

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“APLICACIÓN DE LA ENZIMA PAPAINA OBTENIDA A PARTIR DE
LAS SEMILLAS *Carica Papaya* COMO COAGULANTE NATURAL
PARA LA REMOCION DE TURBIDEZ EN LA PTAR- V.E.S”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

DIAZ ALIAGA, JAKELIN KENIA

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional por motivarme a seguir luchando por mis sueños, a mis tíos y primos por aconsejarme para seguir logrando mis metas, a mis amigas que me apoyaron en todo momento.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a DIOS ya que él nos cuida cada día, después a mis padres por su apoyo que me brindan y por hacer realidad mi sueño. Agradecer también a mis amigas por su paciencia y apoyo en los momentos que más necesitaba, a mis tíos y primos por los consejos de seguir logrando mis metas y a los profesores por brindarme su apoyo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	9
ACCIÓN DEL TRABAJO.....	9
1.1. Planteamiento del problema a resolver.....	9
1.2. Justificación.....	10
1.3 Delimitación del proyecto	11
1.3.1. Teórica	11
1.3.2. Temporal.....	11
1.3.3. Espacial.....	11
1.4. Formulación del problema	12
1.4.1. Problema general.....	12
1.4.2 Problemas específicos	12
1.5. Objetivos	12
1.5.1 Objetivo general	12
1.5.2 Objetivos específicos	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes	13
2.1.1 Internacionales.....	13
2.1.2 Nacionales.....	16
2.2. Bases Teóricas.....	17
2.2.1. Aguas residuales.....	17
2.2.2. Componentes.....	17
2.2.3. Agua pluvial.....	18
2.2.4. Contaminación de agua receptoras	18
2.2.4.1 Efectos de los contaminantes.....	18
2.2.5. Procesos de tratamiento de agua.....	19
2.2.5.1 Planta de tratamiento de agua	19
2.2.6. Planta de tratamiento de agua residual domestica.....	19
2.2.7. Eliminación de materia particulada	20
2.2.8. Polímeros Naturales.....	21
2.2.9. Papaya (<i>Carica papaya</i>).....	21
2.2.10 Papaína.....	22
2.2.11. Clasificación	25
2.2.12. Efectos que intervienen en la actividad de las enzimas	26
2.2.13. Proceso de coagulación	26

2.3. Definición de términos básicos.....	27
2.3.1 Agua.....	27
2.3.2 Enzimas.....	27
2.3.3 Enzima papaína	27
2.3.4 Coagulación	27
2.3.5 La turbidez.....	28
2.3.6 Prueba de jarras.....	28
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO	29
3.1. Preparación y uso del agente coagulante	29
3.1.1. Recolección de las semillas	29
3.1.2. Preparación de polvo de las semillas de <i>Carica</i> papaya.....	29
3.1.3. Recolección de la muestra de agua	29
3.1.4. Dosis optima del coagulante natural	29
3.1.5. Programación y funcionamiento del equipo de la prueba de jarras.....	30
3.2. Resultados	33
3.3. Análisis del coeficiente de variabilidad de turbidez.....	39
3.4. Discusión de resultados	40
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXO	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Polímeros naturales que tienen propiedades coagulantes o floculantes .	21
Tabla 2 Secuencias de aminoácidos de papaína (Mitchel et al 1970).....	23
Tabla 3 Datos antes del tratamiento.....	33
Tabla 4 Programación y funcionamiento del equipo de test de jarra	34
Tabla 5 Datos después del tratamiento con filtro y sin filtro.....	34
Tabla 6 Valor de significancia de la dosis optima del coagulante	35
Tabla 7 Datos estadísticos con la aplicación del coagulante natural sin filtro y con filtro	35
Tabla 8 Valor de correlación con la aplicación del coagulante natural sin filtro y con filtro	36
Tabla 9 Valor de significancia después del tratamiento sin filtro y con filtro	36
Tabla 10 Coeficiente de variabilidad de turbidez antes del tratamiento y después del tratamiento.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama esquemático que muestra la cadena de polipéptido plegable en papaína y actinidina	25
Figura 2. Proceso de extracción de la papaína a partir de semillas de papaya Carica papaya	31
Figura 3. Proceso de remoción de turbidez de agua del PTAR con la semilla en polvo de Carica papaya.....	32
Figura 4. Diferencia de turbidez antes de tratamiento y después del tratamiento con filtro	37
Figura 5. Diferencia de turbidez antes de tratamiento y después del tratamiento sin filtro	38

INTRODUCCIÓN

En los años transcurridos los problemas ambientales se han ido presentando por el uso de productos químicos en agricultura y la industria, así como en la actividades antropogénicas todo afecta la calidad de las aguas.

En la actualidad según las investigaciones realizadas, mencionan que los extractos de plantas que son naturales han sido explotados para la purificación de agua por muchas naciones desde tiempos antiguos. La mayoría de ellos se derivan de los frutos de los árboles y plantas, raíces, cortezas, semillas y hojas (Aho y Lagasi, 2012), mencionado por (Syeda Azeem, 2018). Además, que en Perú, tradicionalmente el agua ha sido tratada con la savia mucilaginosa extraído de cactus. Por ello surge un gran interés de investigar del enzima papaína que extrae de las semillas de *Carica* papaya, debido que tiene muchas aplicaciones en la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética, etc.; por lo cual su importancia económica también es considerable.

La Planta de Tratamiento de Aguas Domésticas, situada en Velasco la "C", presenta una problemática, no cuenta con un proceso para tratar la turbidez, a pesar de poseer un proceso de aireación, el cual disminuye de manera óptima los sólidos suspendidos totales; no es efectiva para poder reducir de manera significativa los otros factores que afectan la turbidez.

Teniendo como referencia lo antes mencionado realizo el presente proyecto de investigación que tiene como objetivo principal determinar el efecto que tiene las semillas en polvo de *Carica* papaya en la clarificación natural de la turbidez de aguas obtenidas de la PTAR-VES.

CAPÍTULO I: PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

ACCIÓN DEL TRABAJO

1.1. Planteamiento del problema a resolver

El agua es esencial para la vida, un recurso finito y las provisiones fácilmente accesibles se están volviendo menos abundantes, la escasez del agua ya es una realidad en muchas partes del mundo; por lo cual las municipalidades han optado por la medida de la construcción de plantas de tratamiento de aguas domiciliarias, con la finalidad de poder realizar un adecuado reusó del agua.

Nuestra entidad edil no es ajena a esta medida, por ello Villa el Salvador cuenta con dos plantas de tratamiento de agua residuales- domésticos, que posteriormente a su tratamiento el uso fundamental que se le da a estas aguas es para el regadío de las áreas verdes de V.E.S. La Planta de Tratamiento de Aguas Domésticas, situada en Velasco la “C”, presenta una problemática, no cuenta con un proceso para tratar la turbidez, a pesar de poseer un proceso de aireación, el cual disminuye de manera óptima los sólidos suspendidos totales; no es efectiva para poder reducir de manera significativa los otros factores que afecta la turbidez, es por ello que se propone la aplicación de la enzima papaína como coagulante natural, ya que su obtención es barata y sencilla; además de ser altamente eficiente en restituir la claridad del agua.

La semilla en polvo es de gran utilidad debido que económicamente es rentable y demuestra un alto porcentaje de efectividad en la remoción de la turbidez, pues este es un parámetro importante dentro de los estándares de calidad de agua en nuestro país propuestos por el ministerio del ambiente, para salvaguardar nuestro recurso manteniendo parámetros de acuerdo a normativa.

1.2. Justificación

La calidad es la aceptabilidad del agua para beber, cocinar, bañarse y el lavado. La mayor parte de agua tratada por la municipalidad es seguro y en general de buena calidad. En los países de desarrollo las plantas de tratamiento son muy caras.

La planta de tratamiento de VES de Velasco la C, presenta una deficiencia debido que cuentan con recursos limitados por ello no realizan un adecuado tratamiento, es por ello que propongo emplear el uso del coagulante natural ya que es de fácil adquisición y uso. La enzima tiene una gran importancia, ya que ayudaría a disminuir la turbidez. Los coagulantes de origen natural se presumen seguros para la salud humana, como es el caso de la semilla en polvo de *Carica* papaya, que es utilizado para el tratamiento de agua, el cual tiene un eficaz resultado en la disminución de turbidez.

La presente investigación pretende buscar un tratamiento diferente a lo convencional que trata con el sulfato de aluminio y cloruro férrico; y sustituirlo por clarificantes naturales como es la enzima papaína obtenida a partir de las semillas en polvo de *Carica* papaya para la remoción de turbidez; la enzima juega un papel crucial en la diversidad biológica diseño de fármaco, usos industriales, tales como ablandador de carne, su obtención es fácil y económicamente rentable.

1.3 Delimitación del proyecto

1.3.1. Teórica

La investigación fue basada en una revista científica donde menciona el uso de las semillas de papaya como coagulante natural, ya que sería de mucha importancia más que nada para los pueblos alejados donde consumen agua de la misma fuente sin haber recibido ningún tratamiento, lo que afecta a muchos pobladores con enfermedades provenientes del consumo de agua sin tratar. Es por ello que la investigación sería de mucha importancia.

1.3.2. Temporal

La investigación se realiza un promedio de 4 meses, un mes de investigación de antecedentes que se realizaron anteriormente para la ejecución del proyecto, dos meses en la parte experimental y análisis de los resultados y un mes para la redacción final del proyecto.

1.3.3. Espacial

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS).

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Qué efecto tiene las semillas en polvo de *carica* papaya en la clarificación natural de la turbidez de aguas obtenidas de la PTAR VES?

1.4.2 Problemas específicos

- ¿Qué características tiene la turbidez del agua de la PTAR-V.E.S?
- ¿Cuál será la dosis óptima de la semilla en polvo de la papaya usando el tratamiento de prueba de jarra?
- ¿Cuál es la variabilidad de la turbidez del agua proveniente de la PTAR-VES de acuerdo a las dosis del clarificante natural elaborado a partir de *Carica papaya*?

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar el efecto que tiene las semillas en polvo de *Carica papaya* en la clarificación natural de la turbidez de aguas obtenidas de la PTAR-VES.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar las características que tiene la turbidez del agua de la PTAR-VES.
- Determinar la dosis óptima de la semilla en polvo de la papaya usando tratamiento de prueba de jarra.
- Evaluar la variabilidad de la turbidez del agua proveniente de la PTAR-VES de acuerdo a las dosis del clarificante natural elaborado a partir de *Carica papaya*.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Internacionales

(Arya Chandran J, 2018), en el trabajo de investigación “Evaluación del rendimiento de la coagulación de la papaya semilla para la purificación del agua del río” se recolectó las semillas de papaya de un mercado, se lavaron con agua destilada. Se secaron las semillas bajo luz solar durante un periodo de 7 días antes de la trituración, las semillas se hicieron polvo fino con una amoladora casera y se recogió el polvo en un frasco estéril. Luego se tamizó el polvo de semilla en partículas más finas se usaron como coagulantes en la muestra de agua cruda que se recogió de río Kollada de la ciudad Punalur, Kollam. Se aplicaron a diferentes dosis que variaron desde 0.2 g/L – 1.2 g/L intervalo de dosificación y dejó asentarse por 1 hora. Se observó después de su tratamiento la mayor disminución fue de la dosis 0.6 g/L, a un tiempo de 30 min y una velocidad de 80 rpm. Del cual se obtuvieron los siguientes resultados: en el pH no se observaron cambios significativos; en turbidez hubo disminución de 35 UNT a 4,4 UNT; TDS y SST se redujo a 1610 a 146 y 860 a 25 respectivamente; alcalinidad se redujo 98 mg/L a 13.4 mg/L; dureza se redujo de 52 mg/L a 15.3 mg/L; acidez reduce de 24 mg/L a 13.6 mg/L y oxígeno disuelto que aumenta de 4.3 mg/L a 7.48 mg/L. Se concluye que la semilla de papaya es de alta eficiencia para eliminar la turbidez del agua.

En el trabajo de (Syeda Azeem, 2018), acerca de Carica papaya semillas eficacia como coagulante y desinfección solar en la eliminación de la turbidez y coliformes, las semillas fueron adquiridos de mercado local de Telangana, Hyderabad se secaron las semillas para obtener en polvo por tamizado, las semillas usadas para el tratamiento fue de 0.2, 0.4 y 0.6 mg/L y las fracciones se suspendieron en agua destilada y se agitó 10 minutos en un agitador magnético para extracción del coagulante. La actividad de coagulación fue por prueba de jarra, usando diversas concentraciones, con una turbidez inicial de 20 a 60 UNT. La prueba de jarra se llevaron a cabo mediante la adición de diferentes valores de extractos a aproximadamente 1000ml de agua, seguido con una velocidad de (200-250 rpm) y un mezclado de lento (30-40 rpm) procesos de alrededor de (1-3 min) y

(12-15 minutos) y finalmente el sistema se dejó sedimentar los sólidos en suspensión durante 1 hora, respectivamente. Después del periodo de sedimentación la turbidez residual se midió en 50 ml de líquido usando un medidor de turbidez aclarado superior. Se concluye que las semillas de la papaya como un coagulante natural elimino al 100% de turbidez después del tratamiento con ningún cambio significativo en los valores de pH.

En el trabajo de (Syeda Azeem, 2018), acerca de Carica papaya semillas eficacia como coagulante y desinfección solar en la eliminación de la turbidez y coliformes, las semillas fueron adquiridos de mercado local de Telangana, Hyderabad se secaron las semillas para obtener en polvo por tamizado, las semillas usadas para el tratamiento fue de 0.2, 0.4 y 0.6 mg/L y las fracciones se suspendieron en agua destilada y se agito 10 minutos en un agitador magnético para extracción del coagulante. La actividad de coagulación fue por prueba de jarra, usando diversas concentraciones, con una turbidez inicial de 20 a 60 UNT. La prueba de jarra se llevaron a cabo mediante la adición de diferentes valores de extractos a aproximadamente 1000ml de agua, seguido con una velocidad de (200-250 rpm) y un mezclado de lento (30-40 rpm) procesos de alrededor de (1-3 min) y (12-15 minutos) y finalmente el sistema se dejó sedimentar los sólidos en suspensión durante 1 hora, respectivamente. Después del periodo de sedimentación la turbidez residual se midió en 50 ml de líquido usando un medidor de turbidez aclarado superior. Se concluye que las semillas de la papaya como un coagulante natural elimino al 100% de turbidez después del tratamiento con ningún cambio significativo en los valores de pH.

En el trabajo de (Syeda Azeem, 2018), acerca de Carica papaya semillas eficacia como coagulante y desinfección solar en la eliminación de la turbidez y coliformes, las semillas fueron adquiridos de mercado local de Telangana, Hyderabad se secaron las semillas para obtener en polvo por tamizado, las semillas usadas para el tratamiento fue de 0.2, 0.4 y 0.6 mg/L y las fracciones se suspendieron en agua destilada y se agito 10 minutos en un agitador magnético para extracción del coagulante. La actividad de coagulación fue por prueba de jarra, usando diversas concentraciones, con una turbidez inicial de 20 a 60 UNT. La prueba de jarra se llevaron a cabo mediante la adición de diferentes valores de

extractos a aproximadamente 1000ml de agua, seguido con una velocidad de (200-250 rpm) y un mezclado de lento (30-40 rpm) procesos de alrededor de (1-3 min) y (12-15 minutos) y finalmente el sistema se dejó sedimentar los sólidos en suspensión durante 1 hora, respectivamente. Después del periodo de sedimentación la turbidez residual se midió en 50 ml de líquido usando un medidor de turbidez aclarado superior. Se concluye que las semillas de la papaya como un coagulante natural elimino al 100% de turbidez después del tratamiento con ningún cambio significativo en los valores de pH.

(Hans Kristianto, 2018), en la utilización de semillas de papaya como coagulante natural para textiles sintéticas colorear agente de tratamiento de aguas residuales, las semillas se obtuvieron en el mercado local en Bandung, Indonesia y lo lavaron varias veces para eliminar sus impurezas, seguido secado en horno a 110°C por 10 horas. Las semillas secas se trituran para obtener el polvo y después se tamizan por una malla de 40-50, el polvo se almacena en desecador. Los experimentos de coagulación y floculación se llevaron a cabo utilizando el método de prueba de jarra en vaso de vidrio de capacidad de 1 litro. La muestra de agua residual se midió al inicio antes de su adición de coagulante, se añade la semilla de papaya en polvo con diferentes dosis a una mezcla rápida a 200 rpm durante un 1 minuto, seguido de mezclado lento a 60 rpm durante 30 minutos. Estas mezclas se dejaron entonces durante una 1 hora a asentarse, pasado el tiempo se recogieron 10 ml de la muestra a 5 cm por debajo de la superficie para determinar su concentración. Concluye que las semillas de papaya en polvo resulto exitoso como coagulante natural para la eliminación de agente colorante de aguas residuales sintéticos, la concentración optima fue 0.57 g/L y un pH 1.79 con la eliminación predicho de 84.77%.

2.1.2 Nacionales

En el trabajo de (Lopez Perez , 2018), sobre evaluación del uso de cáctea *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural de tratamiento de agua, fue empleado como coagulante natural para la evaluación de eficiencia para remover la turbiedad en agua sintética realizado en el laboratorio, con valores de turbiedad iniciales a 20, 50, 100, 300 y 500 UNT; en este estudio se determinaron el parámetro óptimo del coagulante natural, las dosis para cada nivel de turbidez; así mismo el coagulante natural se comparó con el coagulante químico sulfato de aluminio. El resultado que obtuvieron en la prueba de jarras fue de un rango de remoción de turbiedad del 58% al 86%; asimismo, las dosis óptimas para las muestras fueron de 30, 45, 55, 75 y 90 mg/L, respectivamente. Y cuanto a la muestra de turbidez baja (20-50 UNT) la concentración optima fue del 2%; para la muestra de turbiedad media (100-300 UNT) fue del 1% y para la muestra de 500 UNT fue de 0.5%. Concluye que el coagulante natural cáctea *Opuntia ficus-indica* es eficaz para la remoción.

(Rivera Huanay, 2017), en el trabajo de eficiencia de coagulante natural obtenidos de yuca (*Manihot Esculenta*) y plátano (*Musa Paradisiaca*) para remover turbidez y *Escherichia Coli* del riachuelo Santa Perené Chanchamayo, para determinar la eficiencia de ambos coagulantes para remover la turbiedad y *Escherichia Coli* como un pre-tratamiento en muestras de las provenientes del riachuelo Santa, lo primero es la obtención de los coagulantes por la metodología: trituración y sedimentación. Se realizó la recolección de muestras con un volumen de 27 litros para el estudio, se realizó mediante la prueba de jarra en los dos tratamientos. Para la dosis del almidón de yuca aplicadas al tratamiento: 3, 8, 12, 16, 20 y 30 mg/L y las concentraciones con el agua de plátano: 65, 90, 130, 140 y 150 mL/L. Se obtuvo como resultado la eficiencia del almidón de yuca para remover la turbidez desde 186 a 163 NUT, con porcentaje de remoción de 12.36% y con respecto a *Escherichia Coli* demostró en un 16.67% para ambos con una dosis de 3 mg/L y con el coagulante natural de agua de plátano se llegó a remover el 27.42% de turbiedad y con respecto a *Escherichia Coli* se logra remover el 98.89% ambos con la dosis de 130 mL/L. Conclusión ambos coagulantes dieron buenos resultados en principal el agua de plátano.

Aplicación del clarificante de origen natural (almidón de yuca) para la remoción de la turbidez y color en aguas de consumo humano quebrada Juninguillo La Mina, Moyobamba - San Martín, para el cual se realizó 9 ensayos con 36 pruebas, todas a diferentes concentraciones y velocidades; llega a concluir que el clarificante de yuca ha removido en 48% al color, y ha removido un 50 % la turbidez del agua de la quebrada. Se pudo demostrar que la sustancia es buena y muy simple, ya que no afecta el pH. Se determinó que la concentración óptima es el 1% del almidón en solución; la velocidad óptima para la turbidez es de 150 rpm y para el color es de 200 rpm. (Maldonado Ushiñahua, 2018)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Describe a las negras, lodos de depuradora, fosa séptica. Las aguas negras principalmente contienen excrementos, es la principal fuente de microorganismo dañino, bacterias, virus y parásitos. La concentración de estos contaminantes normalmente es muy pequeña, y se expresa en mg/L de contaminantes por litro de mezcla. (J. Glynn Henry, 1999)

2.2.2. Componentes

- a) **Microorganismos:** los patógenos transmitidos por el agua pueden ocurrir en todos los tipos de fuentes de agua especialmente en áreas donde hay grandes cantidades de aguas residuales sin tratar
- b) Sólidos:** material suspendido o disuelto en aguas residuales que pueden aislarse físicamente ya sea por vía o por evaporación. La diferencia de peso entre las dos muestras secas indica el contenido de sólidos en suspensión. (J. Glynn Henry, 1999).
- c) **Componentes inorgánicos**
- d) **Los componentes inorgánicos comunes de las aguas residuales son los siguientes:**
 - **Cloruros y sulfatos:** presentes normalmente en el agua y en residuos generados por humanos

- Nitrógeno y fósforo: en sus diversas formas (orgánicas e inorgánicas) en residuos de humanos, con fósforo adicional de los detergentes.
- Carbonatos y bicarbonatos: normalmente presentes en el agua y en los residuos como sales de calcio y de magnesio.
- Sustancias tóxicas: arsénico, cianuro y metales pesados como Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn, pueden estar presentes en los residuos industriales.

e) Componentes orgánicos - Materia orgánica

Material orgánico en partículas medidas como sólidos en suspensión (SS) incluye protozoos, algas, flóculos bacterianos y de células individuales, residuos microbianos y otros. La materia orgánica efluente disuelta presente en las aguas residuales urbanas tratadas biológicamente, consiste en una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos refractarios con diversas estructuras y diversos orígenes.

2.2.3. Agua pluvial

Es la recolección de agua de lluvia, que caen en las superficies de la tierra para usos beneficiosos antes de que drene lejos como escorrentía la cual recibe poco a poco o ningún tratamiento antes de su descarga en colección de agua de lluvia. La cantidad de desagüe de aguas pluviales de un municipio varía en gran medida con la época del año, el tipo de terreno, la intensidad y la duración de tormentas que se producen.

2.2.4. Contaminación de agua receptoras

2.2.4.1 Efectos de los contaminantes

Alteración directa o indirecta de las propiedades físicas, térmicas, químicas biológicas y radiactivas de cualquier parte del medio del ambiente por descarga, emisión o depósito de desechos. Se produce cuando sustancias nocivas, a menudo de sustancias químicas o microorganismos, contaminan un arroyo, río, lago, océano, acuífero u otro cuerpo de agua, degradando la calidad del agua y volviéndola tóxica para los seres humanos o el medio ambiente. (J. Jeffrey Peirce, 1998)

- a. Patógenos: se encuentran en los principales de salud asociados con el agua y las aguas residuales. Los indicadores clásicos fecales incluyen coliformes totales y Escherichia Coli. (Otterpohl, 2015)
- b. Materia orgánica (DBO): es el parámetro más importante en el control de los contaminantes del agua.
- c. Sólidos: son pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua como un coloide, o debido al movimiento del agua. (Theobald, 2014)
- d. Nutrientes: el nitrógeno y el fósforo son los componentes básicos para el crecimiento y la reproducción de los organismos vivos y se reproducen en forma natural en el suelo, el aire y el agua. Sin embargo las actividades humanas están afectando sus ciclos naturales y causando un vertido excesivo en los sistemas de aguas superficiales y subterráneas. (Ambulkar, 2017)

2.2.5. Procesos de tratamiento de agua

2.2.5.1 Planta de tratamiento de agua

Es una instalación en la que se utiliza una combinación de varios procesos ya sea físico, químico y biológico para tratar aguas residuales eliminar contaminantes y efluentes industriales.

Las principales operaciones unitarias que intervienen en el tratamiento de aguas superficiales son las de tamizado, coagulación/floculación, sedimentación, filtración y desinfección. (Hreiz et al., 2016).

2.2.6. Planta de tratamiento de agua residual doméstica

Las aguas residuales domésticas son productos de la utilización del líquido en las diferentes actividades en el hogar, las cuales producen contaminación del agua que pueden manifestar la presencia de sólidos, materia orgánica (residuos alimenticios, excretas, materia vegetal, sales minerales), jabones, detergentes y grasas.

El proceso de tratamiento de la PTAR-VES comienza:

- ✓ Pozo séptico: donde se realiza el primer paso de depuración, en esta parte se lleva a cabo la separación de residuos sólidos mediante una cámara de rejillas gruesas.

- ✓ Proceso de aeración: proceso que consiste en el contacto del aire con el agua, para su purificación, por ende la remoción de metano, turbidez y otros compuestos orgánicos volátiles.
- ✓ Pozo separador de grasas: el proceso consiste en separar los aceites y grasas, de origen vegetal y animal por sedimentación.
- ✓ Acumulación de lodos: consiste en sedimentar al fondo y pueden separarse del agua limpia residual.
- ✓ Cloración: es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro, para luego ser usado como riego de áreas verdes de Velazco la C.

2.2.7. Eliminación de materia particulada

El tamaño de las partículas y la composición de las partículas determinan la velocidad y el mecanismo de hidrólisis y degradación en un sistema de tratamiento de aguas residuales. Las operaciones unitarias que se emplean para eliminar la materia particulada del agua comprenden las de tamizado, sedimentación, coagulación/floculación y filtración. (E. Morgenroth, 2002)

1. Tamizado para separar sólidos grandes, como troncos, ramas, trapos, y pequeños peces, es la primera etapa del tratamiento del agua
2. Sedimentación la forma de tratamiento de agua y de aguas residuales, se emplea el asentamiento por gravedad para separar las partículas del agua.
3. Coagulación con cargas opuestas a los sólidos suspendidos se agregan al agua para neutralizar las cargas negativas en sólidos no separables (como la arcilla y la producción de sustancias orgánicas). (Anónimo)
4. Floculación es una etapa de mezcla suave, aumenta el tamaño de partícula de micro-floculo a partículas suspendidas visibles, las partículas de micro-floculo chocan, haciendo que se unan para producir más grande.
5. Filtración es un proceso mecánico o físico de separación suspendida y coloidal. Partículas de fluidos (líquidos y gases) mediante la interposición de un medio a través del cual solo el fluido puede pasar.

Tabla 1.

Polímeros naturales que tienen propiedades coagulantes o floculantes

Nombre común	Se extrae de	Parte de donde se obtiene
Alginato de sodio	Algas pardas marinas (<i>Phaeophyceae</i>)	Toda la planta
Tuna	Opuntia ficus indica	Las hojas
Almidones	Maíz, papa, yuca y trigo	El grano o tubérculo
Semillas de nirmali	<i>Strychnos potatorun</i>	Las semillas
Algorrobo	Quebracho, acacia o algarrobo <i>Schinopsis loretzii</i>	Corteza del árbol
Gelatina común	Animales	Residuos animales
Carboximetil celulosa	Arboles	Corteza del árbol
Goma de guar	<i>Cyanopsis psorolioides</i>	Semillas

Fuente: (J. Arboleda Valencia 1992)

2.2.8. Polímeros Naturales

Estos polímeros se encuentran en la naturaleza de las plantas y fuentes de animales, tales como proteínas, carbohidratos y polisacáridos (almidón, glucósidos). Muchos de estos componentes tiene propiedades coagulantes o floculantes y son usados por los nativos en forma empírica para clarificar el agua, como pasa con la penca de la tuna o nopal (que se emplea en las sierras del Perú y en México) o con las semillas del nirmalí (utilizado en la India). (Valencia, 1992).

2.2.9. Papaya (*Carica papaya*)

La papaya se obtiene del árbol papayo, originario de zonas tropicales y subtropicales, se cultiva en terrenos de muy distinta naturaleza, fundamental que sean ricos en la materia orgánica y contenga humedad abundante.

La papaya fue descrita por primera vez en 1526 por cronista español Oviedo, quien encontró en las costas de panamá y Colombia, fue cultivada en los trópicos.

Requerimiento climático: el papayo es una planta tropical, puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 1000 m.s.n.m, pero los frutos de mejor calidad se obtienen en altitudes por debajo de los 800 metros. Características principales que debe tener un suelo:

1. Temperatura: crece y fructifica mejor en zonas donde las temperaturas se mantienen caliente a 21-32 °C, el crecimiento de la raíz es mejor si las temperaturas del suelo permanecen de los 15.5 °C. (Crane, 2016)
2. Humedad: la humedad excesiva afecta negativamente al cultivo, cabe mencionar que el agua es importante para su crecimiento de la planta.
3. Luz: la papaya necesita abundante luz debido a su gran actividad fotosintética.
4. Suelos: lo que debe de reunir un suelo: suelto húmedo, buen drenaje, alto contenido de M.O, pH 6-7 y suelos fértiles. (Villavicencio, 2011).

Las hojas de la papaya son la fuente de la libre unido compuestos fenólicos, flavonoides, lípidos, taninos y ácidos orgánicos. La corteza del árbol contiene una sustancia que efectivamente suprime el crecimiento de algunos tumores malignos.

La papaya en Perú, un total de 56 mil 706 toneladas de papaya fueron inspeccionadas durante el 2017 por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria-Senasa en la región de Madre de Dios, con el propósito de descartar la presencia de mosca de la fruta. La producción de papaya inspeccionada está destinada a las áreas reglamentadas de Cuzco, Arequipa, Moquegua, Tacna, Ica y Lima. La producción de papaya es durante todo el año a diferencia de otros frutos que solo se cultiva temporales. (**SENASA, 2018**).

2.2.10 Papaína

La papaína es una importante enzima industrial presente en la *Carica* papaya y está presente en las hojas, tallos, raíces y frutos de la papaya que cataliza la hidrólisis de la proteína (adición a una molécula de agua).

Es una enzima proteolítica que se encuentra en el látex de la fruta de papaya inmadura del árbol de papaya *Carica*. Pertenece a una familia de las proteinasas de cisteína. La enzima es excepcionalmente estable a altas temperaturas a pH neutro, pero desnaturizada a pH ácido < 4. El pH óptimo de la papaína es 5.5-7.0

y su pI es 9,6 (Glazer y Smith 1971) citado por (W.S, 1995). También es resistente a la desnaturalización en la solución de urea concentrada (8 M) a un rango de pH neutro. Papaína conserva su actividad en diversos medios orgánicos. De hecho, la enzima se investiga extensamente para la síntesis orgánica de péptidos y otros compuestos químicos. La alta estabilidad de la papaína hacia diversas condiciones extremas y su disponibilidad a un costo asequible ha hecho que sea ampliamente utilizado como un ablandador de carne y en la prevención de la neblina de frío en la industria cervecera. Fisiológicamente, las proteinasas de cisteína juegan un papel en la degradación de las proteínas intracelulares.

a) Secuencias de aminoácidos

La papaína es un único polipéptido que contiene 212 aminoácidos con un MW calculado de 23.350 (Mitchel et al. 1970) citado por (Dominic, 1995). La secuencia consiste en alta GIY2s, Tyr19 y Vall8. Hay 3 enlaces de disulfuro: Cys22-Cys63, Cys56-Cys95 y Cys153-Cys200, pero solo un grupo de tiol libre, que es el Cys25 catalítico

Tabla 2

Secuencias de aminoácidos de papaína (Mitchel et al 1970)

Papaína	IPEYVDWRQKGAVTPVKNQGSCGSCWAFSAVVTIIEGIIKI
Papaína 41	RTGNLNQYSEQELLDCDR RSYGCDGGYPWSALQLVAQY
Papaína 79	GIHYRNTPLYEGVQRYCRSREKGPYAAKTDGVRQVQPYNQ
Papaína 119	GALLYSIAN QPVSVVLQAAGKDFQLYRGGIFVGPCGNKV
Papaína 158	DBAVAAVGYNPGYILIKNSWGTG WGENGYIRIKRGT
Papaína 194	GNSYGVCGLYTSSFYPVKN 212

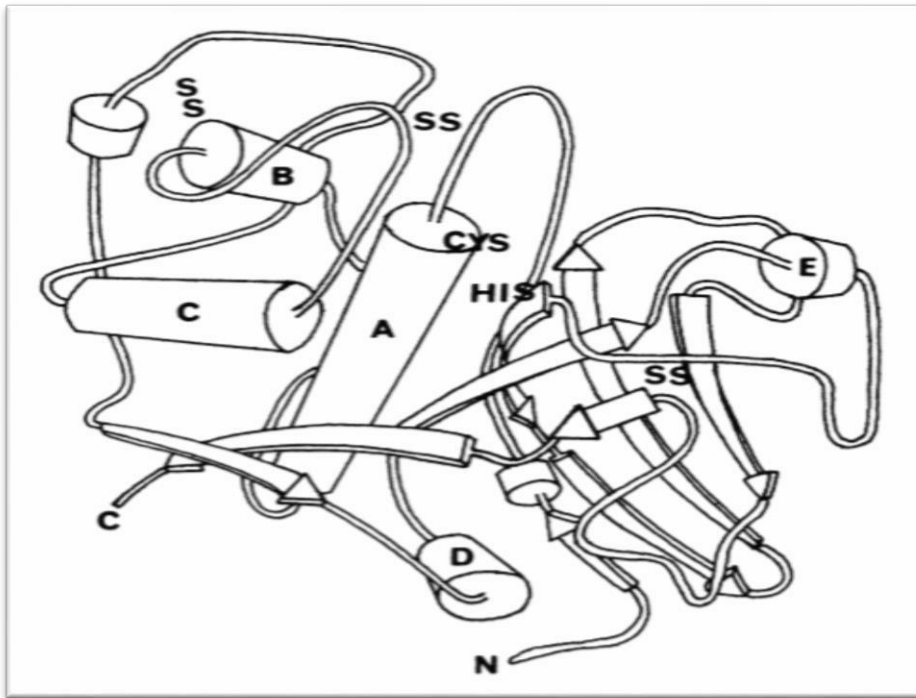
Fuente: Elaboración propio, 2019

b) La estructura tridimensional

La molécula enzimática de la papaína se pliega en un elipsoide con una dimensión de 50 X 37 X 37 Å (Drenth et al. 1971). Un número de interacciones electrostáticas que implican Arg y ASP/Glu se observan en la superficie de la molécula: Arg8-Asp6, Arg41-Asn212, Arg96-Glu89, y Arg188-Glu183. La cadena polipeptídica se pliega en dos dominios. El dominio L consiste en residuos 10-100, formando tres hélices, A (24-42), B (50-57), y C (67-78) (Kamphuis et al. 1984). La hélice A se encuentra antiparalela a B, mientras que C es perpendicular a B y en un ángulo de 60 ° para A. El plegado de las hélices constituye un núcleo central de residuos hidrófobos. El dominio L también contiene un segmento C-terminal corto (208-212) que se pliega desde el dominio R (Baker y Drenth 1987). El dominio R (113-207) consiste principalmente en una hoja antiparalela retorcida que forma un barril con un núcleo hidrófobo grande. Los extremos opuestos del barril están cerrados por hélices cortas (117-127 y 138-143). Además, el extremo N-terminal cruza el dominio L. Por lo tanto, la N-y la C-Termina están Unidas, respectivamente, al dominio R and L, y su cruce transversal ayuda a conectar ambos dominios. Algunas de las interacciones de Arg-carboxilato interacciones y una serie de enlaces de hidrógeno también están involucrados en esta función.

El sitio activo se encuentra en una ranura entre los dos dominios. En la parte inferior se encuentran los dos residuos catalíticos, Cys25 y His159, aportados por los dominios L y R, respectivamente. El Cys-SY se encuentra junto al N ' 1 de su imidazol. El otro su nitrógeno, N ' 2 es hidrógeno unido al oxígeno de la cadena lateral de Asn175, que se encuentra por encima del anillo de imidazol. Durante la adición covalente de la enzima-acyl, el anillo de imidazol gira alrededor de 30 °, moviendo el His 159-N ' 1 Para una posición coplanares con el grupo de salida de nitrógeno (Kamphuis et al. 1984). Por lo tanto, el His está idealmente posicionado para protonar el grupo de salida. Citado por (W.S, 1995)

Figura 1. Diagrama esquemático que muestra la cadena de polipéptido plegable en papaína y actinidina.



Fuente: (Copyright, 1987)

2.2.11. Clasificación

Su clasificación es basada en la división de las enzimas en seis grandes clases de acuerdo al tipo de reacción que catalizan. Estas son:

- Oxidorreductasas: catalizan reacciones de óxido-reducción.
- Transferasas: catalizan reacciones de transferencias de grupo.
- Hidrolasas: catalizan reacciones hidrolíticas.
- Liasas: catalizan la extracción de grupos para la formación de dobles enlaces.
- Isomerasas: catalizan osomeraciones.
- Ligasas: catalizan la formación de enlaces sin hidrolisis de nucleosidos Trifosfato.

2.2.12. Efectos que intervienen en la actividad de las enzimas

- ✓ Efecto de pH: tiende a modificar el grado de ionización de todos o algún grupo ionizables de la molécula de enzima.
- ✓ Temperatura: una elevación de temperatura aumenta la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas. Sin embargo el empleo de temperaturas altas hace que se incremente la actividad de la enzima.

2.2.13. Proceso de coagulación

El proceso de coagulación involucra los siguientes pasos:

- 1) Mezclado rápido: el cual las ayudas de coagulación y floculación y las sustancias de ajustes de pH son añadidos a la muestra de agua, y se efectúa mezclado rápido, para dispersar los químicos en el agua y reducir las fuerzas repulsivas entre las partículas.
- 2) Mezclado lento: con velocidad moderada, para mantener los componentes de agua mezclados y promover la formación de floculos largos.
- 3) Sedimentación: mezclado en suspensión, para promover la precipitación.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1 Agua

En estado de pureza, a temperaturas normales, un líquido transparente, perfectamente neutral en su reacción, y sin sabor ni olor: cualquier colección de tales como el océano, un lago, un río, etc. Es un compuesto con características únicas, de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y los procesos físicos, químicos y biológicos que gobierna el medio natural. (García)

2.3.2 Enzimas

Son catalizadores biológicos que aumentan la velocidad de las reacciones químicas sin sufrir ningún cambio permanente por sí mismo; además ayudan a convertir los alimentos en energía y material nuevo para el crecimiento y reparación del organismo en el que funcionan. (Robinson, 2015).

2.3.3 Enzima papaína

Es una enzima proteolítica que se encuentra en el látex de la fruta de papaya inmadura del árbol de papaya *Carica*, pertenece a una familia de las proteinasas de cisteína que también incluye otras enzimas de la planta, la enzima es excepcionalmente estable a altas temperaturas a pH neutro, pero desnaturizada a pH ácido < 4, el pH óptimo de la papaína es 5.5-7.0 y su pI es 9,6. También es resistente a la desnaturización en la solución de urea concentrada (8 M) a un rango de pH neutro. Es una proteína de 212 aminoácidos, que se encuentran enrollados en 2 partes separadas por un puente que tiene un lugar activo con un grupo tiol (SH) libre. (Villavicencio Marcial, 2011)

2.3.4 Coagulación

Es un proceso, químico que se utiliza para desestabilizar partículas coloidales. Consiste en agregar en agregar un producto químico que aporta iones con carga positiva al agua que contiene iones con carga negativa. (J. Glynn Henry, 1999).

2.3.5 La turbidez

La turbidez es causada por partículas en suspensión o disueltas en agua que se dispersan haciendo la luz el agua aparece turbia. La materia particulada puede incluir sedimento - especialmente arcilla y limo, materia orgánica e inorgánica fina, compuestos orgánicos de colores solubles, algas, y otros organismos microscópicos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1.000 nm. (Agua, 2008). Turbidez se entiende como la falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión. La turbidez se mide usando un equipo óptico especializado en un laboratorio o en el campo. Una luz se dirige a través de una muestra de agua, y se mide la cantidad de luz dispersada. La unidad de medida se denomina Unidad de turbidez nefelométrica (NTU), que viene en varias variaciones. (Rojas Figueroa Sergio, 2007).

2.3.6 Prueba de jarras

Es un método de simulación de un proceso de tratamiento de agua escala completa, proporcionando a los operadores del sistema una idea razonable de la forma en que un producto químico de tratamiento se comportará y operar con un tipo particular de agua cruda. Porque imita operación a gran escala, los operadores del sistema pueden utilizar la prueba de jarras para ayudar a determinar qué producto químico de tratamiento que funciona mejor con agua cruda de su sistema. En la prueba de jarras se utiliza variaciones en la dosis del polímero o coagulante en cada jarra (generalmente 6 jarras) (ISA, 2016).

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Preparación y uso del agente coagulante

3.1.1. Recolección de las semillas

Las semillas de la *Carica* papaya se recolecto en el “Mercado Villa Sur” de Villa el Salvador, se recolecto 3 días de los puestos (H-35, H-37, H-39, H-43, H-49 y H55)

3.1.2. Preparación de polvo de las semillas de *Carica* papaya

Las semillas recolectadas se lavaron varias veces para eliminar las impurezas, seguido fue secador en la estufa a 50°C por 24 horas. Las semillas secas se trituraron y se tamizan para obtener polvo más fino con un tamaño de 70-80. Las semillas se recolecto en un frasco estéril y almacenado en un desecador para evitar que coja humedad.

3.1.3. Recolección de la muestra de agua

La muestra de agua se recogió de la planta de tratamiento de aguas residuales de Villa el Salvador, la cantidad que se recolectó fue de 15 litros de agua.

3.1.4. Dosis optima del coagulante natural

Para aplicar la dosis del coagulante se aplicó la “ecuación de balance de masas”, del cual se determinó el volumen del coagulante para adicionar en cada jarra, dicho volumen se encuentra en función de la dosis del coagulante por aplicar, de la concentración de solución de la semilla en polvo, y del volumen de la jarra; siendo el volumen de la jarra con las se trabajaron de un litro de capacidad. A continuación de menciona la ecuación de balance de masas:

$$\begin{aligned}
 W &= V \times C = V \times C \times C \\
 W_{(mg)} &= \frac{V_{(L)} \times C_{(mg/L)} \times 1000}{C_{(mg/L)}}
 \end{aligned}$$

W = Peso del coagulante

V = Volumen del coagulante que se aplicara en la jarra (mg)

C = Dosis del coagulante (mg/L)

V = Capacidad de la jarra (L)

C = Concentración de la solución del coagulante (mg/L)

Las dosis del coagulante (polvo de papaya) fueron de: 0.2, 0.4 y 0.6 g/L. Se muestra en la tabla 3.

3.1.5. Programación y funcionamiento del equipo de la prueba de jarras

Para el buen funcionamiento del equipo de la prueba de jarras se programó la velocidad y tiempo de mezcla rápida y mezcla lento, del cual se tomó de referencia (Hans et al, 2018); así mismo se dejó sedimentar por una hora. Las velocidades y tiempos programados en el equipo de test de jarra se muestra en la tabla 4.

Una vez programado el equipo se inició, con las 6 jarras de las muestras de agua obtenida de la PTAR- V.E.S con una capacidad de 1000ml. Puesto en marcha el equipo, inicio con el mezclado rápido, seguidamente, se produjo el inicio del mezclado lento, la cual, una vez finalizada, el equipo se apagó automáticamente y se dejó sedimentar por una hora.

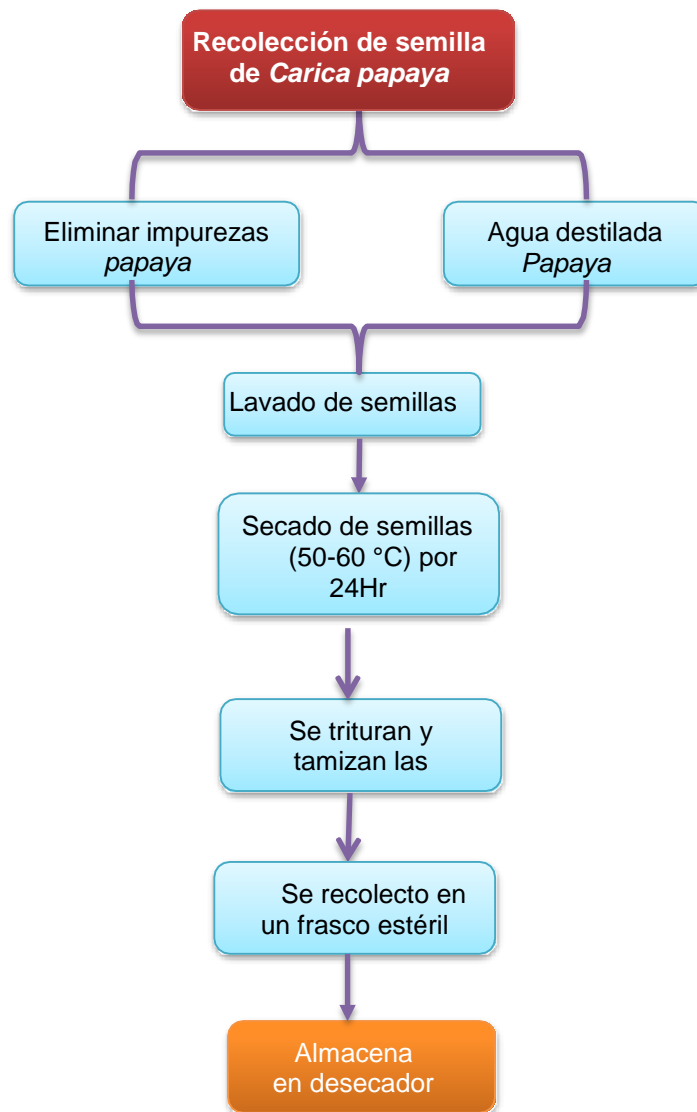


Figura 2. Proceso de extracción de la papaína a partir de semillas de papaya *Carica papaya*

Fuente: Elaboración propio, 2019

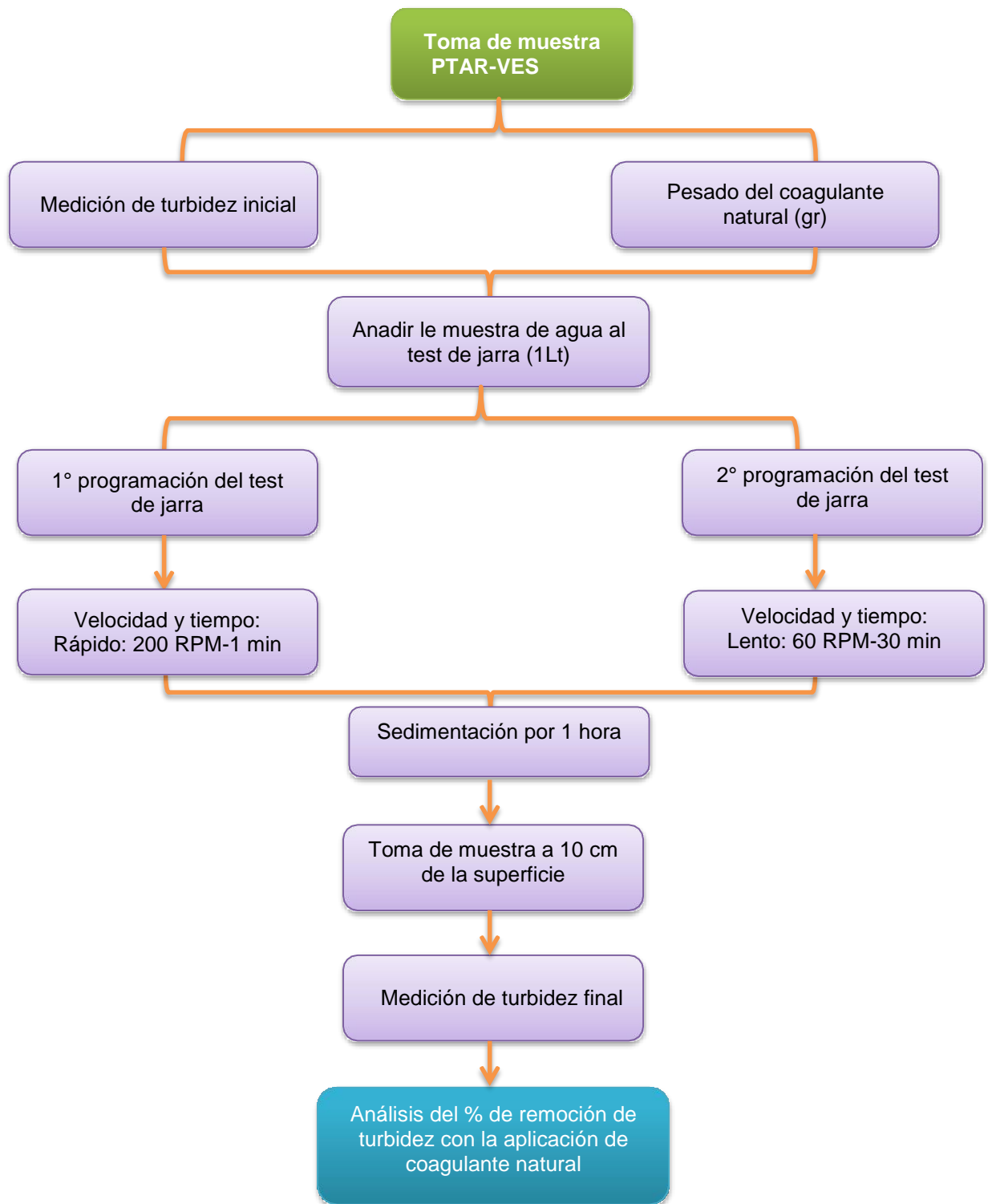


Figura 3. Proceso de remoción de turbidez de agua del PTAR con la semilla en polvo de *Carica papaya*

Fuente: Elaboración propio, 2019

3.2. Resultados

El trabajo de investigación es de:

Tipo experimental: Debido que se tiene que realizar en el laboratorio la medición de turbidez inicial que presenta la muestra de agua de la PTAR-VES, para demostrar la remoción de la turbidez con la aplicación de semilla en polvo de *Carica papaya*.

Nivel correlacional: Porque permite confrontar a la variable independiente con la variable dependiente, puesto que su objetivo global es valorar el comportamiento de una de las variables en función de las otras y su grado de relación entre sí; además que nos permite:

Análisis de correlación de variables.

Medición cuantitativa de resultados.

Diseño experimental: Debido a que se puede manipular la variable independiente en este caso la enzima papaína, que se utiliza diferentes dosis para la evaluación de la dosis óptima y analizar su efectividad en la remoción de turbidez, porque es útil como primer acercamiento al problema de investigación de la realidad, la remoción de turbidez de la PTAR-VES.

Tabla 3

Datos antes del tratamiento

Tratamiento	Dosis del coagulante (mg/L)	Turbidez Inicial (UNT)
1	0.2	393
2	0.4	378
3	0.6	373
4	0.2	447
5	0.4	450
6	0.6	436
7	0.2	421
8	0.4	420
9	0.6	429

Fuente: Elaboración propio, 2019

Tabla 4

Programación y funcionamiento del equipo de test de jarra

Etapa	Velocidad (rpm)	Tiempo
Mezcla rápida	200	1 min
Mezcla lento	60	30 min
Sedimentación	0	1 Hr

Fuente: Elaboración propio, 2019

Tabla 5

Datos después del tratamiento con filtro y sin filtro

Tratamiento	Turbidez final con filtro	Turbidez final sin filtro
1	79.1	152
2	66.7	158
3	110	162
4	56.2	148
5	38.6	149
6	72.5	176
7	62.2	134
8	61.2	144
9	68.1	157

Fuente: Elaboración propio, 2019

En la tabla 5, se observa los datos después del tratamiento con el coagulante natural, en el cual se realizó dos mediciones de la remoción de turbidez uno de ellos es con filtro y el otro sin filtro.

Tabla 6

Valor de significancia de la dosis optima del coagulante

			ANOVA				
Momento			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Antes del tratamiento	Antes	Entre grupos	88,667	2	44,333	,041	,960
		Dentro de grupos	6459,333	6	1076,556		
		Total	6548,000	8			
Después sin filtro	Después sin filtro	Entre grupos	660,667	2	330,333	4,187	,073
		Dentro de grupos	473,333	6	78,889		
		Total	1134,000	8			
Después con filtro	Después con filtro	Entre grupos	1203,380	2	601,690	2,020	,213
		Dentro de grupos	1787,100	6	297,850		
		Total	2990,480	8			

Fuente: Elaboración propio, 2019

En los resultados obtenidos de la prueba de jarra que se presenta en la tabla 6, realizado en el programa ANOVA se halla la dosis óptima del coagulante natural, obteniendo como resultado que no existen diferencias significativas entre las dosis utilizadas tanto en la prueba con filtro y sin filtro.

Tabla 7

Datos estadísticos con la aplicación del coagulante natural sin filtro y con filtro.

<i>Estadísticas de muestras emparejadas</i>					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Antes	416,3333	9	28,60944	9,53648
	Después sin filtro	153,3333	9	11,90588	3,96863
Par 2	Antes	416,3333	9	28,60944	9,53648
	Después con filtro	68,3000	9	19,33417	6,44472

Fuente: Elaboración propio, 2019

En la tabla 7, se muestra el promedio antes del tratamiento y la comparación después de aplicar el coagulante natural con filtro y sin filtro.

Tabla 8

Valor de correlación con la aplicación del coagulante natural sin filtro y con filtro

<i>Correlaciones de muestras emparejadas</i>				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Antes & Después sin filtro	9	-,171	,661
Par 2	Antes & Después con filtro	9	-,755	,019

Fuente: Elaboración propio, 2019

En la tabla 8, se puede observar que si existe correlación en ambos pruebas tanto sin filtro y con filtro.

Tabla 9

Valor de significancia después del tratamiento sin filtro y con filtro

<i>Prueba de muestras emparejadas</i>										
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desv. Desviació n	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	Antes - Después sin filtro	263,0000 0	32,81006	10,93669	237,7799 6	288,2200 4	24,048	8	,000	
Par 2	Antes - Después con filtro	348,0333 3	45,03315	15,01105	313,4177 9	382,6488 8	23,185	8	,000	

Fuente: Elaboración propio, 2019

En la tabla 9, se observa que si existe diferencia significativa en ambos pruebas sin filtro y con filtro, después de la aplicación del coagulante natural.

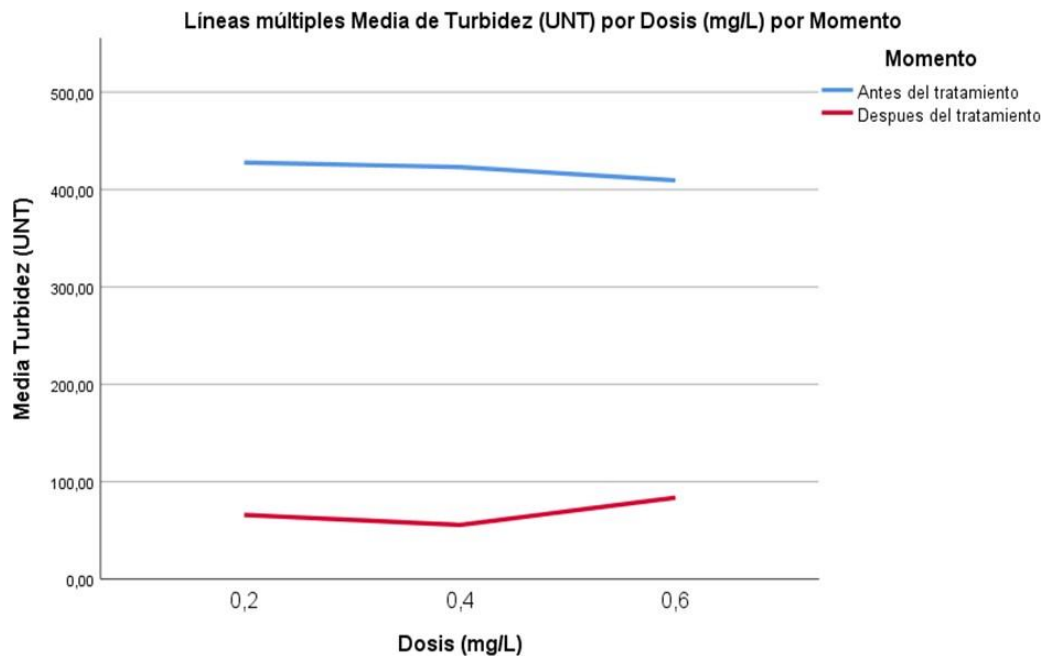


Figura 4. Diferencia de turbidez antes de tratamiento y después del tratamiento con filtro

Fuente: Elaboración propio, 2019

En la figura 4, se observa la diferencia de la turbidez inicial, después de su aplicación con el coagulante natural semillas de papaya en polvo, se obtiene los resultados de los 100 UNT, los resultados obtenidos fueron después de haber filtrado la muestra.

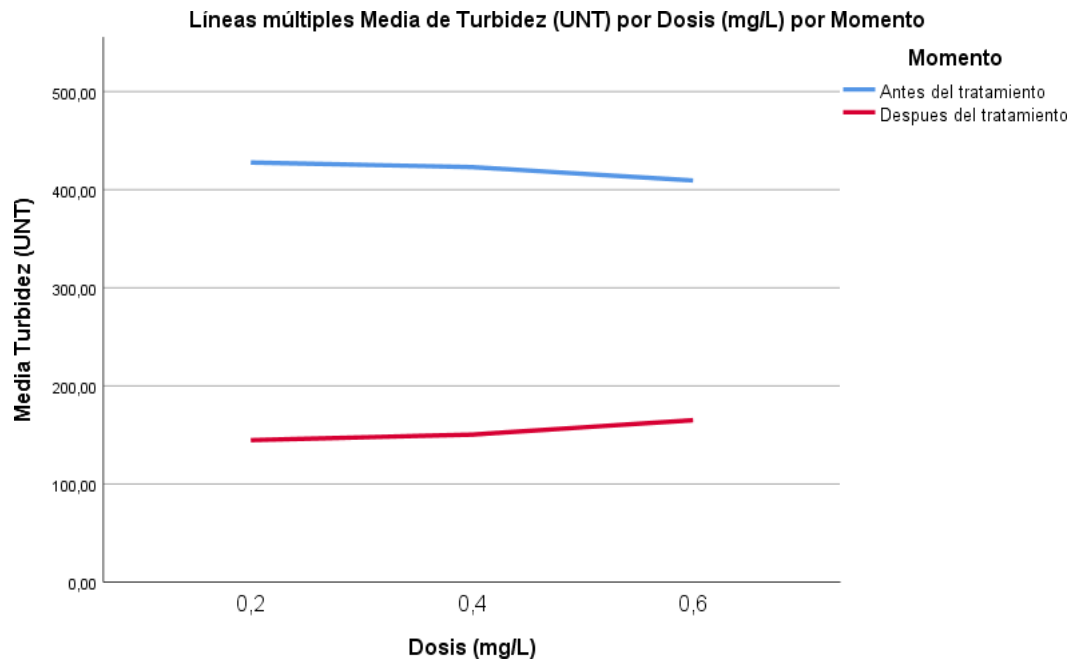


Figura 5. Diferencia de turbidez antes de tratamiento y después del tratamiento sin filtro
Fuente: Elaboración propio, 2019

En la figura 5, se observa la diferencia de la turbidez inicial, después de su aplicación con el coagulante natural semillas de papaya en polvo, se obtiene los resultados por encima de los 100 UNT, los resultados obtenidos fueron sin filtrar la muestra.

3.3. Análisis del coeficiente de variabilidad de turbidez

Tabla 10

Coefficiente de variabilidad de turbidez antes del tratamiento y después del tratamiento

		Estadísticos descriptivos				
Momento		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Antes del tratamiento	Turbidez (UNT)	9	373,00	450,00	416,3333	28,60944
	Turbidez (UNT)	9	373,00	450,00	416,3333	28,60944
	N válido (por lista)	9				
Después del tratamiento	Turbidez (UNT)	9	38,60	110,00	68,3000	19,33417
	Turbidez (UNT)	9	134,00	176,00	153,3333	11,90588
	N válido (por lista)	9				

Fuente: Elaboración propio, 2019

$$CV = \frac{Sx}{\bar{x}}$$

CV: coeficiente de variabilidad.

Sx: desviación típica del conjunto de datos.

\bar{x} Valor absoluto de la media del conjunto de datos.

Hallar el coeficiente de variabilidad después del tratamiento

$$CV = \frac{19,3317}{68,3000}$$

$$CV = 0,28$$

$$CV = \frac{11,90588}{153,3333}$$

$$CV = 0,078$$

3.4. Discusión de resultados

(Duithy George, 2018), en este estudio se compararon mezclas con potencial coagulante compuesto por semillas en polvo obtenido de *Carica papaya* y sulfato de aluminio, se ha realizado análisis de muestra de agua del río, ha encontrado que las semillas de papaya es mejor que el sulfato de aluminio (alumbre) para reducir todos los parámetros físico-químicas del agua especialmente turbidez, TSS y TDS. El sulfato de aluminio también se ha indicado que es un agente causal de la enfermedad neurológica. También lodo producido es voluminoso y no biodegradable después del tratamiento y por lo tanto plantea problemas de eliminación que conducen a aumentar el costo del tratamiento. Pero el uso de las semillas de papaya no tiene tales problemas y puede ser efectivamente utilizar esta semilla para el tratamiento de agua sin efectos secundarios y también es económicamente factible.

Se ve claramente que las concentraciones más altas de papaya en polvo de semillas de dosis de carga 0.6 gr/L como coagulante da mejor efecto sobre la turbidez. Esto demuestra que la papaya se puede adoptar para el tratamiento de agua. Esto produce a la reducción de costos en el tratamiento de agua, la semilla de papaya proporciona un 90% de reducción de la turbidez y además es eficiente para neutralización de la carga. En caso en los resultados que obtuve como se demuestra en la tabla 5, se observa que no existen diferencias significativas entre el uso de dosis del coagulante natural; pero si se llega a la conclusión que tanto los dos resultados que se obtuvo sin filtro y con filtro se nota claramente la remoción de la turbidez que se demuestra en la tabla 6 y 8, es decir coincidimos que la semilla de papaya si reduce la turbidez y por tanto es buena para tratamiento de agua.

(Hans Kristianto, 2018), ha realizado análisis de muestra de agua textiles, la variación de la dosis de coagulante también fue significativa para la eliminación de colorantes. Es importante introducir la dosis optima de coagulante en el agua de modo que solo lo suficiente polielectrolitos presentes en el agua para neutralizar la partícula de modo que la potencial zeta es cercano a cero. Se observó que a una dosis debajo de 0.5 gr/L, se obtuvo bajo % de eliminación, donde se puede decir que no había suficiente polielectrolitos presentes en el agua para neutralizar los tintes. Al igual que al aumento de la semilla en polvo de papaya, se obtuvo mayor % eliminación. Se obtuvo la máxima eliminación de color a 0.57 gr/L de la dosis de coagulante del cual se confirma que la óptima es 0.57 gr/L, se obtuvo observar que las semillas de papaya en polvo tiene un buen potencial para ser utilizado como un coagulante natural. En los resultados que obtuve no hay una dosis optima, que las dosis que utilice reduce la turbidez sin ninguna variación entre las dosis utilizadas es por ello que se puede decir que a menor dosis que se utiliza la remoción de turbidez será eficaz. Se llega a coincidir que el coagulante natural semillas de papaya en polvo es efectivo para la remoción de turbidez y buena para el tratamiento de agua.

CONCLUSIONES

1. Las características de iniciales de la turbidez, presenta sólidos en suspensión, materia orgánica (residuos alimenticios, excretas, materia vegetal, sales minerales) y materiales diversos como, jabones y detergentes.
2. Se determinó la dosis óptima de la semilla en polvo de la papaya usando tratamiento de prueba de jarra, la cual fue 0.2 gr/L. ya que es económicamente rentable usar la menor cantidad de dosis, porque no hay una diferencia significativa entre las dosis utilizada.
3. La variabilidad de la turbidez del agua proveniente de la PTAR-VES, después del tratamiento se obtuvo con filtro 28% y sin filtro 7.8%.
4. Se concluye que semilla de papaya en polvo es efectiva para la remoción de turbidez del agua obtenida de la PTAR-VES, se puede comprobar en la figura 4 y 5, debido que para mejor resultado se realizado dos pruebas de la medición de turbidez final, una en sin a ver realizado ningún filtrado y de puede ver claramente que si remueve la turbidez y los resultados obtenidos es por encima de los 100 UNT, que si llega a remover un 65%; y también se llegó realizar la medición de turbidez con filtrado y se puede observar claramente en la figura 4, la variación de turbidez inicial con el final y se obtuvo debajo de los 100 UNT, del cual se puede decir que la remoción fue de 85%, la semilla de papaya en efectiva para tratamiento de agua.

RECOMENDACIONES

1. Realizar otros trabajos de investigación con residuos sólidos orgánicos producidos por empresas manufactureras como las cascaras de naranja, cascaras de limos, etc., a fin de que se puedan reutilizar productos de desecho a fin de que no genere costos de producción para la actividad coagulante para sustancias contaminantes que encontramos en agua de PTAR.
2. Que el polvo obtenido de las semillas de papaya tiene que ser tamizado con un tamiz más fino; para evitar alteraciones en los resultados.
3. Las fuentes naturales deben ser investigados por posibles capacidades de coagulación.
4. Comprobar con otras variedades específicos de *Carica* papaya como coagulante natural, y así poder verificar la eficiencia en la remoción de turbidez.
5. Usar dosis menores a 0.2 gr/L para obtener la dosis óptima para la remoción de turbidez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. (2012). *Extracción de la enzima papaina del latex de carica papaya cultivado en el país y su aplicación en cicatrices tipo queloides y verrugas*. Recuperado el 28 de enero de 2019, de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2300/1/Extracci%C3%B3n_dela_enzima_papina_del_latex_de_Carica_papaya_\(payo\)_cultivado_en_el_pa%C3%ADs_y_su_aplicaci%C3%B3n_en_cicatrices_tipo_queloides_y_verrugas.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2300/1/Extracci%C3%B3n_dela_enzima_papina_del_latex_de_Carica_papaya_(payo)_cultivado_en_el_pa%C3%ADs_y_su_aplicaci%C3%B3n_en_cicatrices_tipo_queloides_y_verrugas.pdf)
- Adm., P. (2014). *"Tratamiento de aguas residuales domésticas"*. Recuperado el 28 de 05 de 2019, de <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>
- Agua, C. (2008). *Turbidity: Description, Impact on water quality, sources, measures-a general overview*. Recuperado el 04 de 06 de 2019, de <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw3-21.pdf>
- Ambientales., I. (2013). *Prueba de Jarras*. Recuperado el 26 de enero de 2019, de <https://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/prueba-de-jarras>
- Ambulkar, A. (2017). *Contaminación de nutrientes y sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://oxfordre.com/environmentalscience/view/10.1093/acrefore/9780199389414.001.0001/acrefore-9780199389414-e-495>
- ANA. (11 de Enero de 2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales*. Recuperado el 30 de enero de 2019, de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf
- Anonimo. *Coagulation and Flocculation*. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://www.mrwa.com/WaterWorksMnl/Chapter%202012%20Coagulation.pdf>
- Arya. J., D. (2018). *Use of Papaya Seed as a Natural Coagulant for Water Purification*. Recuperado el Marzo de 2019, de <http://www.ijser.in/archives/v6i3/IJSER172323.pdf>
- Barrera., y. (2013). *Turbiedad del agua*. Recuperado el 26 de enero de 2019, de <http://turbiedaddelagua.blogspot.com/p/contexto.html>

- Crane., J. (2016). *Papaya Growing in the Florida Home Landscape*. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/MG/MG05400.pdf>
- Cristina., V. (2011). *Extracción, concentración y cuantificación de la actividad enzimática de la papaina a partir de la papaya (carica papaya)*. Recuperado el 26 de enero de 2019, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5226/1/SBQ.16.pdf>
- DIGESA. (2005). *Rio Rimac*. Recuperado el 26 de enero de 2019, de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/rio_rimac_enero_-_octubre_2005_0_2.pdf
- Duithy G., A. C. (Enero de 2018). *Evaluación del rendimiento de la coagulación de la Papaya Semilla*. Recuperado el Marzo de 2019, de <file:///D:/ENZIMA%20TURBIDEZ/enzima%20papaina.en.es.pdf>
- Morgenroth., R. K. (2002). *Processes and modeling of hydrolysis of particulate organic matter in aeorbic wastewater treatment-a review*. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://pdfs.semanticscholar.org/8820/42231723b22549f28f904bcba80bdffb97fe.pdf>
- Garcia., M. *El agua* . Recuperado el 26 de enero de 2019, de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>
- Hans., M. K. (Octubre de 2018). *Utilización de semillas de papaya como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales con agentes colorantes de textiles sintéticos*. Recuperado el Marzo de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/328922384_Utilization_of_Papaya_Seeds_as_Natural_Coagulant_for_Synthetic_Textile_Coloring_Agent_Wastewater_Treatment
- Hreiz et al. (2016). *Planta de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/waste-water-treatment-plant>
- ISA. (2016). *Prueba de jarras*. Recuperado el 29 de 04 de 2019, de <https://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/prueba-de-jarras>
- Glynn H., G. W. (1999). *Ingeniería Ambiental segunda edición*. Mexico : Assistant.
- Jeffrey P. (1998). *La contaminación del agua*. Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/water-pollution>

- Lopez P., M. (2018). *Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas*. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3541>
- Maldonado U., A. (2018). *Aplicación del clarificante de origen natural (almidón de yuca) para la remoción de la turbidez y color en aguas de consumo humano quebrada Juninguillo – La Mina, Moyobamba – San Martín*. Recuperado el 22 de enero de 2019, de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/2683>
- Natalia, A. C. (2011). *Uso de las Cáscaras de Papa como Coagulante Natural En El Tratamiento de Aguas Potables De L a Planta "La Diana"*. Recuperado el 2019 de enero de 23, de <http://oaji.net/articles/2017/5082-1501178767.pdf>
- Olivero V., M. (2013). *Remoción de la turbidez del agua del Rio Magdalena usando el mucilago del nopal Opuntia ficus-indica*. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <file:///C:/Users/WINDOWS/Pictures/Turbidez%20agua.pdf>
- Otterpohl, A. C. (2015). Patógenos microbianos en plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) en Hamburgo. *Revista de Toxicología y Salud Ambiental Parte A*, https://www.researchgate.net/publication/273156000_Microbial_Pathogens_in_Wastewater_Treatment_Plants_WWTP_in_Hamburg.
- Rivera H., R. H. (2017). *Eficiencia de coagulante natural obtenidos de yuca (Manihot Esculenta) y plátano (Musa Paradisiaca) para remover turbidez y Escherichia Coli del riachuelo Santa Perené Chanchamayo*. Recuperado el 23 de enero de 2019, de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3594>
- Rojas F., S. (2007). Recuperado el 26 de enero de 2019, de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/40939.pdf>
- SENASA. (17 de Enero de 2018). *Madre de Dios: Más de 56 mil toneladas de papaya inspeccionadas por Senasa en el 2017*. Recuperado el 02 de Abril de 2019, de <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/madre-de-dios-mas-de-56-mil-toneladas-de-papaya-inspeccionadas-por-senasa-en-el-2017/>
- Syeda A., S. (2 de Agosto de 2018). *Semillas de Carica papaya efectividad como coagulante y desinfección solar en remoción de turbidez y coliformes*. Recuperado el 05 de Marzo de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/327404556_Carica_papaya_seeds_effectiveness_as_coagulant_and_solar_disinfection_in_removal_of_turbidity_and_coliforms

- Theobald, D. (04 de 12 de 2014). *¿Que son los controles del proceso de separacion de solidos en el tratamiento de aguas residuales primarias?* . Recuperado el 06 de 06 de 2019, de <https://www.watertechonline.com/what-is-solids-separation-process-controls-in-primary-wastewater-treatment/>
- Trujillo., et al.(2014). *Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano*. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <file:///C:/Users/WINDOWS/Pictures/TURBIDEZ%20EN%20AGUA.pdf>
- Valencia, J. A. (1992). *Teoría de la Coagulación del Agua*. Recuperado el 26 de enero de 2019, de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/teoria.pdf>
- Villavicencio, M. C. (2011). *Extracción, concentración y cuantificación de la actividad enzimática de la papaína a partir de la papaya (carica papaya)*. Recuperado el 18 de 03 de 2019, de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/5226>
- W.S., D. (1995). *"Food enzymes structure and mechanism"*. Recuperado el 18 de 03 de 2019, de [file:///D:/ENZIMA%20TURBIDEZ/\[Dominic_W._S._Wong_\(auth.\)\]_Food_Enzymes_Structu\(z-lib.org\).pdf](file:///D:/ENZIMA%20TURBIDEZ/[Dominic_W._S._Wong_(auth.)]_Food_Enzymes_Structu(z-lib.org).pdf)

ANEXO

Anexo 1: Recolección de semillas de papaya



Anexo 2: Recolección de semillas



Anexo 3: Lavado de las semillas



Anexo 4: Secado de las semillas



Anexo 5: Retirado de semillas secadas



Anexo 6: Trituración de semillas secas



Anexo 7: Tamizado de semilla en polvo



Anexo 8: Pesado del coagulante



Anexo 9: Recolección de la muestra de PTAR



Anexo 10: Medición de turbidez inicial



Anexo 11: Aplicación del coagulante



Anexo 12: Medición final de turbidez

