por ejemplo 1 cubo de 1 cm^3 , tiene una superficie total de 6 cm^2 ; si está dividido en pequeños cubos elementales, la superficie total de todos aquellos es mucho más grande.

2.2.2. Afinidad de las partículas coloidales por el agua

Las partículas coloidales se caracterizan por ser hidrofílicas (tienen afinidad por el agua) e hidrófobos (es decir que rechazan al agua), los primeros se dispersan espontáneamente dentro del agua y son rodeados de moléculas de agua que previenen todo contacto posterior entre estas partículas; las partículas hidrofóbicas no son rodeados de moléculas de agua, su dispersión dentro del agua no es espontáneo por lo que requiere de la ayuda de medios químicos y físicos. Las partículas hidrófobas son en general partículas de materias inorgánicas mientras que las hidrofílicas son materias orgánicas; en realidad solo un poco son las partículas que son exclusivamente hidrofílicas o hidrofóbicas; se obtienen más bien partículas hidratadas a los diferentes grados.

La carga eléctrica y la capa de agua que rodean las partículas hidrofílicas tienden a desplazar las partículas unas de otras y, en consecuencia los estabiliza dentro de la solución.

2.2.3 Carga eléctrica y doble capa

Dentro del Agua Superficial, las partículas coloidales, son las causantes de la turbiedad y del color por lo que el tratamiento del agua está orientado a la remoción de estas partículas; estas poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie. Estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos

Los iones que se adhieren fuertemente a la partícula y se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, por lo tanto hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y la solución, llamado Potencial Zeta.

2.2.4 Factores de estabilidad e inestabilidad.

Las partículas coloidales están sometidas a dos grandes fuerzas:

- **Fuerzas de atracción de Van der Waals:** E_a (factores de Inestabilidad); son fuerzas de atracción producidas por el movimiento continuo de las partículas.
- **Fuerzas de repulsión electrostáticas :** E_b (columbicas – factor de estabilidad); son fuerzas que impiden la aglomeración de las partículas cuando estas se acercan unas a otras; por ejemplo 2 partículas de igual signo no se pueden aproximar , estas se rechazan.

2.3. COAGULANTES

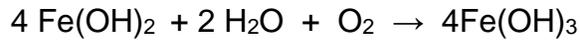
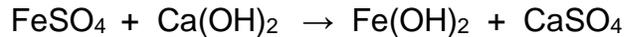
La coagulación es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

Los coagulantes más ampliamente usados están hechos a base de sales de hierro y aluminio. Los más ampliamente usados son sulfatos de aluminio, cloruro de hierro (II) y sulfato de hierro (II) (Kelderman y Kruis, 2001). Cuando el sulfato de aluminio es agregado al agua, los iones de Al^{3+} desestabilizan las cargas negativas de los coloides, como se menciono anteriormente. También, dependiendo de la alcalinidad presente en el agua, se puede llevar a cabo la reacción siguiente, donde el precipitado de hidróxido de aluminio formado arrastra las impurezas suspendidas o disueltas presentes en el agua.



De manera similar, al adicionar cloruro de hierro (III) en presencia de suficiente hidróxido de calcio, se forma el hidróxido de hierro (III) que también arrastra las impurezas (Degremond,1991) : $2 FeCl_3 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3 + CaCl_2$, finalmente, en el caso de utilizar sulfato de hierro(II) se debe de llevar a cabo la

oxidación del hierro(II) a hierro (III) para obtener el hidróxido de hierro (III). (www.eurowater.20m.com) :



En el proceso de coagulación se forman pequeñas partículas gelatinosas mediante la adición del coagulante al agua y la aplicación de energía de mezclado, que desestabiliza las partículas suspendidas por neutralización de las cargas coloides cargados negativamente (Cogollo, 2010). En este orden de ideas los coagulantes que se usan deben ser iones positivos como compuestos hechos a base de sales de hierro y aluminio. Los más ampliamente usados son el sulfato de aluminio, cloruro de hierro (II) y sulfato de hierro (II). Cada coagulante tiene un rango específico de pH donde tiene la mínima solubilidad y ocurre la máxima precipitación dependiendo, también de las características químicas del agua cruda. Con excepción del aluminato de sodio, estos coagulantes son sales ácidas que disminuyen el pH del agua. Por esta razón y dependiendo del agua a tratar, es necesario agregar un álcali como cal o soda cáustica (Cogollo, 2010).

Según Ada Barrenechea Martel (2004) los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir la floculación son:

- a) Sulfato de Aluminio.
- b) Aluminato de Sodio.
- c) Cloruro de Aluminio.
- d) Cloruro Férrico.
- e) Sulfato Férrico.
- f) Sulfato Ferroso.

2.4 Mecanismo de la coagulación

La desestabilización se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes (Cárdenas, 2000):

2.4.1 Compresión de la doble capa

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante.

Existe por otro lado un potencial de atracción o fuerzas de atracción E_a , entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Waals, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Contrariamente a las Si la distancia que separa a las partículas es superior a la distancia máxima a la cual comienza la floculación, entonces las partículas, no se atraen.

2.4.2 Absorción y neutralización de cargas

Las partículas coloidales poseen carga negativa en sus superficie, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide.

El potencial en la superficie del plano de cizallamiento es el potencial electrocinético potencial ZETA, este potencial rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua.

Después de la teoría de la doble capa la coagulación es la considerada como la anulación del potencial obtenido por adición de productos de coagulación-floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriéndose una energía complementaria necesaria; por ejemplo realizar la agitación mecánica o hidráulica.

Cuando se adiciona un exceso de coagulante al agua a tratar, se produce la reestabilización de la carga de la partícula; esto se puede explicar debido a que el

exceso de coagulante son absorbidos en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original.

2.4.3 Atrapamiento de Partículas dentro de un Precipitado

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floc, cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalente como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, o Cloruro Férrico $FeCl_3$, el floc está formado de moléculas de $Al(OH)_3$ o de $Fe(OH)_3$. La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales aceleran la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la cantidad de coagulante requerida. En otras palabras, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante.

2.4.4 Absorción y Puente

En cualquier caso, se obtiene el tratamiento más económico utilizando un polímero aniónico, cuando las partículas están cargadas negativamente. Este fenómeno es explicado por la teoría del “puente”. Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el “puente” entre las partículas coloidales. Esto puede tener una reestabilización de la suspensión, por una excesiva carga de polímeros.

2.5 Factores que Influyen en la Coagulación.

Es necesario tener en cuenta los siguientes factores con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación:(Cárdenas, 2000)

La interrelación entre cada uno de ellos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a adicionar al agua.

2.5.1 Influencia del pH.

El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno en una solución, y es igual a:
$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua.

2.5.2 Influencia de las Sales Disueltas

Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- Modificación del rango de pH óptimo.
- Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.
- Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente.

2.5.3 Influencia de la Temperatura del Agua

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que

afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc.

2.5.4 Influencia de la Dosis del Coagulante

- La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:
- Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada.
- Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.
- La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas.
- La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre :
 - La buena o mala calidad del agua clarificada.
 - El buen o mal funcionamiento de los decantadores.

2.5.5. Influencia de Mezcla

El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecho y haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente.

En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración llamado mezcla rápida; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar, y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microfloculos.

La mezcla rápida se efectúa para la inyección de productos químicos dentro de la zona de fuerte turbulencia, una inadecuada mezcla rápida conlleva a un incremento de productos químicos.

2.5.6 Influencia de la Turbidez y demanda de oxígeno

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Entre más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez.

Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente.

Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar la concentración de oxígeno más aún.

Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los lagos poco profundos se colmatan o rellenan más rápido, los huevos de peces y las larvas de los insectos son cubiertas y sofocadas, las agallas se tupen o dañan.

Oxígeno disuelto:

La presencia de oxígeno en el agua es indispensable para la vida de peces y otros seres acuáticos, el problema es la baja solubilidad de este gas en el agua, además la cantidad de oxígeno en el agua depende de las condiciones ambientales, ya que su cantidad aumenta al disminuir la temperatura o aumentar la presión.

Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor el consumo de oxígeno. En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más que la existencia de compuestos tóxicos.

El proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto, en el que se presenta las siguientes etapas.

- Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.
- Formación de Compuestos químicos poliméricos.
- Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides.
- Adsorción mutua de coloides.
- Acción de barrido.

2.6 Tipos de Coagulación

Se presentan dos tipos básicos de coagulación: Por Adsorción y Por Barrido. (Ada Barrenechea Martel (2004)

2.6.1 Coagulación por Absorción

Se presenta cuando el agua presenta una alta concentración de partículas al estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son absorbidas por los coloides y forman los flóculos en forma casi instantánea.

2.6.2 Coagulación por Barrido.- Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y la cantidad de partículas coloides es pequeña; en este caso las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o cloruro férrico.

2.7. FLOCULACIÓN Y COAGULACIÓN.

La coagulación es el método más importante para la remoción de partículas coloidales y suspendidas (80- 90% de remociones) del agua en su potabilización. (Metcalf, 1970).

Además de reducir la turbidez del agua, la coagulación parcialmente remueve el color, bacterias (80- 90%). (Metcalf, 1979). y virus (Kelderman y Kruis, 2001). Las partículas coloidales en el agua están por lo general cargadas negativamente, debido a la presencia de grupos COO^- y OH^- , reemplazo de iones Si^{4+} por iones Al^{3+} o por la absorción en la superficie de iones por fuerzas de Van der Waals. (Kelderman y Kruis,2001).

La carga negativa en la superficie causa repulsión entre las partículas, evitando la aglomeración y formación de partículas más grandes que sedimentarían más fácilmente.

Debido a la combinación de factores de tamaño de partícula pequeño y superficie cargada negativamente, las suspensiones coloidales son muy estables. Para remover estas partículas cargadas negativamente, las suspensiones coloidales deben ser desestabilizadas, mediante la adición de iones cargados positivamente como Al^{3+} o Fe^{3+} . Entonces, se rompe la repulsión electrostática de las partículas

coloidales y se produce la aglomeración mediante fuerzas de Van der Waals. (Kelderman y Kruis,2001).

Este proceso de desestabilización de partículas coloidales se llama coagulación y es llevada a cabo por la adición de un agente químico conocido como coagulante, una vez desestabilizando las partículas, estas experimentan el proceso de floculación, al aglomerarse para formar microflóculos y más tarde flóculos, que pueden sedimentarse fácilmente. En este punto, también se puede agregar otro agente químico (polímeros inorgánicos, sintéticos o naturales), llamado floculante, que promueve la formación de flóculos (Degremont, 1991).

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

Sucedan que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo suficientemente grande como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados. La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos.

La floculación puede ser mejorado por la adición de un reactivo de floculación o ayudante de floculación.

2.8 Mecanismos de transporte del proceso de Floculación.

Normalmente, la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas. En ella interviene, en forma secuencial, tres mecanismos de transporte: (Vargas, 2004)

2.8.1. Floculación Pericinética o browniana

Está producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.

2.8.2. Floculación Ortocinética

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética.

2.8.3 Sedimentación diferencial

Se debe a las partículas grandes, que, al precipitarse, colisionan con las mas pequeñas, que van descendiendo lentamente, y ambas se aglomeran.

2.9. Clasificación de los Floculantes

Según su naturaleza química, los floculantes pueden ser inorgánicos y orgánicos. Los floculantes inorgánicos (electrolitos) son sales solubles en agua, normalmente formadas por cationes polivalentes, siendo las más utilizadas las sales de hierro, aluminio y sílice. Los floculantes orgánicos pueden ser: naturales (polisacáridos) y sintéticos (polímeros) que tienen grupos activos distribuidos a lo largo de su cadena. Los floculantes orgánicos sintéticos, son muy utilizados en la industria química moderna; son eficaces a bajas concentraciones y pueden encontrarse como un producto no iónico o como floculantes catiónicos y aniónicos de diversos pesos

moleculares (generalmente elevados), distinta densidad de carga y de una eficacia independiente del pH (González Y., 2008).

La dosis de polímero y su naturaleza, entre otras variables, son factores cruciales en el proceso de floculación, ya que determinan el mecanismo por el que éste tiene lugar. (Aoki K., Y. Adachi, 2006; Yu J. 2006).

2.9.1 Floculantes Minerales

Se encuentra la sílice activada, que es el primer floculante empleado, que debe ser preparado antes de emplear, su preparación es tan delicada y presenta el riesgo de la gelatinización; produce la neutralización parcial de la alcalinidad de silicato de sodio en solución.

2.9.2 Floculantes Orgánicos Naturales.

Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales. Entre los coagulantes naturales están los de origen orgánicos que se encuentran en ciertas plantas. Los extractos de las semillas de la planta moringa oleífera son bastante efectivas en el caso de aguas con alta turbidez y al utilizar su ingrediente activo (un polielectrolito orgánico) se puede purificar agua con baja turbidez (Okuda et al., 2001). Por tanto, los extractos de Moringa Oleífera se recomiendan como una excelente alternativa para el tratamiento de agua en países en desarrollo . También existen los floculantes orgánicos como el alginato de sodio, originado de ácido algínico extraído de algas marinas, que se puede utilizar para mejorar el tratamiento con cloruro de hierro y sulfato de aluminio. Otros floculantes orgánicos son los almidones extraídos de la papa, yuca y extractos de semillas de plantas (Degremond, 1991). Existen otros muchos floculantes orgánicos naturales (polisacáridos, derivados de celulosa) principalmente utilizados en el tratamiento de aguas residuales de procesos industriales específicos como hidrometalurgia, papel, tenería, textiles, etc.(Degremond, 1991, Mishra et al., 2004, Ozacar, 2003).

2.9.3 Floculantes orgánicos de síntesis.

Según Degremond (1991), son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10⁶ a 10⁷ g/mol, estos se clasifican de acuerdo a la ionicidad de los polímeros:

- ✓ Aniónicos (generalmente copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico).
- ✓ Neutros o no iónicos (poliacrilamidas).
- ✓ Catiónicos (copolímero de acrilamidas + un monómero catiónico).

Para este tipo de polielectrolitos, se debe considerar la toxicidad del producto, por ejemplo, los monómeros acrílicos son tóxicos al sistema nervioso y pueden estar presentes en los productos comerciales (Van Bremen, 2001).

2.10 Coagulantes y floculantes derivados de desechos industriales o agroindustriales.

En varios procesos agroindustriales o industriales, se deriva una serie de desechos que se podría utilizar como floculante o coagulantes. El sulfato de hierro (II), desecho de la fabricación de acero es ampliamente utilizado a escala mundial (Kelderman y Kruis, 2001). También el quitosano y otros derivados de este, originados en la producción de camarón, han demostrado efectividad en el tratamiento de agua con altos contenidos de ácidos húmicos (Bratskaya, 2004). Se ha identificado que en la manufactura de aluminio para uso arquitectónico genera un residuo rico en hidróxido de aluminio (alrededor del 48%)

La empresa Extralum S.A produce alrededor de 90 toneladas mensuales del residuo, al cual se le debe evaluar su capacidad de coagulación (Vargas, 2006). Otro residuo generado por la industria metalmecánica en el decapado de metales de hierro genera un residuo rico en cloruro de hierro (III). Dicho residuo se debe caracterizar y evaluar también su potencial uso como coagulante (Romero, 2001).

2.11. Potabilización del agua

Se denomina agua potable a aquella que posee ciertas características químicas, físicas y biológicas aptas para consumo humano y animal sin riesgo de contraer enfermedades (Romero, 2008), es decir el agua que ha sido tratada para consumo humano regida por estándares de calidad determinados por las autoridades.

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Suele consistir en un *stripping* de los compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono.

2.12. Balance de costo y beneficio para los coagulantes empleados en la clarificación del agua (Arnal, García, Sancho y Lora. 2006)

Actualmente los coagulantes usados para la clarificación del agua son de tipo inorgánico lo cual acarrea desventajas tanto ambientales como económicas ya que los lodos generados están constituidos por sustancias inorgánicas que alteran los procesos naturales presentes en las fuentes de aguas a las cuales son vertidos, estos lodos se generan en las etapas de floculación-coagulación y sedimentación.

Desde el punto de vista económico los coagulantes inorgánicos son más costosos; pues se trata de un compuesto químico que contienen electrolitos los cuales van a desestabilizar las cargas eléctrica de las partículas que traiga el agua a ser tratada; en su proceso de fabricación se consumen energía y materia, lo que se traduce en costos de producción, además se generan residuos que causan contaminación al medio ambiente. Por otra parte los coagulantes naturales son de bajo costo, permiten la implementación de métodos naturales para el tratamiento de los lodos generados. Pues son componentes naturales que van a actuar en el agua sin alterar sus propiedades químicas originales. Sin embargo estos coagulantes no son usados a escala mayores o en tratamientos para plantas potabilizadoras que sean para poblaciones grandes sino que son aplicados para acueductos regionales o como investigaciones de universidades. Es necesario conocer sus características

potenciales para que sean aplicadas por las empresas hidrológicas. Estos coagulantes no poseen ninguna repercusión en la salud del ser humano lo que trae una mayor ventaja frente a los coagulantes inorgánicos.

2.13 Ventajas y desventajas, de los coagulantes empleados en la clarificación del agua (Arnal, García, Sancho y Lora. 2006)

Ventajas:

- Genera un lodo artificial el cual puede ser tratado con mayor facilidad y eficiencia
- Permite la remoción de la turbidez orgánica o inorgánica que no puede sedimentarse rápidamente
- Remoción de color verdadero y aparente
- Eliminación de patógenos
- Costos bajos de producción
- Destrucción de algas y plancton en general
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor

Desventajas:

- Alteración del pH del agua
- Incremento del consumo del cal para estabilizar pH
- Dependencia de las características fisicoquímicas del agua
- Dosis mayores
- Depende de la velocidad de agitación del agua
- Requiere personal para recolección.

2.14 Experiencias en algunos países sobre el uso de floculantes para la clarificación de las aguas contaminadas.

2.14.1 Cuba

Durante más de ocho años, el grupo de tratamiento de agua de la facultad de Ingeniería Química del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, ha realizado trabajos a escala de laboratorio y pruebas en plantas, encaminados al uso de la zeolita natural cubana como floculante y material filtrante.

La zeolita natural cubana es un mineral que abunda en Cuba y está distribuida en varias provincias. Tienen un contenido zeolítico superior al 50%, fundamentalmente de clinoptilolita y modernita. Las referencias que se conocen del uso de zeolitas naturales en tratamientos de agua corresponden a los investigadores Rudenko en 1983 y Tarasevich en 1989, los cuales reportan su uso como material filtrante.

Las experiencias realizadas demuestran que la zeolita natural cubana de diferentes yacimientos (Jaruco en La Habana, Tasajera en Las Villas y San Andrés en Holguín) pueden emplearse como floculantes, siendo el diámetro recomendado el menor de 1 mm, pudiendo reducirse hasta un 50% el consumo de coagulante (sulfato de aluminio) empleando una relación coagulante- floculante 1:1.

Además, se ha comprobado que la zeolita no aporta al agua ningún elemento dañino a la salud y mejora las propiedades organolépticas del agua.

Con respecto a su empleo como material filtrante, se ha determinado sus características fisicomecánicas y químicas, las cuales cumplen con los valores establecidos para los materiales filtrantes y la granulometría recomendada es de 1 a 3 mm.

Permite además incrementar el tiempo de servicios de los filtros, trayendo consigo una disminución en el consumo de agua de contralavado, al ser necesarios menos contralavados. Actualmente, operan en Cuba filtros con zeolita en plantas

potabilizadoras y se emplea como floculante en plantas de tratamientos de la industria azucarera y cervecera y recomendado su uso en otras plantas.

2.14.2 Costa Rica

El Instituto Tecnológico de Costa Rica, mediante el Centro en Protección Ambiental, pretende, a través de un proyecto, determinar, caracterizar y evaluar las posibilidades técnicas, ambientales y económicas de utilizar algunos materiales de origen nacional como coagulantes o floculantes en el tratamiento de aguas. Esto, con la finalidad de tratar de encontrar procesos que generen menos gasto, y en algunos casos minimizar el impacto ambiental al utilizar residuos que generalmente son desechados.

2.14.3 Países en desarrollo

En los países en desarrollo, los procesos de coagulación y floculación para el tratamiento de agua se realiza utilizando materias primas importadas. Por ejemplo, Costa Rica ha importado alrededor de 3.000 toneladas anuales de sulfato de aluminio, equivalentes a medio millón de dólares por año (costo en aduanas) durante los últimos 5 años (Vargas, Romero 2006).

En un intento de eludir los problemas asociados con los métodos de purificación convencionales, los coagulantes - floculantes de origen vegetal son una alternativa en la remoción de contaminantes en el agua. El objetivo de este trabajo es indagar y divulgar las experiencias obtenidas en la clarificación del agua, usando coagulantes de origen natural con el fin de conocer las ventajas que se presentan en cuanto a costo y beneficio.

2.14.4 Países desarrollados

El proceso de tratamiento de aguas tanto potables como residuales se basa en un tratamiento químico inicial a base de coagulantes y floculantes para remover la mayoría de contaminantes. Estas sustancias químicas utilizadas son, principalmente, sulfato de aluminio y otros polímeros industriales importados de países desarrollados.

La Red Iberoamericana de Potabilización y depuración del agua hizo un estudio para optimizar coagulación-floculación en una planta potabilizadora de agua de lluvia. Evaluaron sales metálicas de hierro o aluminio con floculantes sintéticos y unos naturales como almidón de papa y goma de nopal. (Torres, 2009) trataron aguas residuales generadas del lavado de suelos contaminados con hidrocarburos por medio de coagulación y floculación. La mejor combinación de coagulante y floculantes fue con FeCl_3 y Tecnifloc 998 a dosis de 4,000 y 1 mg/L, respectivamente. A pH de 5 y lograron remover el 97.1% de DQO (demanda química de oxígeno). En este trabajo reportan haber usado coagulantes naturales como gomas de algarrobo, guar y alginato que alcanzaron remociones convenientes de demanda química de oxígeno y sólidos obteniendo un pH final más adecuado.

En otros estudios, han usado extractos o gomas naturales de plantas. Por ejemplo, Beltrán-Heredia y Sánchez-Martín (2009) usaron extracto de Moringa oleífera por su alta capacidad floculante para remover hasta el 70% de la turbiedad de agua residual. Señalan que este extracto es altamente recomendado, especialmente en países desarrollados, donde es difícil encontrar productos fáciles de manejar. Estos autores también analizaron la remoción de sulfato de sodio por coagulación y floculación usando Moringa oleífera removiendo el 80% de éste. Además probaron otros coagulantes naturales como almidón, mucílago de nopal y goma tara, combinados con polímeros sintéticos (Beltrán-Heredia y Sánchez-Martín, 2009).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

Es cuantitativa ya que se obtienen datos numéricos que nos permiten hacer comparaciones con los parámetros ya establecidos en la clarificación de las aguas contaminadas.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizado es correlacional ya que tiene como propósito evaluar las relaciones que existen entre los coagulantes – floculantes elaborados a partir de plantas y de chatarras metálicas con los que venden en el comercio.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de investigación utilizado es experimental porque consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Se recolectan datos mediante observaciones para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente.

Para la elaboración de estos floculantes se utilizó las plantas de caulote, moringa, yuca, y casulla de café, además se utilizó chatarra metálica de clavos de hierro, cinc que se encuentran en las baterías usadas y virutas de aluminio, para dicho proceso contamos con todo el equipo necesario en la UPNFM-CURSPS.

La propuesta metodológica se desarrolló en la UPNFM-CURSPS con los estudiantes de la clase de Laboratorio de Ciencias Naturales dirigidos por la M.Sc. Lidis Marbella Torres para su validación.

3.4 Operacionalización de variables

Planteamiento del problema	Objetivo general	Objetivo específico	Variables	Sub-variables	indicadores	Ítems
¿Cómo los coagulantes-floculantes elaborados a partir de chatarra metálica y plantas a bajo costo descontaminan las aguas negras, domésticas e industriales?	Probar la eficacia de coagulantes y floculantes elaborados a partir del reciclaje de la chatarra metálica y de plantas, para clarificar aguas de consumo humano.	Elaborar el procedimiento a seguir para la producción de los floculantes coagulantes a partir de la chatarra metálica y plantas para clarificar aguas de consumo humano, aguas negras, y decolorar aguas industriales de deshecho.	Características epidemiológicas	Parámetros físico-químicos Problemas bacteriológicos	pH Turbidez Oxígeno disuelto	<ul style="list-style-type: none"> Medición del pH de las muestras de agua con el pH metro. Medición de la turbidez y oxígeno disuelto de las muestras de aguas servidas utilizando el turbidímetro y oxímetro Bacteria común presente en las heces fecales.
			Tipos de agua	Aguas negras Agua doméstica Agua Industrial	Color Olor origen	<ul style="list-style-type: none"> Olor que emanan las aguas servidas Color de las aguas servidas Fuente de emisión de las aguas servidas
			Contaminación del agua	Presencia de sustancias contaminantes Ecotoxicidad	Concentración Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Grado de contaminación de las aguas negras, domésticas e industriales. Daños que ocasionan a los ecosistemas las

						aguas contaminadas.
		Comprobar la efectividad en aguas contaminadas de los coagulantes – floculantes elaborados a partir de chatarra metálica y plantas	Descontaminación del agua	Floculantes coagulantes a partir de plantas. Floculantes coagulantes a partir de chatarra metálica	Eficiencia Concentración Costo	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de efectividad de los floculantes de moringa, cablote, yuca, papa y casulla de café para clarificar aguas servidas. • Nivel de efectividad de los floculantes coagulantes a partir de chatarra de aluminio, hierro y zinc para clarificar aguas servidas • Costo inferior a productos para clarificar agua presentes en el comercio.

3.5 Población participante o muestra

3.5.1 Población

Está constituida por la quebrada en donde se depositan las aguas contaminadas de las maquilas que se encuentran en e municipios de Choloma, el río de aguas negras de La Lima y el agua doméstica de la Colonia Miguel Ángel Pavón del municipio de San Pedro Sula del departamento de Cortés.

3.5.2 La muestra

Agua doméstica de la colonia Miguel Ángel Pavón de San Pedro Sula Cortés.

Agua de crique del río el Tufoso de la Lima Cortés

Agua de fábrica del río Bermejo de Choloma Cortés contaminado por la industria.

3.6. Fuentes de información

Las etapas de trabajo para llevar a cabo la investigación son las siguientes:

3.6.1 Modelo de la Investigación

3.6.1.1 Etapa de planificación se realizó durante dos meses.

- Selección de los lugares del departamento de Cortés donde se realizó el estudio de las aguas servidas.
- Recolección de muestras de aguas domésticas en la colonia Miguel Ángel Pavón, ciudad de San Pedro Sula, aguas negras del crique del municipio de la Lima y aguas industriales del municipio de Choloma, las cuales se tomaron durante la época seca.
- Selección del material y equipo a utilizar en la parte experimental.
- Organización de los pasos a seguir para la parte experimental.

3.6.1.2 Etapa de ejecución

- Realización de la parte experimental con los diferentes floculantes coagulantes a partir de plantas y chatarra metálica en cada una de las muestras de agua recolectadas durante la estación seca.
- En un período de dos días, se elaboraron cuatro floculantes naturales a partir de plantas de moringa, caulote, yuca y casulla de café y 3 floculantes elaborados a partir de la chatarra metálica de hierro, aluminio y zinc de baja toxicidad, y las prácticas de laboratorio se validaron en un tiempo de dos semanas.
- Los resultados obtenidos se compararon con un floculante natural de la marca Sea Klear y otro sintético Super Blue comprado en Comercial Larach para tener un referente en el proceso de investigación y sustancias químicas de cloruro férrico, sulfato de aluminio y sulfato de zinc.
- En este trabajo, para el estudio del efecto de la dosis de floculante sobre la estabilidad de la suspensión inicialmente se determinará su pH, turbidez y demanda de oxígeno a cada una de las muestras sin floculante, y posteriormente, se realizaran las pruebas con cada uno de los floculantes que se elaboraron a partir de plantas y chatarra metálica a las muestras de aguas contaminadas de fábrica, doméstica y crique.
- Elaboración del manual de laboratorio

3.6.2 Características del momento y del espacio

Esta investigación se realizó durante el primer trimestre del 2013 en la UPNFM-CURSPS, con los estudiantes de la asignatura de Laboratorio de Ciencias Naturales. El espacio utilizado para la realización de la parte experimental fueron los laboratorios de Química de nuestra universidad, los cuales cuentan con un equipo moderno adecuado para la experimentación.

3.7. Técnicas para recolección de información

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

La información se obtendrá mediante la recolección de muestras de agua de los diferentes ríos mencionados anteriormente y con la cual se realizarán las prácticas de laboratorio utilizando los floculantes naturales y sintéticos elaborados en los laboratorios de la UPNFM-CURS, los cuales se mezclaron con las muestras de agua procediendo posteriormente a hacer mediciones de la turbidez, pH y oxígeno disuelto, para demostrar la efectividad de cada uno de los floculantes elaborados.

3.7.2 Combinaciones de compuestos realizadas para obtener floculantes a partir de chatarra metálica.

Los floculantes coagulantes inorgánicos mostrados en la tabla 1 serán obtenidos de las reacciones de oxidación de los ácidos clorhídrico y sulfúrico, con las chatarras metálicas de hierro, aluminio y cinc. Los reactivos químicos que se mencionan en esta investigación están disponibles en el mercado.

Tabla 1

Chatarra Metálica	Ácidos	
Fe	H_2SO_4 $FeSO_4$ $Fe_2(SO_4)_3$	HCl $FeCl_2$ $FeCl_3$
Al	$Al_2(SO_4)_3$	$AlCl_3$
Zn	$ZnSO_4$	$ZnCl_2$

3.8. Técnicas para procesamiento y análisis de Información

3.8.1 Métodos que se utilizaron en el proceso de elaboración de los coagulantes floculantes.

Los métodos de separación que se utilizaron fueron por decantación y filtración para la obtención del producto final.

3.8.2 Parámetros a tomar en cuenta como indicador del buen funcionamiento de los coagulantes- floculantes elaborados.

- **PH**

El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta.

Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0, para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5 unidades y para los coagulantes – floculantes de plantas el rango es de 6.5 a 8,5.

- **Turbidez**

La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

- Fitoplancton
- Sedimentos procedentes de la erosión
- Sedimentos suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa)
- Descarga de efluentes
- Crecimiento de las algas
- Escorrentía urbana

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU (unidad Nefelométrica de turbiedad), y estará idealmente por debajo de 1 NTU.

- **Demanda de oxígeno**

Según la OMS el análisis de oxígeno disuelto es una prueba clave en la determinación de la contaminación del agua y control del proceso de tratamiento de aguas residuales.

Al igual que en el caso de la conductividad el nivel de oxígeno disuelto también presenta unos valores umbrales que nos indican si el agua de un río está más o menos contaminada, los podemos apreciar en la tabla.

CALIDAD DEL AGUA	Pura	Poco contaminada	Contaminada	Muy contaminada	Excesivamente contaminada
OXIGENO DISUELTO (mg / L)	>7	>5	>3	>1	<1

Estos resultados están representados en partes por millón (ppm) los cuales en porcentaje de la siguiente manera:

CALIDAD DEL AGUA	Pura	Poco contaminada	Contaminada	Muy contaminada	Excesivamente contaminada
OXIGENO DISUELTO (mg / L)	>70%	>50%	>30%	>10%	<10%

- **Clarificación de agua**

La clarificación del agua tiene por objeto retirar los sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y materiales coloidales, convirtiéndolos en partículas más grandes que se pueden remover con mayor facilidad (Cogollo, 2010). Es uno de los procesos más importantes en la potabilización del agua en el cual se incluyen tres subprocesos de coagulación, floculación y sedimentación. Primero, se agregan los coagulantes. Los coagulantes reducen la carga de iones, de modo que acumulan las partículas en formas más grandes llamadas flóculos. Los flóculos se depositan por gravedad en tanques de filtración o se quitan mientras que el agua atraviesa un filtro de gravedad.

3.8.3 Registro de la información

Los resultados¹ obtenidos de la parte experimental se organizaron en tablas según cada uno de los coagulantes-floculantes probados en las distintas muestras de agua, y con esos datos se elaboraron las gráficas de barras para facilitar la interpretación de los mismos.

3.8.4 Instrumentos utilizados para comprobar la efectividad de los coagulantes – floculantes elaborados a partir de plantas y con chatarra metálica.

Los materiales utilizados en esta investigación para obtener los resultados son los siguientes:

- pH-metro 20: con el cual se mide el pH de las muestras.
- Balanza analítica: que nos proporciona la medida exacta de la cantidad de muestra que se va a utilizar.
- Pipeta electrónica: mide con exactitud la cantidad en mililitros de las sustancias que se encuentran en estado líquido.
- Turbidímetro ó nefelómetro: el cual nos indica la turbidez que las muestras tienen.
- Beaker y Erlenmeyer: en los cuales se colocan las muestras a experimentar
- Capsulas de Petri: instrumento que se utiliza para colocar las muestras y hacer las respectivas pesadas en la balanza analítica.
- Oxímetro: para verificar la demanda de oxígeno (DO) de cada una de las muestras.

¹ Ver capítulo de resultados

3.8.5 Proceso de análisis de la información

3.8.5.1 Validación

La comparación entre los floculantes elaborados con los floculantes comerciales se realizaron en base a la:

- Eficacia
- Costo
- Efectos ambientales: contaminación y salud.

Para validar la efectividad de los floculantes elaborados se hicieron con:

- Pruebas estadísticas²

3.8.6 Manual de prácticas³ que se elaboraron para la verificación de la investigación.

3.8.6.1 Prácticas de laboratorio de coagulación-floculación a partir de plantas.

El uso de coagulantes de origen naturales son nuevas alternativas en los procesos de clarificación, debido a que estos son más económicos, y causan menos impacto sobre los cuerpos de aguas receptores de los lodos originados en los decantadores. Las prácticas de laboratorio elaboradas a partir de plantas son:

- **Moringa**

Entre la amplia gama de productos naturales estudiados y probados, uno de los que mejores resultados ha dado, en el proceso de coagulación-floculación, son las semillas de Moringa Oleifera Lam (nombre común, Moringa), la cual es una planta que abunda en todo nuestro país, para realizar este estudio se recolectaron las semillas de los arboles que hay en la UPNFM-CURS.

² Ver capítulo V

³ Ver capítulo IV

Para lograr la potabilización de agua es preciso someter la misma a varios tratamientos elementales, que comprenden: la clarificación, desinfección y acondicionamiento químico y organoléptico. De este modo la clarificación incluye la coagulación–floculación, proceso mediante el cual las partículas presentes en el agua se aglomeran formando pequeñas masas que presentan un peso específico mayor que el del agua, de esta forma las partículas sedimentan y permiten que el agua alcance las características idóneas para el consumo humano.

Actualmente los coagulantes usados para la clarificación del agua son de tipo inorgánico lo cual acarrea desventajas tanto ambientales como económicas ya que los lodos generados están constituidos por sustancias inorgánicas que alteran los procesos naturales presentes en las fuentes de aguas a las cuales son vertidos, estos lodos se generan en las etapas de floculación-coagulación y sedimentación.

- **Caulote**

El mucílago de caulote es una sustancia vegetal viscosa, muy común en todo nuestro país, coagulable al alcohol. También es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad. Los mucílagos son análogos, por su composición y sus propiedades, a las gomas, dan con el agua disoluciones viscosas o se hinchan en ellas para formar una pseudodisolución gelatinosa.

- **Casulla de café**

La casulla de café es un floculante ecológico porque lo que se emplea en la fabricación del mismo es la cascara que se desecha en el proceso de cosecha o recolección del grano, y es importante mencionar este mismo material se emplea en la fabricación de abono orgánico, utilizando este tipo de producto se reemplazan a los productos sintéticos dañinos para el medio ambiente.

La casulla de café aparte de ser un buen floculante es bastante utilizado en la producción de abonos y también se fabrican alimentos para animales, nos beneficia el proceso de floculación en nuestra vida, ayuda a tener una mejor calidad de vida

contando con agua más clara y con niveles de acidez asimilables para el organismo, esto se traduce en mejor salud para todos.

Para que la casulla de café funcione bien se debe de tomar en cuenta el hecho de que la misma este lo más fresca posible porque al fermentarse, tiende a oscurecerse envés de aclarar el agua la torna color vino.

- **Yuca**

Mandioca o yuca (*Manihot esculenta*) pertenece a la familia Euphorbiaceae constituidas por unas 7200 especies que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactositos. Es un arbusto perenne, es monoica de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 5 m, aunque la altura máxima generalmente no excede los 3 m (Ceballos, H y Cruz, A 2002).

Canepa y colaboradores en su estudio Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario demostraron que plantas con alto contenido de almidones como la yuca son buenos en el proceso de coagulación-floculación en lixiviados.

3.8.5.2 Prácticas de laboratorio de coagulación-floculación a partir de chatarra metálica.

Es importante demostrar que la chatarra metálica se puede utilizar para elaborar coagulantes-floculantes para la protección y conservación del ambiente.

Los coagulantes más utilizados son sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados.

Las prácticas de laboratorio elaboradas a partir de chatarra metálica son:

- **Hierro**

Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe II) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso: $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L, que es la concentración recomendada para el agua de consumo, su remoción se realiza formando sales insolubles, para lo cual, en muchos casos, es necesario el uso de oxidantes y un pH alto. Es necesario elevar el pH de 8,5 a 10,0, pero la precipitación es mejor cuando la aireación está acompañada por un contacto de dióxido de manganeso o un lecho de mineral de pirolusita.

El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño que sedimenten con mayor eficiencia.

La coagulación es un proceso en el que sustancias químicas como el FeCl_2 son añadidas a un sistema de agua con el objeto de crear u originar agregados de elementos finamente divididos, para que sedimenten rápidamente.

- **Aluminio**

El **sulfato de aluminio** es una sal de fórmula $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, es sólido y blanco, es ampliamente usada en la industria, comúnmente como floculante en la purificación de agua potable y en la industria del papel. Cuando el pH del agua es débilmente ácido, neutro o débilmente alcalino, el aluminio precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente. Esta propiedad es comúnmente usada en piscinas y para tratamiento de aguas industriales para evitar formación de gérmenes y algas.

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floculante cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalente como el sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, o Cloruro Férrico FeCl_3 , el floculante está formado de moléculas de $\text{Al}(\text{OH})_3$ o de $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

El sulfato de aluminio, coagulante por excelencia, encuentra múltiples aplicaciones gracias a su eficacia y flexibilidad en la remoción de aguas con alta turbiedad y bajo color, así como en casos de baja turbiedad con color.

Es conveniente regular el pH para incrementar la efectividad del dosaje recomendando. Trabajar entre 5.5 y 8, o inclusive a más de 9 cuando simultáneamente se ablanda el agua con agregado de cal.

Cuanto menor sea la dosis de coagulante, tanto mayor será la sensibilidad del floculo a cambios en el pH.

- **Cinc**

Los objetivos que se pretenden lograr con esta práctica son:

Analizar los efectos que produce la utilización de chatarra metálica de zinc y ácido sulfúrico como coagulante - floculante en aguas contaminadas doméstica y crique del departamento de Cortés.

Utilizar sulfato de zinc elaborado a partir de la chatarra metálica de zinc con ácido sulfúrico como coagulante – floculante en aguas contaminadas de crique y doméstica, tomándoles el pH, turbidez y demanda de oxígeno.

La efectividad del floculante se determina de acuerdo con el valor de la velocidad de sedimentación que provoca en la suspensión. Las pruebas de velocidad de sedimentación se realizan, inicialmente, con la suspensión sin floculante.

CAPÍTULO IV: ELABORACIÓN DE MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO.

4.1 Prácticas de laboratorio de coagulación-floculación a partir de plantas.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
“FRANCISCO MORAZÁN”
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL SPS
Facultad de Ciencias y Tecnología
Sección de Ciencias Naturales

4.1.1 PRÁCTICA DE LABORATORIO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN CON MORINGA

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar el comportamiento de diferentes parámetros de calidad de agua utilizando el cotiledón de las semillas de *Moringa oleifera* Lam como coagulante primario para clarificar agua destinada al consumo humano.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Analizar los efectos de clarificación de los floculantes de las semillas de *Moringa oleifera* en aguas contaminadas, específicamente de fábrica, crique y domestica, tomándoles el pH, turbidez y oxigeno, anotando los resultados en una tabla de valores.

MATERIALES Y EQUIPO

- ❖ 16 Beaker de 250 ml
- ❖ 2 Morteros con pilón
- ❖ 12 Capsulas de Petri
- ❖ pH metro

- ❖ Oxímetro
- ❖ Turbidímetro
- ❖ Pipeta digital
- ❖ Agua contaminada: doméstica
- ❖ Agua contaminada: fábrica
- ❖ Agua contaminada: Crique
- ❖ 15 Semillas de *Moringa oleífera* seca con cascara
- ❖ 15 Semillas de *Moringa oleífera* sin cascara
- ❖ 15 semillas de *Moringa oleífera* verde con cascara
- ❖ 15 semillas de *Moringa oleífera* verde sin cascara
- ❖ Aclarante artificial Super Blue
- ❖ Aclarante artificial Sea Klear
- ❖ Gasas

TEORIA RESUMIDA

El agua es imprescindible para todas las formas de vida de la tierra y, teóricamente, hay agua dulce más que suficiente para cubrir todas nuestras necesidades. Sin embargo en algunos de los casos el agua presenta impurezas y para remover esta coloración se utiliza la clarificación, la cual por medio de un proceso de coagulación-floculación logra llevar el agua a condiciones deseadas en la potabilización.

La contaminación de las aguas, y unido a esto la carencia de sistemas eficaces de saneamiento, únicos medios capaces de proporcionar protección contra las enfermedades diarreicas, el cólera, el tifus y otras enfermedades transmitidas a través del agua son la causa de cuatro millones de muertes infantiles cada año en el mundo en desarrollo.

Para lograr la potabilización de agua es preciso someter la misma a varios tratamientos elementales, que comprenden: la clarificación, desinfección y acondicionamiento químico y organoléptico. De este modo la clarificación incluye la coagulación–floculación, proceso mediante el cual las partículas presentes en el agua se aglomeran formando pequeñas masas que presentan un peso específico mayor que el del agua, de esta forma las partículas sedimentan y permiten que el agua alcance las características idóneas para el consumo humano.

Entre la amplia gama de productos naturales estudiados y probados, uno de los que mejores resultados ha dado, en el proceso de coagulación-floculación, son las semillas de *Moringa oleífera* Lam (nombre común, Moringa)

Actualmente los coagulantes usados para la clarificación del agua son de tipo inorgánico lo cual acarrea desventajas tanto ambientales como económicas ya que los lodos generados están constituidos por sustancias inorgánicas que alteran los procesos naturales presentes en las fuentes de aguas a las cuales son vertidos, estos lodos se generan en las etapas de floculación-coagulación y sedimentación.

Desde el punto de vista económico los coagulantes inorgánicos son costosos; pues se trata de un compuesto químico que contienen electrolitos los cuales van a desestabilizar las cargas eléctrica de las partículas que traiga el agua a ser tratada; en su proceso de fabricación se consumen energía y materia, lo que se traduce en costos de producción, además se generan residuos que causan contaminación al medio ambiente. Por otra parte los coagulantes naturales son de bajo costo, si bien menos accesibles, permiten la implementación de métodos naturales para el tratamiento de los lodos generados. Pues son componentes naturales que van a actuar en el agua sin alterar sus propiedades químicas originales. Sin embargo estos coagulantes no son usados a escala mayores o en tratamientos para plantas potabilizadoras que sean para poblaciones grandes sino que son aplicados para acueductos regionales o como investigaciones de universidades. Es necesario conocer sus características potenciales para que sean aplicadas por las empresas hidrológicas. Estos coagulantes no poseen ninguna repercusión en la salud del ser humano lo que trae una mayor ventaja frente a los coagulantes inorgánicos.

PROCEDIMIENTO No. 1: CLARIFICACION DEL AGUA

1. Coloca en 4 beaker de 250 ml agua contaminada de fábrica.
2. Realiza el mismo procedimiento 1 con el agua domestica y de crique.
3. Triturar, utilizando el mortero y pilón, 5 semillas de *Moringa oleífera* seca con cascara, luego viértelas en la capsula de petri, realiza este mismo procedimiento 2 veces más con el mismo tipo de semilla.
4. Realiza el paso 3 con las semillas de *Moringa oleífera* seca sin cascara, verde con cascara y verde sin cascara.
5. Mide el pH inicial de las muestras sin usar las semillas (serían las muestras patrón), anota los resultados.
6. En una gasa, coloca 5 semillas trituradas de *Moringa oleífera* seca con cascara amárrala y viértelas en cada una de las muestras de agua: fábrica, crique y doméstica.
7. Repite el mismo paso 6 en las otras muestras de agua solo que ahora utilizando las semillas de *Moringa oleífera* trituradas: seca sin cascara, verde con cascara y verde sin cascara
8. Con la ayuda de la pipeta digital, coloca 0.4 ml de aclarante artificial Sea Klear, en las 3 muestras de agua contaminada que tenemos en los diferentes beaker.
9. Repite el paso 8 utilizando aclarante artificial Super Blue.
10. Mide el pH inicial de cada una de las muestras con semillas de *Moringa oleífera*.
11. Anote en la tabla de resultados.
12. Mida el oxigeno y así mismo la turbidez de las muestras, y anote los resultados.
13. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo.

RESULTADOS

1.Etapa de clarificación del agua.

MORINGA	TIPO DE AGUA	COLOR		ETAPA DE CLARIFICACIÓN			
		Inicial	Final	pH	pH	pH	pH
				Muestra patrón	Día 1	Día 2	Día 3
Seca con cascara	Fábrica						
	Criquet						
	Domestica						
Seca sin cascara	Fábrica						
	Criquet						
	Domestica						
Verde con cascara	Fábrica						
	Criquet						
	Domestica						
Verde Sin Cascara	Fábrica						
	Criquet						
	Domestica						

1. Midiendo turbidez y demanda de oxígeno

MORINGA	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)		OXIGENO	
		Muestra Patrón	Día 1	Muestra Patrón	Día 1
Seca con cascara	Fábrica				
	Criquet				
	Domestica				
Seca sin cascara	Fábrica				
	Criquet				
	Domestica				
Verde con cascara	Fábrica				
	Criquet				
	Domestica				
Verde Sin Cascara	Fábrica				
	Criquet				
	Domestica				

2. Etapa de clarificación con floculantes comerciales

Floculantes coagulantes sintéticos	TIPO DE AGUA	ETAPA DE CLARIFICACIÓN	
		pH	pH
		Día 1	Día 2
SUPER BLUE	Fábrica		
	Criquet		
	Domestica		
SEA KLEAR	Fábrica		
	Criquet		
	Domestica		

Evaluación

1. ¿Cuáles son las partes de la planta que sirven como floculantes?
2. ¿Qué otros usos tiene la *Moringa oleífera*?
3. ¿Cuál es la forma más eficaz de utilizar la *Moringa oleífera* como floculante?



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL “FRANCISCO MORAZÁN”

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL

San Pedro Sula, Honduras

Facultad de Ciencias y Tecnología

Sección de Ciencias Naturales

4.1.2 PRÁCTICA DE LABORATORIO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN CON CAULOTE

OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos que produce la utilización de las semillas y cáscara de caulote en aguas contaminadas, específicamente de fábrica, doméstica y crique del departamento de Cortés.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los efectos floculantes de las semillas y cáscara de cablote sobre las aguas contaminadas a través de la medición de parámetros tales como: pH, turbidez y oxígeno,

MATERIALES Y EQUIPO

12 Beaker de 250ml

1 Morteros con pilón

4 Capsulas de Petri

pH metro

Balanza Electrónica

Pipeta Electrónica Agua contaminada doméstica de fábrica y criquet

Oxímetro

Turbidímetro

3 g de Semillas de cablote triturada

5 g de Cáscara de caulote

100 ml de agua

Floculante Industrial Sea klear y Super Blue

TEORÍA RESUMIDA

Otros nombres: Caulote, guásimo, guásima guácimo, guácima.

Es un árbol de porte bajo y muy ramificado de la familia de las malváceas, nativo de América tropical, que puede alcanzar hasta 20 m de altura, con un tronco de 30 a 60 cm de diámetro recubierto de corteza gris. Savia incolora, mucilaginoso.

La decocción se ha empleado contra las hemorroides, atribuyéndosele propiedades emolientes y astringentes; también se utiliza para tratar contusiones y golpes, como diurético y antigripal.

La ingesta de grandes cantidades de diferentes partes de la planta puede provocar náuseas, vómitos y diarreas.

El mucílago se utiliza también en el embellecimiento del pelo y para evitar su caída.

El **mucílago** es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol. También es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad. Los mucílagos son análogos, por su composición y sus propiedades, a las gomas, dan con el agua disoluciones viscosas o se hinchan en ellas para formar una pseudodisolución gelatinosa. Se encuentran en las algas, semillas de lino, semillas de chía, en raíces de malva, membrillo, liquen, nopal, en ciertos hongos y en muchos vegetales.

Proceden de las degradaciones de la celulosa, calosa, lignina y de las materias pécticas.

* Un floculante es una sustancia que aglutina sólidos en suspensión, provocando su precipitación.

* La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería.

Los compuestos que pueden estar presentes en el agua pueden ser:

- Sólidos en suspensión;

- Partículas coloidales (menos de 1 micra), gobernadas por el movimiento browniano.
- Sustancias disueltas (menos que varios nanómetros).

El proceso de floculación es precedido por la coagulación, por eso se suele hablar de los procesos de coagulación-floculación. Estos facilitan la retirada de las sustancias en suspensión y de las partículas coloidales.

- La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí;
- La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados sedimentadores.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 1

PREPARACIÓN DEL FLOCULANTE # 1

- 1 Coloca en un beaker de 250 ml 5.0 g de cascara verde de cablote (es preferible obtener la cáscara de las ramas, donde es más delgada y no del tronco)
- 2 Dejar reposar durante 24 horas.
- 3 Trasvasar el líquido obtenido y envasar. Este líquido se utilizará en el procedimiento 2 como floculante.

PREPARACIÓN DEL FLOCULANTE # 2

1. Triturar las frutillas de caulote, hasta convertir en polvo.
2. Coloca en un beaker de 250 ml 1 g de frutillas de caulote

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 2

CLARIFICACION DEL AGUA

1. Coloca en un beaker 250 ml agua de fábrica
2. En otro beaker de 250 ml coloca agua domestica
3. En otro beaker de 250 ml coloca agua de crique

4. Mida el pH de las muestras.
5. Agregue 20 ml del floculante preparado en la primera parte a los 250 ml de agua de fábrica, doméstica o de crique. Agite hasta mezclar completamente.
6. Mida el pH de las muestras, ahora con floculante.
7. Llene la tabla de resultados
8. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo. (en estos dos días también se medirá el pH)
9. Repita los pasos 1 a 3 y agregue 1.0 g de la frutilla triturada a cada beaker.
10. Mida el pH de las muestras, ahora con floculante.
11. Llene la tabla de resultados.
12. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo. (en estos dos días también se medirá el PH).
13. Repita los pasos 1 a 3 y agregue 4.0 ml de floculante industrial Sea Klear
14. Mida el PH de las muestras, ahora con floculante.
15. Llene la tabla de resultados.
16. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo. (en estos dos días también se medirá el pH).
17. Repita los pasos 1 a 3 y agregue 4.0 ml de floculante industrial Super Blue
18. Mida el PH de las muestras, ahora con floculante.
19. Llene la tabla de resultados.
20. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo. (en estos dos días también se medirá el pH).

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE MEDICIÓN DE pH DEL CAULOTE

Medición de pH

Floculante	Tipo de agua	Color		pH Inicial sin Floculante	Etapa de Clarificación		
		Inicial	Final		pH Día 1	pH Día 2	Día Final
Corteza Cablote	Doméstica						
	Fábrica						
	Criquet						
Semilla Cablote	Doméstica						
	Fábrica						
	Criquet						
Floculante industrial natural "Sea klear"	Domestica						
	Fabrica						
	Criquet						
Floculante natural "Super Blue"	Domestica						
	Fabrica						
	Criquet						

Turbidez

Floculante natural Cablote	Tipo de agua	Turbidez Inicial sin floculante	Turbidez final con floculante
Corteza	Doméstica		
	Fábrica		
	Criquet		
Semilla	Doméstica		
	Fábrica		
	Criquet		
Floculante industrial I “Sea klear”	Doméstica		
	Fabrica		
	Criquet		
Floculante “Super Blue”	Doméstica		
	Fabrica		
	Criquet		

Oxígeno en muestras con floculantes naturales

Floculante natural Cablote	Tipo de agua	Oxigeno Inicial sin Floculante	Oxigeno inicial con floculante	Día Final
Corteza	Doméstica			
	Fábrica			
	Criquet			
Semilla	Doméstica			
	Fábrica			
	Criquet			

Oxígeno en muestras con floculantes comerciales

Floculante natural	Tipo de agua	Oxigeno Inicial sin Floculante	Día final
Floculante industrial "Sea klear"	Domestica		
	Fabrica		
	Criquet		
Floculante "Super blue"	Domestica		
	Fabrica		
	Criquet		



IVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL “FRANCISCO MORAZÁN”

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL

San Pedro Sula, Honduras

Facultad de Ciencias y Tecnología Sección de Ciencias Naturales

4.1.3 PRÁCTICA DE LABORATORIO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN CON CASULLA DE CAFÉ

OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos que produce la utilización de la casulla de café en aguas contaminadas, específicamente de crique, fábrica y doméstica del departamento de Cortes.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los efectos floculantes de las casullas de café sobre las aguas contaminadas a través de la medición de parámetros tales como: pH.

Identificar los niveles de turbidez y oxígeno de las muestras de agua por medio instrumentos modernos y confiable como el Turbidímetro y el oxímetro.

MATERIALES Y EQUIPO

9 Beaker de 250 ml

2 Morteros con pilón

4 Capsulas de Petri

pH metro

Agua contaminada de crique, doméstica y de fábrica

5g de casulla de café.

Axiometro

Turbidímetro

Floculante Sea Klean (Natural)

Floculante súper blue (Artificial)

TEORÍA RESUMIDA

La coagulación es el método más importante para la remoción de partículas coloidales y suspendidas (80 a 90% de remoción), (Metcalf, 1979) del agua en su potabilización. Además de reducir la turbidez del agua, la coagulación parcialmente remueve el color, bacterias (80 a 90%), (Metcalf, 1979) y virus (Kelderman & Kruis, 2001).

La casulla de café es un floculante ecológico porque lo que se emplea en la fabricación del mismo es la cascara que se desecha en el proceso de cosecha o recolección del grano, y es importante mencionar este mismo material se emplea en la fabricación de abono orgánico, utilizando este tipo de producto se reemplazan a los productos sintéticos dañinos para el medio ambiente.

La casulla de café aparte de ser un buen floculante es bastante utilizado en la producción de abonos y también se fabrican alimentos para animales.

nos beneficia el proceso de floculación en nuestra vida.

Nos ayuda a tener una mejor calidad de vida contando con agua más clara y con niveles de acidez asimilables para el organismo, esto se traduce en mejor salud para todos.

Para que la casulla de café funcione bien se debe de tomar en cuenta el hecho de que la misma este lo más fresca posible porque al fermentarse, tiende a oscurecerse envés de aclarar el agua la torna color vino.

En el agua sucia de la piscina hay partículas y/o sustancias disueltas lo que hace la coagulación y la floculación es facilitar el retroceso de estas sustancias, estas partículas en suspensión forman parte de las impurezas del agua que causan la turbidez, el color (partículas orgánicas, arcillas, arenas, etc.).

La floculación es un proceso suplemento de la coagulación, a un coloide o solución se le agrega un coagulante que forma "coágulos" unión de partículas, y luego se

agrega un floculante que hace que los coágulos se unan y formen floculo " coágulos más grandes" que precipitan rápido por una masa mayor, y forma una solución cristalina clara.

El funcionamiento del coagulante es que cuando lo agregas carga ligeramente las partículas con carga positiva o negativa y estas se unen por diferencia en sus polos (polos opuestos) y luego el floculante hace lo mismo, lo que forma flóculos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 1

CLARIFICACION DEL AGUA

1. Coloca en tres beaker 250 ml de agua de crique, fábrica y doméstica.
 2. Tritura las casullas de café en un mortero con un pilón.
3. Coloca 5 g de casullas de café en cada uno de los beaker de agua doméstica y otros 5 g en otro beaker con agua de fábrica.
 4. Mide el pH inicial de las muestras sin usar las semillas (serían las muestras patrón)
 5. Mide el pH inicial de cada una de las muestras
 6. Llene la tabla de resultados
 7. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo.

RESULTADOS

Complete la tabla según las observaciones que se van realizando cada día la tabla que se le presenta a continuación.

TABLA N°1 PH SOLUCION PATRON

No contiene casulla de café	Tipo de agua	Color		Etapa de clarificación			
				PH	PH	PH	PH
		Inicial	Final	Día 1	Día 2	Día 3	Final
	Domestica						
	Fabrica						
	Crique						

TABLA N°2 PH con casulla de café

Floculante	Tipo de agua	Color		Etapa de clarificación			
				PH	PH	PH	PH
		Inicial	Final	Día 1	Día 2	Día 3	Final
Casulla de café							
	Domestica						
	Fabrica						
	Crique						

TABLA N°4 PH FLOCULANTE SINTETICO

Super blue	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Sea klear	Etapa de clarificación					
		PH	PH	PH	PH	PH		PH	PH	PH	PH		
		Día	Día	Día	Final	Final		Día	Día	Día	Final		
		1	2	3				1	2	3			
	Domestica												
	Fabrica												
	Criquet												

TABLA N° 5 TURBIDEZ SOLUCION PATRON Y CON CASULLA DE CAFÉ

No contiene casulla de café	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Con casulla de café	Etapa de clarificación					
		T	T	T	Turbidez	Turbidez		T	T	T	Turbidez		
		Día	Día	Día	Final	Final		Día	Día	Día	Final		
		1	2	3				1	2	3			
	Domestica												
	Fabrica												
	Criquet												

TABLA N° 6

TURBIDEZ CON CASULLA DE CAFÉ Y FLOCULANTE ARTIFICIAL

Casulla de café	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Etapa de clarificación						
		T	T	T	Turbidez	Turbidez	T	T	T	Turbidez			
		Día 1	Día 2	Día 3	Final	Final	Día 1	Día 2	Día 3	Final			
	Domestica												
	Fabrica												
	Criquet												
						Floculante artificial super blue							
							Sea klear						

TABLA N° 7 OXIGENO SOLUCION PATRON Y CON CASULLA DE CAFÉ

No contiene casulla de café	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Etapa de clarificación						
		O	O	O	Oxigeno	Oxigeno	O	O	O	Oxigeno			
		Día 1	Día 2	Día 3	Final	Final	Día 1	Día 2	Día 3	Final			
	Domestica												
	Fabrica												
	Criquet												
						con casulla de café							



TABLA N° 8 OXIGENO CON CASULLA DE CAFÉ Y FLOCULANTE ARTIFICIAL

Casulla de café	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Etapa de clarificación						
		O	O	O	Oxigeno	Oxigeno	O	O	O	Oxigeno			
		Día 1	Día 2	Día 3	Final	Final	Día a 1	Día 2	Día 3	Final			
	Domestica												
	Fabrica												
	Crique												

CUESTIONARIO

1. Considera que la casulla del café es un floculante ecológico y explique por qué.
2. ¿Cuáles son las propiedades que tiene la casulla del café?
3. En que nos beneficia el proceso de floculación en nuestra vida.
4. ¿Que debe tomar en cuenta para que la casulla del café funcione bien?

**CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL
San Pedro Sula, Honduras**

Facultad de Ciencias y Tecnología Sección de Ciencias Naturales

Practica de Laboratorio

**4.1.4 PRÁCTICA DE LABORATORIO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN CON
ALMIDÓN YUCA**

OBJETIVO GENERAL

*Analizar los efectos que produce la utilización de almidón en aguas contaminadas, específicamente de fábrica, doméstica y crique del departamento de Cortes.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

*Determinar los efectos floculantes del almidón sobre las aguas contaminadas a través de la medición de parámetros tales como: pH, turbidez.

* Calcular la cantidad óptima de coagulante y floculante para clarificar cierto volumen de agua.

*Aprender un nuevo método de clarificación y pre-tratamiento de aguas.

MATERIALES Y EQUIPO

9 Beaker de 250ml

2 Morteros con pilón

2 Capsulas de Petri

pH metro

Agua contaminada doméstica, fábrica y crique

5g de almidón

Oxímetro

Turbidímetro

pipeta digital

agua destilada

floculante sintético.

TEORÍA RESUMIDA

Coagulación-floculación de las impurezas del agua.

El agua consta de tres tipos principales de impurezas: físicas, químicas y biológicas. Desde el punto de vista físico se puede hablar que los sólidos totales que son impurezas del agua se pueden clasificar como partículas no filtrables o en suspensión, filtrables o disueltas y una tercera posibilidad es el caso intermedio que corresponde a los coloides.

La coagulación y la floculación son procesos primarios de clarificación del agua. Ambos procesos se pueden definir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flóculos tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar Coagulación.

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo o precipitado.

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado. Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

Mandioca o yuca

Manihot esculenta pertenece a la familia Euphorbiaceae constituidas por unas 7200 especies que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactositos. Es un arbusto perenne.

Es monoica de ramificación simpodial y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 5 m, aunque la altura máxima generalmente no excede los 3 m (Ceballos, H y Cruz, A 2002).

Canepa y colaboradores en su estudio Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario demostraron que plantas con alto contenido de almidones como el plátano o la yuca son buenos en el proceso de coagulación-floculación en lixiviados.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 1

CLARIFICACION DEL AGUA

1. Coloca en tres beaker 250 ml de agua de fábrica, doméstica y de crique.
2. Rotula el beaker con el nombre de cada agua de fábrica, doméstica y crique.
3. Coloca la muestra patrón o inicial de cada una de las aguas.
4. Mide el pH inicial de las muestras sin usar las semillas (serían las muestras patrón)
5. Coloca 5 g de almidón triturado de yuca en cada uno de los beaker.
6. coloca 0.4 ml de floculante sintético en un beaker con agua de fabrica, doméstica y de crique.
7. Mide el pH, turbidez y oxígeno disuelto de cada una de las muestras que contengan almidón por tres días.
8. Mide el pH, turbidez y oxígeno disuelto de cada una de las muestras que contengan floculante sintético por tres días.
9. Llene la tabla de resultados
10. Observa durante tres días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo.
11. Grafique los resultados.

RESULTADOS

Complete la tabla que se le presenta a continuación según las observaciones que se van realizando cada día.

TABLA N°1 pH SOLUCION PATRON

No contiene almidón	Tipo de agua	color		Etapa de clarificación			
		Inicial	Final	pH	pH	pH	pH
				Día 1	Día 2	Día 3	Final
	Domestica						
	Fabrica						
	Crique						

TABLA N°2 pH ALMIDÓN DE YUCA

Floculante	Tipo de agua	color		Etapa de clarificación			
		Inicial	Final	pH	pH	pH	pH
Almidón				Día 1	Día 2	Día 3	Final
	Domestica						
	Fabrica						
	Crique						

TABLA N°4 PH FLOCULANTE SINTETICO

Super blue	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Sea klear	Etapa de clarificación					
		pH	pH	pH	pH	pH		pH	pH	pH	pH		
		Día	Día	Día	Final	Final		Día	Día	Día	Final		
		1	2	3				1	2	3			
	Domestica												
	Fabrica												
	Crique												

TABLA N° 5 TURBIDEZ SOLUCION PATRON Y CON ALMIDON DE YUCA

No contiene almidón	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Almidón (yuca)	Etapa de clarificación					
		T	T	T	Turbidez	Turbidez		T	T	T	Turbidez		
		Día	Día	Día	Final	Final		Día	Día	Día	Final		
		1	2	3				1	2	3			
	Domestica												
	Fabrica												
	Crique												

TABLA N° 7 OXIGENO SOLUCION PATRON Y CON ALMIDON DE YUCA

	Tipo de agua	Etapa de clarificación				Etapa de purificación	Etapa de clarificación						
		O	O	O	Oxígeno		Oxígeno	O	O	O	Oxígeno		
		Día 1	Día 2	Día 3	Final		Final	Día 1	Día 2	Día 3	Final		
No contiene almidón	Domestica												
	Fabrica												
	Criquet												
Almidón (yuca)													

CUESTIONARIO

1. Considera usted que el almidón es un floculante ecológico y explique por qué.
2. ¿Cuáles son las propiedades que tiene la yuca?
3. En que nos beneficia el proceso de floculación en nuestra vida.
4. ¿Que debe tomar en cuenta para que el almidón funcione bien?

4.2 Prácticas de laboratorio de floculación-coagulación a partir de chatarra metálica.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL “FRANCISCO MORAZÁN”

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL

San Pedro Sula, Cortes. Honduras

Facultad de Ciencias y Tecnología Sección de Ciencias Naturales

4.2.1 PRÁCTICA DE LABORATORIO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN CON CHATARRA METÁLICA DE HIERRO

OBJETIVO GENERAL

* Analizar los efectos que produce la utilización de chatarra metálica de hierro y ácido clorhídrico como coagulante - floculante en aguas contaminadas de fábrica, doméstica y crique del departamento de Cortés.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

* Utilizar cloruro férrico elaborado a partir de la chatarra metálica de hierro y ácido muriático como coagulante – floculante en aguas contaminadas de fábrica, criquet y doméstica, tomándoles el pH, turbidez y demanda de oxígeno.

* Anotar los resultados obtenidos en la tabla y establecer la efectividad y diferencias que tiene el cloruro férrico como coagulante – floculantes elaborado a partir de chatarra metálica de hierro y ácido clorhídrico con la sustancia sintética de cloruro férrico.

*Calcular la cantidad óptima de coagulante y floculante para clarificar cierto volumen de agua.

MATERIALES Y EQUIPO

- ❖ 6 Beaker de 250 ml
- ❖ Oxímetro
- ❖ Turbidímetro
- ❖ Pipeta digital
- ❖ Balanza analítica
- ❖ pH-métro
- ❖ Varilla de hierro
- ❖ Vidrio de reloj
- ❖ Mechero bunsen
- ❖ Agua contaminada: doméstica
- ❖ Agua contaminada: fábrica
- ❖ Agua contaminada: Cique
- ❖ Clavos pequeños o viruta de hierro de un taller mecánico
- ❖ Cloruro férrico

TEORIA RESUMIDA

Coagulación-floculación de las impurezas del agua.

La coagulación y la floculación son procesos primarios de clarificación del agua. Ambos procesos se pueden definir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flóculos tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar Coagulación.

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo o precipitado.

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

EL pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de complejos órgano férricos y, en casos raros, como sulfuros. Es frecuente que se presente en forma coloidal en cantidades apreciables. Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe II) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso: $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/L a 0,3 mg/L, que es la concentración recomendada para el agua de consumo. Sin embargo, es posible que haya problemas si el hierro está presente en complejos orgánicos inestables. Por lo general, en el agua es más difícil de controlar el manganeso que el hierro.

Su remoción se realiza formando sales insolubles, para lo cual, en muchos casos, es necesario el uso de oxidantes y un pH alto. Es necesario elevar el pH de 8,5 a 10,0, pero la precipitación es mejor cuando la aeración está acompañada por un contacto de dióxido de manganeso o un lecho de mineral de pirolusita.

El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño que sedimenten con mayor eficiencia.

La coagulación es un proceso en el que sustancias químicas como el FeCl_2 son añadidas a un sistema de agua con el objeto de crear u originar agregados de elementos finamente divididos, para que sedimenten rápidamente.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 1

PREPARACIÓN DEL FLOCULANTE # 1 CON CHATARRA METÁLICA DE HIERRO PARA OBTENER LA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE CLORURO FÉRRICO.

1. Pesar 5 g viruta de hierro de un taller mecánico previamente lavado.
2. Colocar las virutas en un vaso de precipitado de 250 ml.
3. Agregar 25 ml de ácido clorhídrico concentrado o ácido muriático medido con una pipeta y 25 ml de H₂O.
4. Agitar y esperar que se disuelva totalmente, verificando con la varilla de vidrio que se disuelva la mayor cantidad de hierro.
5. Agitar con la varilla de vidrio hasta que la solución cambie de color verdoso a color marrón oscuro.
6. Si no cambia a color marrón, agregar 10 ml de agua oxigenada hasta que se produzca el cambio de color.
7. La solución de cloruro férrico contiene 1.5 ml de la solución obtenida y diluirla en 100 ml de H₂O para neutralizar el FeCl₃obtenido a partir de la chatarra.
8. Trasvasar el líquido obtenido y envasar. Este líquido se utilizará en el procedimiento 2 como floculante.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 2

PREPARACIÓN DEL FLOCULANTE # 2 CON CHATARRA METÁLICA DE HIERRO PARA OBTENER LA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE CLORURO FÉRRICO.

1. Pesar 5 g de clavos de hierro de una construcción previamente lavado.
2. Colocar los clavos en un vaso de precipitado de 250 ml.
3. Agregar 25 ml de ácido clorhídrico concentrado o ácido muriático medido con una pipeta y 25 ml de H₂O.

4. Agitar y esperar que se disuelva totalmente, verificando con la varilla de vidrio que se disuelva la mayor cantidad de hierro.
5. Agitar con la varilla de vidrio hasta que la solución cambie de color verdoso a color marrón oscuro.
6. Si no cambia a color marrón, agregar 10 ml de agua oxigenada hasta que se produzca el cambio de color.
7. La solución de cloruro férrico contiene 1.5 ml de la solución obtenida y diluirla en 100 ml de H₂O para neutralizar el FeCl₃ obtenido a partir de la chatarra.
8. Trasvasar el líquido obtenido y envasar. Este líquido se utilizará en el procedimiento 2 como floculante.

PROCEDIMIENTO 3

CLARIFICACION DEL AGUA

1. Coloca en un beaker 250 ml agua de fábrica.
2. En otro beaker de 250 ml coloca agua doméstica.
3. En otro beaker de 250 ml coloca agua de crique
4. Mida el pH, turbidez y oxígeno disueltos de las muestras.
5. Agregue 2 ml del floculante preparado en el 1° procedimiento y en el 2° procedimiento por separado a 250 ml de agua de fábrica, doméstica o de crique. Agite hasta mezclar completamente.
6. Mida el pH de las muestras, ahora con floculante.
7. Llene la tabla de resultados.
8. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo.
9. Repita los pasos 1 a 3.

10. agregue 1.0 ml de floculante industrial de cloruro férrico concentrado.
11. Mida el pH, turbidez y oxígeno disueltos de las muestras, ahora con floculante sintético de cloruro férrico.
12. Llene la tabla de resultados.
13. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo.
14. Grafique los resultados.

RESULTADOS

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	COLOR		ETAPA DE CLARIFICACIÓN			
		Inicial	Final	pH	pH	pH	pH
				Muestra patrón	Día 1	Día 2	Día 3
Chatarra metálica de hierro y ácido clorhídrico	Fábrica						
	Criquet						
	Doméstica						
Cloruro férrico industrial	Fábrica						
	Criquet						
	Doméstica						
Viruta de hierro	Fábrica						
	Criquet						
	Doméstica						

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)			OXIGENO		
		Muestra Patrón	Día 1	Día 2	Muestra Patrón	Día 1	Día 2
Chatarra metálica de hierro(clavo) y ácido clorhídrico	Fábrica						
	Criquet						
	Domestica						
Cloruro férrico industrial	Fábrica						
	Criquet						
	Doméstica						
Viruta de hierro	Fabrica						
	Criquet						
	Domestica						

EVALUACIÓN

1. ¿Qué materiales utilizamos para preparar el floculante?
2. ¿En que nos beneficia el proceso de floculación en nuestra vida?
3. ¿Que debe tomar en cuenta para que el hierro funcione bien como floculante?



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL “FRANCISCO MORAZÁN”

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL

San Pedro Sula, Cortes. Honduras

Facultad de Ciencias y Tecnología Sección de Ciencias Naturales

4.2.2 PRÁCTICA DE LABORATORIO COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN CON CHATARRA METÁLICA DE ALUMINIO

OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos que produce la utilización de chatarra metálica de aluminio y ácido sulfúrico como coagulante - floculante en aguas contaminadas de crique y doméstica del departamento de Cortés.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Utilizar sulfato de aluminio elaborado a partir de la chatarra metálica de aluminio y ácido sulfúrico como coagulante – floculante en aguas contaminadas de crique y doméstica, tomándoles el pH, turbidez y demanda de oxígeno.
- ❖ Anotar los resultados obtenidos en la tabla y establecer la efectividad y diferencias que tiene el sulfato de aluminio como coagulante – floculantes elaborado a partir de chatarra metálica de aluminio y ácido sulfúrico con la sustancia sintética de sulfato de aluminio.

MATERIALES Y EQUIPO

- ❖ 4 Beaker de 250 ml
- ❖ Oxímetro
- ❖ Turbidímetro
- ❖ Pipeta digital
- ❖ Balanza analítica
- ❖ pH-métro
- ❖ Desperdicios de aluminio
- ❖ Latas de aluminio
- ❖ Ácido sulfúrico

- ❖ Sulfato de aluminio
- ❖ Vidrio de reloj
- ❖ Mechero bunsen
- ❖ Agua contaminada: doméstica y de crique

TEORIA RESUMIDA

COAGULACION Y FLOCULACION DE CONTAMINANTES DEL AGUA.

La coagulación es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

La coagulación es el tratamiento más eficaz es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

El **sulfato de aluminio** es una sal de fórmula $Al_2(SO_4)_3$, es sólido y blanco (en el caso del sulfato de aluminio tipo A, con un contenido de hierro inferior 0.5%) y marrón para el caso del sulfato de aluminio tipo B (contenido de hierro inferior al 1,5%). Es ampliamente usada en la industria, comúnmente como floculante en la purificación de agua potable y en la industria del papel. Cuando el pH del agua es débilmente ácido, neutro o débilmente alcalino, el aluminio precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente. Esta propiedad es comúnmente usada en piscinas y para tratamiento de aguas industriales para evitar formación de gérmenes y algas.

Atrapamiento de Partículas dentro de un Precipitado

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floculante cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalente como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, o Cloruro Férrico $FeCl_3$, el floculante está formado de moléculas de $Al(OH)_3$ o de $Fe(OH)_3$.

La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales acelera la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la cantidad de coagulante requerida. En otras palabras, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante.

Los coagulantes más utilizados son sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados.

Alcalinidad.- Es un método de análisis, con el que se determina el contenido de bicarbonatos (HCO_3^-); carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos de un agua natural o tratada. La alcalinidad tiene relación con el pH del agua.

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería.

Los compuestos que pueden estar presentes en el agua pueden ser:

- Sólidos en suspensión;
- Partículas coloidales (menos de 1 micra), gobernadas por el movimiento browniano.
- Sustancias disueltas (menos que varios nanómetros).

El fenómeno de coagulación generalmente implica la presencia de aluminio o hierro, en conjunción con un anión fuerte, sulfato o cloruro. El sulfato de aluminio, coagulante por excelencia, encuentra múltiples aplicaciones gracias a su eficacia y flexibilidad en la remoción de aguas con alta turbiedad y bajo color, así como en casos de baja turbiedad con color.

Es conveniente regular el pH para incrementar la efectividad del dosaje, recomendando trabajar entre 5.5 y 8, o inclusive a más de 9 cuando simultáneamente se ablanda el agua con agregado de cal y/o soda Solvay. En algunos casos, el sulfato de aluminio es reemplazado con ventajas por productos similares, como el sulfato o cloruro de hierro. El fenómeno electrostático es similar en todos los casos, ya que la misión del anión es neutralizar las cargas positivas de los metales -que se repelen- favoreciendo la aglomeración de partículas -flóculos- que conforman una masa gelatinosa.

El **sulfato de aluminio** es una sal de fórmula $Al_2(SO_4)_3$, es sólido y blanco (en el caso del sulfato de aluminio tipo A, con un contenido de hierro inferior 0.5%) y marrón para el caso del sulfato de aluminio tipo B (contenido de hierro inferior al 1,5%). Es ampliamente usada en la industria, comúnmente como floculante en la purificación de agua potable y en la industria del papel. Cuando el pH del agua es débilmente ácido, neutro o débilmente alcalino, el aluminio precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente. Esta propiedad es comúnmente usada en piscinas y para tratamiento de aguas industriales para evitar formación de gérmenes y algas.

Los coagulantes metálicos (alumbre: $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ y sales de hierro), han sido los más empleados en la clarificación del agua. Estos productos actúan como coagulantes y floculantes a la vez. Añadidos al agua forman especies cargadas positivamente en el intervalo de pH típico para la clarificación que va entre 6 y 7. Como ya se vio esta reacción produce aluminio gelatinoso insoluble o hidróxido férrico.

Los coagulantes metálicos son muy sensibles al pH y a la alcalinidad. Si el pH no está dentro del rango adecuado, la clarificación es pobre y pueden solubilizarse el hierro o el aluminio. Cuanto menor sea la dosis de coagulante, tanto mayor será la sensibilidad del floculo a cambios en el pH.

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá esta y más alta será la turbidez.

La turbidez es considerada una buena medida de la calidad de agua.

RECOMENDACIONES

- ✚ Manejar con mucho cuidado las muestras de agua, ya que están contaminadas.
- ✚ Calibrar siempre el pH metro antes de utilizarlo con las muestras y limpiarlo entre cada medición con agua destilada para que el resultado sea válido.
- ✚ Al preparar la chatarra metálica tener mucho cuidado al manipular el ácido sulfúrico.
- ✚ No utilizar el floculante de chatarra metálicas después de 3 días ya que este cada vez se va concentrando convirtiéndose en una sal.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

PROCEDIMIENTO 1

PREPARACIÓN DEL FLOCULANTE # 1

CON CHATARRA METÁLICA DE ALUMINIO PARA OBTENER LA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE SULFATO DE ALUMINIO.

1. Pesar 10 g de viruta de aluminio lavado para eliminar las impurezas.
2. Colocar el aluminio en un vaso de precipitados de 250 ml.
3. Agregar 25 ml de ácido sulfúrico concentrado.
4. Colocar el beaker con todas las sustancias y calentar a unos 100 °C.
5. Esperar el aluminio se disuelva totalmente, verificando con la varilla de vidrio que no haya trozos sin disolver.

6. Agitar con la varilla de vidrio hasta que la solución cambie de color transparente a color lechoso.
7. Trasvasar el líquido obtenido y envasar. Este líquido se utilizará en el procedimiento 2 como floculante.

Preparación de floculante # 2:

1. Disolver 0.57 g de sulfato de aluminio sintético al 1.0 N en 10 ml de agua destilada para hacer las comparaciones con el sulfato de aluminio obtenido en el procedimiento # 1.

PROCEDIMIENTO 2

CLARIFICACION DEL AGUA CON CHATARRA DE SULFATO DE ALUMNIO

1. Coloca en un beaker 250 ml agua de crique
2. En otro beaker de 250 ml coloca agua domestica
4. Mida el pH, turbidez y oxígeno disueltos de las muestras.
5. Agregue 1.0 ml del floculante preparado en la primera parte a los 250 ml de agua de crique, doméstica y fabrica
6. Agite hasta mezclar completamente.
7. Mida el pH, turbidez y oxígeno de las muestras, ahora con floculante.
8. Llene la tabla de resultados
9. Repita los pasos del 1-3
10. Agregue 1 ml de floculante de sulfato de aluminio sintético a cada muestra. 11. Al siguiente día trasvasar las 6 muestras, para quitar todo el sedimento.
12. Mida el pH, turbidez y oxígeno disueltos de las muestras, ahora sin el sedimento anteriormente coagulado y floculado.
13. Llene la tabla de resultados.
14. Observe por 2 días más, repitiendo los pasos 11 y 12.

Sustancia	Tipo de agua	Color		Etapa de Clarificación			
		Inicial	Final	pH muestra patrón	pH día 1	pH día 2	pH día 3
Chatarra metálica de aluminio y ácido sulfúrico	Criquet						
	Doméstica						
Sulfato de aluminio	Criquet						
	Doméstica						

RESULTADOS

Etapa de clarificación medición de turbidez y demanda de oxígeno

EVALUACIÓN

1. ¿En que nos beneficios utilizar floculantes elaborados con chatarra metálica?
2. ¿Cuáles son las propiedades que tiene el Sulfato de Aluminio?
3. ¿Qué otros floculantes metálicos existen?



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL "FRANCISCO MORAZÁN"
CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL
San Pedro Sula, Cortes. Honduras
Facultad de Ciencias y Tecnología
Sección de Ciencias Naturales

4.2.3 PRÁCTICA DE LABORATORIO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN CON CHATARRA METÁLICA DE ZINC.

OBJETIVOS GENERAL

- ❖ Analizar los efectos que produce la utilización de chatarra metálica de zinc y ácido sulfúrico como coagulante - floculante en aguas contaminadas doméstica y crique del departamento de Cortés.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Utilizar sulfato de zinc elaborado a partir de la chatarra metálica de zinc con ácido sulfúrico como coagulante – floculante en aguas contaminadas de crique y doméstica, tomándoles el pH, turbidez y demanda de oxígeno.
- ❖ Establecer diferencias sobre la efectividad que tiene el cloruro férrico como coagulante – floculantes elaborado a partir de la chatarra metálica de zinc y ácido sulfúrico con el sulfato de zinc sintético.

MATERIALES Y EQUIPO

- ❖ 4 Beaker de 250 ml
- ❖ Oxímetro
- ❖ Turbidímetro
- ❖ Pipeta digital
- ❖ Balanza analítica
- ❖ PH-metro
- ❖ Desperdicios de zinc de construcciones
- ❖ Ácido sulfúrico
- ❖ Sulfato de zinc
- ❖ Pilas usadas para sacar la cubierta de zinc
- ❖ Vidrio de reloj
- ❖ Mechero bunsen
- ❖ Agua contaminada: doméstica y crique

TEORIA RESUMIDA

Coagulación-Floculación Es el proceso más utilizado para eliminar las sustancias que producen turbidez en el agua. Consiste en añadir productos químicos que provocan la alteración del estado físico de los sólidos disueltos y de aquellos que están en suspensión, produciendo su precipitación y posterior eliminación por sedimentación o filtración. Esta alteración del estado físico se produce debido a la interacción de las diferentes partículas presentes en el líquido, que aunque globalmente la carga neta de la suspensión es 0, a nivel microscópico existen diferencias significativas de carga.

Esta operación consta de cuatro procesos o etapas: mezclado, coagulación, floculación (proceso en el que los diferentes coágulos suspendidos se aglomeran unos a otros) y decantación.

El uso de floculantes constituye una de las vías utilizadas para cambiar o controlar la estabilidad de las suspensiones, con vistas a favorecer la separación del sólido empleando operaciones de sedimentación, flotación o filtración. En general, los floculantes tienen como objetivo fundamental propiciar la agregación de las partículas dispersas mediante mecanismos de floculación y coagulación.

En numerosos procesos, la floculación química es una operación crucial para lograr estos propósitos. El proceso de floculación-coagulación está afectado por numerosas variables relativas al floculante, a las condiciones del proceso y a la naturaleza de la muestra, todas relacionadas entre sí.

La dosis de polímero y su naturaleza, entre otras variables, son factores cruciales en el proceso de floculación, ya que determinan el mecanismo por el que éste tiene lugar. El tipo de floculante utilizado, así como la dosis a añadir se determina en dependencia de la velocidad de sedimentación que adquiere el mineral en el proceso industrial. La efectividad del floculante se determina de acuerdo con el valor de la

velocidad de sedimentación que provoca en la suspensión. Las pruebas de velocidad de sedimentación se realizan, inicialmente, con la suspensión sin floculante.

La técnica de clarificación es ampliamente difundida en la remoción de turbiedad y color del agua e implica la utilización de coagulantes. Estos provocan que las finas partículas que determinan la turbiedad se agrupen, formando flóculos cuya precipitación y remoción es mucho más simple.

El dosaje de coagulantes requiere una primera etapa de mezclado vigoroso para lograr la dispersión del producto, seguida de agitación lenta que promueve la formación de flóculos. Finalmente, la corriente a clarificar se deja en reposo para que precipite el material suspendido.

El agregado de coagulantes o polielectrolitos puede hacerse a temperatura ambiente o a temperaturas más elevadas. La selección del producto en cuestión y su óptimo dosaje se consideran todavía una suerte de "artesanía", cuya base más firme son resultados empíricos.

La clarificación fue implementada en numerosas plantas potabilizadoras por Obras Sanitarias y es actualmente el tratamiento más difundido en establecimientos industriales y de aguas de consumo que captan aguas de superficie.

RECOMENDACIONES

Manejar con mucho cuidado las muestras de agua, ya que están contaminadas.

Calibrar siempre el pH metro antes de utilizarlo con las muestras y limpiarlo entre cada medición con agua destilada para que el resultado sea válido.

Al preparar la chatarra metálica tener mucho cuidado al manipular el ácido sulfúrico.

No utilizar el floculante de chatarra metálicas después de 3 días ya que este cada vez se va concentrando convirtiéndose en una sal.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL 1

PREPARACIÓN DEL FLOCULANTE # 1 CON CHATARRA METÁLICA DE ZINC PARA OBTENER LA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE SULFATO DE ZINC.

1. Pesar 8 g de viruta de zinc que tienen las pilas o baterías usadas y lavarlo para eliminar otras sustancias adheridas.
2. Colocar el zinc en un vaso de precipitados de 250 ml.
3. Agregar 25 ml de ácido sulfúrico concentrado.
4. Esperar que el zinc se disuelva totalmente, verificando con la varilla de vidrio que no haya trozos sin disolver.
5. Agitar con la varilla de vidrio hasta que la solución cambie de color transparente a color café.
6. Trasvasar el líquido obtenido y envasar. Este líquido se utilizará en el procedimiento 2 como floculante.

PROCEDIMIENTO 2

CLARIFICACION DEL AGUA

1. Colocar en beaker de 250 ml agua domestica
2. En otro beaker de 250 ml coloca agua de crique
3. Mida el pH, turbidez y oxígeno disueltos de las muestras.
4. Agregue 10 ml del floculante preparado en el procedimiento 1 a los 250 ml de agua doméstica y de crique.
5. Agite hasta mezclar completamente.
6. Mida el PH de las muestras, ahora con floculante.
7. Llene la tabla de resultados
8. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo.
9. Repita los pasos 1 a 3.
10. Agregue 1.0 ml de sulfato de zinc sintético

11. Mida el PH, turbidez y oxígeno disueltos de las muestras, ahora con floculante.

12. Llene la tabla de resultados.

13. Observa durante dos días lo que ocurre sin agregar ningún otro aditivo.

RESULTADOS

Etapa de clarificación

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	COLOR		ETAPA DE CLARIFICACIÓN			
		Inicial	Final	pH	pH	pH	pH
				Muestra patrón	Día 1	Día 2	Día 3
Chatarra metálica de Zinc y ácido sulfúrico	CRIQUE						
	DOMÉSTICA						
Sulfato de zinc sintético	CRIQUE						
	DOMÉSTICA						

Etapa de turbidez y demanda de oxígeno

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)			OXIGENO		
		Muestra Patrón	Día 1	Día 2	Muestra Patrón	Día 1	Día 2
Chatarra metálica de Zinc y ácido sulfúrico	CRIQUE						
	DOMÉSTICA						
Sulfato de zinc sintético	CRIQUE						
	DOMÉSTICA						

EVALUACIÓN

1. ¿Cuál de los dos productos es más difícil de llevar a cabo el proceso de clarificación?
2. ¿Qué cuidados se deben tener al realizar una floculación con chatarra?
3. ¿Qué cuidados se deben tener al momento de trasvasar?

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación se obtienen a partir de la adición de dosis de coagulante y/o floculante a una serie de porciones del agua contaminadas de fábrica, doméstica y de crique, determinando después de un período de dos ó tres días, las características del coágulo y algunas propiedades físicas y químicas en las porciones tratadas, que permiten establecer las dosis óptimas de coagulante y/o floculante que deben añadirse al agua para su tratamiento.

En general, se aprecia una tendencia al desplazamiento de las curvas de estabilidad hacia valores de pH más ácidos, con la correspondiente disminución de sus respectivos valores de p.c.c (punto de carga cero) en la medida en que se aumenta la dosis de floculante, siendo este el comportamiento típico de la absorción específica de cationes sobre las partículas para diferentes concentraciones.

A continuación se dan a conocer los resultados obtenidos de cada una de las prácticas de laboratorio de coagulación - floculación.

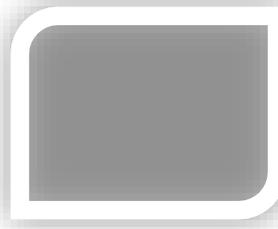
5.1. PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE COAGULANTES – FLOCULANTES A PARTIR DE PLANTAS.

5.1.1 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE-FLOCULANTE CON MORINGA.

En primer lugar se cortaron las vainas de moringa de los árboles de la UPNFM-CURS, luego se prepararon cuatro diferentes formas de hacer coagulantes – floculantes a partir de la moringa a continuación se muestran fotografías del proceso que se realizó.



Saca la semilla de la cáscara



tritura 5 semillas

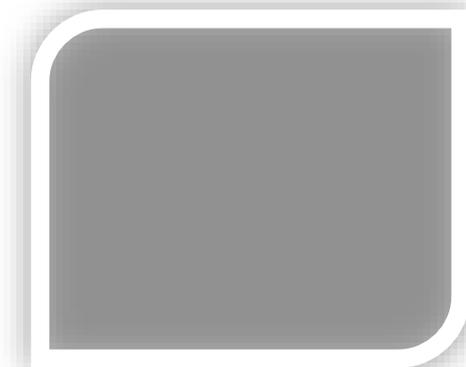
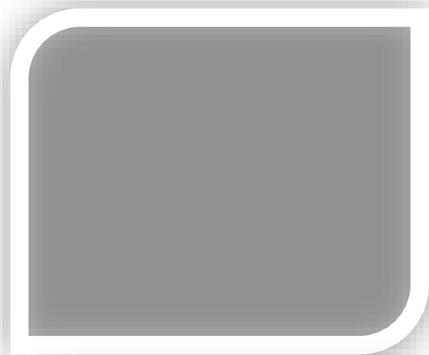


Semilla seca con cáscara



semilla verde sin cáscara

En una gasa, se colocaron 5 semillas trituradas de moringa seca con cascara, seca sin cascara, verde con cascara y verde sin cascara se colocaron en cada una de las muestras de agua: fábrica, criquet y doméstica.



5.1.2 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE- FLOCULANTE CON CORTEZA DE CAULOTE.

Este coagulante – floculante se preparó cortando 5 gramos de corteza verde especialmente de las ramas más tiernas del árbol de caulote y se depositó en 250 ml de agua y luego se dejó reposar por 24 horas para que liberara el componente viscoso presente en su corteza y se trasvasó en un frasco.



5.1.3 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE- FLOCULANTE CON SEMILLA DE CAULOTE.

El segundo coagulante-floculante que se preparó fue con la frutilla de caulote, la cual se trituró un gramo y se usó en cada muestra de agua contaminada.



5.1.4 Preparación del coagulante-floculante con casulla de café

Es uno de los floculantes más fácil de usar en donde solo se saca la semilla al café y la cascara se utilizó en el proceso de coagulación – floculación.

5.1.5 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE- FLOCULANTE CON ALMIDON DE YUCA.

Se tritura 5 gramos de yuca y se coloca en cada una de las muestras



5.2. PROCEDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE COAGULANTES – FLOCULANTES A PARTIR DE CHATARRA METÁLICA.

5.2.1 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE- FLOCULANTE CON CHATARRA METÁLICA DE VIRUTA DE HIERRO Y ÁCIDO CLORHÍDRICO.

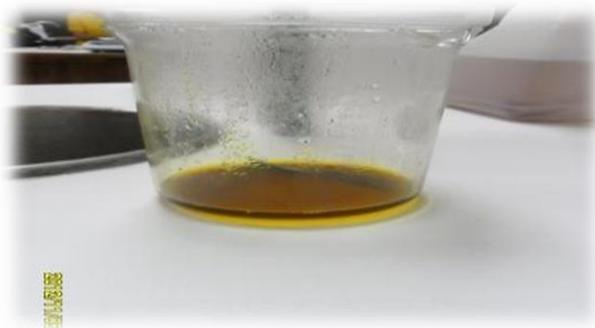
Se pesó 5 g viruta de hierro recolectado en un taller mecánico se lavó y luego, se colocó las virutas en un vaso de precipitado de 250 ml, se le agregó 25 ml de ácido clorhídrico concentrado o ácido muriático medido con una pipeta y 25 ml de H₂O, luego se agitó y esperó que se disuelva totalmente, verificando con la varilla de vidrio que se disuelva la mayor cantidad de hierro y que la solución cambie de color verdoso a color marrón oscuro en caso de no cambiar a color marrón, agregar 10 ml de agua oxigenada hasta que se produzca el cambio de color.

La solución de cloruro férrico contiene 1.5 ml de la solución obtenida y diluirla en 100 ml de H₂O para neutralizar el FeCl₃ obtenido a partir de la chatarra, después se trasvasó el líquido obtenido y envasó.

5.2.2 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE- FLOCULANTE CON CHATARRA METÁLICA DE CLAVOS DE HIERRO Y ÁCIDO CLORHÍDRICO.

Se pesó 5 g de clavos de hierro de una construcción, previamente lavados (2 clavos pequeños) y se colocaron los clavos en un vaso de precipitado de 250 ml, luego se le agregó 25 ml de ácido clorhídrico concentrado o ácido muriático medido con una pipeta y 25 ml de H₂O, se agitó y esperó que se disuelva, verificando con la varilla de vidrio que se disuelva la mayor cantidad de hierro hasta que la solución cambiara de color verdoso a color marrón oscuro, si no cambia a color marrón, agregar 10 ml de agua oxigenada hasta que se produzca el cambio de color.

La solución de cloruro férrico contiene 1.5 ml de la solución obtenida y diluirla en 100 ml de H₂O para neutralizar el FeCl₃ obtenido a partir de la chatarra, por último se trasvasó el líquido obtenido y guardó en un recipiente.



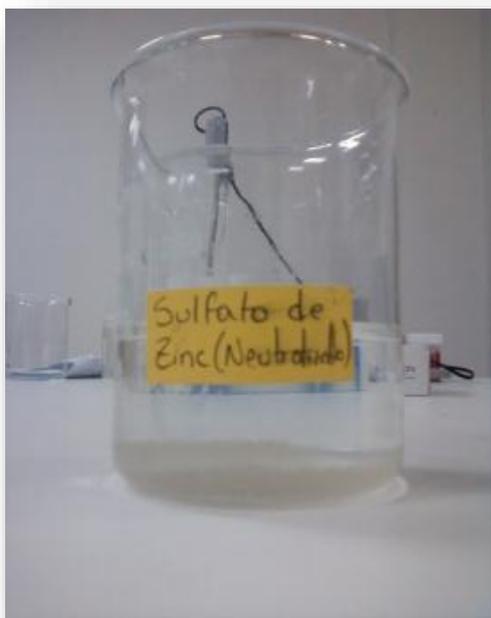
5.2.3 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE- FLOCULANTE CON CHATARRA METÁLICA DE VIRUTA DE ALUMINIO Y ÁCIDO SULFÚRICO

Se pesó 10 g de viruta de aluminio lavado para eliminar las impurezas y se colocó el aluminio en un vaso de precipitado de 250 ml, después se le agregó 25 ml de ácido sulfúrico concentrado, se colocó en un beaker con todas las sustancias y se calentó a unos 100 °C, se esperó que el aluminio se disuelva totalmente, verificando con la varilla de vidrio que no haya trozos sin disolver, al final la mezcla cambió de color transparente a color lechoso y se trasvasó el líquido obtenido y colocó en un bote.

5.2.4 PREPARACIÓN DEL COAGULANTE- FLOCULANTE CON CHATARRA METÁLICA DE ZINC CON ÁCIDO SULFÚRICO PARA OBTENER LA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE SULFATO DE ZINC.

Se pesaron 8 g de viruta de zinc que se extrajo de las baterías usadas, se lavó para eliminar otras sustancias adheridas, luego se le colocó el zinc en un vaso de precipitados de 250 ml y se le agregaron 25 ml de ácido sulfúrico concentrado hasta que el zinc se disolvió y la solución cambió de color transparente a color café.





**CHATARRA DE ZINC Y ÁCIDO
SULFÚRICO NEUTRALIZADO**



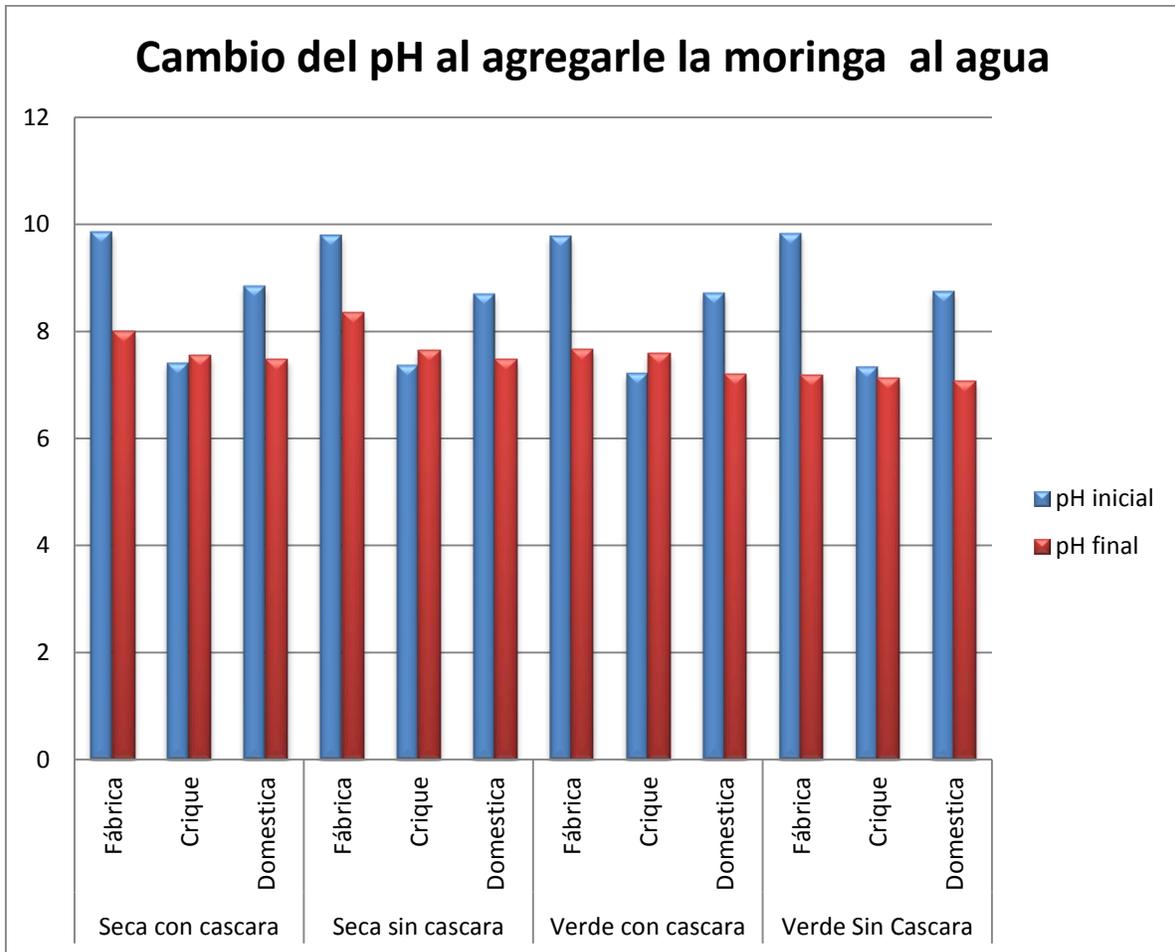
**SULFATO DE ZINC
PREPARADO O SINTETICO**

5.3 EFECTIVIDAD DEL pH

5.3.1 pH CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE MORINGA Y SINTÉTICO.

pH

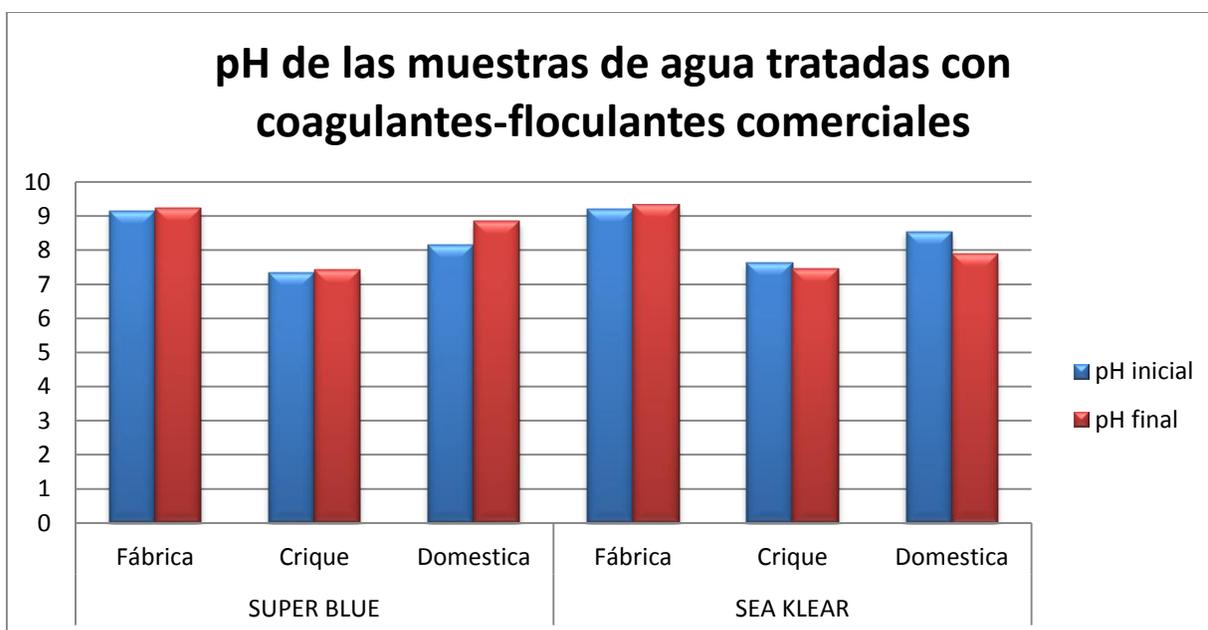
MORINGA	TIPO DE AGUA	pH inicial	pH final
Seca con cascara	Fábrica	9.86 27.4°C	8.00 29.1°C
	Criquet	7.41 27.3°C	7.55 29.1°C
	Domestica	8.85 27.1°C	7.47 29.3°C
Seca sin cascara	Fábrica	9.80 28.0°C	8.35 29.6°C
	Criquet	7.37 27.7°C	7.65 29.8°C
	Domestica	8.70 27.7°C	7.48 29.1°C
Verde con cascara	Fábrica	9.78 28.0°C	7.66 29.0°C
	Criquet	7.22 27.8°C	7.59 29.3°C
	Domestica	8.72 27.2°C	7.20 29.2°C
Verde Sin Cascara	Fábrica	9.83 27.7°C	7.18 29.2°C
	Criquet	7.34 27.7°C	7.12 29.5°C
	Domestica	8.75 27.6°C	7.07 29.5°C



Observando el grafico de barras, se puede notar, que al utilizar moringa verde sin cascara en agua doméstica se obtuvo un resultado más favorable según la escala de 0 a 10 en el pH metro, pero en forma general se puede ver la efectividad que tiene la moringa en sus diferentes presentaciones como coagulante- floculante.

pH CON FLOCULANTES COMERCIALES

ACLARANTES	TIPO DE AGUA	pH inicial	pH final
SUPER BLUE	Fábrica	9.15 27.5°C	9.24 27.1°C
	Crique	7.33 27.4°C	7.41 27.3°C
	Domestica	8.15 26.9°C	8.85 27.1°C
SEA KLEAR	Fábrica	9.21 29.5°C	9.33 30.0°C
	Crique	7.63 28.9°C	7.46 30.0°C
	Domestica	8.54 28.6°C	7.88 29.9°C



Los coagulantes-floculantes comerciales sirven de referencia para comparar la efectividad de la moringa como clarificante de aguas contaminadas.

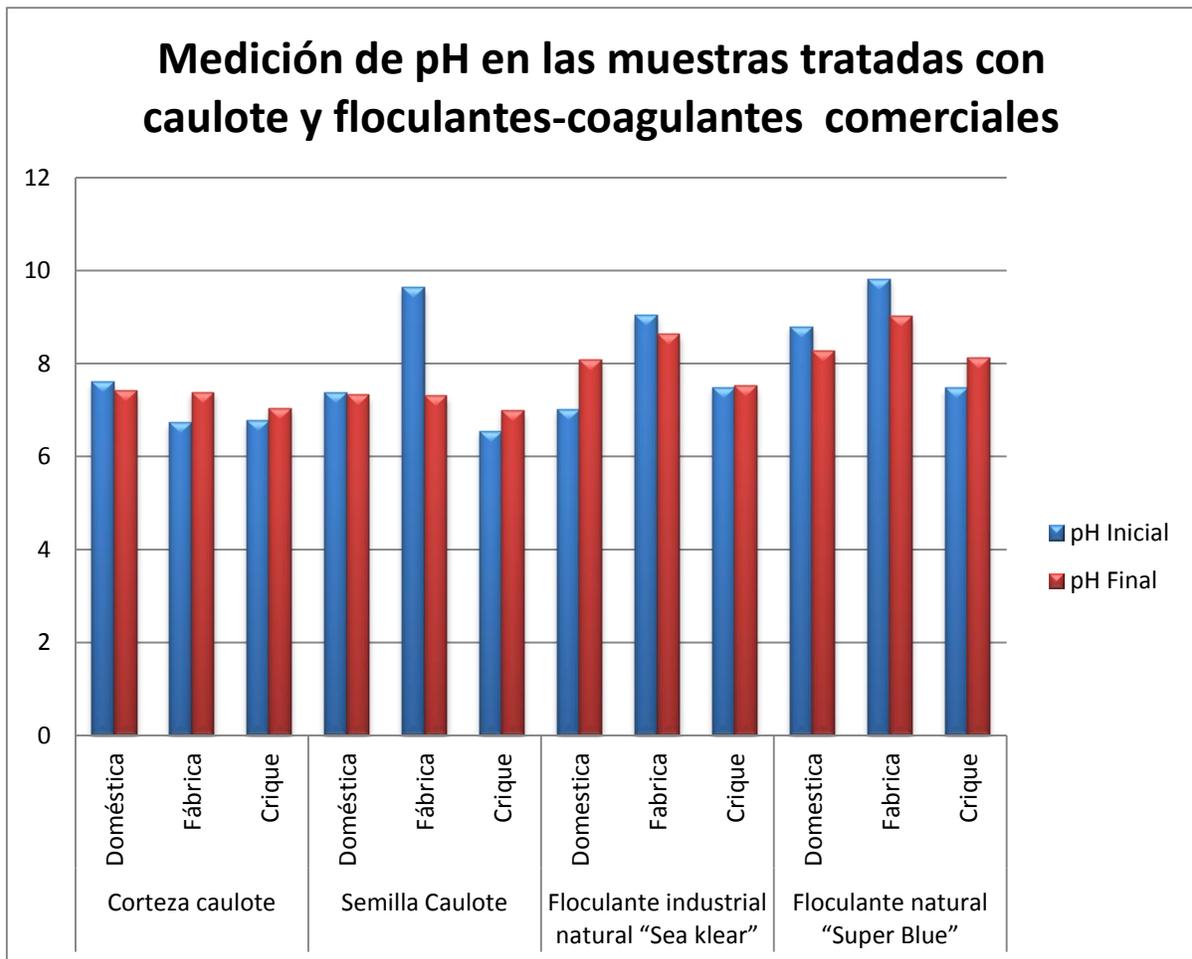
5.3.2 pH CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE CAULOTE Y SINTÉTICO

A las muestras de agua de fábrica, crique y doméstica, se les tomo el pH antes de agregarles el floculante.

Se le agrego a cada muestra 20 ml del floculante de la corteza de caulote que se dejó reposar 24 horas e inmediatamente se les tomo el pH donde se observo como el pH cambiaba.

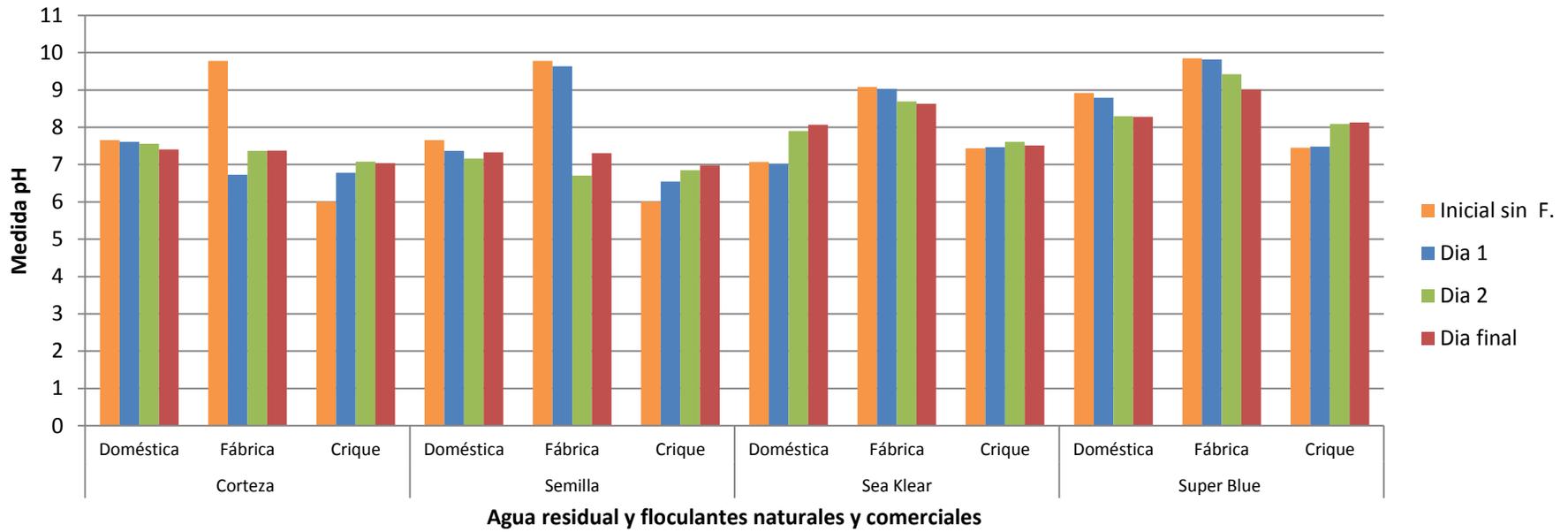
A las muestras de agua de fabrica, domestica y crique, se le agregaron 4 ml de Sea klear y super blue que son los coagulantes comerciales para hacer las comparaciones respectivas de calidad.

FLOCULANTE	TIPO DE AGUA	pH Inicial	pH Final
Corteza caulote	Doméstica	7.61	7.41
	Fábrica	6.73	7.38
	Crique	6.78	7.04
Semilla Caulote	Doméstica	7.37	7.33
	Fábrica	9.64	7.31
	Crique	6.55	6.98
Floculante industrial natural "Sea klear"	Domestica	7.02	8.07
	Fabrica	9.03	8.63
	Crique	7.47	7.51
Floculante natural "Super Blue"	Domestica	8.79	8.28
	Fabrica	9.82	9.01
	Crique	7.48	8.13



Se observó cómo inmediatamente al agregarle el floculante de cáscara y semillas de caulote el pH de las muestras cambia y poco a poco se fue sedimentando. El segundo día lo más notable es el cambio de color en las muestras y los pH en el caso de la muestra de fábrica bajó considerablemente de 9.64 a 6.71. También se podía observar la formación de una especie de nata en el fondo. Al tercer día los pH aumentaron ligeramente y la masa gelatinosa en el fondo era más grande, de color blanco y en parte superior se formó también una pequeña capa, el agua en el caso de la de fábrica que era de color morado intenso aclaró. El coagulante de cáscara de caulote es más efectivo en comparación con los demás utilizados.

Comparación de pH con Floculante natural y comercial

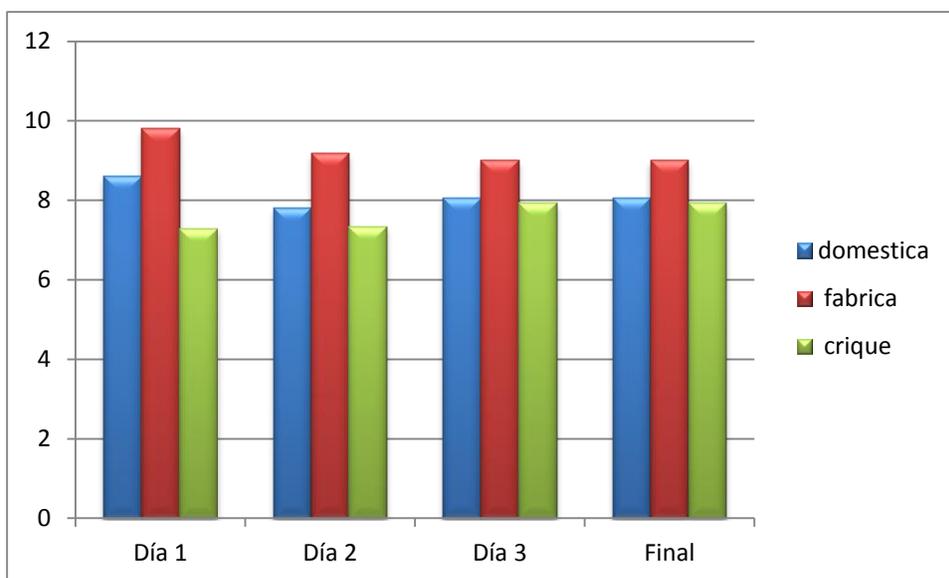


Se confirmó que el caulote al utilizarlo como floculante es una manera económica y natural que podemos utilizar para clarificar el agua, siendo esta una alternativa para descontaminar las aguas domésticas, crique y de fábrica

5.3.3 pH CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE CASCARA DE CAFÉ Y SINTÉTICO.

pH con cascara café.

Coagulante-floculante con Café	Tipo de agua	Etapa de clarificación			
		pH	pH	pH	pH
		Día 1	Día 2	Día 3	Final
Con cascara de café	domestica	8.94	7.81	8.07	8.07
	fabrica	9.80	9.19	9.01	9.01
	crique	7.29	7.34	7.93	7.93



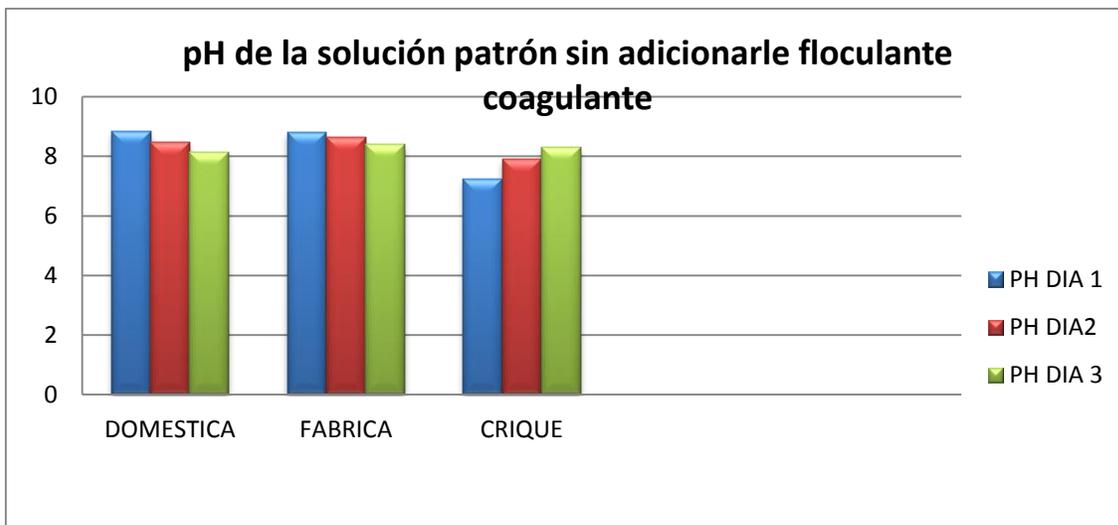
Según los resultados reflejados utilizando el coagulante con la casulla de café se puede observar que en el caso del agua doméstica y de fábrica el pH bajo considerablemente solo en el agua crique el pH subió considerablemente pero después se puede neutralizar y dejarla con el pH deseado.

La casulla de café actúa con efectividad como coagulante-floculante y es el más fácil de utilizar, porque solo se usa la cáscara fresca; es por eso que donde despulpan café esta casulla al caer en el agua, esta se vuelve cristalina

5.3.4 pH CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE AIMIDÓN DE YUCA Y SINTÉTICO.

pH SOLUCION PATRON

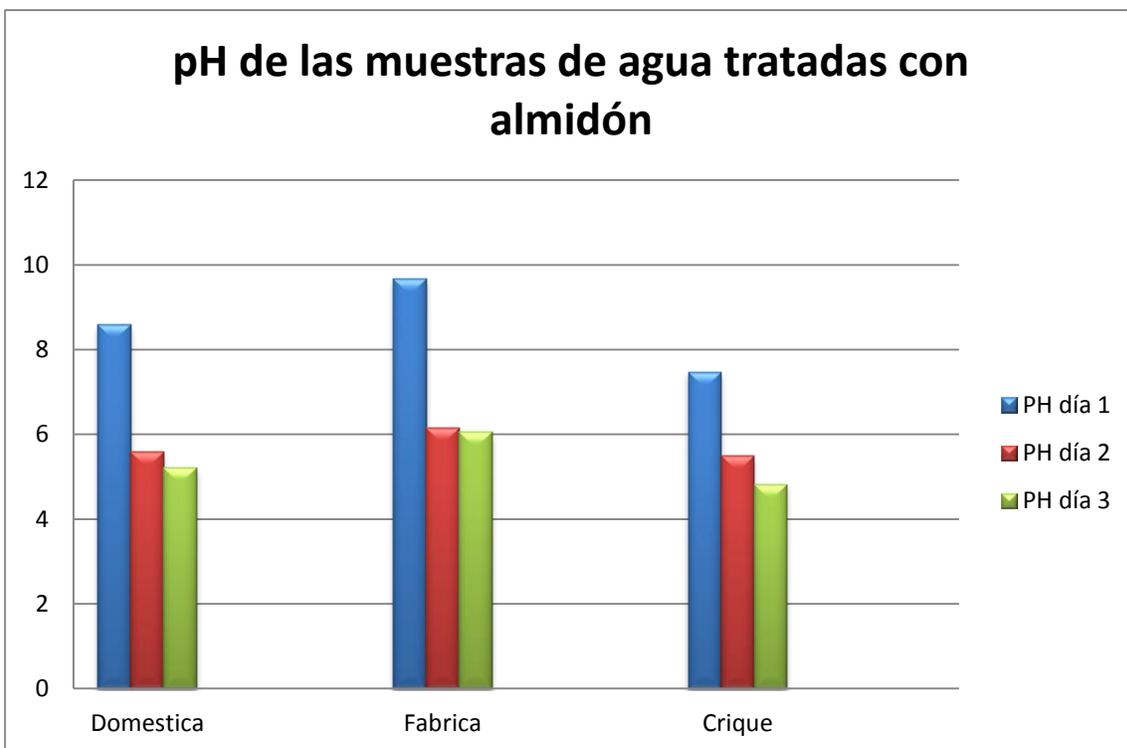
	Tipo de agua	Etapa de clarificación		
		pH	pH	pH
		Día 1	Día 2	Día 3
No contiene almidón	Domestica	8.83 29.6°	8.48 29.5°	8.12 29.6°
	Fabrica	8.80 29.5°	8.63 29°	8.41 29.5°
	Crique	7.23 29.5°	7.9 29.4°	8.30 29.5°



Podemos observar que el pH en la solución patrón de agua doméstica y fábrica fue disminuyendo, y en el agua de crique fue aumento levemente, esto se debe que cada tipo de agua tienen pH diferentes porque sus contaminantes son distintos, a pesar de ello al agregarle el coagulante-floculante de almidón de yuca este producirá el mismo efecto en cada una de las muestras hasta obtener el pH deseado.

pH CON ALMIDON DE YUCA

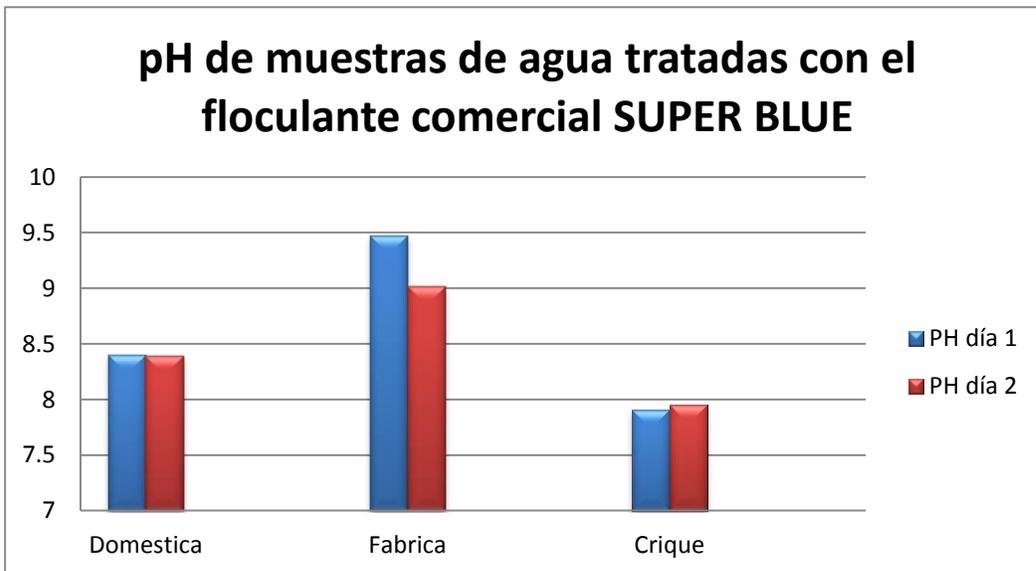
Floculante	Tipo de agua	Etapa de clarificación		
		PH	PH	PH
Almidón		Día 1	Día 2	Día 3
	Domestica	8.59	5.58	5.20
		27.7°	29.6°	29.5°
	Fabrica	9.67	6.15	6.05
		27.8°	29.8°	29.4°
	Crique	7.47	5.49	4.82
27.8°		29.5°	29.4°	



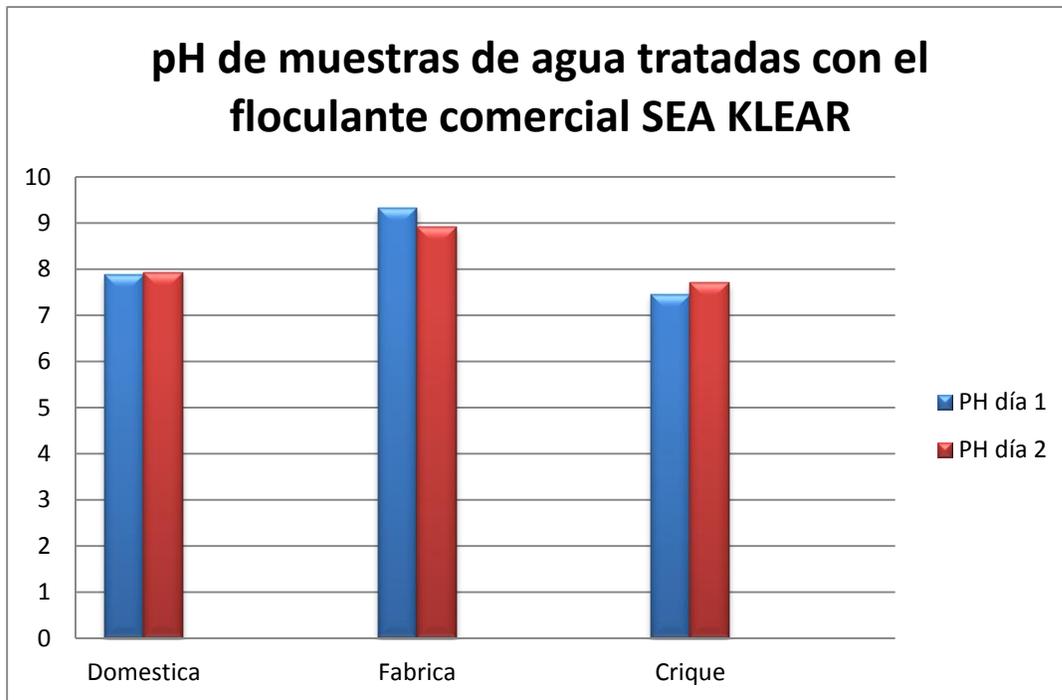
Se observa que el pH de todas las aguas tratadas con coagulante-floculante de almidón de yuca fue disminuyendo, esto favorece el proceso de coagulación – floculación, lo que indica la efectividad que tiene el almidón de yuca para descontaminar las aguas.

pH floculante artificial

	Tipo de agua	Etapa de clarificación			Etapa de clarificación	
		pH	pH		pH	pH
		Día 1	Día 2		Día 1	Día 2
Super blue	Domestica	8.40	8.39	sea klear	7.88	7.93
		28.9°	28.6°		29.9°	29.5°
	Fabrica	9.47	9.01		9.33	8.92
		28.8°	28.5°		30.0°	29.6°
	Crique	7.91	7.95		7.46	7.71
		28.9°	28.6°		30.0°	29.6°



Con el coagulante comercial también se obtienen buenos resultados al compararlos con los coagulantes- floculantes elaborados a partir del almidón de la yuca, esto indica que el almidón de yuca clarifica con efectividad las aguas contaminadas.



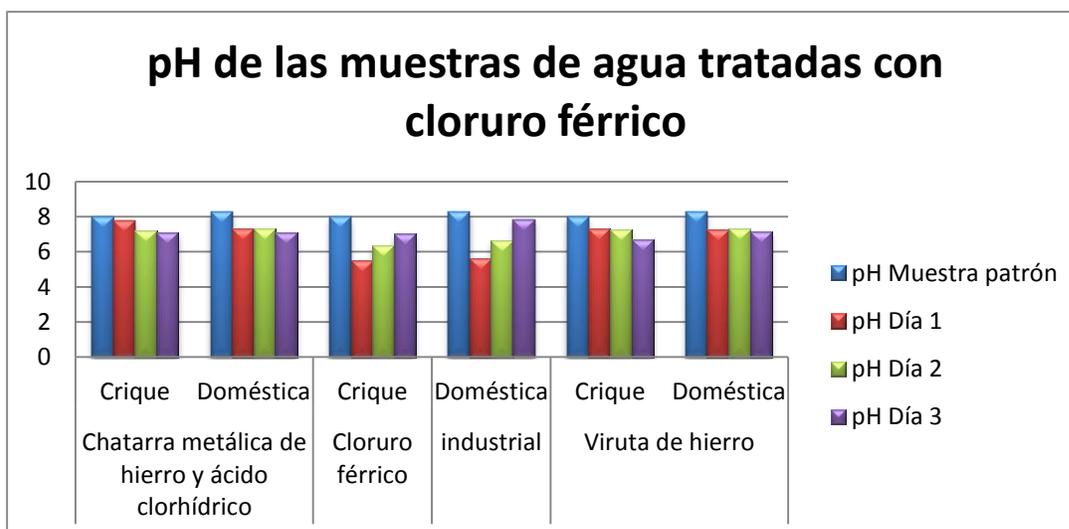
Se observa que el pH de las aguas con el floculante sintético súper blue disminuyo y con el sea klear en la domestica y de crique aumento y la de fabrica disminuyo, lo cual indica la inestabilidad que tienen dichos coagulantes artificiales.

5.3.5 pH CON COAGULANTE-FLOCULANTE ELABORADOS CON CHATARRA METÁLICA DE VIRUTA Y CLAVOS DE HIERRO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO Y DEL CLORURO FÉRRICO SINTÉTICO.

pH

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	pH Muestra patrón	pH Día 1	pH Día 2	pH Día 3
Chatarra metálica de hierro y ácido clorhídrico	Crique	7.99	7.8	7.21	7.1
	Doméstica	8.28	7.32	7.3	7.08
Cloruro férrico industrial	Crique	7.99	5.5	6.37	7.03
	Doméstica	8.28	5.62	6.63	7.84
Viruta de hierro	Crique	7.99	7.30	7.28	6.69
	Doméstica	8.28	7.25	7.30	7.14

Graficas de las diferentes mediciones de PH en las muestras

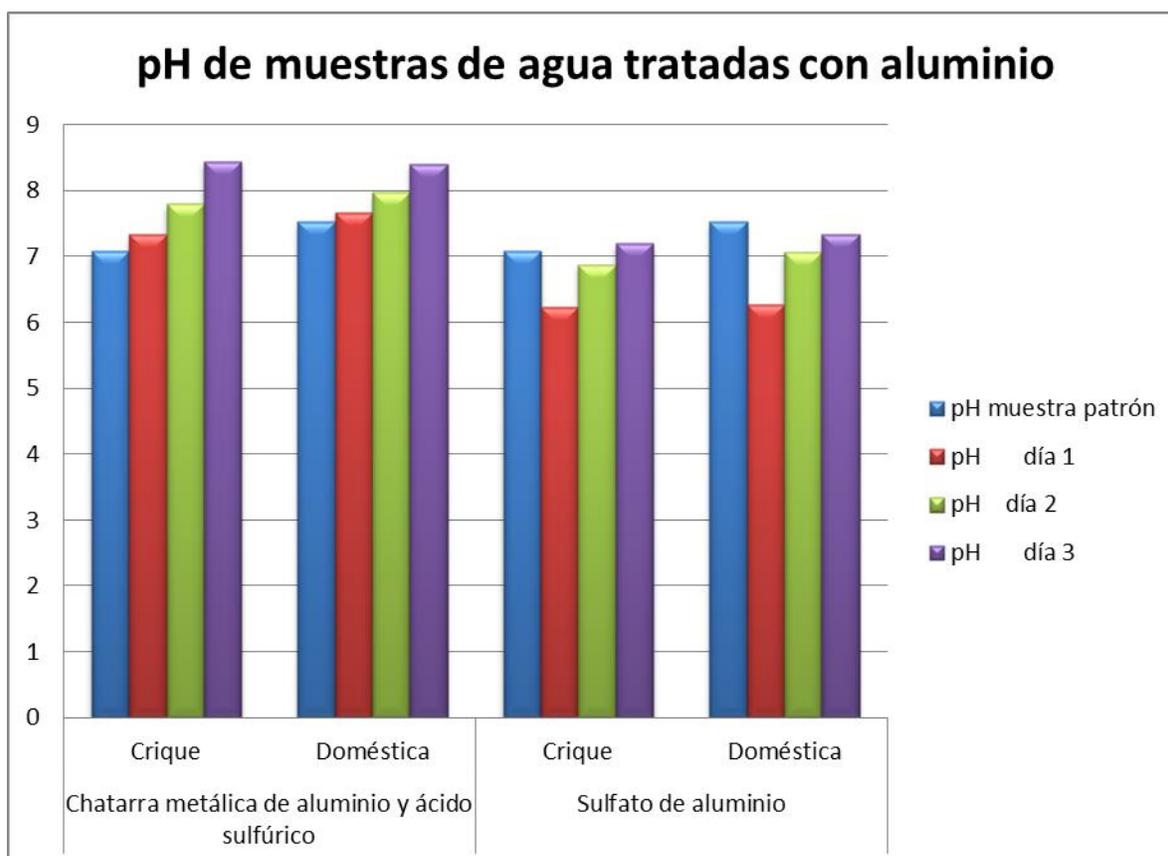


Los resultados obtenidos son adecuados pues todos los coagulantes-floculantes a partir de chatarra metálica como los sintéticos se aproximan a un pH de 7, lo que nos permite concluir que el cloruro férrico comercial y de chatarra metálica es un clarificador de calidad.

5.3.6 pH CON COAGULANTE-FLOCULANTE ELABORADOS CON CHATARRA METÁLICA DE ALUMINIO CON ÁCIDO SULFÚRICO Y DEL SULFATO DE ALUMINIO SINTÉTICO

Sustancia	Tipo de agua	pH muestra patrón	pH día 1	pH día 2	pH día 3
Chatarra metálica de aluminio y ácido sulfúrico	Crique	7.08	7.33	7.8	8.45
	Doméstica	7.53	7.67	7.97	8.41
Sulfato de aluminio	Crique	7.08	6.24	6.88	7.2
	Doméstica	7.53	6.27	7.06	7.34

pH

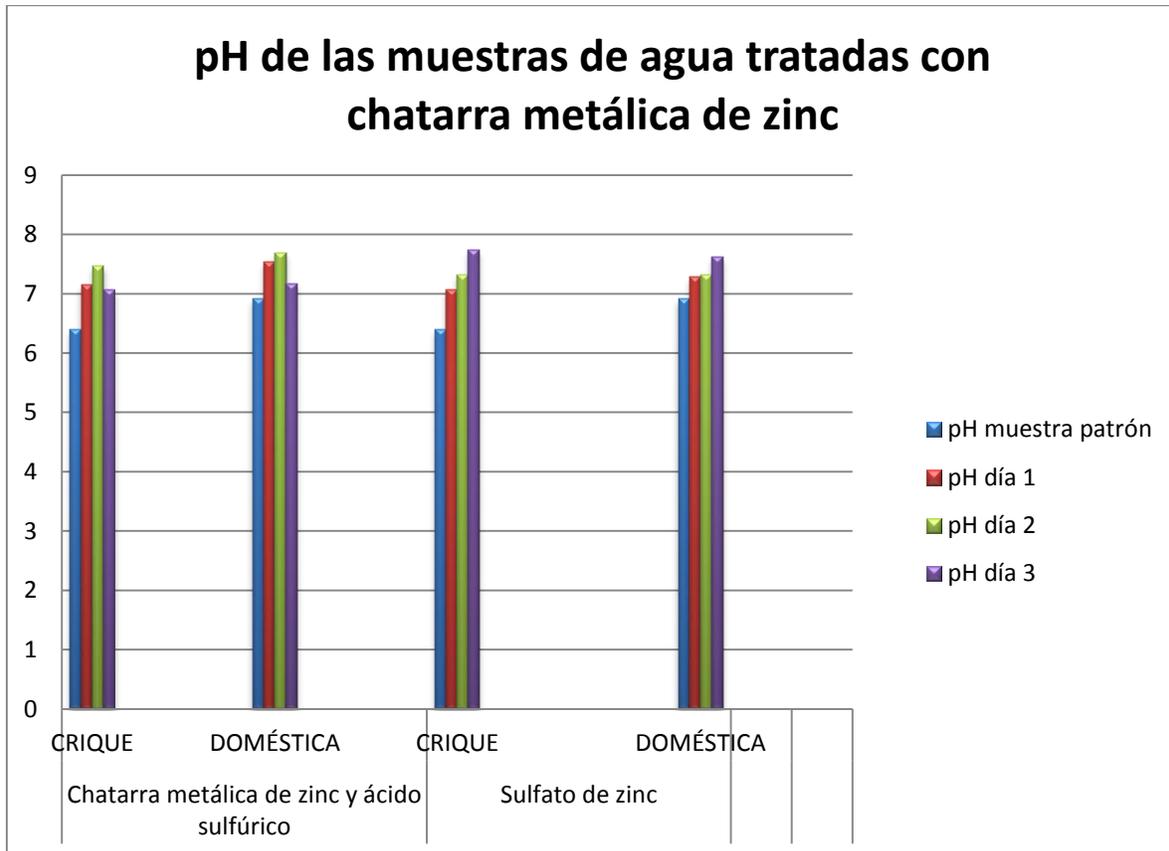


Se observó que con el coagulante- floculante elaborado a partir de chatarra metálica de aluminio los pH tienen tendencia a hacerse más básicos pero con el sulfato de aluminio comercial la tendencia es a pH ácidos, esto significa que ambos están funcionando adecuadamente, pues ambos se pueden neutralizar para alcanzar el pH adecuado.

5.3.7 pH CON COAGULANTE-FLOCULANTE ELABORADOS CON CHATARRA METÁLICA DE ZINC CON ÁCIDO SULFÚRICO Y DEL SULFATO DE ZINC SINTÉTICO.

pH

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	ETAPA DE CLARIFICACIÓN			
		pH	pH	pH	pH
		Muestra patrón	Día 1	Día 2	Día 3
Chatarra metálica de Zinc y ácido sulfúrico	CRIQUE	6.39 26.4°C	7.15	7.47	7.07
	DOMÉSTICA	6.92 26.8°C	7.53	7.69	7.17
Sulfato de zinc	CRIQUE	6.39 26.4°C	7.07	7.32	7.73
	DOMÉSTICA	6.92 26.8°C	7.28	7.31	7.61

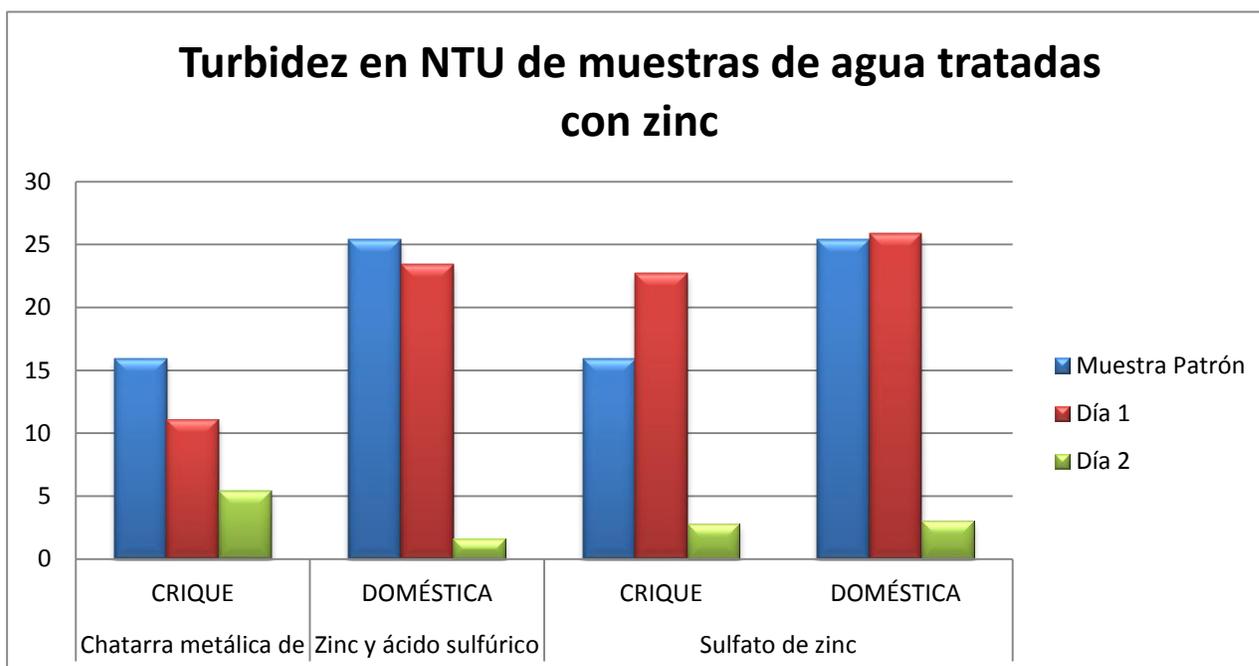


Los parámetros del sulfato de zinc elaborado de chatarra tienen tendencias a pH más estables que los obtenidos a partir de sulfato de zinc sintético, esto nos indica que el coagulante-floculante elaborado a partir de chatarra de zinc funciona con más efectividad que el sulfato de zinc sintético.

5.4 EFECTIVIDAD EN TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXIGENO

5.4.1 TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXIGENO CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE MORINGA Y SINTÉTICO.

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)			OXIGENO		
		Muestra Patrón	Día 1	Día 2	Muestra Patrón	Día 1	Día 2
Chatarra metálica de Zinc y ácido sulfúrico	CRIQUE	15.89	11.06	5.42	13.6	18.9	74.6
	DOMÉSTICA	25.41	23.42	1.60	18.5	24.7	62.2
Sulfato de zinc	CRIQUE	15.89	22.70	2.79	13.6	28.9	61.0
	DOMÉSTICA	25.41	25.88	3.00	18.5	35.5	50.1

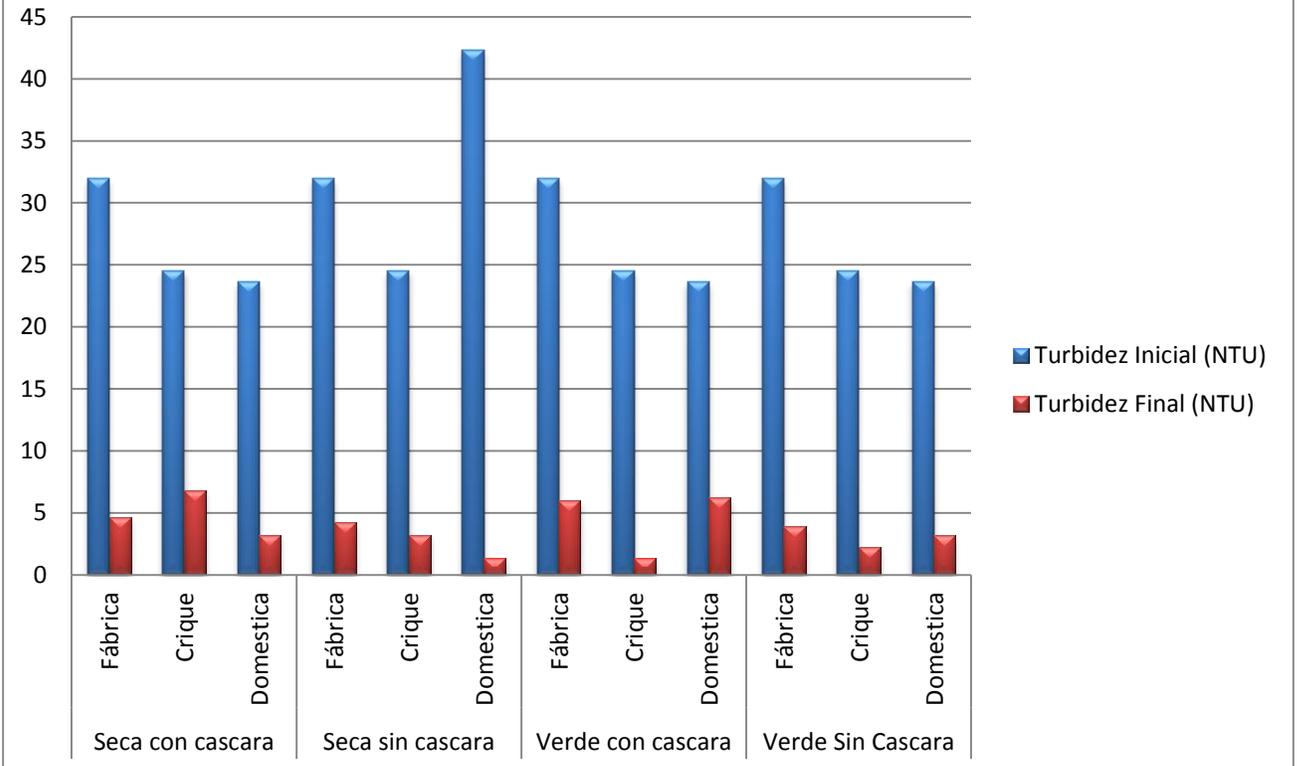


Con ambos coagulantes –floculantes se obtuvieron excelentes niveles de turbidez, lo que nos indica que el coagulante-floculante tanto sintético como el elaborado a partir de chatarra de zinc son muy efectivos para el proceso de clarificación.

TURBIDEZ Y OXÍGENO DISUELTO CON LA MORINGA

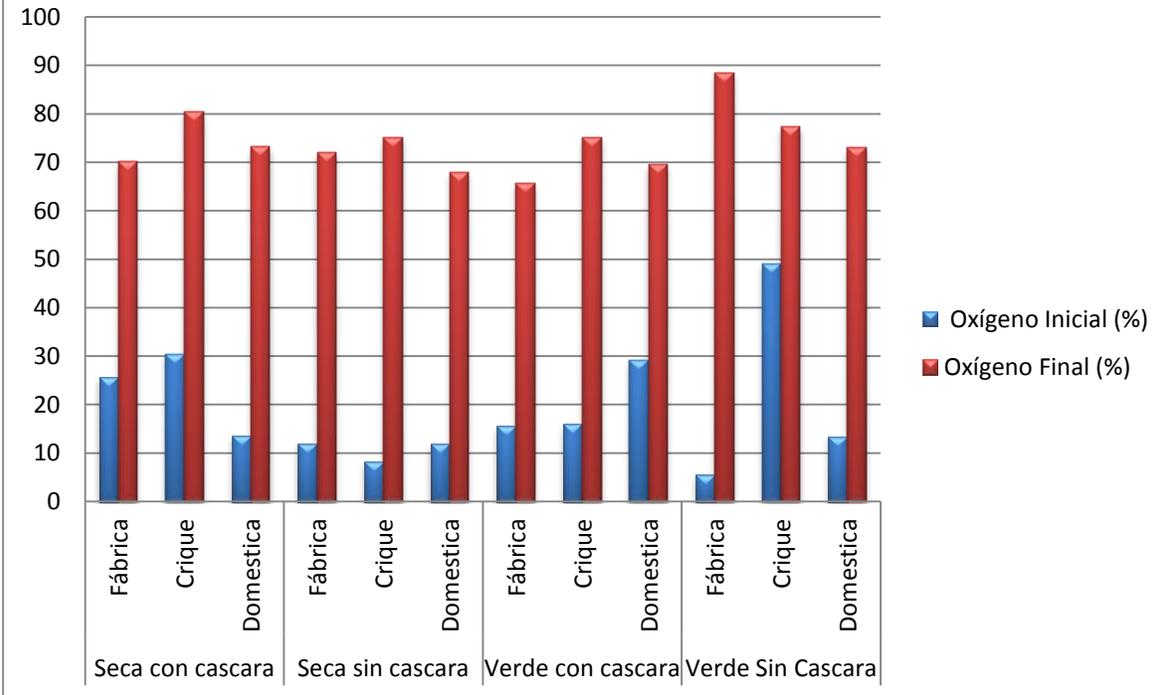
MORINGA	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)		OXIGENO (%)	
		Inicial	Final	Inicial	Final
Seca con cascara	Fábrica	31.94	4.63	25.7 37.4°C	70.1 36.5°C
	Criquet	24.49	6.8	30.4 37.5°C	80.4 36.2°C
	Domestica	23.66	3.20	13.6 37.5°C	73.3 36.5°C
Seca sin cascara	Fábrica	31.94	4.24	12.0 36.7°C	72.0 36.4°C
	Criquet	24.49	3.19	8.3 36.9°C	75.0 36.9°C
	Domestica	42.33	1.35	11.9 37.1°C	68.0 36.5°C
Verde con cascara	Fábrica	31.94	6.0	15.6 37.6°C	65.6 36.4°C
	Criquet	24.49	1.35	15.9 37.5°C	75.0 36.6°C
	Domestica	23.66	6.2	29.1 37.4°C	69.5 36.4°C
Verde Sin Cascara	Fábrica	31.94	3.87	5.6 37.5°C	88.4 36.4°C
	Criquet	24.49	2.26	49 37.3°C	77.3 36.4°C
	Domestica	23.66	3.16	13.4 37.6°C	73.0 36.4°C

Turbidez de las muestras de agua tratadas con moringa



Al comparar los resultados con los parámetros normales que se dieron a conocer en la parte metodológica según la OMS se puede observar que la turbidez al final es menor a los 5 NTU, lo que indica que el agua queda clarificada con el coagulante-floculante de moringa.

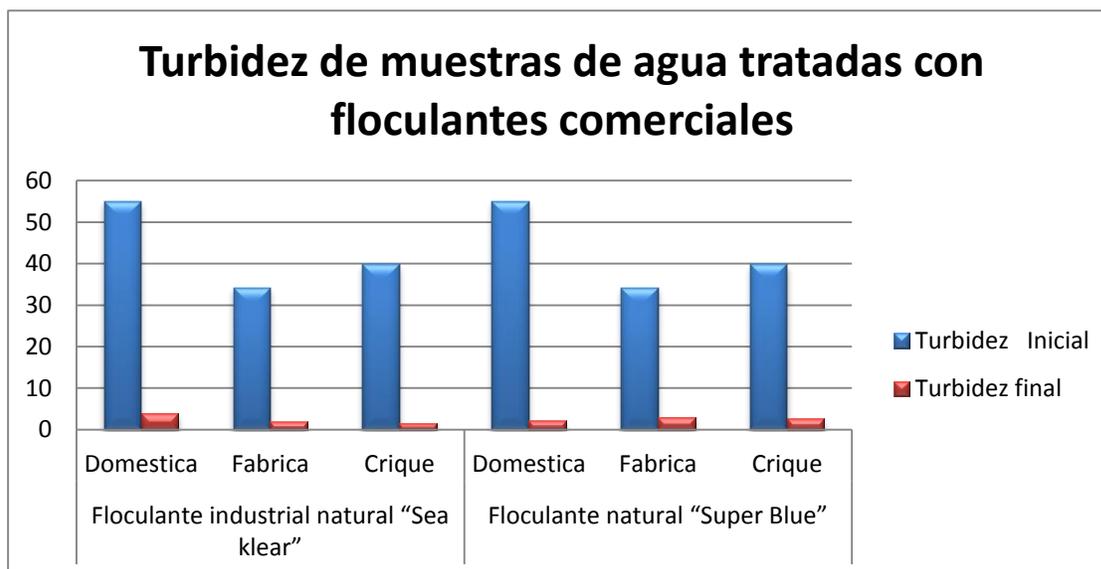
Oxígeno disuelto expresado en % en las muestras de agua tratadas con moringa



La demanda de oxígeno que se obtuvo al final cumple con los parámetros que se exige para la pureza del agua, al inicio se observó muy baja la demanda de oxígeno pero con el paso de las horas aumentó lo que indica que el coagulante- floculante con moringa es muy efectivo.

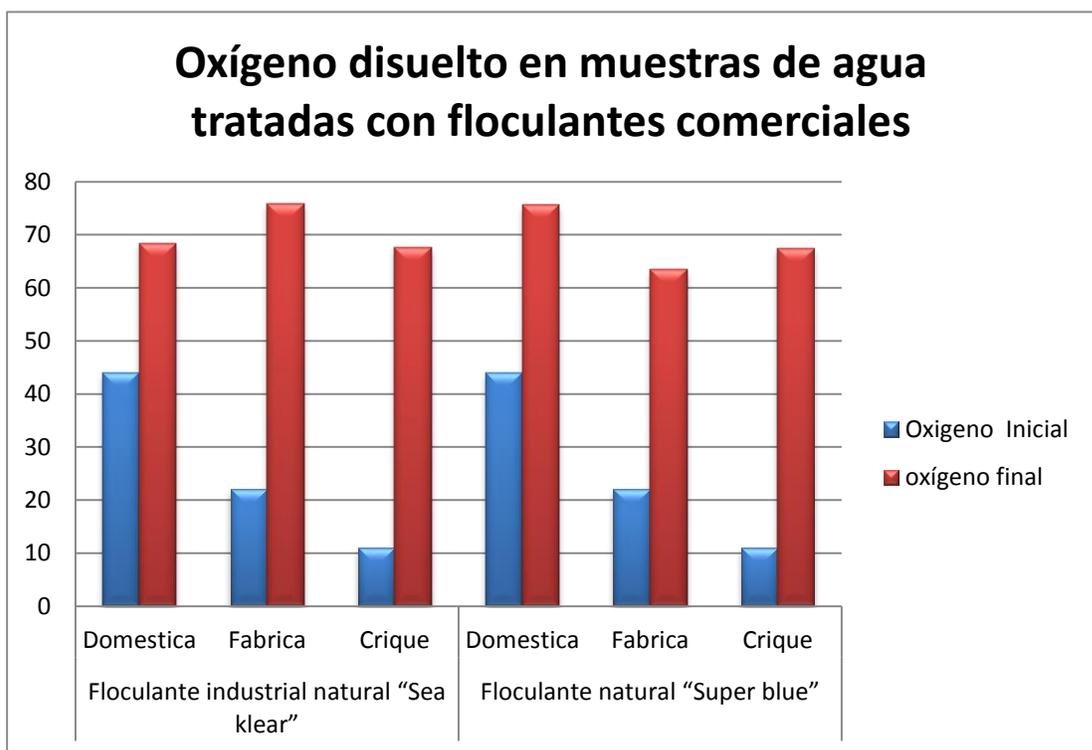
TURBIDEZ Y OXÍGENO DISUELTOS CON LOS COAGULANTES FLOCULANTES COMERCIALES

Floculante	Tipo de agua	Turbidez Inicial sin floculante	Turbidez final con floculante
Floculante natural Caulote			
Floculante industrial natural "Sea klear"	Domestica	55	3.94
	Fabrica	34.15	1.92
	Criquet	39.87	1.60
Floculante natural "Super Blue"	Domestica	55	2.16
	Fabrica	34.15	2.98
	Criquet	39.87	2.63



Los coagulantes sintéticos al igual que los de moringa son efectivos, lo que nos permite comparar los resultados y concluir que la moringa es un excelente coagulante-floculante para la clarificación de las aguas contaminadas.

Floculante natural	Tipo de agua	Oxigeno Inicial sin Floculante	Día final con floculante sintético
Floculante industrial natural "Sea klear"	Domestica	43.9	68.4
	Fabrica	22.0	75.8
	Criquet	11.0	67.6
Floculante natural "Super blue"	Domestica	43.9	75.6
	Fabrica	22.0	63.4
	Criquet	11.0	67.4



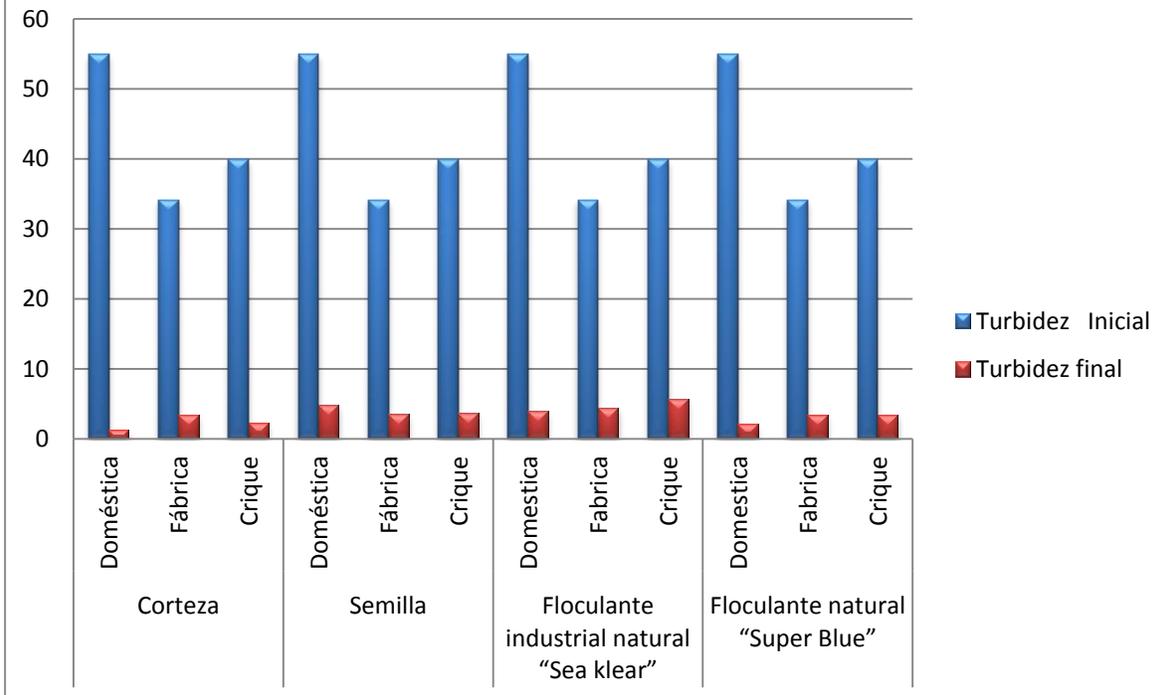
Los floculantes comerciales también tienen buena demanda de oxígeno, lo que nos permite hacer las comparaciones con el coagulante-floculante con la moringa y se comprueba el buen funcionamiento que tiene.

5.4.2 TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXÍGENO CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE CAULOTE Y SINTÉTICO

Turbidez

Floculante natural Caulote	Tipo de agua	Turbidez Inicial sin floculante	Turbidez final con floculante
Corteza	Doméstica	55	1.35
	Fábrica	34.15	3.48
	Crique	39.87	2.30
Semilla	Doméstica	55	4.88
	Fábrica	34.15	3.51
	Crique	39.87	3.65
Floculante industrial natural "Sea klear"	Doméstica	55	3.94
	Fabrica	34.15	4.43
	Crique	39.87	5.64
Floculante natural "Super Blue"	Doméstica	55	2.16
	Fabrica	34.15	3.44
	Crique	39.87	3.47

Turbidez de muestras de agua tratadas con coagulante-floculante de caulote y comercial

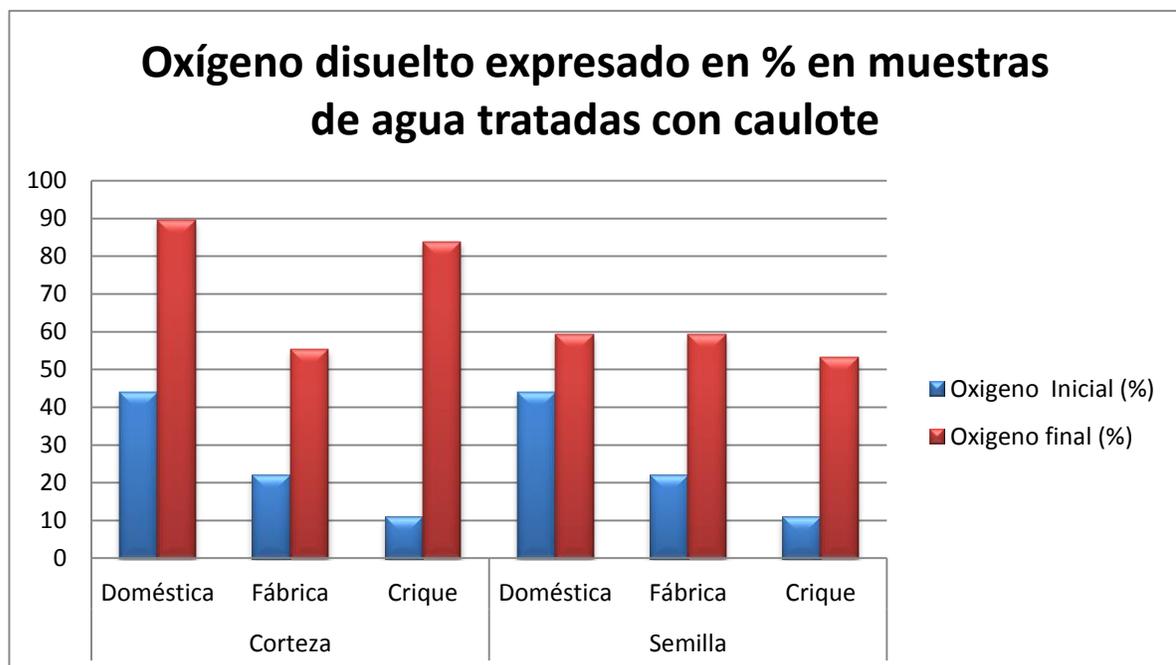


Se puede observar que la turbidez al final es menor a los 5 NTU, lo que indica que el agua queda clarificada con el coagulante-floculante de Caulote y comercial, se pudo observar la transparencia que se obtuvo de las diferentes muestras y se comprueba la efectividad del caulote como floculante.

El floculante elaborado a base de cáscara de caulote es muy efectivo al compararlo con él Sea Klear y el super bue, las muestras a las que se les aplicó coagulante de caulote de corteza tomaron un color más claro y se observó en el fondo una especie de gelatina donde están sedimentadas las impurezas.

Oxígeno disuelto en muestras con floclulantes naturales

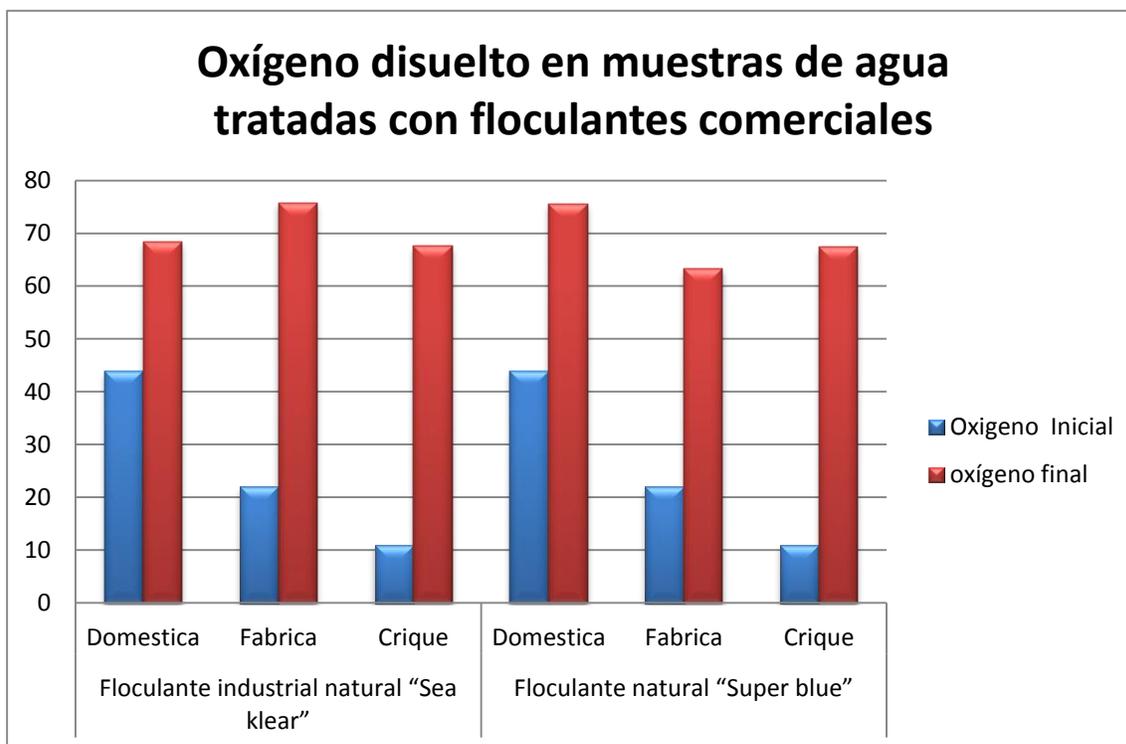
Floculante natural Caulote	Tipo de agua	Oxigeno Inicial con Floclulante (%)	Oxigeno final con floclulante (%)
Corteza	Doméstica	43.9	89.6
	Fábrica	22.2	55.2
	Crique	11.0	83.8
Semilla	Doméstica	43.9	59.3
	Fábrica	22.2	59.2
	Crique	11.0	53.1



Los parámetros de oxígeno disuelto aumentaron considerablemente lo que nos permite visualizar claramente que el caulote funciona adecuadamente como coagulante- floclulante, ya que cumple con los parámetros establecidos.

Oxígeno disuelto en muestras con floculantes comerciales

Floculante natural	Tipo de agua	Oxigeno Inicial sin Floculante	Día final con floculante sintético
Floculante industrial natural "Sea klear"	Domestica	43.9	68.4
	Fabrica	22.0	75.8
	Criquet	11.0	67.6
Floculante natural "Super blue"	Domestica	43.9	75.6
	Fabrica	22.0	63.4
	Criquet	11.0	67.4



La muestra de agua de fábrica de color morada pasó a clara, al utilizar este floculante se observó que las partículas que había en la muestra eran atraídas hacia el fondo, hasta sedimentarse completamente. Y se observó que parte del coagulante-floculante que utilizamos se quedaba arriba y la otra parte se iba hacia el

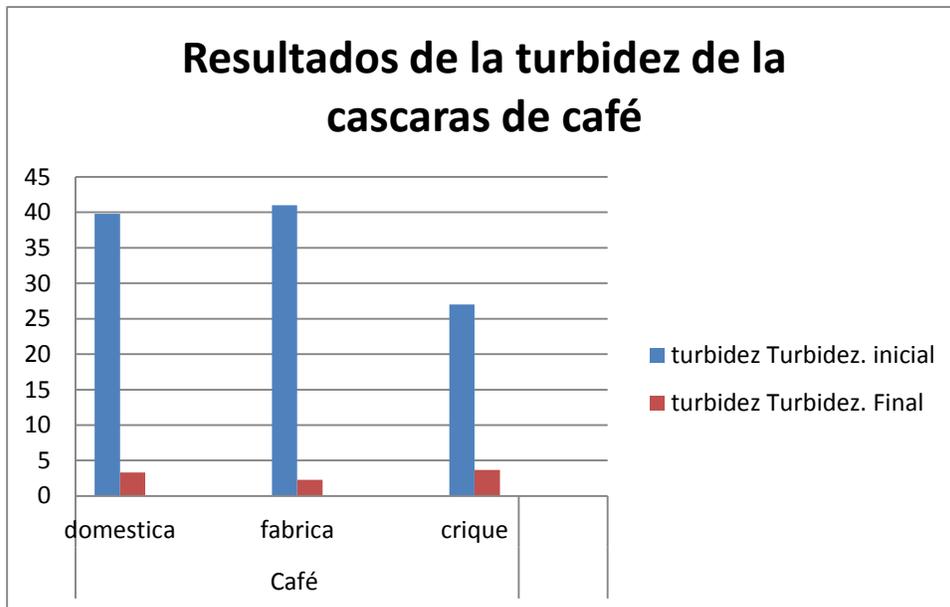
fondo y que al pasar los días se le formaba una especie de gel que envolvía las particular y las hacía llegar al fondo. Es muy importante resaltar que el caulote elimina el mal olor de las muestras.

En cuanto a los floculantes industriales podemos decir que tuvieron el mismo efecto que se esperaba, los pH aumentaron. Se observó que las muestras tomaron un color azul pero los pH en lugar de bajar aumentaron, definitivamente se comprobó que el caulote es más efectivo como floculante que los floculantes comerciales y además no contaminan el ambiente.

5.4.3 TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXÍGENO CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE CASCARA DE CAFÉ Y SINTÉTICO.

Turbidez tomada a las muestras de agua con floculante hecho de cascara de café por 2 días.

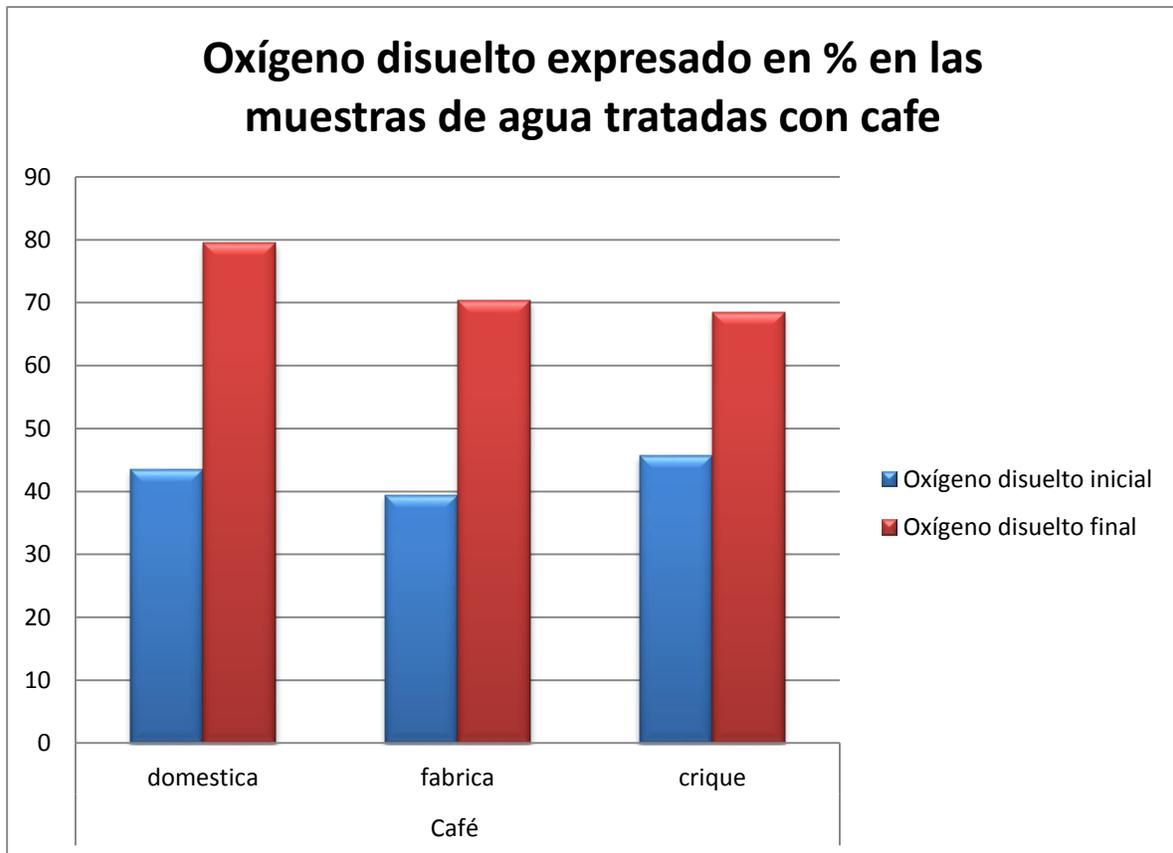
Café	Tipo de agua	Turbidez	
		inicial	Final
Café	domestica	39.81	3.30
	fabrica	41.0	2.30
	crique	27.0	3.67



El caso de la turbidez de las muestras se realizó pruebas a las muestras durante dos días los cuales son mostrados en esta gráfica que indica que el coagulante-floculante de café es efectivo y clarifica las aguas con alto nivel de contaminación.

Demanda de oxígeno tomada a las muestras de agua con floculante hecho de cascara de café por 2 días.

	Tipo de agua	Oxígeno disuelto inicial	Oxígeno disuelto Final
Café	domestica	43.42	79.53
	fabrica	39.4	70.3
	crique	45.67	68.45

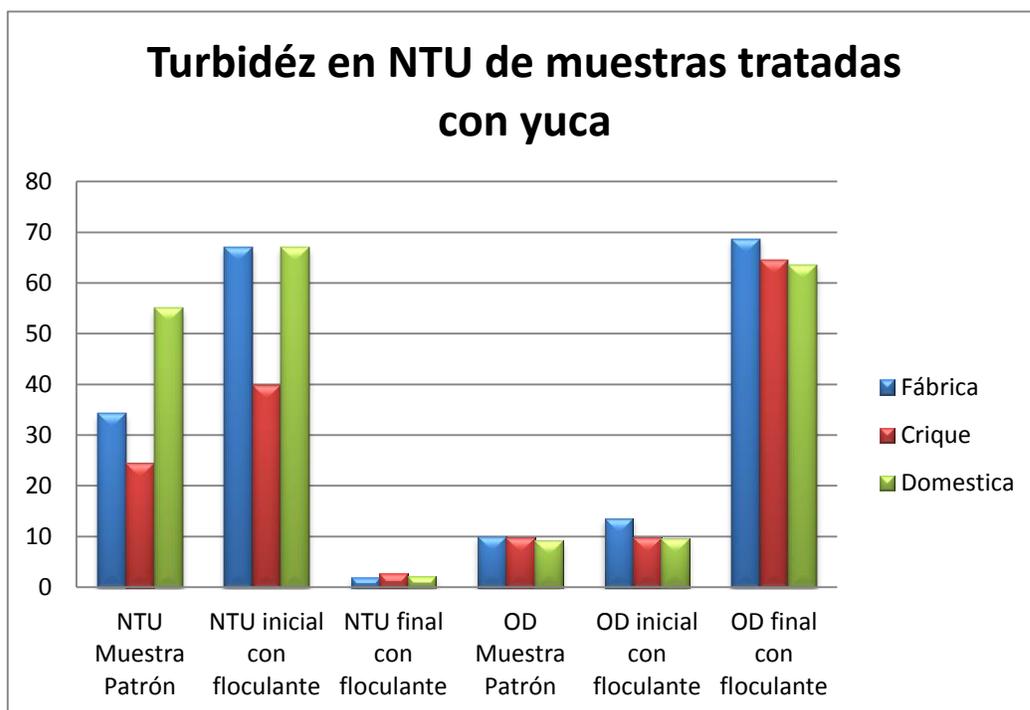


El coagulante –floculante elaborado a partir de la casulla de café actúa con alta efectividad en el proceso de clarificación de las aguas contaminadas, es el más fácil de utilizar porque solo se usa la cáscara fresca.

Los resultados de pH, turbidez y oxígeno disuelto con los coagulantes- floculantes sintéticos de SEA Clear y super blue, son los mismos resultados obtenidos en la práctica de moringa.

5.4.4 TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXÍGENO CON COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL DE AMIDON DE YUCA Y SINTÉTICO.

Floculante	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)			OXIGENO		
		NTU Muestra Patrón	NTU inicial con floculante	NTU final con floculante	OD Muestra Patrón	OD inicial con floculante	OD final con floculante
Yuca	Fábrica	34.25	67.00	1.9	10.0	13.6	68.7
	Crique	24.49	39.81	2.68	9.7	9.8	64.4
	Domestica	55.00	67	2.15	9.2	9.6	63.6

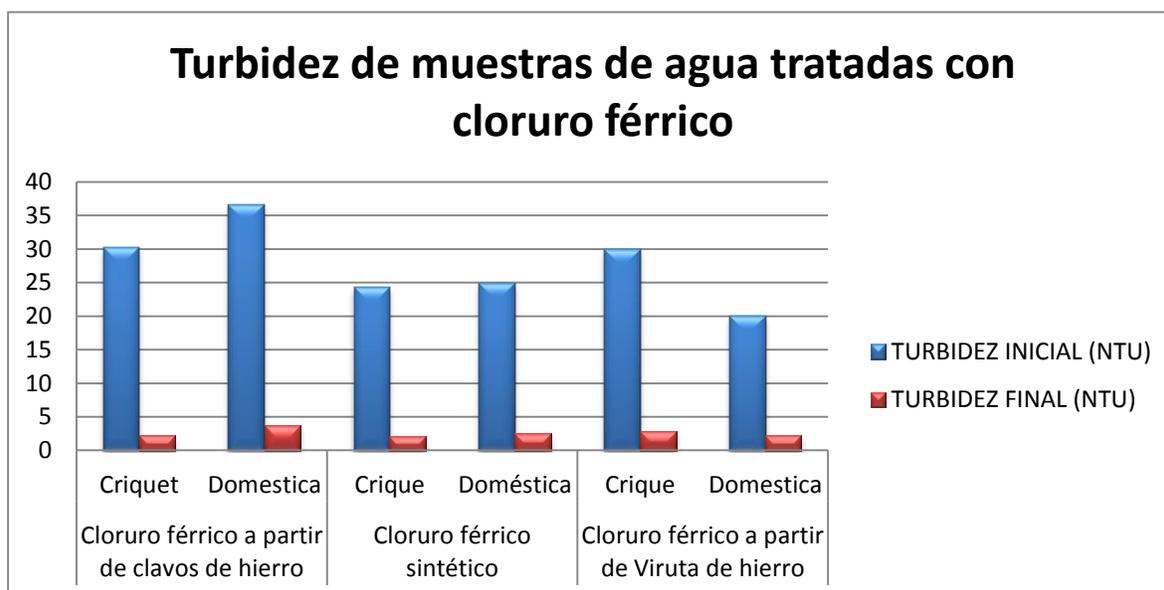


La clarificación de aguas contaminadas es muy eficiente utilizando coagulantes floculantes a base del almidón de la yuca, como una alternativa para mantener en condiciones adecuadas la contaminación del agua en nuestro ambiente.

La demanda de oxígeno funciona adecuadamente con el coagulante- floculante a base de yuca alcanzando los parámetros establecidos por la OMS.

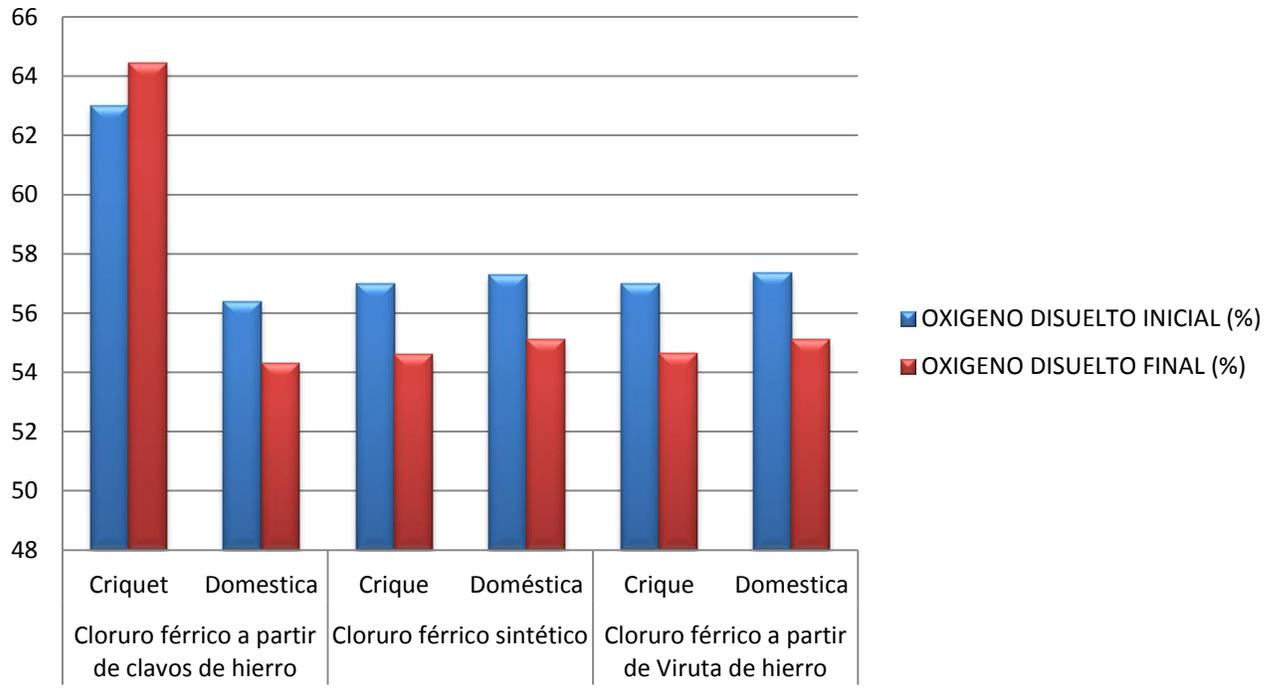
5.4.5 TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXÍGENO CON COAGULANTE-FLOCULANTE ELABORADOS CON CHATARRA METÁLICA DE VIRUTA Y CLAVOS DE HIERRO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO Y DEL CLORURO FÉRRICO SINTÉTICO.

Coagulante-floculante	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)		OXIGENO DISUELTTO	
		Día 1	Día 2	Día 1	Día 2
Cloruro férrico a partir de clavos de hierro	Criquet	30.24	2.22	63	64.4
	Domestica	36.64	3.70	56.4	54.3
Cloruro férrico sintético	Criquet	24.29	2.07	57	54.6
	Doméstica	25	2.51	57.3	55.1
Cloruro férrico a partir de Viruta de hierro	Criquet	30	2.90	57	54.6
	Domestica	20	2.21	57.3	55.1



Las tendencias de las aguas contaminadas al utilizar el coagulante-floculante elaborado a partir de la chatarra metálica de hierro y el ácido clorhídrico que forman el cloruro férrico es la clarificación del agua y la descontaminación y al compararla con el cloruro férrico sintético, se puede comprobar que ambos coagulantes-floculantes tienen gran efectividad, pero el elaborado a partir de chatarra metálica nos permite reciclar y reutilizar material de desecho y por ende proteger el ambiente.

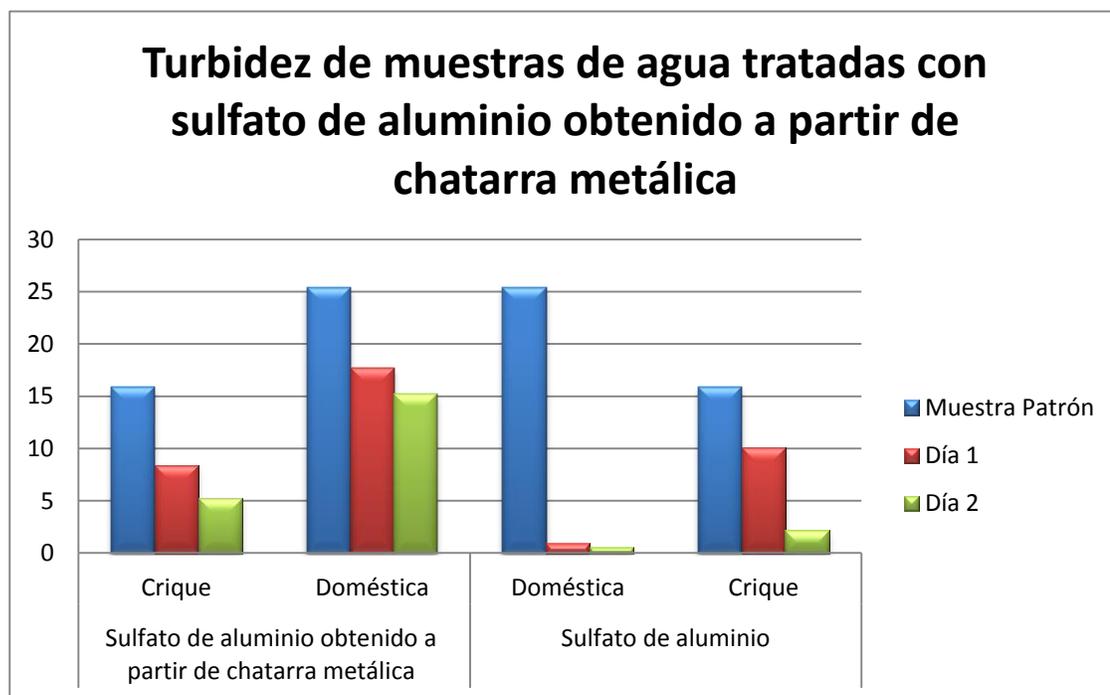
Oxígeno disuelto en % de muestras de agua tratadas con cloruro férrico



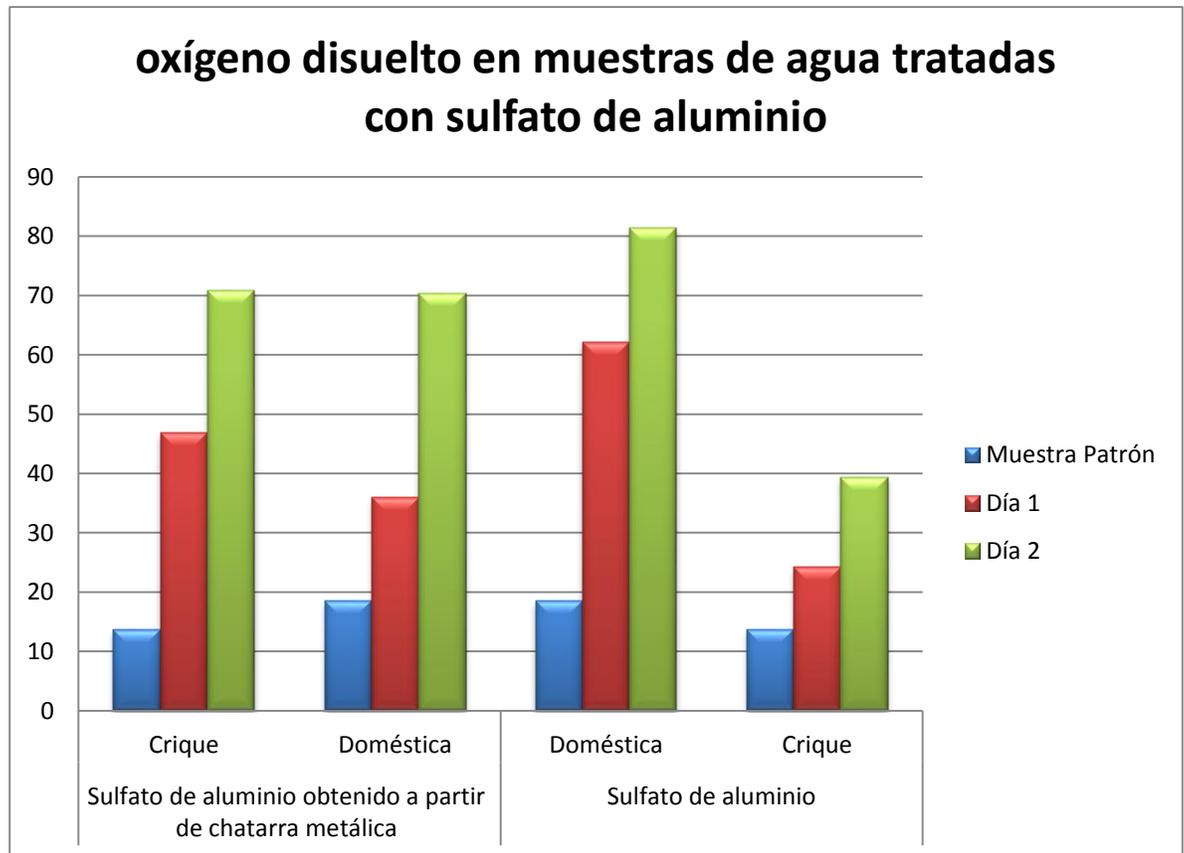
Los porcentajes de oxígeno disuelto que se obtuvieron solo en la de criquet con cloruro férrico elaborado a partir de clavos alcanzó los parámetros normales y el de viruta de hierro y el sintético en vez de aumentar disminuyó.

5.4.6 TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXÍGENO CON COAGULANTE-FLOCULANTE ELABORADOS CON CHATARRA METÁLICA DE ALUMINIO CON ÁCIDO SULFÚRICO Y DEL SULFATO DE ALUMINIO SINTÉTICO

Sustancia	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)			OXIGENO DISUELTO EN %		
		Muestra Patrón	Día 1	Día 2	Muestra Patrón	Día 1	Día 2
Chatarra metálica de Aluminio con ácido sulfúrico	Crique	15.89	8.39	5.28	13.6	46.8	70.9
	Doméstica	25.41	17.75	15.18	18.5	36.0	70.3
Sulfato de aluminio	Doméstica	25.41	0.95	0.57	18.5	62.2	81.4
	Crique	15.89	10.04	2.15	13.6	24.2	39.4

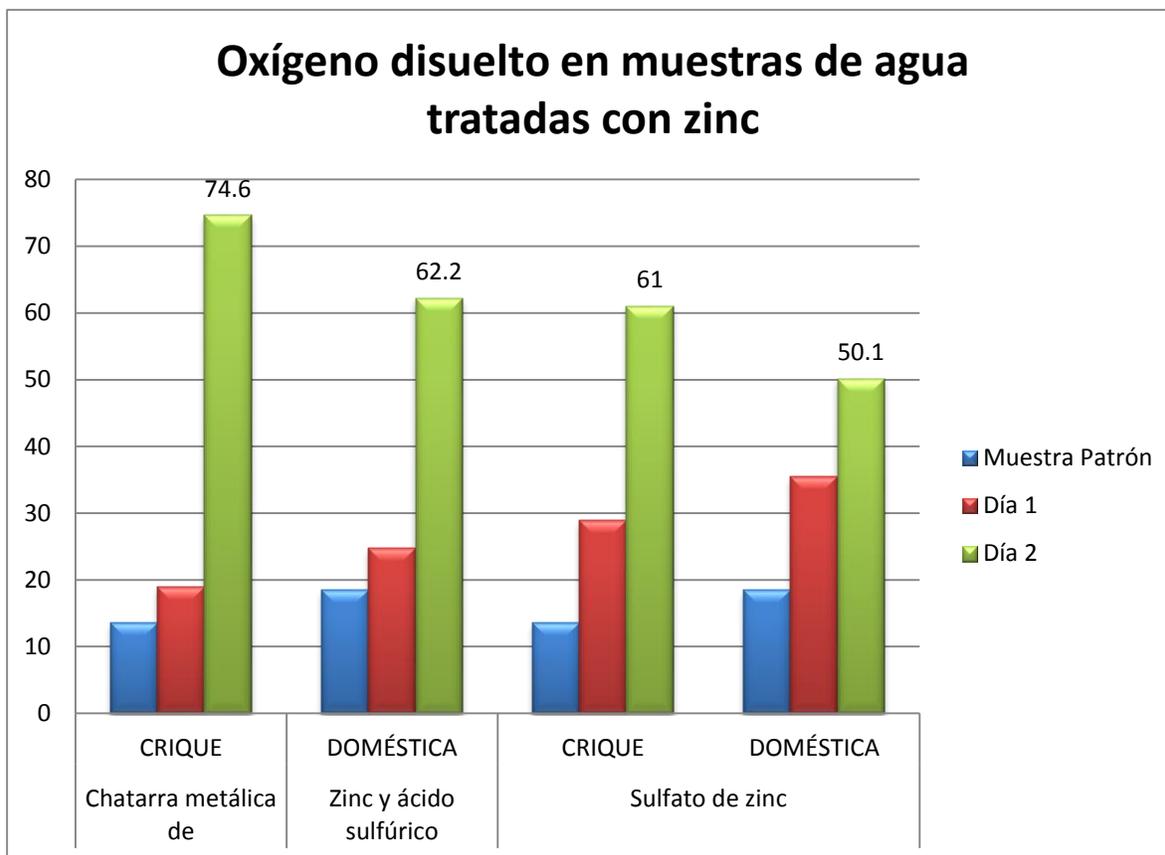


Se observa que los parámetros de turbidez cada día se acercaban más a los parámetros normales establecidos por la OMS, lo que nos permite concluir que el coagulante-floculante elaborado a partir de viruta de aluminio mezclado con ácido sulfúrico funciona adecuada con el agua de crique pero con la domestica no alcanzó el parámetro normal, y al hacer las comparaciones con el sulfato de aluminio sintético funciona con mayor efectividad.



Al hacer uso del coagulante-floculante elaborado con la chatarra de aluminio se obtuvo una excelente demanda de oxígeno, lo que nos permite comprobar que el coagulante-floculante de chatarra metálica es más efectiva que el coagulantes – floculantes sintético según los parámetros establecidos por la OMS.

5.4.7 TURBIDEZ Y DEMANDA DE OXÍGENO CON COAGULANTE-FLOCULANTE ELABORADOS CON CHATARRA METÁLICA DE ZINC CON ÁCIDO SULFÚRICO Y DEL SULFATO DE ZINC SINTÉTICO.



En las pruebas con el sulfato de zinc elaborado a base de chatarra del zinc de las baterías se obtuvieron excelentes resultados en la obtención de oxígeno y con el sintético fue menos efectivo dentro del parámetro que se exige.

SUSTANCIA	TIPO DE AGUA	TURBIDEZ (NTU)			OXIGENO		
		Muestra Patrón	Día 1	Día 2	Muestra Patrón	Día 1	Día 2
Chatarra metálica de Zinc y ácido sulfúrico	CRIQUE	15.89	11.06	5.42	13.6	18.9	24.8
	DOMÉSTICA	25.41	23.42	18.60	18.5	24.7	16.08
Sulfato de zinc	CRIQUE	15.89	22.70	28.79	13.6	28.9	21.0
	DOMÉSTICA	25.41	25.88	50.0	18.5	35.5	50.1

5.5 COMPARACIÓN DE LOS FLOCULANTES ELABORADOS DE PLANTAS Y CHATARRA METÁLICA CON LOS COAGULANTES – FLOCULANTES COMERCIALES.

Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez y oxígeno disuelto con los coagulante floculante de plantas, chatarra metálica y con los floculantes sintéticos comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas⁴

⁴ Ver anexo 1

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. El uso de coagulantes-floculantes de origen natural y a partir de chatarra metálica son nuevas alternativas que deben ser aplicados en los procesos de clarificación, debido a que estos son más económicos, y causan menos impacto sobre los ecosistemas por ser biodegradables.
2. La clarificación es uno de los pasos a seguir para remover del agua las partículas suspendidas que causan la turbidez en la misma, siguiendo métodos de adición de compuestos naturales o químicos como coagulantes que permitan la aglomeración de partículas formando los denominados floc los cuales van a decantar en el fondo del agua debido a su mayor peso específico.
3. La utilización de los coagulantes-floculantes naturales en los procesos de clarificación de agua para el consumo humano, es de gran importancia en las zonas rurales y barrios marginales de las ciudades, ante las condiciones económicas actuales de Honduras.
4. La potabilización del agua está compuesta por una serie de procesos que permiten entregar el líquido en condiciones aptas para el consumo humano siguiendo los lineamientos referidos en la ley de aguas, para así garantizar su calidad.
5. La aplicación de esta alternativa de sustitución de los aclarantes artificiales por las plantas como ser semillas de Moringa Oleífera, caulote, casullas de café y almidón de papa y yuca puede ser factible de forma inmediata en las comunidades rurales y periurbanas y de esta manera evitarse enfermedades.

6. El coagulante-floculante natural más efectivo es el caulote y el coagulante-floculante de chatarra metálica es el aluminio, logrando clarificar el agua contaminada en un 100% y presentando parámetros normales de turbidez y oxígeno disuelto.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar capacitaciones en las diferentes áreas de nuestro país para contribuir a la descontaminación de aguas alteradas por la industria, aguas negras y doméstica.
2. Sugerir a los empresarios la elaboración de coagulantes – floculantes a partir de plantas y chatarra metálica y la efectividad de los mismos.
3. Elaborar un proyecto educativo para contribuir a la protección del ambiente en diferentes zonas de nuestro país utilizando los procesos de coagulación y floculación a base de plantas y chatarra metálica.
4. Usar elementos de protección personal como guantes, gafas de seguridad y mascarilla para cuando manipule el HCl y H₂SO₄ ya que el compuesto es altamente toxico.

CAPÍTULO VII: REFENCIAS BIBLIOGRAFIA

Aoki K., Adachi Y., “Kinetics of polyelectrolyte adsorption onto polystyrene latex particle studied using electrophoresis: Effects of molecular weight and ionic strength”, *Journal of Colloid and Interface Science* 300, pág. 69–77, 2006, <http://www.elsevier.com/locate/jcis>.

Arnal J.M; Garcia F J; Sancho M, Lora G M. Water potabilization in developing countries: natural coagulants. *Desalination* 200 (2006) 325–326.

Barrenechea Martel, Ada. Tratamiento de agua para consumo humano. Capitulo 4 Coagulación. Lima, Perú 2004. Pág.174-178, 196- 198.

Beltrán-Heredia, J. y Sánchez-Martín, J. (2009a) Improvement of water treatment pilot plant with *Moringa oleifera* extract as flocculant agent. *Environmental Technology* 30(6):525-534.

Cardenas Yolanda Andía, tratamiento de agua: Coagulación y floculación, Lima SEDAPAL, Abril del 2000. Pag. 6- 34.

Ceballos H; Cruz A. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción Procesamiento, Utilización y Comercialización. capitulo 2.Taxonomia y morofologia de la yuca. 2002. pp 17-34.

Cogollo J. Clarificacion del agua usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio. 2010. *Dyna*, Año 78, Nro. 165, pp. 1827.

Degremont. *Water Treatment Handbook*. 1991. 6.^a edición, vol.1, Francia

González Y., “Utilización de floculantes en el trata- miento de los residuales

lácteos”, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 2008.

Hernandez Scherill, Ortega Nereida Pasante de la Lic. CCNN Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán San Pedro Sula. Participación en la validación del laboratorio Coagulación – Floculación Con chatarra metálica. 2012.

Kelderman P; Kruis G. Laboratory Course Aquatic Chemistry and its Applications in Environmental Engineering. International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Holanda. 2001.

Laines J; Goni J, Adams S, Randy H et al. Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. INCI, ene. 2008, vol.33, no.1, p.22-28.

Macarulla J. Bioquímica humana: curso básico. edición 2. 1994. Pág. 17-19

Martinez D; Chavez M; Diaz A et al. Eficiencia del *Cactus lefaria* para uso como coagulante en el proceso de clarificación. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, abr. 2003, vol.26, no.1, p.27-33.

Martínez Javier, y colaboradores, guía para la gestión integral de residuos peligrosos, Proyecto de directrices sobre mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales en relación con el artículo y el anexo C (del Convenio de Estocolmo), Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, enero 2005 pag.74-76.

Metcalf; Eddy inc. Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse 2nd ed. McGraw-Hill International Editions. New York. 1979.

Okunda T; Baes A; Nishijima W; Okanda M."Isolation and Characterization of Coagulant Extracted from Moringa Oleifera Seed by Salt Solution." Wat. 2001. Res. Vol. 35, N.º 2, pp. 405-410.

Organización panamericana de la salud. Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico. 2ª edición: Ministerio de Desarrollo Económico, OPS, 2000

Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Planta potabilizadora para comunidades rurales: optimización de la coagulación-floculación. Capítulo 5 Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.CYTED

Reyes A Ing. Químico. Facultad de ciencias químicas. Analisis y control de aguas residuales, Universidad Veracruzana.

Romero, Maynor. Tratamientos utilizados en la potabilización del agua,

Boletín informativo número 8, España 2008, pag, 1.

Silva C; Troya V; Inchausty V; Pazmiño A. Lucn Agua para al vida, aportes a la construcción de mejores prácticas en el manejo sustentable del agua y la biodiversidad. 2008. pag 5-10.

Torres, L.G. Belloc C. Vaca M. Iturbe R. y Bandala E.R. (2009) Coagulation-flocculation process applied to wastewaters generated in hydrocarbon-contaminated soil washing: Interactions among coagulant and flocculant concentrations and pH value. Journal of Environmental Science and Health Part A 44:1449-1456

UNESCO. Water for people, water for life. First published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural. 2003. Barrenechea Martel, Ada. Tratamiento de agua para consumo humano. Capitulo 4 Coagulación. Lima, Perú 2004. Pág.

Vargas de, Lidia. Tratamiento de agua para consumo humano. Capitulo 6 Floculación. Lima, Perú 2004. Pág.265.

Vargas M; Camareno L; Romero E. Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. 2006. Tecnología en Marcha. Vol. 19-4

Voet D; Voet J; Bioquímica.. Edicion 3. 2006. Pag 43-45

Estudio Sobre La Reproduccion Y Mantenimiento Del Arbol De Ortiguillo Para Reforestacion Y Fomento De La Reproduccion Limpia En Los Trapiches Paneleros De Florencia Cauca; extraído de <http://es.scribd.com>

Extracción Y Secado De Floculantes Naturales Usados En La Clarificación De Jugos De Caña; Extraído de Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial <http://www.scielo.org.co/scielo>

<http://cabierta.uchile.cl/revista/15/articulos/pdf/edu4.pdf>

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0199.pdf>

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442008000700006&script=sci_abstract

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0718-16202007000100006&script=sci_arttext<http://www.lenntech.es/turbidez.htm#ixzz2Cobf575N>

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0718-16202007000100006&script=sci_arttext<http://www.lenntech.es/turbidez.htm#ixzz2Cobf575N>

http://www.betsime.disaic.cu/secciones/tec_1_01.htm

[Htp://servidor1.lasalle.es/clima2/index.php?option=comcontent&view=article&id=89&Itemid=64&lang=es](http://servidor1.lasalle.es/clima2/index.php?option=comcontent&view=article&id=89&Itemid=64&lang=es)

<http://www.bioplanet.mx/PDF/MORINGA.pdf>

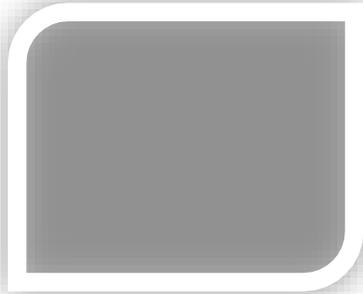
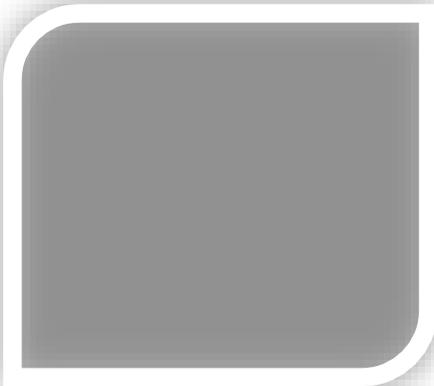
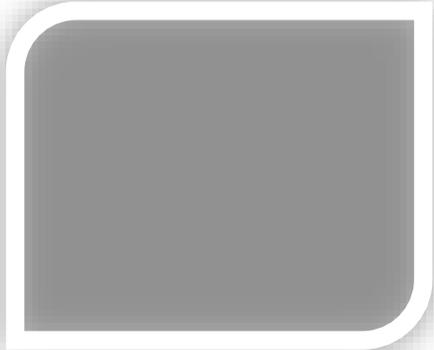
ANEXO 1

MORINGA

5.1.4 Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez, oxígeno disuelto y clarificación, que se obtuvo con el coagulante floculante natural con moringa y con los floculantes artificiales de SEA KLEAR y SUPER BLUE comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas⁵.

Medidas	Al inicio	Al final
pH		
Turbidez		

⁵ Ver anexo 2

<p>Oxígeno disuelto</p>		
<p>Clarificación</p>		
<p>Clarificación con Sea Klear comercial</p>		

CAULOTE

4.2.3.5 Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez, oxígeno disuelto y clarificación con el coagulante floculante natural caulote y con los floculantes artificiales de SEA KLEAR y SUPER BLUE comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas.

Medidas	Al inicio sin floculante	Al final con floculante
pH		
Medidas	Al inicio sin floculante	Al final con floculante
Turbidez		

<p>Oxígeno disuelto</p>		
<p>Clarificación con caulote</p>		
<p>Clarificación con Sea Klear comercial</p>		
<p>Clarificación con Super Blue comercial</p>		

CASULLA DE CAFÉ

4.3.1.6 Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez, oxígeno disuelto y clarificación con el coagulante floculante natural casulla de café y con los floculantes artificiales de SEA KLEAR y SUPER BLUE comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas

Medidas	Al inicio sin floculante	Al final con floculante
pH	 A digital pH meter (CRISON pH-Meter BASIC 30+) is shown next to a beaker containing a dark brown liquid. The meter's display shows a pH of 9.01. The beaker has 'Fob' written on it.	 A digital pH meter (CRISON pH-Meter BASIC 30+) is shown next to a beaker containing a clear, colorless liquid. The meter's display shows a pH of 8.94.
Turbidez	 A blue and white turbidity meter (HANNA HI91426) is shown. The digital display shows a turbidity reading of 39.81.	 A blue and white turbidity meter (HANNA HI91426) is shown. The digital display shows a turbidity reading of 2.30.

Oxígeno disuelto



Clarificación con café



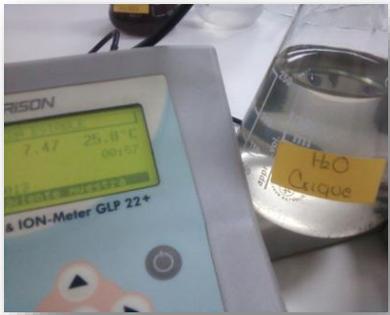
Clarificación con **Sea Klear** comercial



Clarificación con Super Blue comercial		
--	---	--

YUCA

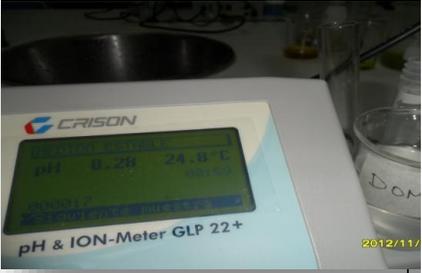
4.4.2.7 Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez y oxígeno disuelto con el coagulante floculante natural con almidón yuca y con los floculantes artificiales de **Sea Klear** y **SUPER BLUE** comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas (ver anexo 2 las fotos de todas las muestras)

Medidas	Al inicio sin floculante	Al final con floculante
pH		
Turbidez		

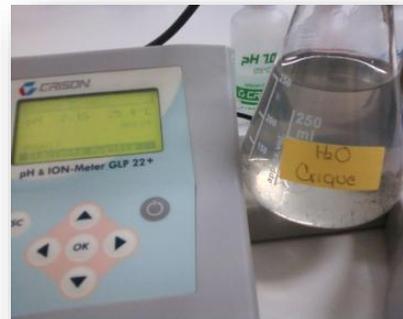
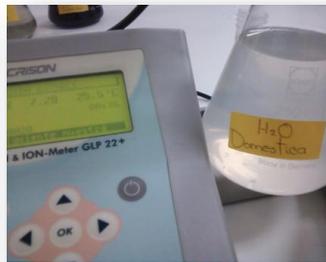
<p>Oxígeno disuelto</p>		
<p>Clarificación con yuca o papa</p>		
<p>Clarificación con Sea Klear comercial</p>		
<p>Clarificación con Super Blue comercial</p>		

HIERRO

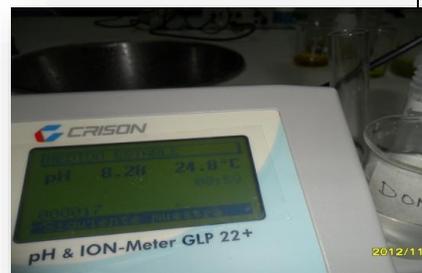
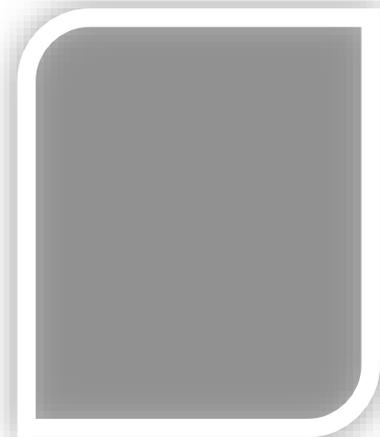
4.5.3.3 Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez y oxígeno disuelto con el coagulante floculante de chatarra metálica de hierro con ácido clorhídrico y con el floculante sintético de cloruro férrico comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas.

Medidas	Al inicio sin floculante	Al final con floculante
pH		
Turbidez		
Oxígeno disuelto		

Clarificación
con
chatarra
metálica de
hierro



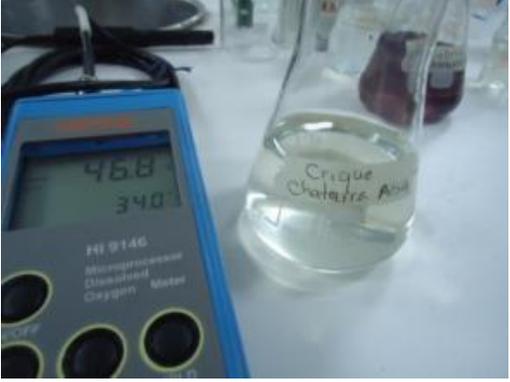
Clarificación
con cloruro
férrico
sintético



ALUMINIO

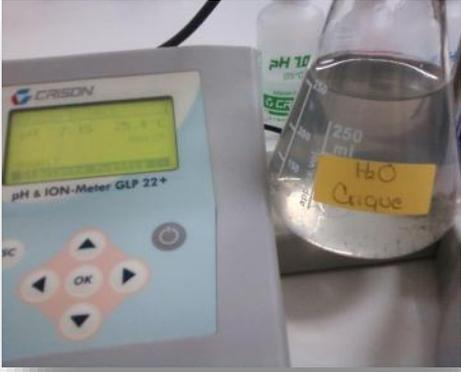
6.2.3.3. Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez y oxígeno disuelto con el coagulante floculante de chatarra metálica de viruta de aluminio con ácido sulfúrico y con el floculantes sintético de sulfato de aluminio comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas.

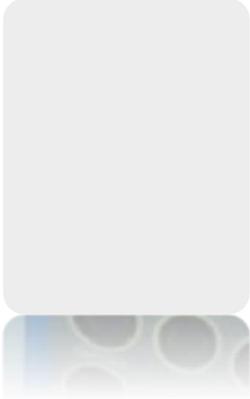
Medidas	Al inicio sin floculante	Al final con floculante
pH	 A photograph of a pH meter (ORION ION-Meter GMP 22+) with a glass electrode. The digital display shows a reading of 8.24. The electrode is submerged in a clear liquid in a beaker.	
Turbidez	 A photograph of a turbidity meter (HANNA HI9142) with a white sensor. The digital display shows a reading of 15.10. A beaker containing a clear liquid is next to it.	
		 A photograph of the same pH meter as in the first row. The digital display now shows a reading of 7.15. The electrode is still in the same liquid.

<p>Oxígeno disuelto</p>		
<p>Clarificación con chatarra de aluminio</p>		
<p>Clarificación con cloruro férrico sintético</p>		

CINC

4.7.3.3 Fotografías que muestran la forma de medir el pH, turbidez y oxígeno disuelto con el coagulante floculante de chatarra metálica de cinc con ácido sulfúrico y con el floculantes sintético de sulfato de zinc comprados en el comercio para hacer las comparaciones respectivas.

Medidas	Al inicio sin floculante	Al final con floculante
pH	 A photograph showing a CRISON pH & ION-Meter GLP 22+ next to a 250 ml beaker containing clear water. The beaker has a yellow label that reads 'H2O Cinc'. The meter's display shows a pH value of 7.32 and a temperature of 25.7°C.	 A photograph showing the same CRISON pH & ION-Meter GLP 22+ next to the beaker, which now contains a cloudy, turbid liquid. The meter's display shows a pH value of 7.32 and a temperature of 25.7°C.
Turbidez	 A photograph showing a HANNA Instruments turbidity meter next to a beaker containing clear water. The meter's display shows a turbidity reading of 23.42 FTU. The beaker has a yellow label that reads 'H2O Cinc'.	 A photograph showing the same HANNA Instruments turbidity meter next to the beaker, which now contains a cloudy, turbid liquid. The meter's display shows a turbidity reading of 5.42 FTU. The beaker has a yellow label that reads 'H2O Cinc'.

<p>Oxígeno disuelto</p>		
<p>Clarificación con chatarra de zinc</p>		
<p>Clarificación con sulfato de zinc sintético</p>		

ANEXO 2

ÍNDICE DE SIGLAS

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

UPNFM-CURSPS: Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, Centro Universitario Regional de San Pedro Sula

CESCCO

FHIA

TRRC: Tela Rail Road Company TRRC

COSUDE: Cooperación Suiza para el Desarrollo

OMS: Organización Mundial para la Salud

NTU: Unidad Nefelométrica de turbiedad

ppm : Partes por millón

p.c.c : Punto de carga cero

pH : Potencial de hidrógeno

OD : Demanda de oxígeno