

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITERAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

"DOSIFICACIÓN DE PASTA DE MORINGA OLEIFERA
COMO COAGULANTE-FLOCULANTE NATURAL PARA EL
PRETRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES."

Previo la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presentado por:

CRISTIAN ANDRÉS ASTUDILLO LOYOLA

CARLOS ALBERTO MERA ORLANDO

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2017

RESUMEN

Este proyecto está orientado principalmente a la determinación de las **dosificaciones** óptimas de pasta de Moringa para el tratamiento de **aguas residuales** o cuerpos de aguas con un alto nivel de **turbidez**. La pasta de Moringa debe cumplir con propiedades **floculante-coagulante** las cuales fueron probadas mediante el test de jarras que mediante periodos de agitación nos permitió comprobar la funcionalidad frente a tres diferentes muestras de agua.

Los resultados de los ensayos realizados dieron una respuesta positiva a la propuesta de este proyecto. Se logró obtener las gráficas Turbidez vs tiempo que se propuso ilustrar; se halló la dosificación óptima para las tres muestras que se analizaron en este proyecto, las cuales fueron caracterizadas antes y después del tratamiento, dando como conclusión principal la disminución de la turbidez en alrededor del 99,9% en aguas con sólidos totales principalmente inorgánicos y en el agua con un alto rango de carga orgánica llegó a un 92,7%.

Palabras clave: Dosificaciones, aguas residuales, turbidez, coagulantes y floculantes.

ABSTRACT

This project is mainly oriented to the determination of optimal **dosages** of Moringa pulp for the treatment of **sewage** or water bodies with a high level of **turbidity**. Moringa paste must comply with **flocculant-coagulant** properties which were tested by the jars test, which, through periods of agitation, allowed us to check the functionality against three different water samples.

The results of the tests performed gave a positive response to the proposal of this project. It was possible to obtain the graphs Turbidity vs time that it was proposed to illustrate; the optimum dosage was found for the three samples analyzed in this project, which were characterized before and after the treatment, with the main conclusion being the reduction of turbidity in about 99.9% in waters with mainly inorganic total solids and in the water with a high range of organic load reached 92.7%.

Key words: Dosages, sewage, turbidity, flocculant and coagulant

DEDICATORIA

Este proyecto, antes que nada, se lo dedicamos a Dios, quien nos ha llenado de fortaleza y guía ante todas las adversidades que hemos enfrentado en estos años de estudios.

Y a nuestros padres, por ser ese apoyo, ese soporte y esa ayuda que nos ha motivado a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, gracias Dios por darme la fuerza de siempre seguir adelante.

A mis padres, por ser ese pilar incondicional, quienes me brindaron su apoyo desde el primer momento en que nos conocimos.

A mi familia, por directa o indirectamente ayudarme en todo momento.

A mis amigos, compañeros y colegas; Marlys, Mafer, Vanessa, Miriam, Karla, Charlie y Luis. Por brindarme su amistad y paciencia.

Cristian Andrés Astudillo Loyola

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme fortaleza en los momentos más difíciles, y serenidad en las decisiones que he tomado.

A mis padres, Alfredo Mera y Carmen Orlando, por darme la oportunidad de seguir mi vocación y estar a mi lado en todo momento. Por ser ese pilar incondicional en mi vida incentivándome por alcanzar mis metas y a enfrentar nuevos retos.

A mis hermanos Alfredo y David, por brindarme su apoyo, experiencia y conocimiento fundamentales para mi formación como profesional.

A Karla Ramírez por su apoyo incondicional e impulsarme a ser una mejor persona y profesional.

Carlos Alberto Mera Orlando

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Al PhD. Michael Rendón Morán por su compromiso y conocimiento para el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Francisco Torres, por su apoyo y prestación del laboratorio donde fue posible realizar la experimentación.

A la Dra. Olga González, por su apoyo con equipos y conocimientos para el desarrollo del proyecto.

A Ecuamoringa por ayudarnos con información y donación para que este proyecto sea posible.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

CRISTIAN ANDRÉS ASTUDILLO LOYOLA

CARLOS ALBERTO MERA ORLANDO

Y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Cristian Astudillo Loyola

Carlos Mera Orlando

Acrónimos

DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAO	Food and Agricultural Organization
FCNM	Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
Floc	Flóculo
MOC-SC-PC	Moringa Oleifera Coagulant – NaOH Solution – Purified Coagulant
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
pH	Potencial Hidrógeno
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente

Simbología

H ₂ S	Ácido Sulfhídrico
H ₂ O	Agua
atm	Atmósfera
°C	Grado Celsius
g	Gramo
H	Hidrógeno molecular
Al(OH) ₃	Hidróxido de Aluminio
Fe(OH) ₃	Hidróxido Férrico
Kg	Kilogramo
Kj	Kilojoules
L	Litro
log	Logaritmo
m ²	Metro cuadrado
mgO ₂ /L	Miligramo de Oxígeno por Litro
ml	Mililitro
min	Minutos
N	Newton
O	Oxígeno molecular
%	Porcentaje
s	segundo
H ₂ Se	Seleniuro de Hidrógeno
H ₂ Te	Telururo de Hidrógeno

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	1
CAPÍTULO 1	5
Marco Teórico	5
1.1 Agua.	5
1.1.1 Estructura molecular del agua.....	5
1.1.2 Propiedades del agua.....	7
1.2 Partículas en suspensión.....	9
1.2.1 Sistemas Coloidales	10
1.3 Aguas residuales	10
1.3.1 Tipos de aguas residuales.....	10
1.4 Tratamiento de aguas.	10
1.5 Coagulación.....	11
1.5.1 Generalidades	11
1.5.2 Mecanismos de la coagulación.....	12
1.5.3 Coagulantes Utilizados	17
1.6 Floculación.....	19
1.6.1 Generalidades	19
1.6.2 Mecanismos de la floculación.....	19
1.6.3 Factores que influyen en el proceso de coagulación-floculación.....	20
1.7 Moringa.....	24
1.7.1 Generalidades	24
1.7.2 Usos de la Moringa.....	24
1.7.3 Alternativa para el tratamiento de aguas: Purificación de agua con	25
CAPÍTULO 2	27
Metodología	27
2.1 Muestras	27
2.1.1 Puntos de toma de muestra.....	27
2.1.2 Procedimientos.....	28
CAPÍTULO 3	31

Resultados	31
3.1 Resultados obtenidos	31
3.1.1 Resultados de variación de diámetro de partícula.	31
3.1.2 Dosificación para las diferentes muestras	31
3.1.3 Gráficas Turbidez vs tiempo	32
3.1.4 Resultados de Muestra 1: Río Guayas.	35
3.1.5 Resultados de Muestra 2: Lago ESPOL.	36
3.1.6 Resultados de Muestra 3: Agua residual de Industria Cartonera.	36
3.1.7 Resultados de Comparación: Diferentes tipos de químicos flocculantes empleados en el mercado.	36
CAPÍTULO 4	38
Análisis de resultados	38
4.1 Diámetro de partícula.....	38
4.2 Remoción de turbidez.	38
4.2.1 Muestra 1	38
4.2.2 Muestra 2.....	39
4.2.3 Muestra 3.....	39
4.3 Sólidos Totales.	40
4.4 DBO5 y DQO.	40
4.5 Diferencia contra otros flocculantes.....	40
4.6 Análisis de costos.	41
CAPÍTULO 5	42
Conclusiones y Recomendaciones	42
5.1 Conclusiones	42
5.2 Recomendaciones	44
Referencias	45
Bibliografía	45
Anexos	46
Apéndice A	46
Apéndice B	46
Apéndice C	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Cinco moléculas de agua esquematizadas de manera tetraédrica en el plano del papel, unidas por puentes de hidrógeno.....	6
Figura 1.2 Puentes de Hidrógeno y ubicación de los electores no apareados.....	7
Figura 1.3 Proceso de coagulación.....	12
Figura 1.4 Reestabilización de floc	14
Figura 2.5 Atrapamiento de partículas coloidales en un floc	15
Figura 3.6 Esquema de desestabilización coloidal, modelo de enlace tipo puente	16
Figura 2.1 La cruz corresponde al punto de toma de muestra 1, en el puerto del barco Morgan, Malecón 2000, Guayaquil, Ecuador.	27
Figura 2.2. La cruz corresponde al punto de toma de muestra 2, en el lago ESPOL, en el campus Gustavo Galindo, Guayaquil, Ecuador.	28
Gráfica 3.1. Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Río Guayas, en 2L de muestra con 0,6012 g de Moringa.	33
Gráfica 3.2. Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Río Guayas, en 2L de muestra con 0,6012 g de Moringa a partir de los 10 minutos. .	33
Gráfica 3.3 Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Lago ESPOL, en 1L de muestra con 0,153 g de Moringa.....	34
Figura 3.4 Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Agua residual de Industria Cartonera, en 1 L de muestra con 1,002 g de Moringa.....	35
Figura 8.1 Prueba en el test de jarras a cargo de Carlos Mera.....	47
Figura 8.2 Prueba a las tres muestras de agua para poder realizar la gráfica Turbidez vs tiempo.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Propiedades de Agua.....	8
Tabla 1.2 Mecanismos de desestabilización	17
Tabla 3.1 Resultados de selección a diferente diámetro de partícula	31
Tabla 3.2 Determinación de la dosis óptima de pasta de Moringa para 1L de agua del Río Guayas	31
Tabla 3.3 Determinación de la dosis óptima de pasta de Moringa para 1L de agua del Lago ESPOL	31
Tabla 3.4 Determinación de la dosis óptima de pasta de Moringa para 1L de agua residual de industria cartonera.....	32
Tabla 3.5 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Río Guayas, en 2L de muestra con 0,6012 g de Moringa.....	32
Tabla 3.6 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Lago ESPOL, en 1L de muestra con 0,153 g de Moringa.....	34
Tabla 3.7 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Agua residual de Industria Cartonera, en 1 L de muestra con 1,002 g de Moringa.	34
Tabla 3.8 Datos determinados experimentalmente de la Muestra 1: Río Guayas.	35
Tabla 3.9 Datos determinados experimentalmente de la Muestra 2: Lago ESPOL.	36
Tabla 3.10 Datos determinados experimentalmente de la Muestra 3: Agua residual de Industria Cartonera.	36
Tabla 3.11 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Agua del Río Guayas, en 1L de muestra con aproximadamente 0,3 g de agente floculante.	36
Tabla 8.1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	46

Introducción

El uso de sustancias floculantes y coagulantes en el tratamiento de aguas es de gran importancia para poder reducir y/o controlar parámetros como turbidez, color, olor, sustancias coloidales, entre otros. El uso de estas sustancias permite acelerar el proceso de sedimentación y clarificación del agua a tratar. Las sustancias floculantes y coagulantes se caracterizan por desestabilizar las fuerzas electroestáticas de sólidos no sedimentables (coagulación) creando microfloculos, que permite la aglomeración de floculos y microfloculos con el fin de crear partículas más grandes (floculación) capaces de tener la suficiente masa para poder sedimentarse.

El uso de sustancias floculantes y coagulantes apareció a raíz de la necesidad de disminuir la turbiedad y demás parámetros con el fin de mejorar la calidad de agua ya sea para consumo o tratamiento de las mismas. El proceso de sedimentación no puede realizarse adecuadamente debido al variado tamaño de las partículas presentes en el líquido, ya sean sólidos en suspensión o disueltos.

En la actualidad existen muchos tipos de productos capaces de reducir la turbiedad en el agua, sin embargo, gran cantidad de ellos dejan “marcas” de su uso en el agua, siendo la más evidente un cambio en la coloración del agua post-tratamiento como es el caso de las sales de hierro, y en algunos de los casos existe la presencia de trazas de los compuestos metálicos tanto en el agua como en el lodo sedimentado por efecto del floculante. En adición a las propiedades previamente mencionadas es posible agregar coadyuvantes las cuales son sustancias capaces de potenciar el efecto floculante como es el caso de los polímeros y biopolímeros capaces de capturar pesticidas y metales pesados.

La eficiencia del floculante no radica únicamente en el período de tiempo que demora en formar floculos, sino también en la cantidad de turbiedad que es capaz de reducir. Este debe de poder operar en diferentes tipos de aguas y condiciones, tales como: alta turbiedad, color, alcalinidad y variaciones de pH.

Entre los problemas que es posible encontrar en la actualidad , las industrias descargan sus efluentes en la vertiente de agua más cercana, ya sean aguas servidas o aguas industriales, las cuales pasan por distintos procesos dependiendo de la composición del efluente. Generalmente estos tratamientos utilizan la ayuda de coagulantes y floculantes para acelerar la sedimentación de los sólidos suspendidos como pretratamiento.

Uno de los principales problemas del tratamiento de aguas con alta presencia de turbiedad, como es el caso del Río Guayas al tener una turbiedad superior a 2000 NTU, es la generación de lodos con alto contenido de metales debido a la utilización de floculantes y coagulantes inorgánicos. Estos lodos generalmente son tratados por gestores, los cuales son llevados a confinamiento en caso de tener presente un alto contenido de metales en su composición.

Existen diferentes tipos de coagulantes empleados en el tratamiento de aguas, siendo los más conocidos y utilizados en la industria los coagulantes metálicos, como las sales de aluminio y hierro, en especial el sulfato de aluminio. Sin embargo, estas sustancias tienden a dejar residuos de sus componentes metálicos tanto en el lodo como en el agua, siendo el caso del sulfato de aluminio la presencia de residuos de aluminio en el agua tratada.

Los coagulantes, sean de origen orgánico o inorgánico tienen un rango óptimo de pH en el cual pueden trabajar con una mayor eficiencia. En el caso del sulfato de aluminio, este requiere de un pH controlado para poder llevar a cabo su funcionamiento.

Cabe recordar que el agua es un recurso natural clave para el desarrollo de las comunidades, lo que consecuentemente ayuda al desarrollo de las industrias y finalmente el país. A través de la historia las civilizaciones siempre han buscado fuentes de agua dulce, siguiendo las lluvias o asentándose cerca de ríos, acuíferos, aguas subterráneas, lagos, entre otros, en algunos casos se ha llegado a tener disputas y guerras por el privilegio de este recurso.

Actualmente se conoce que a pesar de que la superficie del planeta está cubierta en un 70% por agua, tan solo el 2,5% es agua dulce siendo el 97,5% restante agua salada. Aproximadamente el 70% del agua dulce se encuentra congelada en los glaciares, el 30% del agua dulce restante no toda está al alcance del ser humano; siendo aproximadamente el 1% del agua dulce accesible presente en lagos, ríos y humedales. Aun así, seguimos desperdiciando y contaminando sin pensar en las consecuencias que traerá en un futuro no muy lejano. Si bien la cantidad de agua presente en el planeta no va a desaparecer, lo que ocurrirá es una reducción de la disponibilidad de agua potable.

La calidad del agua es extremadamente importante, no solo para consumo, en las industrias se exige que el agua no contenga niveles elevados de sedimentos para evitar el deterioro de los equipos empleados, entre otros parámetros.

La necesidad de buscar medios alternativos para el tratamiento de aguas surge como un soporte a países y/o poblaciones de bajo desarrollo los cuales carecen de la tecnología o los recursos suficientes para un correcto tratamiento del agua. Es por tal motivo que se ha investigado el uso de coagulantes naturales provenientes de fuentes sostenibles fáciles de conseguir o en este caso cosechar.

Siendo el objetivo principal de esta investigación el demostrar la eficiencia de un método orgánico el cual no repercuta de manera negativa sobre el medio ambiente ni cause efectos nocivos para la salud, enfocado en el mejoramiento de las condiciones tanto físicas como químicas en aguas residuales. Empleando un componente con propiedades floculantes-coagulantes presente en las semillas de la planta *Moringa oleífera* como pretratamiento.

EL objetivo general de este proyecto es: "Determinar la dosis de pasta de Moringa para la máxima remoción de sólidos totales en diferentes muestras de agua". El cual se cumplirá una vez realizados los siguientes objetivos específicos: "Seleccionar el diámetro de partícula adecuado para evitar la presencia de pasta de moringa en el cuerpo de agua tratado", "Comprobar la eficiencia de la pasta de Moringa como floculante-coagulante en diferentes tipos de aguas", "Ilustrar la

relación que existe entre la disminución de la turbidez y el tiempo de aplicación de la pasta de Moringa en las diferentes muestras”, “Caracterizar mediante propiedades físicas y químicas tres diferentes tipos de agua antes y después del tratamiento con la pasta Moringa”, y finalmente “Comparar la eficiencia de remoción de turbidez de la pasta Moringa con floculantes inorgánicos convencionales”.

CAPÍTULO 1

Marco Teórico

1.1 Agua.

De acuerdo a la Real Academia de la Lengua Española, se define la palabra 'agua' como: "Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos. Su fórmula molecular o química es H_2O " (RAE).

1.1.1 Estructura molecular del agua.

Debido a la polaridad que tiene la molécula del agua, existe una atracción electroestática entre sus átomos. El átomo de hidrógeno dentro de una molécula contiene la virtud de una carga parcialmente positiva, mientras que el átomo de oxígeno conlleva en si una carga parcialmente negativa, la cual crea una atracción natural entre el átomo de hidrógeno y el átomo de oxígeno. Esta unión covalente entre el hidrógeno y el oxígeno en las moléculas de agua se lo conoce como puente de hidrogeno (Peña, 2004).

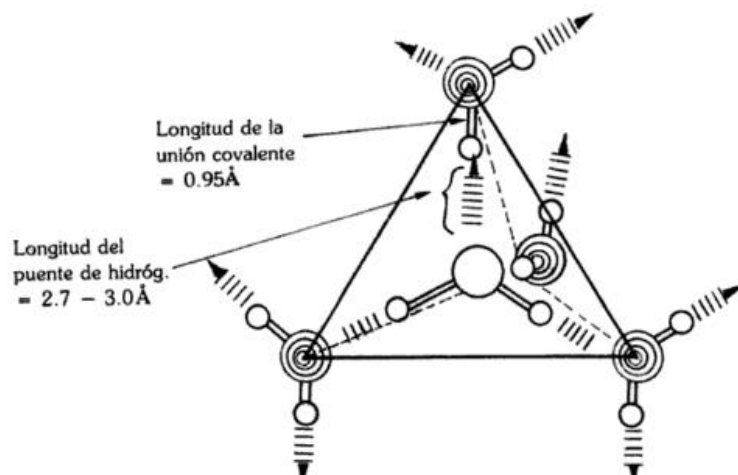


Figura 1.1. Cinco moléculas de agua esquematizadas de manera tetraédrica en el plano del papel, unidas por puentes de hidrógeno.

Fuente: Peña, 2004

Como se puede observar en la figura 1.1, la molécula de agua simple tiene una composición de dos moléculas de Hidrógeno (siendo las partículas más pequeñas según la figura) y una molécula de Oxígeno (representada como la partícula más grande).

Recordando que, dentro de la molécula de agua, el oxígeno contiene un octeto estable de electrones de valencia a su alrededor. En donde los 8 electrones se encuentran agrupados en 4 pares. Dos pares son compartidos con los dos átomos de hidrógeno dentro de la molécula de agua (formando un ángulo de 105° en el enlace H-O-H), mientras que los otros dos pares restantes se repelen entre sí, siendo ubicados lo más alejados cómo es posible alrededor de la superficie esférica de la molécula (figura 1.2) (Manahan, 2007).

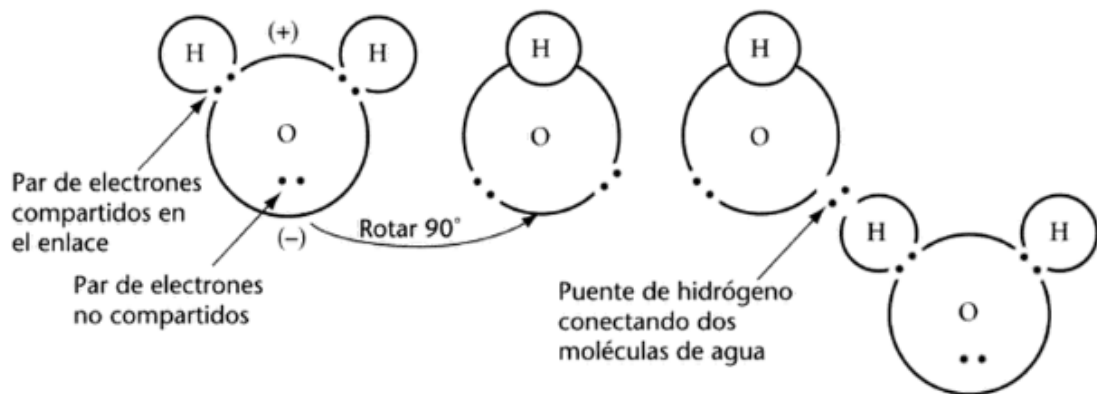


Figura 1.2 Puentes de Hidrógeno y ubicación de los electores no apareados.

Fuente: Manahan, 2007

1.1.2 Propiedades del agua

1.1.2.1 Propiedades Fisicoquímicas del agua

Dentro de la biosfera, el agua es aquel compuesto químico que se encuentra con mayor abundancia. Corresponde a una de las sustancias con mayor importancia en la superficie, debido a que es completamente indispensable para el mantenimiento de la vida dentro de nuestro planeta. Comparado a sustancias que corresponden a la misma familia según la tabla periódica (refiriéndonos a los hidruros, tales como H_2S , H_2Se y H_2Te), el agua necesita elevados niveles de temperatura para la ebullición, la cual es: $100^{\circ}C$ a 1 atm de presión, mientras que los compuestos mencionados, contienen una temperatura de ebullición menor a $0^{\circ}C$.

Esto ocurre debido al fuerte nivel de interacción que existe en las moléculas de agua en el estado líquido. Dentro de la molécula de agua, la alta polaridad de la molécula provoca que los átomos de hidrógeno de una molécula de agua generen puentes de hidrógeno con los átomos de oxígeno de otras moléculas de agua (Peral, 2006).

En la tabla 1.1, se pueden observar las propiedades más relevantes del agua y sus valores en el sistema inglés de unidades.

Tabla 1.1 Propiedades de Agua

Propiedad	Valor
Densidad a 25 °C	0,997 g L ⁻¹
Temperatura de máxima densidad	3,98 °C
Constante dieléctrica	78,30
Entalpía de vaporización a 100°C y 1 atm	2,26 kJ kg ⁻¹
Entalpía de fusión a 0°C y 1 atm	0,33 kJ kg ⁻¹
Calor específico a 15°C y 1 atm	4,18 kJ kg ⁻¹
Tensión superficial a 20 °C	0,0728 J m ⁻²
Viscosidad a 20°C	1,000 10 ⁻³ N s m ⁻²
Conductividad térmica a 2 °C	0,588 J s ⁻¹ m ⁻¹ K ⁻¹

Fuente: Peral, 2006

1.1.2.2 Propiedades Organolépticas del agua

Además, se puede destacar que el agua cuenta con propiedades organolépticas (aquellos que afectan los sentidos), tales como: el color, el sabor y el olor. El color corresponde a la alteración que ha recibido en su composición, es decir, dependiendo de las sustancias o compuestos que se hayan disuelto en el cuerpo de agua.

Otro parámetro que afecta en la coloración del agua es la turbidez, no es más que un fenómeno óptico producido por la absorción y la dispersión de la luz incidente en una muestra que contiene partículas en suspensión. La turbidez puede originarse de diversas formas; entre ellas: por erosión, resuspensión de material de los sedimentos, crecimiento excesivo de algas o de vertidos de aguas residuales, entre otros. Una de las maneras más sencillas de medir el parámetro de turbidez es mediante un turbidímetro. Su unidad de medida es el NTU, Nephelometric Turbidity Unit.

Cuando se habla del sabor, naturalmente, el agua tiene una esencia refrescante en su sabor debido a los gases y/o sales que están en su composición. Este puede ser alterado principalmente por metales en la composición del agua o de alguna otra sustancia que altere la calidad o composición del agua. De igual manera, en su estado natural, el agua no contiene olor, es decir, es inodora; pero al ser alterada por algún agente externo, que contribuya con compuestos volátiles a la composición del agua, esta deja su estado neutral (Manahan, 2007).

1.1.2.3 Carga Orgánica del agua

1.1.2.3.1 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Se conoce como demanda biológica de Oxígeno del agua a aquella cantidad de oxígeno que es consumida por los microorganismos, tales como bacterias, plancton y/o algas, cuando se efectúa la degradación de la materia orgánica en el agua. Es expresada en mg O₂ / L (Andreo, 2003).

1.1.2.3.2 Demanda Química de Oxígeno

En cambio, cuando se menciona a la demanda química de Oxígeno, se refiere a la oxidación química de las componentes oxidables dentro del agua. De la misma manera que el DBO, el DQO es expresado en mg O₂ / L (Andreo, 2003).

1.2 Partículas en suspensión

Dentro de una muestra de agua que contenga una apariencia "perfecta", esta contendrá una mínima cantidad de pequeños componentes o partículas en su composición. Estas partículas pueden encontrarse disueltas en el medio acuoso o pueden encontrarse flotando en él, en suspensión.

A simple vista será imposible percibir estas partículas, inclusive no podrán ser observadas en microscopios. Pues el tamaño de muchas de estas partículas será menor a un Å (Ångström equivalente a 10⁻⁹ m). Los cuales podrán pasar a través

de las porosidades de los filtros al momento de realizar los análisis correspondientes (Valencia, 2010).

1.2.1 Sistemas Coloidales

Cuando dentro de un medio acuoso se encuentran partículas suspendidas, se les otorga el nombre de sistema coloidal. En él se localizan partículas con orden de decenas-centenas de Å. Pero así mismo, existen sistemas coloidales en el que las partículas pueden ser observadas a simple vista.

1.3 Aguas residuales

De acuerdo a la FAO, Food and Agricultural Organization, se entiende por aguas residuales a agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales.

1.3.1 Tipos de aguas residuales

Aguas residuales Urbanas: Conlleva al producto de zonas domésticas o residenciales, o a su vez, son estas aguas con la influencia de aguas residuales industriales y/o pluviales.

Aguas residuales domésticas: Aquellas que se producen en zonas de vivienda y de servicios, en las que se generan residuos principalmente del metabolismo urbano y actividades domésticas.

Aguas residuales industriales: Aquellas aguas residuales que provienen de la actividad industrial o comercial, no pueden provenir de corrientes domésticas ni corrientes pluviales (CEE, 2003).

1.4 Tratamiento de aguas.

El tratamiento de aguas es un proceso en el cual se busca mejorar la calidad del agua, mediante procesos físicos o químicos, para poder utilizarlas en procesos

industriales o para poder realizarla correspondiente liberación del agua en ríos, lagos, océano o alcantarillado.

Existe una gran variedad de tratamiento de aguas, como se mencionó previamente, estos pueden llegar a ser químicos o físicos. En el presente proyecto se hará énfasis en el proceso de floculación y coagulación

1.5 Coagulación

1.5.1 Generalidades

La coagulación es un proceso fisicoquímico empleado con el fin de formar partículas de mayor tamaño y peso por unidad de volumen, mediante la dosificación de químicos capaces de encapsular y/o desestabilizar las fuerzas que mantiene separados a los sólidos no sedimentables (coloides, sólidos suspendidos), y la aplicación de energía de mezclado.

Los coagulantes generalmente tienen una carga positiva la cual interactúa con la carga negativa que poseen las partículas en el agua permitiendo que se agrupen formando microfloculos como se muestra en la figura 1.3. En la mayoría de los casos el efecto del coagulante sucede de inmediato, por lo que es necesario que sea añadido de manera rápida y equitativamente sobre toda el área a tratar.

Es un tratamiento de alta eficiencia, sin embargo, este puede representar un elevado costo si no es empleado de forma correcta. Indistintamente del costo, es considerado un método universal ya que logra precipitar una cantidad considerable de sustancias de distinta naturaleza.

La mala ejecución o dosificación en el proceso de coagulación puede resultar en una degradación de la calidad del agua, lo que implicaría un gasto de operación no justificado. Por lo tanto, las efectividades de las unidades de decantación son directamente condicionadas por la dosis de coagulante agregada, consecuentemente dificultando la clarificación en caso de que la dosis de coagulante sea agregada de manera incorrecta (Cárdenas, 2000).

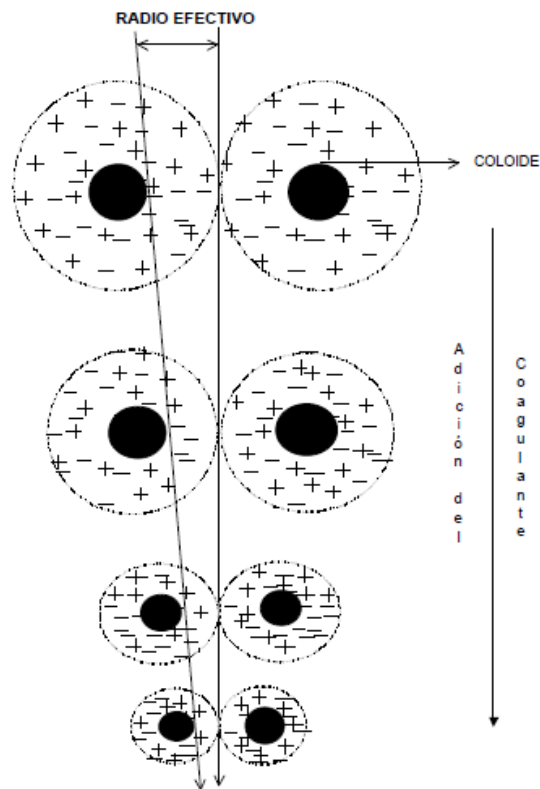


Figura 1.3 Proceso de coagulación.

Fuente: Tratamiento de agua: coagulación y floculación; SEDAPAL

1.5.2 Mecanismos de la coagulación

Existen actualmente diferentes tipos de coagulantes químicos, siendo estos de origen orgánico e inorgánico. Independientemente de su origen estos pueden tomar caminos distintos al momento de desestabilizar los coloides. Sin embargo, es posible que dichos coagulantes puedan alcanzar la desestabilización coloidal por más de un método, dependiendo de las condiciones de uso.

Para poder obtener la máxima eficiencia posible en una aplicación en particular, es necesario tener un entendimiento del funcionamiento de estos materiales para la correcta selección del tipo de coagulante y su dosificación.

Los mecanismos fisicoquímicos empleados para lograr la desestabilización de las partículas coloidales se presentan en los siguientes:

- Compresión de la capa difusiva.

- Adsorción y neutralización de cargas.
- Inmersión dentro de un precipitado.
- Adsorción y enlace tipo puente.

1.5.2.1 Compresión de la capa difusiva

Algunas especies de coagulantes interactúan con partículas coloidales únicamente de manera electrostática; los iones de carga similar a la carga del coloide son repelidos, mientras que los contraiones son atraídos. Los coagulantes que interactúan con los coloides por este método en particular reciben generalmente el nombre de electrolitos indiferentes.

En base a las observaciones realizadas por Hardy en 1900, se estableció la regla de Schulze-Hardy. Esta regla dicta que a través de los iones de carga opuesta de la del coloide (contraiones), un electrolito indiferente puede alcanzar la desestabilización del coloide (Weber, 2003).

La compresión de la capa difusiva que rodea al coloide es posible por la acción de los contraiones, dando paso a la desestabilización de las partículas coloidales. Si la solución contiene altas concentraciones de electrolitos esto implicará elevadas concentraciones de contraiones en la capa difusiva.

Consecuentemente el espesor necesario para mantener la electroneutralidad en la capa difusiva decrece al igual que sus dimensiones. Reduciendo la distancia de la interacción repulsiva entre partículas coloidales similares, llegando en ciertos casos a desaparecer la barrera energética de activación.

1.5.2.2 Adsorción y neutralización de cargas

La mezcla de las distintas interacciones entre el coagulante, el coloide y el disolvente (coagulante-coloide; disolvente-coloide; coagulante-disolvente) es conocida también como la capacidad de un coagulante para desestabilizar una dispersión coloidal. Siendo la magnitud y el tipo de interacción, lo que determine la efectividad de un coagulante para ocasionar dicha desestabilización.

La primera capa adherida se forma debido a la atracción de los iones positivos (+) presentes en el coagulante por la carga negativa (-) de las partículas coloidales. Este mecanismo de coagulación se basa en la neutralización y reestabilización de la carga de la partícula, como se observa en la figura 1.4 (Aguilar, 2002).



Figura 1.4 Reestabilización de floc

Fuente: Tratamiento de agua: coagulación y floculación; SEDAPAL

1.5.2.2.1 Neutralización

La carga negativa original de la partícula coloidal llamada carga primaria, atrae a los iones positivos de los coloides que se encuentran en solución dentro del agua equiparando las cargas del coloide formando la primera capa adherida.

1.5.2.2.2 Reestabilización

La capa adherida inicia un proceso de adsorción de contraiones presentes en el agua a tratar debido al exceso de coagulante, alterando la carga neta del coloide de negativa a positiva dando paso a una inversión de la carga original.

1.5.2.3 Inmersión dentro de un precipitado

Al utilizar sales metálicas (óxidos metálicos o hidróxidos) como coagulantes en altas concentraciones, se provoca una precipitación rápida de las mismas siendo

posible atrapar las partículas coloidales desestabilizadas dentro de los precipitados a medida que estos se forman.

El grado de saturación de la solución influye directamente sobre la velocidad de precipitación. La cantidad de aniones procedentes de las partículas coloidales en la disolución ayudan a incrementar la velocidad de precipitación cuando el precipitado posee una carga positiva (Aguilar, 2002).

Los coloides cumplen el rol de enlaces o anillos durante el proceso de formación del floc como se muestra en la figura 1.5. De manera que la velocidad de precipitación es afectada positivamente al aumentar la cantidad de materia coloidal a eliminar. Consecuentemente existiendo una relación inversa entre la turbiedad y la dosificación de coagulante requerida.

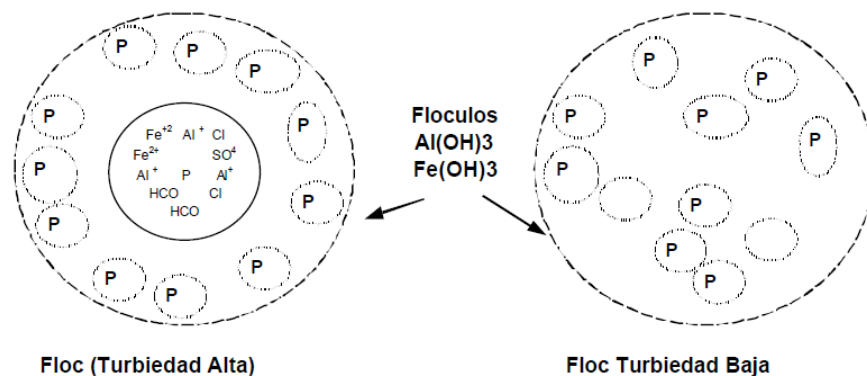


Figura 2.5 Atrapamiento de partículas coloidales en un floc

Fuente: Tratamiento de agua: coagulación y floculación; SEDAPAL

En otras palabras, cuanto mayor sea la turbiedad del agua a tratar, menor será la cantidad de coagulante requerida para realizar el proceso de precipitación.

1.5.2.4 Adsorción y enlace tipo puente

A pesar de que las partículas sólidas del agua y agua residual posean una carga negativa, se ha observado frecuentemente que el método más económico es obtenido adicionando con un polímero aniónico.

A mayor contacto entre las moléculas poliméricas del coagulante con la superficie de las partículas coloidales, mayor será la eficiencia de la desestabilización. Al realizarse la interacción, algunos de los grupos químicos de la molécula polimérica son adsorbidos por la superficie de la partícula (Reacción 1 en figura 1.6), dejando libre otros enlaces de la molécula con la posibilidad de absorber otras partículas.

Una segunda fijación puede ocurrir si otra partícula con lugares de adsorción disponibles (Reacción 2 en figura 1.6) entra en contacto con los enlaces libres de la molécula. Formándose así un complejo partícula-polímero-partícula, donde el polímero cumple la función de puente.

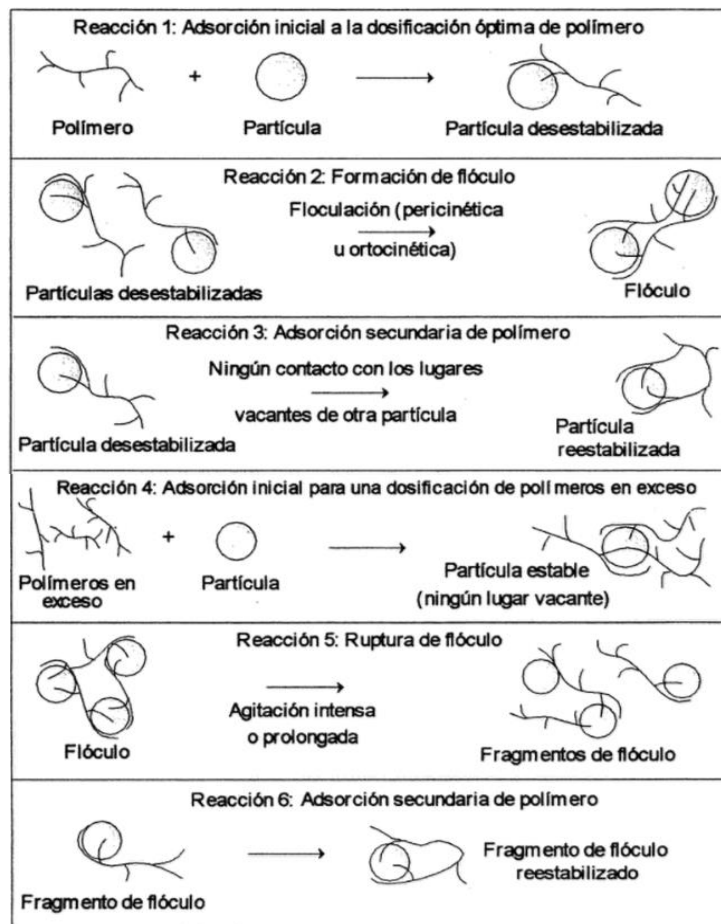


Figura 3.6 Esquema de desestabilización coloidal, modelo de enlace tipo puente

Fuente: Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación, página 41

Eventualmente con el tiempo en una segunda partícula la cual contenga lugares de adsorción vacantes (Reacción 3 en figura 1.6), puede ocurrir que los segmentos prolongados sean adsorbidos en dichos lugares de la partícula original.

Altas dosificaciones de polímeros capaces de saturar las superficies coloidales producen un coloide reestabilizado (Reacción 4 en figura 1.6), dado que no tiene lugares disponibles para la formación de “puentes” entre partículas.

Mediante agitación prolongada y bajo ciertas condiciones es posible que un sistema desestabilizado y agregado sea reestabilizado (Reacciones 5 y 6 en figura 1.6), debido a la rotura de los enlaces polímero-superficie y posterior repliegue de los segmentos prolongados sobre la superficie de las partículas (Aguilar, 2002).

Tabla 1.2 Mecanismos de desestabilización

<i>INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS EN FUNCIÓN DEL MECANISMO</i>				
Parámetro/Mecanismo	Doble capa	Adsorción y Neutralización	Precipitación	Enlace tipo puente
Interacciones electrostáticas	Predominantes	Importantes	Subordinadas	Subordinadas
Interacciones Químicas y Adsorción	Ausentes	Importantes	Pueden ocurrir pero no son esenciales para la eliminación	Predominantes
Adición de exceso de coagulante	No tiene efecto perjudicial	Reestabilización acompañada de inversión de carga	No tiene efecto perjudicial	Reestabilización debido al recubrimiento superficial completo
Relación entre dosis óptima y concentración de partículas	Dosis óptima independiente de concentración coloidal	Posible estequiometría pero no siempre ocurre	Dosis óptima independiente de concentración coloidal	Estequiometría entre dosis y concentración coloidal
Propiedades físicas de los flóculos formados	Densos, gran resistencia pero pobre filtrabilidad	Flóculos de resistencia y densidad variable	Flóculos de resistencia y densidad variable	Flóculos de estructura tridimensional, baja resistencia pero excelente filtrabilidad

Fuente: Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación, página 43.

1.5.3 Coagulantes Utilizados

Al adicionar el coagulante al agua a tratar, estos son capaces de formar un precipitado voluminoso mediante una reacción con los componentes químicos presentes en el agua, especialmente con la alcalinidad. Estos generalmente se encuentran constituidos por el hidróxido metálico del coagulante en el caso de las sales metálicas (Cárdenas, 2000).

1.5.3.1 Coagulantes metálicos

Los coagulantes metálicos son los más empleados en el proceso de coagulación a pesar de que presentan una zona óptima de valores de pH limitando su efectividad a dicho rango.

Los coagulantes inorgánicos se subdividen en dos grupos principales debido a su alta demanda, como lo son:

- Sales de Aluminio:
Compuestos sintéticos que emplean las propiedades del Aluminio tales como: Sulfato de Aluminio, Aluminato de Sodio o Cloruro de Aluminio.
- Sales de Hierro:
Compuestos sintéticos que emplean las propiedades del Hierro tales como: Cloruro Férrico, Sulfato Férrico o Sulfato Ferroso.

1.5.3.2 Coagulantes orgánicos

Los coagulantes pertenecientes a este conjunto son polímeros los cuales tienen un peso molecular elevado, los cuales a su vez se pueden dividir en:

- Polímeros de origen microbiológicos
Mezclas segregadas por algunos microorganismos, compuestas por lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y polisacáridos, los mismos que son fáciles de degradar por reacciones microbiológicas.
- Polímeros de origen natural
Compuestos de origen biológico que son extraídos de ciertos tipos de plantas, algas o animales. Entre los más destacados se encuentran derivados del almidón y la celulosa, extractos vegetales como alginatos (extractos de algas), y quitosán.

Polielectrolitos naturales pueden tener propiedades catiónicas como el quitosán y el almidón, o aniónicas como los polisacáridos sulfatados y sus derivados y no iónicas como algunos derivados del almidón y la celulosa (Aguilar, 2002).

1.6 Floculación

1.6.1 Generalidades

Floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microfloculos lo cual se ve favorecido mediante la agitación moderada/lenta del agua, para después dar paso a la formación de aglomerados voluminosos de mayor tamaño llamados flóculos.

El objetivo principal de la floculación consiste en formar partículas con peso específico superior al del agua, siendo posible compactar el floculo al disminuir su grado de hidratación bajando la concentración volumétrica. Aumentando la eficiencia de procesos posteriores como sedimentación y filtración (Solano, 2014).

Este tipo de procesos son empleados esencialmente para:

- Remoción de turbiedad orgánica e inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.
- Remoción del color verdadero y/o aparente.
- Destrucción de ladas y plancton en general.
- Eliminación de sustancias que producen sabor, en algunos casos olor y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos.

1.6.2 Mecanismos de la floculación

Una vez finalizado el proceso de coagulación es necesaria la aglomeración de microfloculos o floculación. El proceso de floculación se divide en dos modelos, los mismos que se diferencian esencialmente por el tamaño de las partículas desestabilizadas.

Para dar inicio a este proceso primero ocurre la floculación percinética y posteriormente se produce la floculación ortocinética. Por lo tanto estos dos modelos mencionados actúan de forma complementaria, siendo requerida la interacción de ambos para dar una mayor eficiencia (Báez, 2012).

1.6.2.1 Modelo Percinética

La fuente de agitación para este modelo es netamente interna, originado por la sedimentación de las partículas y el movimiento natural de las moléculas del agua, conocido como el movimiento Browniano provocado por la energía térmica. Teniendo efecto primordialmente en partículas cuyo tamaño sea inferior al micrón. Para que las partículas coloidales con tamaño inferior a la micra inicien la aglomeración al dispersar el coagulante, se requiere de la floculación percinética. Actuando de esta manera el movimiento Browniano para dar paso a la formación del flóculo inicial.

Una vez que el floculo obtenga un tamaño superior a la micra, entra en acción la floculación ortocinética, promoviendo su mayor desarrollo.

1.6.2.2 Modelo Ortocinético

Este modelo está dado por el grado de agitación y las colisiones de las partículas debido al movimiento inducido por una energía externa a la masa de agua. El origen de la fuerza externa puede ser mecánico o hidráulico.

En este proceso de floculación influye principalmente el tamaño de las partículas que debe ser mayor al micrón y una relación con el gradiente de velocidad del líquido, le cual se da en el seno del fluido entre dos partículas separadas. Siendo el número de choques entre partículas proporcional al gradiente de velocidad (Báez, 2012).

1.6.3 Factores que influyen en el proceso de coagulación-floculación

Para poder obtener un máximo rendimiento de los procesos de coagulación y floculación se deben tener en cuenta los siguientes factores (Báez, 2012):

- Naturaleza del agua
- Dosis de coagulante
- Tiempo de floculación
- Turbidez

1.6.3.1 Naturaleza del agua

Estos parámetros corresponden a las características físico-químicas del agua, su conocimiento y manejo son esenciales para el correcto funcionamiento de los coagulantes y floculantes.

- pH: Este parámetro conocido como “potencial de Hidrógeno”, permite tener una medida de la actividad de iones Hidrógeno en solución. Y es posible calcular a través de la siguiente fórmula:

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$pH = -\log[H^+]$$

Todo coagulante cuenta con un rango de pH óptimo bajo el cual muestra una mayor efectividad, en el caso de que se efectúe la coagulación fuera del rango (especifico de cada coagulante), se estaría realizando un desperdicio de coagulante, por lo tanto, habría que recurrir a una modificación del pH del líquido.

- Temperatura: En el caso que el agua llegase a variar su temperatura ya sea 1°C, esto conllevará a la formación de corrientes de densidad debido a la variación de densidad del agua. Estas corrientes pueden llegar a tener diferentes grados de densidad afectando a la energía cinética de las partículas en suspensión.

La disminución de temperatura del agua en una unidad de decantación llevará a un aumento de la viscosidad, provocando que la velocidad de

sedimentación del floculo disminuya y de esta forma haciendo que la coagulación sea más lenta.

- Alcalinidad: Cierta cantidad de alcalinidad natural del agua es requerida para poder llevar a cabo la coagulación, en el caso de no contar con los niveles necesarios este puede ser inducido.
- Naturaleza del coloide: Es importante tener en cuenta que el tipo y el tamaño del coloide influirán en su tendencia a aglutinarse (formar flóculos) o no.

1.6.3.2 Dosis de coagulante

Existe un coagulante específico con una dosis óptima para cada tipo de agua, dicha dosis tendrá una influencia directa sobre la eficiencia del proceso de coagulación. Consecuentemente el exceso o escasez de coagulante agregado tendrán efectos negativos tanto en la parte económica como en el tratamiento.

- Una baja cantidad de coagulante agregado no logra neutralizar la carga de los coloides en su totalidad, aumentando la turbidez residual.
- Si bien una dosificación alta de coagulante logra una inversión de las cargas, gran cantidad de microfloculos se formarán con tamaños muy pequeños, produciendo una turbidez residual elevada dado a la baja velocidad de sedimentación.

Para la determinación de la dosis óptima y el tipo de coagulante a emplear, es necesario realizar ensayos en un test de jarras.

1.6.3.3 Tiempo de floculación

Para determinar si el proceso de coagulación en el agua es completo, es preciso tener en cuenta el grado de agitación durante la adición del coagulante. Para

asegurar la correcta acción del coagulante sobre toda la masa de agua es imperativo que la agitación inicial sea uniforme e intensa.

Caso contrario existe la posibilidad de la formación de turbulencias desiguales, concentrando una mayor cantidad de coagulante en zonas específicas mientras que otras se verán despojadas o con una baja concentración del mismo.

Durante el proceso de coagulación y floculación existen dos etapas de mezclado. La primera etapa corresponde a un mezclado rápido y de corta duración (con un máx. de 60 segundos), dispersando el coagulante dentro del volumen a tratar. De manera seguida se debe empezar la segunda etapa o mezclado lento, el mismo que tiene como objetivo el desarrollo de microflóculos.

La velocidad de aglomeración de las partículas coloidales por efecto del coagulante es proporcional al tiempo. Se ha determinado que bajo ciertas condiciones controladas, el tiempo óptimo para la floculación se encuentra entre 15 y 30 minutos.

1.6.3.4 Turbidez

La turbidez es un efecto óptico causado por la dispersión y absorción de los rayos luminosos que pasan a través de un líquido que contiene pequeñas partículas o impurezas.

Estas impurezas pueden ser de origen mineral: arcilla, sílice, carbonatos, hidróxidos, etc. o de origen orgánico: materiales animales o vegetales finamente divididos, microscópicos: Plancton, etc.

Esta característica del agua es dada por la presencia de partículas en estado coloidal, que se encuentran suspendidas en el agua. Para que la turbiedad se aprecie es necesario que las partículas en suspensión sean suficientemente numerosas y a la vez un determinado tamaño (Valle, 1999).

1.7 Moringa

1.7.1 Generalidades

La *Moringa oleifera* es un árbol originario del Himalaya, el mismo que puede alcanzar una altura entre los 10 a 12 metros. Este árbol ha sido introducido exitosamente en varios sectores del planeta como: Bangladesh, Afganistán, Pakistán, Asia Occidental, África del Oeste, América del Sur, entre otros; su rápida adaptabilidad ha facilitado su siembra, creciendo en lugares favorables de 1 a 2 metros durante los primeros 3 a 4 años.

Su resistencia a la sequía es su característica más significativa permitiendo aprovechar su potencial agronómico en regiones áridas y semiáridas. Este es de particular importancia dado que las condiciones climáticas presentan cambios radicales teniendo climas calurosos en invierno hasta sequías en verano (Sánchez-Peña, 2013).

1.7.2 Usos de la Moringa

La Moringa tiene muchas aplicaciones que abarcan distintas áreas siendo la más estudiada el área alimenticia la cual incluye el consumo de raíces, hojas y semillas dado su alto contenido de nutrientes, Hierro, Calcio, Potasio, Cobre, Magnesio y Zinc; sin embargo, la semilla o almendra posee componentes con distintos usos como es el caso del aceite, el cual es empleado en dermatología debido a sus propiedades antioxidantes.

La “pasta de Moringa” provista por Ecuamoringa la misma con que se realizó la presente investigación restante del proceso de extracción de aceites aún cuenta con una proteína catiónica con la particularidad de tener propiedades coagulantes y floculantes. Esta proteína catiónica ha sido base de estudio para su uso en distintos tipos de tratamientos de aguas, de este modo es posible decir que la semilla es aprovechada en su totalidad.

1.7.3 Alternativa para el tratamiento de aguas: Purificación de agua con semilla de Moringa

En la actualidad debido a la necesidad de cuidar y preservar los recursos naturales muchos países han desarrollado estrategias políticas y legales medioambientales aumentando la efectividad de sus procesos relacionándoles con la sustentabilidad y el ahorro de recursos principales del sector industrial como es el agua.

Estudios sobre la semilla han demostrado que en su composición, aproximadamente, un 40% en peso corresponde a grasas, las mismas que no poseen propiedades coagulantes dejando un residual lipídico en el cuerpo de agua tratar. Sin embargo, es posible obtener aproximadamente 1000 ppm de una proteína catiónica por cada gramo de semilla de Moringa disuelto (1%) en agua. La proteína extraída es la responsable de la desestabilización de las partículas coloidales presentes en el cuerpo de agua a tratar (Mendoza, 2000).

Un artículo de la revista científica Acta Química Mexicana denomina a la proteína catiónica extraída de la semilla como proteína MOC-SC-PC (*Moringa Oleifera* Coagulant – NaOH Solution – Purified Coagulant). La misma que forma una red atrapando materia orgánica a causa de los iones bivalentes que conectan cada molécula.

La proteína catiónica presente en la semilla de Moringa tiene las características y propiedades coagulantes y floculantes necesarias para ser empleadas en el tratamiento de aguas. Distintos estudios han demostrado que el uso de la semilla de *Moringa oleifera* como coagulante natural no deja residuos tóxicos en el agua que pudieran afectar el organismo humano.

Este método además de contar con biodisponibilidad, su eficiencia referente a la clarificación del agua presente propiedades desinfectantes capaces de eliminar efectivamente microorganismos presentes en agua como coliformes totales y

fecales (Sánchez-Peña, Moringa Oleifera; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados, 2013).

CAPÍTULO 2

Metodología

2.1 Muestras

En esta sección se detalla la metodología utilizada a lo largo de la investigación. La metodología empleada en este proyecto fue netamente experimental y de tipo gravimétrico.

Para el presente proyecto se utilizaron 3 diferentes muestras de agua:

Muestra 1: Río Guayas.

Muestra 2: Lago ESPOL

Muestra 3: Agua residual de industria cartonera.

2.1.1 Puntos de toma de muestra

Muestra 1: Río Guayas.

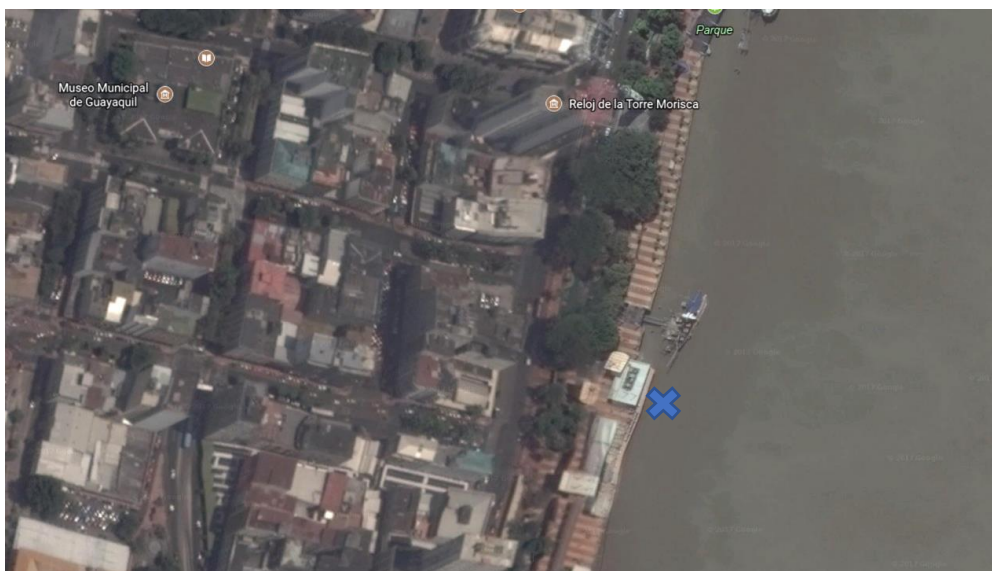


Figura 2.1 La cruz corresponde al punto de toma de muestra 1, en el puerto del barco Morgan, Malecón 2000, Guayaquil, Ecuador.

Fuente: Google Maps

Las coordenadas del punto donde se tomó la muestra 1 son: 2°11'49"S 79°52'49"W.

Muestra 2: Lago ESPOL



Figura 2.2. La cruz corresponde al punto de toma de muestra 2, en el lago ESPOL, en el campus Gustavo Galindo, Guayaquil, Ecuador.

Fuente: Google Maps

Las coordenadas del punto donde se tomó la muestra 2 son: 2°08'41"S 79°57'50"W.

Muestra 3: Aguas residuales de industria cartonera.

Por expreso pedido de confidencialidad de la industria cartonera, que facilitó la muestra, no se puede proporcionar detalles de la misma, más allá de los resultados obtenidos por los autores del proyecto.

2.1.2 Procedimientos.

2.1.2.1 Tamizado

Para el tamizado se procedió a pesar 100 gramos de pasta de Moringa como base para el análisis. Se colocaron 4 tamices NEWARK de mayor a menor ojo de malla para el ensayo siendo los mismos No. 20, 40, 80 y 120 respectivamente.

Una vez listo el sistema se colocó los 100 g de muestra en el tamiz de superior, por un periodo de tiempo de 20 minutos en el tamizador.

Terminado los 20 minutos de la tamización, se pesa el contenido de cada tamiz obteniendo un valor porcentual de la granulometría correspondiente a la muestra analizado.

2.1.2.2 Dosificación para las diferentes muestras

Para las muestras 1, 2 y 3, se buscó la dosificación en la que se obtuviera el parámetro más bajo de Turbidez. EL procedimiento consta en colocar 1L de muestra en el test de jarras PHIPPS & BIRD™ y continuamente se encendió el equipo entre 225-230 rpm por 30 segundos, en ese tiempo se coloca la cantidad de Moringa pesada en la balanza analítica SARTORIUS. Luego de los 30 segundos, se procedió a dejar el equipo entre 25-35 rpm por 30 minutos. Pasados los 30 minutos, se apagó el equipo y se dejó en reposo para la precipitación de los flóculos por 1 hora. Con ayuda del turbidímetro HACH, se midió la turbidez y se seleccionó la cantidad de Moringa que dio el parámetro más bajo de turbidez. Los materiales de vidrio fueron proporcionados por el laboratorio CEMA

2.1.2.3 Gráfica Turbidez vs tiempo

Para poder realizar la gráfica de turbidez vs tiempo, primero se obtuvo la cantidad de Moringa necesaria para obtener la menor turbidez posible. Como se detalla en el procedimiento 2.1.2.2. Se realizó el mismo procedimiento, pero con diferencia que se colocó 2L y el doble de la dosificación de Moringa. Una vez concluidos los 30 minutos, se dejó reposar la muestra siendo este momento identificado como “tiempo 0”, se tomaron muestras de 20 ml para colocar en el turbidímetro HACH por períodos de 5 o 10 minutos, dependiendo del número de datos que se deseen obtener para la gráfica.

2.1.2.4 Sólidos Totales

Para los sólidos totales; primero se calentó la estufa BOREL a 105°C aproximadamente, se colocó un crisol por una hora para eliminar la humedad en él. Pasada la hora, se colocó el crisol en el desecador hasta que llegue a temperatura ambiente. Se pesó el crisol en la balanza analítica y se agregó 10 ml de la muestra. Se puso el crisol con la muestra en la estufa hasta que el agua este completamente evaporada, aproximadamente dos horas. Se extrajo el crisol de la estufa y se lo volvió a colocar en el desecador hasta volver a obtener la temperatura ambiente. La diferencia de pesos entre crisol con muestra evaporada y crisol sin muestra dará como resultado los sólidos totales que hay en la muestra de agua.

2.1.2.5 Comparación del efecto floculante de la Moringa con dos compuestos químicos empleados en el mercado.

Para tener una idea más amplia de la efectividad de la Moringa en el proceso de clarificación del agua. Se decidió realizar una comparación con dos compuestos químicos altamente empleados en el proceso de floculación a nivel industrial como lo son el Sulfato de Aluminio y el Policloruro de Aluminio.

El ensayo se enfoca meramente en parámetro de turbidez y el valor final obtenido bajo las mismas condiciones por cada uno de los agentes floculantes empleados en el periodo de 1 hora en 1 Litro de agua del Río Guayas, siendo la dosis agregada similar a la dosis óptimo de Moringa, aproximadamente 0,3 gramos.

CAPÍTULO 3

Resultados

3.1 Resultados obtenidos

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos del proyecto.

3.1.1 Resultados de variación de diámetro de partícula.

Tabla 3.1 Resultados de selección a diferente diámetro de partícula

Tamiz #	Diámetro de partícula (mm)	Porcentaje de retención (%)	Resultado
20	0,850	20	Las partículas precipitaron de manera rápida.
40	0,4250	60	Las partículas precipitaron
80	0,180	19,7	La mayoría de las partículas flotaron en la superficie.
120	0,125	0.3	No se hizo uso de este diámetro de partícula.

3.1.2 Dosificación para las diferentes muestras

Tabla 3.2 Determinación de la dosis óptima de pasta de Moringa para 1L de agua del Río Guayas

Dosis (g)	Turbidez 1 (NTU)	Turbidez 2 (NTU)	Turbidez 3 (NTU)
0,25	7,85	7,96	7,88
0,30	6,24	6,31	6,22
0,35	8,04	8,09	7,94
0,40	8,35	8,42	8,32

Tabla 3.3 Determinación de la dosis óptima de pasta de Moringa para 1L de agua del Lago ESPOL

Dosis (g)	Turbidez 1 (NTU)	Turbidez 2 (NTU)	Turbidez 3 (NTU)
0,10	8,15	8,35	7,99
0,15	6,63	6,34	6,75
0,20	7.14	7,95	7,45

Tabla 3.4 Determinación de la dosis óptima de pasta de Moringa para 1L de agua residual de industria cartonera

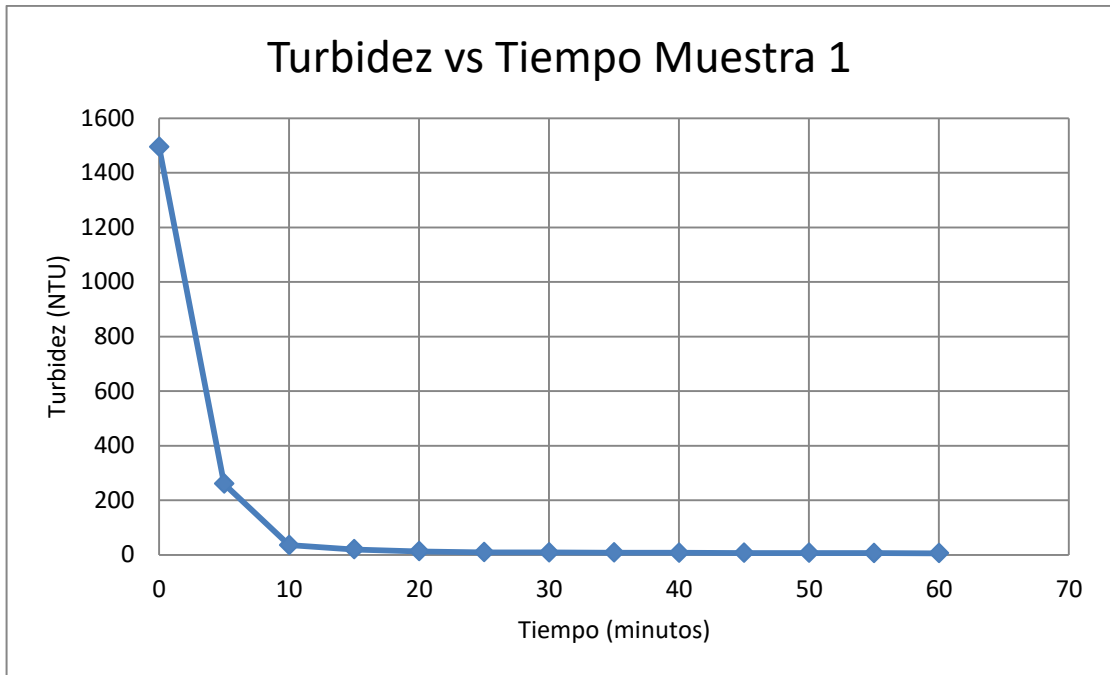
Dosis (g)	Turbidez 1 (NTU)	Turbidez 2 (NTU)	Turbidez 3 (NTU)
0,3	95	100	92,22
0,6	67,7	69,65	67,11
1,0	32,72	33,01	32,3
1,2	80	81,6	83,5

3.1.3 Gráficas Turbidez vs tiempo

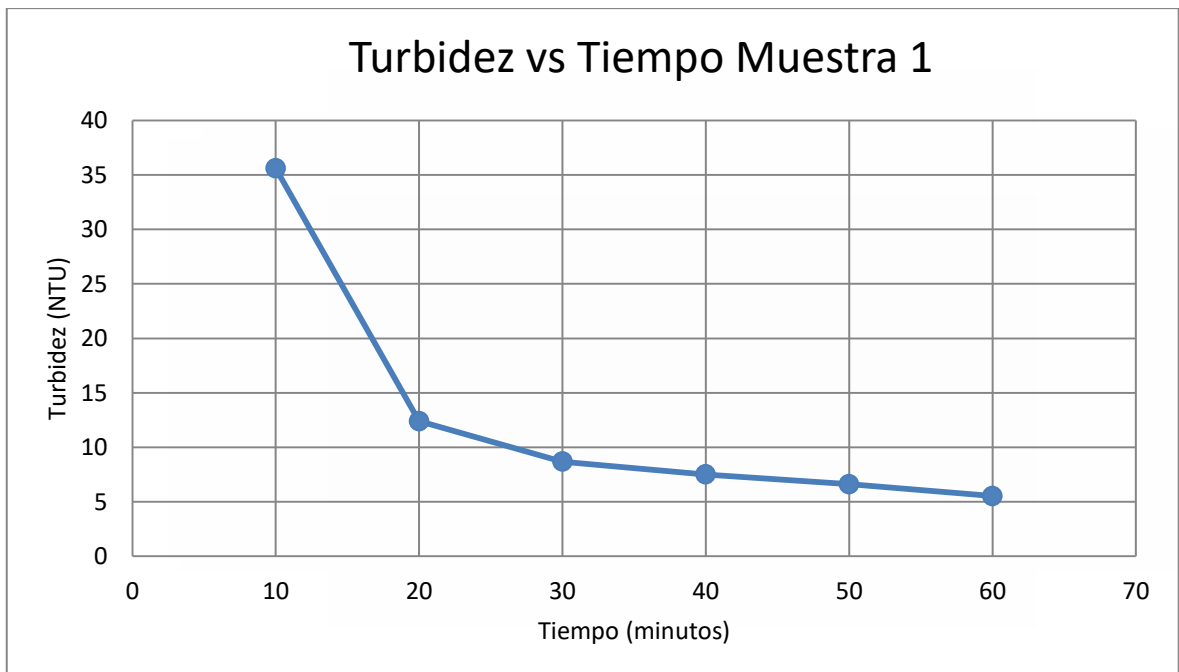
3.1.3.1 Muestra 1: Río Guayas

Tabla 3.5 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Río Guayas, en 2L de muestra con 0,6012 g de Moringa.

Tiempo (min)	Turbidez (NTU)
0	1495
5	260
10	35,6
15	19,5
20	12,4
25	9,37
30	8,68
35	7,91
40	7,51
45	7,02
50	6,61
55	6,35
60	5,53



Gráfica 3.1. Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Río Guayas, en 2L de muestra con 0,6012 g de Moringa.

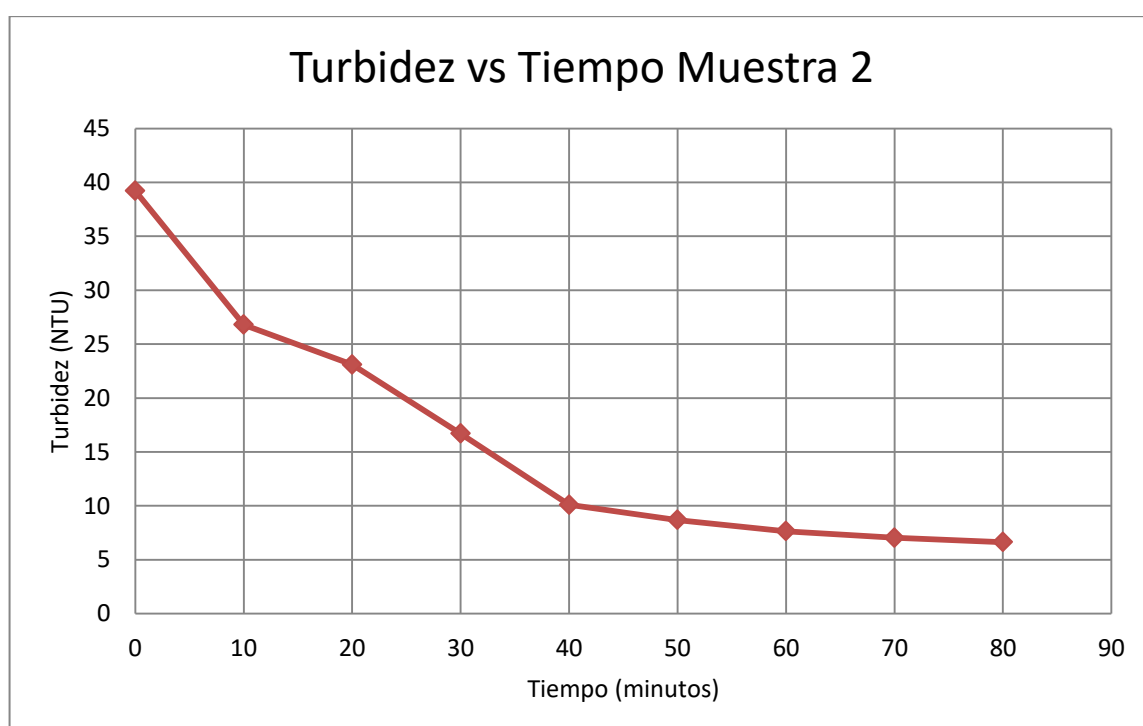


Gráfica 3.2. Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Río Guayas, en 2L de muestra con 0,6012 g de Moringa a partir de los 10 minutos.

3.1.3.2 Muestra 2: Lago ESPOL

Tabla 3.6 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Lago ESPOL, en 1L de muestra con 0,153 g de Moringa.

Tiempo (min)	Turbidez (NTU)
0	39,2
10	26,8
20	23,1
30	16,7
40	10,1
50	8,69
60	7,65
70	7,04
80	6,63



Gráfica 3.3 Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Lago ESPOL, en 1L de muestra con 0,153 g de Moringa.

3.1.3.3 Muestra 3: Agua residual de Industria Cartonera

Tabla 3.7 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Agua residual de Industria Cartonera, en 1 L de muestra con 1,002 g de Moringa.

Tiempo (min)	Turbidez (NTU)
0	120,22
5	77,52
10	68,73
15	59,02
20	53,43
25	48,33
30	46,71
35	36,74

40	35,75
45	36,1
50	35,62
55	33,42
60	33,2

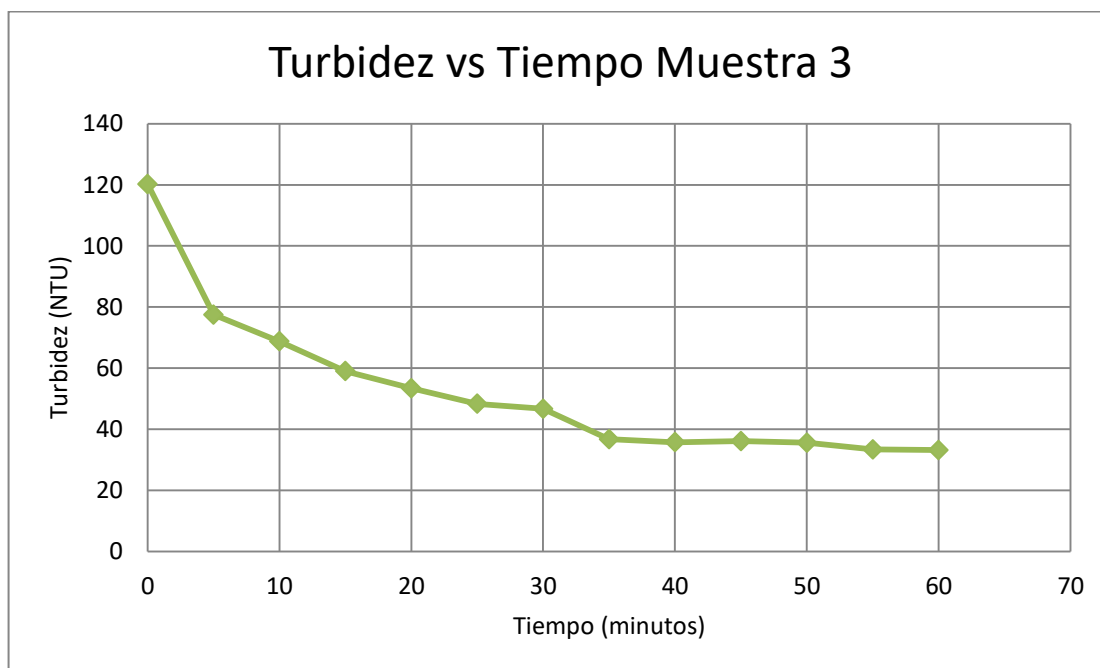


Figura 3.4 Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Agua residual de Industria Cartonera, en 1 L de muestra con 1,002 g de Moringa.

3.1.4 Resultados de Muestra 1: Río Guayas.

Tabla 3.8 Datos determinados experimentalmente de la Muestra 1: Río Guayas.

Muestra 1: Río Guayas		Tratada
Turbidez	2008 NTU	2,45 NTU
% de Remoción	99,88%	
DBO ₅	8,31 mg O ₂ / L	7,14 mg O ₂ / L
DQO	43,12 mg O ₂ / L	76,11 mg O ₂ / L
Dosis para 1 litro de muestra	0,3 g	-
Sólidos Totales	843 mg / L	4,2 mg / L

3.1.5 Resultados de Muestra 2: Lago ESPOL.

Tabla 3.9 Datos determinados experimentalmente de la Muestra 2: Lago ESPOL.

Muestra 2: Lago ESPOL		Tratada
Turbidez	19,2 NTU	2,96 NTU
% de Remoción	84,6%	
DBO ₅	6,39 mg O ₂ / L	6,78 mg O ₂ / L
DQO	40,12 mg O ₂ / L	61,62 mg O ₂ / L
Dosis para 1 litro de muestra	0,15 g	-
Sólidos Totales	38 mg / L	11 mg / L

3.1.6 Resultados de Muestra 3: Agua residual de Industria Cartonera.

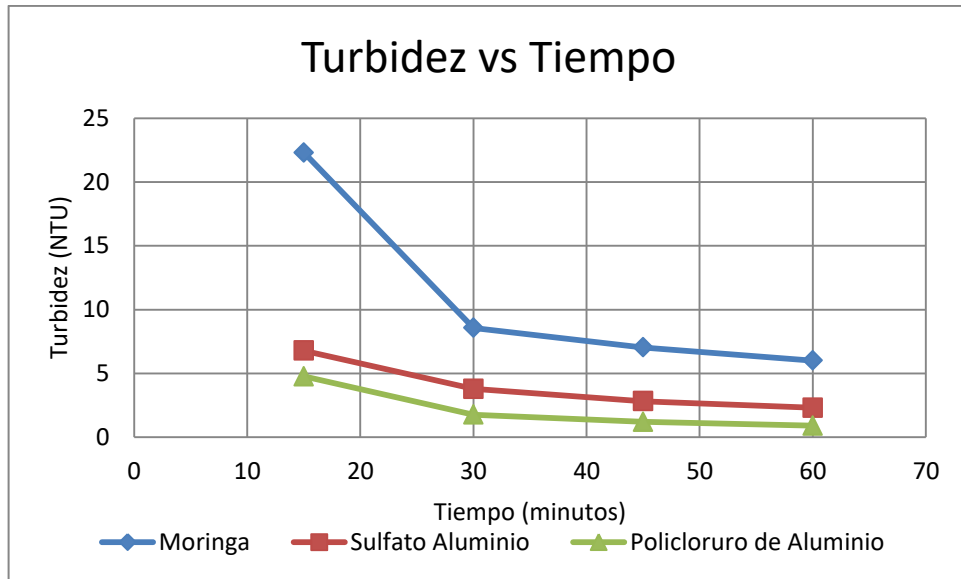
Tabla 3.10 Datos determinados experimentalmente de la Muestra 3: Agua residual de Industria Cartonera.

Muestra 3: Agua residual de Industria Cartonera		Tratada
Turbidez	460 NTU	33,2 NTU
% de Remoción	92,78%	
DBO ₅	12800 mg O ₂ / L	2100 mg O ₂ / L
DQO	90300 mg O ₂ / L	5668.2 mg O ₂ / L
Dosis para 1 litro de muestra	1 g	-
Sólidos Totales	207,5 mg / L	48,8 mg / L

3.1.7 Resultados de Comparación: Diferentes tipos de químicos floculantes empleados en el mercado.

Tabla 3.11 Turbidez vs tiempo de la muestra correspondiente al Agua del Río Guayas, en 1L de muestra con aproximadamente 0,3 g de agente floculante.

Tiempo	Moringa (NTU)	Sulfato Aluminio (NTU)	Policloruro (NTU)
0	1477	65,5	30,3
15	22,3	6,78	4,76
30	8,57	3,79	1,77
45	7,03	2,82	1,2
60	6,01	2,3	0,9
Precio en el mercado	\$10 / Kg	\$0,90 / Kg	\$3,25 / Kg



Gráfica 3.5 Turbidez (NTU) vs tiempo (min) de la muestra correspondiente al Agua del Río Guayas, en 1L de muestra con aproximadamente 0,3 g de agente floculante.

CAPÍTULO 4

Análisis de resultados

4.1 Diámetro de partícula.

Como se observa en la tabla 3.1, en el rango entre 0,18mm y 0,85mm, es donde las partículas presentaron una mejor propiedad floculante-coagulante. Dado que, aquellas partículas que se encuentran menor a este rango permanecían en la superficie del agua. Mientras que partículas con mayor rango se precipitaban de manera rápida, reduciendo el tiempo de contacto con el material disuelto dentro del agua.

4.2 Remoción de turbidez.

Con la ayuda del Test de Jarras fue posible determinar la dosis más eficiente del coagulante *Moringa oleifera* para obtener los valores más bajos posibles de turbidez.

4.2.1 Muestra 1

Según los resultados obtenidos del agua de la muestra 1: Agua Río Guayas, esta contiene una turbidez inicial de 2008 NTU. Mediante ensayos de prueba y error, en intervalos de 1 hora, se determinó que en esta muestra la dosis óptima para disminuir lo mayor cantidad posible de turbidez es de 0,3 g / L de muestra. En base a los resultados de la tabla 3.2, esta cantidad de muestra fue la que obtuvo un menor nivel de turbidez.

En la gráfica 3.1, se aprecia que en los primeros 10 minutos del proceso, es donde existe la mayor disminución de turbidez, en donde más del 90% de turbidez decrece en este lapso de tiempo.

Finalmente, se puede apreciar, en la gráfica 3.2 que a partir del minuto 20, existe una disminución un tanto más lineal de la turbidez. Finalmente es apreciable una

disminución del 99,88% de remoción comparando la turbidez inicial y la final de la muestra.

4.2.2 Muestra 2

De igual manera que en el caso de la muestra 1, se encontró que la dosis apropiada, para el Lago ESPOL es de 0,15 g / L de muestra, ver tabla 3.3. Al usar una cantidad mayor a esta o menor, se provocaba el aumento innecesario de turbidez inicial y el cambio de turbidez era más lento.

En la gráfica 3.3 se observa una mayor disminución en los primeros 30 minutos y a partir del minuto 40, existe una disminución más lineal. Cabe recalcar que la turbidez del agua aumentaba con la dosificación de Moringa debido a la baja turbidez inicial de la muestra del Lago ESPOL. En esta muestra se llegó a una remoción de 84,6%, reduciendo de 19,2 NTU a 2,96 NTU. Como dato adicional, el agua tratada mantuvo una ligera coloración amarilla que tenía la muestra desde el inicio.

4.2.3 Muestra 3

Al analizar la tabla 3.4, es posible resaltar que 1,0 g / L de muestra es la dosis óptima para este tipo de agua la misma que tiene una turbidez inicial de 460 NTU. A diferencia de las otras dos muestras de agua analizadas en este proyecto, el valor final de 33,2 NTU se mantiene constante a pesar de sobrepasar la hora establecida de análisis.

Es fácilmente apreciable que en los primeros 10 minutos de experimentación, de acuerdo a la gráfica 3.4, es cuando hay la mayor formación de flóculos y sedimentación de los mismos, por lo que la turbidez tiene la mayor disminución en este período. Donde finalmente se logró una remoción de 92,78% en 1 hora de experimentación. El agua tratada de la muestra 3 tiene la particularidad que al final del proceso de clarificación esta presenta una coloración lila, la misma que no es posible remover mediante el uso de la pasta de Moringa.

4.3 Sólidos Totales.

Se puede notar una fuerte y directa relación entre la turbidez y los sólidos totales en las muestras. Se puede apreciar en las tablas 3.8, 3.9 y 3.10 que las muestras tienen una elevada cantidad de sólidos totales cuando la turbidez es alta. Mientras que cuando la turbidez disminuye, los sólidos totales decrecen de igual manera.

4.4 DBO₅ y DQO.

Con ayuda de las tablas 3.8, 3.9 y 3.10, se puede decir que tanto en la muestra 1 y muestra 2, el DQO aumentó mientras que en el DBO₅ tuvo una ligera alteración. Mientras que en la muestra 3 ocurrió una disminución realmente significativa. Por lo que se deduce que en las muestras 1 y 2, los sólidos totales que se encontraban en ellas eran compuestos inorgánicos, tales como arenas (sílice) y tierra; por ello se produjo el aumento del DQO, permaneciendo en las muestras residuos de parte de la pasta de Moringa.

Sin embargo, la muestra 3 demuestra que el DBO y el DQO disminuyen, y que la composición de los sólidos totales es en una mayor parte orgánica. Por lo que se confirma la disminución de la carga orgánica con nuestro método.

Además, aunque en las muestras 1 y 2 aumentó la carga orgánica de las muestras, estas cumplen los valores de descarga que se detallan en el TULSMA LIBRO V. el cual se puede encontrar en el Apéndice A, tabla 8.1 de este trabajo.

4.5 Diferencia contra otros floculantes.

Se realizó una comparación del parámetro de turbidez obtenido de la pasta de Moringa con dos sustancias de alto uso en el mercado como lo son el Sulfato de Aluminio y el Policloruro de Aluminio.

En la gráfica 3.5 y la tabla 3.11 es posible apreciar que a pesar de que la pasta de Moringa garantiza la reducción de la turbidez en el cuerpo de agua a tratar, las sustancias sintéticas como lo son el Sulfato y el Policloruro de Aluminio tienen una

clara ventaja en referencia al tiempo que requieren para obtener resultados similares al de la Moringa.

En los primeros 15 minutos tanto el Sulfato de Aluminio como el Policloruro de Aluminio alcanzan niveles de turbidez similar o inferior a los que la Moringa requiere un mínimo de 60 minutos para lograr.

4.6 Análisis de costos.

Existe un amplio margen monetario entre la pasta de Moringa empleada en el proyecto y el valor actual de los coagulantes metálicos (Aluminio) empleados para la comparación, ver tabla 3.11. Llegando a costar el kilo de pasta de Moringa 10 veces más que el kilo de Sulfato Aluminio y aproximadamente 3 veces más que el kilo de Policloruro de Aluminio.

Este elevado costo se debe a la falta de competencia en el mercado y la explotación de este recurso para su uso en el tratamiento de aguas, ya que su método de obtención se basa en emplear una prensa fría para la extracción de los aceites y grasas presentes en la semilla.

Otros procesos de extracción de las grasas de la semilla de Moringa justifican su elevado costo debido a que se emplean alcoholes (isopropílicos) y ésteres (de petróleo) con el fin de separar la proteína catiónica responsable de la coagulación. Dado que para la obtención de la pasta de Moringa (Ecuamoringa) su proceso es netamente físico, esto podría reflejarse en una disminución del precio final de la pasta.

Los resultados obtenidos en el proyecto ratifican la posibilidad de emplear a la *Moringa oleífera* como alternativa natural para el tratamiento de aguas. Logrando obtener un proceso de coagulación efectivo y a su vez evitando la presencia de residuos. A pesar de los resultados obtenidos, el análisis de costo muestra que la *Moringa oleífera* no cuenta con una ventaja económica sobre los coagulantes sintéticos empleados en esta investigación.

CAPÍTULO 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

En base a los datos de las tablas 3.8, 3.9 y 3.10, sé que se logró disminuir los sólidos totales de las muestras en 99,5%, 71,1% y 76,5% respectivamente. Logrando la propuesta de que la pasta de Moringa ayuda en la remoción de sólidos totales dentro del agua.

Gracias a la experimentación, se pudo determinar los datos necesarios para realizar las gráficas Turbidez vs tiempo y poder demostrar como la turbidez cambia con respecto al tiempo y que, en los primeros intervalos de 10 y 20 minutos, es cuando existe la mayor remoción de Turbidez.

A diferencia de las muestras 1 y 2, cuya turbidez proviene principalmente de la erosión del suelo, la muestra 3 correspondiente a aguas residuales de industria cartonera obtiene su turbidez de los procesos y químicos empleados en dicha industria dando un aspecto inicial oscuro con partículas color negro abarcando todo el cuerpo de agua.

A pesar de que al finalizar el tratamiento con Moringa se logró remover más del 92% de turbidez de la muestra analizada, el agua tratada tuvo una pigmentación residual lila. Al comparar con las otras aguas tratadas se determinó que aquella pigmentación es característica del agua residual de la industria cartonera más no una alteración realizada por la Moringa. Gracias a la muestra 3 fue posible determinar que la Moringa no logra remover pigmentación de los cuerpos de agua.

Mediante análisis propios y análisis realizados en Grupo Químico Marcos, se logró caracterizar las propiedades físicas y químicas, más relevantes para este

proyecto, de las muestras antes y después del tratamiento. Los parámetros analizados fueron: DBO₅, DQO, Sólidos Totales y Turbidez.

Con ayuda de los tamices, se logró separar las partículas en sus diferentes diámetros y gracias a las pruebas realizadas, se determinó que el mejor tamaño de partícula se encontraba entre los tamices 40 y 80, es decir, con diámetros entre 0,180 mm y 0,425 mm, puesto que, entre este diámetro las partículas de pasta de Moringa no precipitaban inmediatamente y no se mantenían sobre la superficie de las muestras.

A pesar, de las grandes cualidades y de los excelentes resultados que proporcionó la semilla de Moringa como coagulante-floculante en tratamiento de aguas, tiene algunas desventajas con sus competencias en el mercado. Comenzando por el lado económico, la pasta de Moringa tiene un valor 10 veces mayor al sulfato de aluminio y 3 veces mayor al policloruro de aluminio. En cuanto a su forma de trabajo, el policloruro y el sulfato de aluminio, en el mismo tiempo consiguen mejores valores de turbidez que la pasta de Moringa. Como ventaja, la pasta de Moringa, al ser un componente orgánico, no proporciona residuos metálicos en los lodos como lo hacen el policloruro y el sulfato de aluminio.

En base a todos los análisis realizados, se logró alcanzar el objetivo general de este proyecto, encontrando la dosificación óptima para las tres muestras de agua a estudiar en este proyecto.

5.2 Recomendaciones

Debido al alto contenido de nutrientes y proteínas que contiene la semilla de Moringa, se podría realizar una caracterización de lodos para uso en la industria agrícola.

Difundir los resultados de esta investigación para, mediante el uso de coadyuvantes naturales, mejorar las propiedades floculantes-coagulantes de la Moringa.

Fomentar la siembra de árboles de *Moringa oleífera* en poblaciones de escasos recursos para la implementación de la pasta de Moringa como coagulante natural en el pretratamiento de agua.

Evaluar la variación del pH, temperatura y alcalinidad en los cuerpos de agua a tratar y su efecto sobre las propiedades floculante-coagulantes de la pasta de Moringa.

Realizar los ensayos propuestos en este proyecto aplicando la pasta de Moringa en un estado acuoso.

Generar investigaciones en las que se pueda extraer de una manera más económica los aceites a la semilla de Moringa y de esta manera disminuir los costos de la misma.

Referencias

Bibliografía

- Aguilar, M. (2002). Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación y Floculación. Murcia: EDITUM.
- Andreo, M. (2003). Cricyt. Obtenido de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DBO.htm>
- Báez, L. F. (2012). Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del *tropaeolum tuberosum*, en el tratamiento de agua cruda de la planta de puengasí de la EPMAPS. Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Cárdenas, I. Y. (2000). Tratamiento de Agua: Coagulación y Floculación. Lima: SEDAPAL.
- CEE. (2003). Directiva 91/271/CEE Sobre el Tratamiento de aguas Residuales Urbanas.
- Española, R. A. (s.f.). RAE. Obtenido de <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=1BKpQj3>
- Manahan, S. E. (2007). Introducción a la Química Ambiental. México: Reverté Ediciones.
- Peña, D. A. (2004). Bioquímica. Balderas, México: Limusa S.A.:
- Peral, X. D. (2006). Química Ambiental de sistemas terrestres. Barcelona: Editorial Reverté.
- Ramalho, R. S. (2003). Tratamiento de aguas residuales. Barcelona.
- Sánchez-Peña, Y. M.-Á. (2013). Moringa Oleifera; Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. Acta Química Mexicana, 2-4.
- Solano, C. A. (2014). Aplicación de un ANOVA bifactorial y modelamiento en el tratamiento por floculación de aguas residuales del camal municipal de Anddahuaylas. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Valencia, U. d. (2010). Uv.es. Obtenido de http://www.uv.es/tunon/QFIII/tema_7.pdf
- Valle, R. d. (1999). Ingeniería Sanitaria I. Santo Domingo, R. D.: BÚHO.
- Weber, W. J. (2003). Control de Calidad del Agua: Porcesos Físicoquímicos . Barcelona: Reverté S.A.

Anexos

Apéndice A

Tabla 8.1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220,0
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

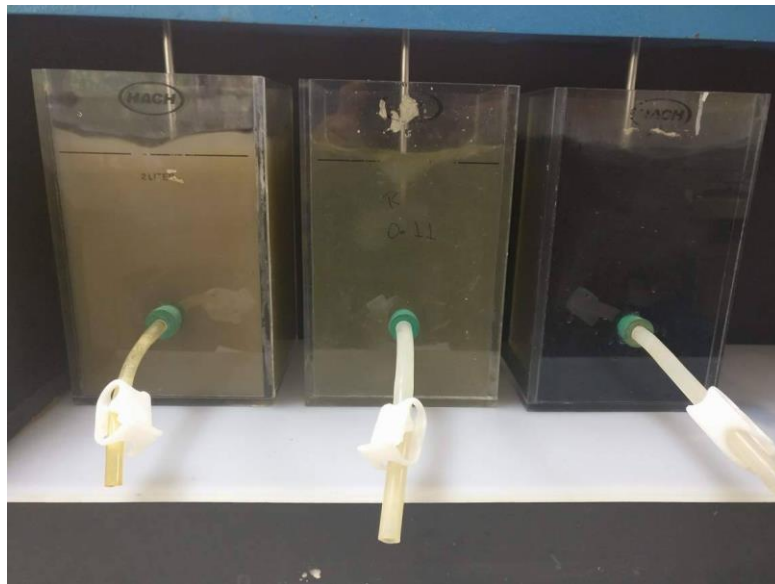
Apéndice B

Figura 8.1 Prueba en el test de jarras a cargo de Carlos Mera.



Fuente: Cristian A. y Carlos M.

Figura 8.2 Prueba a las tres muestras de agua para poder realizar la gráfica Turbidez vs tiempo.



Fuente: Cristian A. y Carlos M.

Apéndice C

Resultados del Grupo Químico Marcos a las muestras de agua antes y después del tratamiento

	INFORME DE ENSAYOS No. 67641-3	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 16-001 LABORATORIO DE ENSAYOS
---	--	---

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge

Guayaquil, Tel. 0984891557

Atención: Sr. Cristian Astudillo

Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 10:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
 Punto e Identificación de la Muestra: Lago Espol
 Norma Técnica de muestreo: N/A--
 Matriz de la muestra: AGUAS NATURALES
 Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple
 Coordenadas Geográficas: --

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS ORGANICOS:					
Demanda Bioquímica de Oxígeno {3}	6,39	0,31	mgO ₂ /l	PEE-GQM-FQ-05	18/08/17 CT
Demanda Química de Oxígeno	40,12	4,95	mgO ₂ /l	PEE-GQM-FQ-16	18/08/17 CT

-----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q.F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q.F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(3S) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com

MC2201-12

Guayaquil - Ecuador

Pág. 1 de 2

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge
Guayaquil, Tel. 0984891557
Atención: Sr. Cristian Astudillo
Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
Punto e Identificación de la Muestra: Lago Espol
Norma Técnica de muestreo: N/A—
Matriz de la muestra: AGUAS NATURALES
Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno,
Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA




Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge

Guayaquil, Tel. 0984891557

Atención: Sr. Cristian Astudillo

Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 13:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
 Punto e Identificación de la Muestra: Lago Espol - Tratada
 Norma Técnica de muestreo: N/A--
 Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
 Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple
 Coordenadas Geográficas: --


GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendidos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS ORGANICOS:					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	6,78	0,33	mgO2/l	PEE-GQM-FQ-05	18/08/17 CT
Demanda Química de Oxígeno	61,62	7,60	mgO2/l	PEE-GQM-FQ-16	18/08/17 CT

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge

Guayaquil, Tel. 0984891557

Atención: Sr. Cristian Astudillo

Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 13:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
 Punto e Identificación de la Muestra: Lago Espol - Tratada
 Norma Técnica de muestreo: N/A—
 Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
 Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple
 Coordenadas Geográficas: —

GRUPO QUIMICO MARCOS Cía. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA




Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge

Guayaquil, Tel. 0984891557

Atención: Sr. Cristian Astudillo

Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 13:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
 Punto e Identificación de la Muestra: Cartonera - Tratada 1
 Norma Técnica de muestreo: N/A---
 Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
 Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple
 Coordenadas Geográficas: ---


GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceltes y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendedos totales

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS ORGANICOS:					
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2100,00	100,80	mgO2/l	PEE-GQM-FQ-05	18/08/17 CT
Demanda Química de Oxígeno	5668,20	699,46	mgO2/l	PEE-GQM-FQ-16	18/08/17 CT

-----	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Limite Detectable	L.M.P.	Limite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q.F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q.F. LAURA YANQUI M.
 Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge

Guayaquil, Tel. 0984891557

Atención: Sr. Cristian Astudillo

Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 13:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
 Punto e Identificación de la Muestra: Cartonera - Tratada 1
 Norma Técnica de muestreo: N/A--
 Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
 Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple
 Coordenadas Geográficas: --

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendidos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA




Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

MC2201-12

Pág. 2 de 2

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge
Guayaquil, Tel. 0984891557
Atención: Sr. Cristian Astudillo
Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 13:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
Punto e Identificación de la Muestra: Río Guayas - Tratada
Norma Técnica de muestreo: N/A—
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: ---

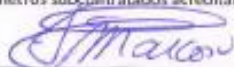
GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
NC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendidos totales

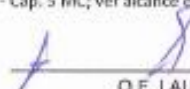
Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS ORGANICOS:					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	7,14	0,34	mgO ₂ /l	PEE-GQM-FQ-05	18/08/17 CT
Demanda Química de Oxígeno	76,11	9,39	mgO ₂ /l	PEE-GQM-FQ-16	18/08/17 CT

---	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec



Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge
Guayaquil, Tel. 0984891557
Atención: Sr. Cristian Astudillo
Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 13:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
Punto e Identificación de la Muestra: Río Guayas - Tratada
Norma Técnica de muestreo: N/A—
Matriz de la muestra: AGUA TRATADA
Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: —

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Solidos totales y Solidos Suspendedos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA




Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653

www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge
Guayaquil, Tel. 0984891557
Atención: Sr. Cristian Astudillo
Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 09:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
Punto e Identificación de la Muestra: Río Guayas
Norma Técnica de muestreo: N/A—
Matriz de la muestra: AGUAS NATURALES
Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
Muestreador: Cliente
Tipo de Muestreo: Simple
Coordenadas Geográficas: —

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendidos totales

GRUPO QUIMICO MARCOS Cia. Ltda.
LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
MC2201-12

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	Método Analítico	Analizado
AGREGADOS ORGANICOS:					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (3)	8,31	0,40	mgO ₂ /l	PEE-GQM-FQ-05	18/08/17 CT
Demanda Química de Oxígeno	43,12	5,32	mgO ₂ /l	PEE-GQM-FQ-16	18/08/17 CT

—	No. Aplica	N.E.	No Efectuado	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition
<LD	Menor al Limite Detectable	L.M.P.	Limite Máximo Permisible	
U	Incertidumbre	P.E.E.	Procedimiento específico de ensayo de GQM	

- 1: Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- 2: Parámetros subcontratados no acreditados
- 3: Parámetros acreditados cuyos resultados están fuera del alcance de acreditación
- 4: Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista, competencia evaluada - Cap. 5 MC; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico


Q. F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com

MC2201-12

ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Representante Legal: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES

Av. Carlos Luis Plaza Dañin # 102 y San Jorge

Guayaquil, Tel. 0984891557

Atención: Sr. Cristian Astudillo

Tipo de Industria

Guayaquil, 24 DE AGOSTO DEL 2017

DATOS DE MUESTREO

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/08/17 09:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 17/08/17 15:18
 Punto e Identificación de la Muestra: Río Guayas
 Norma Técnica de muestreo: N/A—
 Matriz de la muestra: AGUAS NATURALES
 Muestreado por: ASTUDILLO LOYOLA CRISTIAN ANDRES
 Muestreador: Cliente
 Tipo de Muestreo: Simple
 Coordenadas Geográficas: —

GRUPO QUIMICO MARCOS Cía. Ltda.
 LA AUSENCIA DE ESTE SELLO INVALIDA EL
 ORIGEN DEL INFORME DE RESULTADOS
 MC2201-12

Muestreo: Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas naturales y residuales. Parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Aceites y Grasas, Hidrocarburos totales de petróleo, Sólidos totales y Sólidos Suspendidos totales

MEMORIA FOTOGRAFICA




Q. F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico



Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
 Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de G.Q.M.
 Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Parque Industrial California 2 Bloque D-41 Km. 11 1/2 vía a Daule
 Teléfonos 2-103390(2) / 2-103825(35) / 0998-286653
 www.grupoquimicomarcos.com