



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Pectina de cáscara de cacao y sulfato de aluminio para reducción de la turbidez en
aguas contaminadas del río Chillón**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Ambiental

AUTORA:

Flores Zapata, Limhi Sariah (ORCID: 0000-0002-8572-1784)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria:

El presente trabajo de investigación está dedicado primordialmente a Dios, por bendecirme con fortaleza y sabiduría para el desarrollo y finalización de una nueva meta en mi vida.

Le dedico a mis Padres (Pedro Flores C. y Juana Zapata Ch.), por el ejemplo de perseverancia y humildad que cultivaron dentro de nuestra familia, a mi hermano Helaman Flores Z. y a mi hermana Rosa Zapata G. Por el apoyo desmedido durante mi vida universitaria y en cada etapa de la investigación siendo figuras de respeto y admiración.

A todos mis familiares y amigos por brindarme oportunidades distintas y apoyo moral, en especial a mis tíos (Eduardo Torrez L. y Manuela Zapata Ch.) y a el Dr. Daniel Díaz D. por ser una ayuda constante en mi vida y en la realización del trabajo de investigación.

Agradecimiento:

Agradezco a mi asesor de tesina Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera, por ser una guía, apoyo y por la constante supervisión de cada etapa del proyecto de investigación.

Finalmente, a la Universidad César Vallejo por permitirme acceder a las instalaciones de laboratorio y la utilización de instrumentos necesarios para realizar la parte experimental de la investigación.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de figuras	v
Índice de tablas	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Variables y operacionalización	15
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5 Procedimientos	16
3.6 Método de análisis de datos	21
3.7 Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
4.1. Rendimiento de la extracción de pectina por hidrólisis acida	23
4.2. Análisis inferencial	23
4.3. Determinación del mejor valor de pH	23
4.4. Determinación de la mejor dosis de floculante	28
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS	37
ANEXOS	42
	iv

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de operaciones para la obtención de pectina según Nizama, 2015	9
Figura 2. Tratamiento de materia prima	17
Figura 3. Obtención de la pectina	18
Figura 4. Selección y limpieza	52
Figura 5. Lavado y desinfección	52
Figura 6. Cortado	52
Figura 7. Blanqueado	52
Figura 8. Escurrido	52
Figura 9. Refinado	52
Figura 10. Secado	53
Figura 11. Almacenamiento	53
Figura 12. Proceso de extracción	53
Figura 13. Primer proceso de filtrado	53
Figura 14. Precipitación	53
Figura 15. Segundo proceso de filtrado	54
Figura 16. Purificación	54
Figura 17. Escurrido	54
Figura 18. Secado	54
Figura 19. Molienda	54
Figura 20. Almacenamiento	54
Figura 21. Test de jarras con sulfato de aluminio, pH 5, concentración 0.2	55
Figura 22. Test de jarras con Pectina de cáscara de cacao, pH 3, concentración 0.25	55

Índice de tablas

Tabla 1. Especificación oficial de pureza para pectinas comerciales	6
Tabla 2. Relación entre el grado de esterificación y el porcentaje de metoxilo	7
Tabla 3. Clasificación Taxonómica del fruto Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	10
Tabla 4. Rendimiento de la extracción de pectina por hidrólisis ácida	23
Tabla 5. Resultado del mejor valor de pH del floculante natural (pectina) en remoción de turbidez del agua residual	24
Tabla 6. Prueba de Normalidad de los datos de pH (Pectina)	25
Tabla 7. Resultado del mejor valor de pH del floculante sintético (sulfato de aluminio) en remoción de turbidez del agua residual	26
Tabla 8. Prueba de Normalidad de los datos de pH ($Al_2(SO_4)_3$)	27
Tabla 9. Resultado de la mejor dosis del floculante natural (Pectina) en remoción de turbidez del agua residual	28
Tabla 10. Prueba de Normalidad de los datos de concentración (Pectina)	29
Tabla 11. Resultado de la mejor dosis del floculante sintético ($Al_2(SO_4)_3$) en remoción de turbidez del agua residual	30
Tabla 12. Prueba de Normalidad de los datos de concentración ($Al_2(SO_4)_3$)	31

Resumen

En la actualidad, son utilizados una gran variedad de coagulantes y floculantes químicos para el tratamiento de aguas. La pectina de cáscara de cacao puede ser utilizada como floculante natural para la reducción de turbidez en dichos tratamientos. Siendo así, esta investigación estudia el uso de la pectina como floculante natural y el sulfato de aluminio como floculante sintético para la reducción de la turbidez en aguas del río Chillón. El estudio de la reducción de la turbidez se realizó mediante el procedimiento del test de jarras. Para ello, se utilizaron diferentes concentraciones de floculante de pectina y de sulfato de aluminio, los cuales fueron trabajados en diferentes valores de pH. Los resultados mostraron que el floculante natural (pectina de cáscara de cacao) y sintético ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) tienen una eficiencia de reducción de la turbidez mayor al 90%, siendo sus porcentajes de 99,40 % y 99,96 %, respectivamente. La pectina de cascara de cacao tiene mayor remoción en el pH 3, mientras que el sulfato de aluminio en el pH 5. Por lo tanto, el uso de la pectina de cáscara de cacao como floculante natural para la reducción de la turbidez en aguas residuales fue favorable, y podría ser utilizado como alternativa a los floculantes convencionales.

Palabras claves: pectina, sulfato de aluminio, turbidez

Abstract

Currently, a wide variety of chemical coagulants and flocculants are used for water treatment. Cocoa shell pectin can be used as a natural flocculant to reduce turbidity in such treatments. Thus, this research studies the use of pectin as a natural flocculant and aluminum sulfate as a synthetic flocculant for the reduction of turbidity in the waters of the Chillón river. The study of turbidity reduction was performed using the jar test procedure. For this, different concentrations of pectin flocculant and aluminum sulfate were used, which were worked at different pH values. The results showed that the natural (cocoa shell pectin) and synthetic ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) flocculant have a turbidity reduction efficiency greater than 90%, with their percentages being 99.40% and 99.96%, respectively. Cocoa shell pectin has higher removal at pH 3, while aluminum sulfate at pH 5. Therefore, the use of cocoa shell pectin as a natural flocculant for reducing turbidity in wastewater was favourable, and could be used as an alternative to conventional flocculants.

Keywords: pectin, aluminum sulfate, turbidity

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se pueden utilizar una gran variedad de coagulantes y floculantes químicos para la desestabilización de las partículas en el agua, como es el caso del sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$. Sin embargo, existen sustancias naturales que logran tener el mismo rendimiento; es así, que la extracción y utilización de la pectina de la cáscara de Cacao (*Theobroma cacao*) hace frente al actual desaprovechamiento de los recursos naturales y sus residuos. Y a pesar de que somos un país que produce más de 160,000 hectáreas de cacao, y haber obtenido el noveno puesto en la producción mundial; aún seguimos aplicando métodos convencionales sin interés de investigar nuevas alternativas que generen mayor eficiencia en sus objetivos.

La PTAR es una de las plantas de tratamiento de aguas residuales en actual funcionamiento en el Perú. En esta se utiliza sales de aluminio: como sulfato de aluminio, policloruro de aluminio y cloruro de aluminio, además de las sales de hierro como es el caso de cloruro de hierro (III) y sulfato de hierro (III), para llevar a cabo los procesos de coagulación y floculación. Estos procesos tienen como finalidad eliminar los sólidos suspendidos y el material coloidal. Al adicionar estos compuestos en el agua se generan reacciones en serie, donde los productos de hidrólisis son los más eficientes, al reaccionar en alcalinidad, y generar hidroxilos de aluminio y de hierro; los cuales precipitan por ser insolubles. La utilización de estas sales es muy frecuente debido a su fácil disponibilidad, bajo costo y adaptación a diferentes tipos de agua; viéndose limitada la opción de usar otras alternativas sostenibles como la pectina, que es una sustancia natural extraída de la cáscara de Cacao (*Theobroma cacao*). (Ticona, 2018).

Está claro que, tanto la producción como el uso de productos químicos que tienen como fin tratar las aguas residuales para volverlas fuentes potables. Sin embargo, esto representa una contradicción desde el punto de vista ambiental, ya que se desaprovechan diversas fuentes naturales de floculantes y coagulantes altamente eficientes. Cuya producción y utilización tiene como ventaja una cantidad baja de emisión de contaminantes en comparación a los productos químicos mencionados anteriormente. Adicionalmente, los productos naturales como la cáscara de Cacao (*Theobroma cacao*) aportan elementos residuales aprovechables, los cuales pueden ser utilizados por diferentes industrias, como las alimenticias y farmacéuticas. Lo que pone en manifiesto de manera directa la importancia de la implementación de la pectina agroindustrial

como una alternativa viable para la realización de los procesos antes mencionados (Torres, 2013).

De modo que la presente investigación desea solucionar el siguiente **problema general**: “¿Cuál es la eficiencia de la pectina de cáscara de cacao como floculante para reducir la turbidez de aguas residuales?”; y **problemas específicos**: “¿Cuál es la mejor concentración de pectina de cáscara de cacao y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez?” y por último “¿Cuál es la mejor concentración de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez?”.

El presente trabajo de investigación se **justifica desde una perspectiva social**, dado que la utilización de pectina obtenida de la corteza del *Theobroma cacao* como floculante natural para la reducción de turbidez, permite el aprovechamiento total de la baya de cacao dándole un valor agregado a la cáscara de dicho fruto, así mismo se evitaría la propagación de zancudos generados por el almacenamiento de agua de lluvia en el interior de las cascarras acumuladas luego de su cosecha que afectarían la salud de los habitantes de la comunidad. En cuanto a la **justificación ambiental**, esta será evidenciada mediante la capacidad de floculante proveniente de la pectina extraída de la corteza externa del cacao (*Theobroma cacao*) para disminuir la turbidez durante los tratamientos de aguas residuales, lo que generaría una disminución de contaminación atmosférica debido a que se utilizará el fruto por completo y se evitará el acumulo de cáscaras de cacao en zonas designada para su posterior quema, acción irresponsable que genera gases de efecto invernadero (GEI), por otro lado MORAD y colaboradores (2009) afirman mediante sus propios resultados que los floculantes naturales y sintéticos tienen un rendimiento mayor a 90%, sin embargo la pectina natural es menos complicada de degradar y se utiliza en menor concentración para el tratamiento sin generar grandes cantidades de residuos tóxicos a comparación de los floculantes sintéticos. **Económicamente**, la aplicación de la pectina separada del *Theobroma cacao* con la función de floculante natural para tratamientos de aguas residuales en la reducción de turbidez, es una alternativa novedosa, de bajo costo y de alta efectividad la cual supera el 90% de su actividad floculante. Así mismo al darle un valor agregado a los residuos de cáscara de cacao luego de la extracción de sus granos se le estaría aprovechando al 100% convirtiéndolo en un recurso y nuevo ingreso económico para los agricultores y habitantes de la comunidad. Por otro lado, se evitaría el acumulo de su cáscara que generan un foco

generador del hongo *Phytophthora spp* que afectar posteriormente a las mismas plantaciones de cacao siendo la causa principal de pérdidas económicas de dicha actividad.

En relación con los problemas redactados anteriormente se definieron objetivos para esta investigación, teniendo como **objetivo general** determinar la eficiencia de la pectina de cáscara de cacao como floculante para reducir la turbidez en aguas residuales; y como **objetivos específicos** tenemos: determinar el mejor valor de concentración de pectina de cáscara de cacao y de pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez, determinar el mejor valor de concentración de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y de pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez.

De esta manera se desea verificar **la hipótesis general**: La eficiencia de la pectina de cáscara de cacao como floculante es superior a un 80% para la reducción de turbidez en aguas residuales; y las **hipótesis específicas**: La mejor concentración de pectina de cáscara de cacao y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez es 0,1 mg/mL y 3, respectivamente. La mejor concentración de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez es 0,1 mg/mL y 7, respectivamente.

II. MARCO TEÓRICO

La **pectina** fue separada por el químico francés Henri Braconnot en el año 1825 naciendo desde allí, el nombre de “pectina” desglosada de la palabra griega Pektikos (congelar y solidificar); formando por la pared y los tejidos parenquimáticos y mesenquimáticos de diversas frutas o plantas. La pectina pertenece al grupo de los polisacáridos y oligosacáridos con formaciones de cadenas largas en unidades de 1,4 a-D-ácido galacturónico (GalpA) con un alto peso molecular, llegando a absorber grandes cantidades de agua y formando coloides con facilidad. Por otro lado, las **propiedades físico-químicas de pectinas** son la solubilidad, viscosidad “No Newtoniano, pseudoplástico”, Coagulación e Hinchamiento (Nizama, 2015).

Por lo que, **las características químicas de la pectina** que garantizan su calidad son: el contenido de acetilo, contenido de ácido galacturónico que define la pureza del precipitado debido a que la pectina es un polímero de ácido galacturónico (C₆H₁₀O₇), por lo que si se obtiene un valor >70% de define como alta pureza y si es <70% se consideraría de baja pureza o calidad, cenizas totales que no debe contener un valor >1% de cenizas insolubles en ácido y no >3% de insolubles totales, Humedad con un máximo de 12%, contenidos de Ca, Mg y Fe que se consideran trazas para la categoría de nutrientes, Porcentaje de metoxilos responsable de la gelificación, donde los carboxilos están esterificados momentáneamente en la cadena de pectina mediante radicales de metilos O-CH₃, sí presenta un 16,32% de grupo metoxilo significa que está completamente metoxilada, Grado de esterificación que es el porcentaje de grupos carboxilo esterificados con metanol y por último tenemos el peso equivalente que es determinada por gramo de ácido poligalacturónico acendrado equivalente al carboxilo libre, dependiendo así del grado de esterificación (Food Chemicals Codex (2009); Nizama, (2015)).

En donde, CHARCHALAC (2008) evaluó el rendimiento y propiedades de la pectina extraída de las cáscaras de maracuyá bajo dos diferentes agentes de extracción: ácido cítrico y ácido clorhídrico en 4 experimentos de hidrólisis ácida. Teniendo como resultado la gran capacidad potenciadora del ácido cítrico durante el desempeño de la acción floculante de la pectina. Concordando con BUENAÑO, et al. (2019), los cuales analizaron las propiedades de corteza de plátano, naranja y una sustancia obtenida de las pepas de tamarindo con la finalidad reducir la suciedad del agua y medir su efecto coagulante-floculante mediante prueba de jarra. El efecto floculante se evidencio en combinación con el sulfato de aluminio, eliminando el color y

dicha turbidez en un 87%-92% sin embargo el lodo residual resultante excede los límites máximos permitidos por el sistema de alcantarillado para su desecho. Así mismo, KIEW y CHONG (2017) evaluaron la posibilidad de transformar desechos naturales en bio-floculantes con el fin de ser utilizados en la eliminación de turbidez de aguas contaminadas provenientes de ciudades y/o empresas. Como resultados los diferentes bio-floculantes ayudan en la potabilización del agua para el consumo humano debido a su capacidad de desinfección y remoción de turbidez.

Además, SANCHEZ (2016) analizó las propiedades físicas y químicas de la pectina obtenida de la Parchita y Gulupa como agentes estabilizantes en néctares de frutas. En esta investigación su metodología inicia con la obtención y descripción del floculante natural siendo esta favorable para estabilizar los néctares de frutas.

Donde PIRIYAPRASARTH y SRIAMORNSAK (2010) compararon 4 pectinas de cáscara de pomelo durante 3 semanas y obtuvieron distintos aportes para el área de consumo y conservación de drogas farmacéuticas.

En la Tabla 1 se muestra las especificaciones oficiales de pureza para las diferentes pectinas comerciales.

Tabla 1. Especificación oficial de pureza para pectinas comerciales

CARACTERÍSTICAS	REFERENCIAS		
	FAO (1978)	FCC (1981)	EEC (1978)
Humedad	máx. 12%	máx.12%	máx.12%
Cenizas ácido insoluble	máx.1%	máx. 1%	máx. 1%
Cenizas totales	-	máx.3% (insolubles 2009)	-
Dióxido de sulfuro	máx.50 mg/kg	-	máx. 50 mg/kg
Metil sulfato de sodio	-	máx.0.1%	-
Metanol, etanol e isopropanol	máx.1%	-	máx. 1%
Contenido de nitrógeno pectina amidada	máx.2.5%	-	máx. 2.5%
Contenido de nitrógeno pectina	máx.0.5%	-	máx. 0.5%
Ácido galacturónico	min. 65%	-	min. 65%
Total, de anhídrido galacturónico del contenido de pectina	-	min. 70%	-
Grado de amidación de la pectina amidada	máx.25%	máx. 40%	máx. 25%
Grado de esterificación de pectina HM	-	min. 50%	-
Grado de esterificación de pectina LM	-	máx. 50%	-
Arsénico, ppm	máx.3	máx. 3	máx. 3
Plomo, ppm	máx.10	máx.10	máx. 10
Cobre, ppm	máx.50	-	-
Zinc, ppm	máx.25	-	máx. 2.5
Cobre + Zinc, ppm	-	-	máx. 50
Metales pesados	-	máx.40	-

Fuente: (Puerta, 1996), (Coveñas y Guerrero, 2018)

Por otro lado, MORAD (2009) evaluó el desempeño de la pectina con la finalidad de disminuir la turbidez del agua, logrando se reducción al 99% de turbidez utilizando silicato de aluminio como coagulantes, pH 3 y 20 mg/l de pectina. Así mismo, MORAD (2010) describió las características de floculantes sintético y natural potabilizar aguas contaminadas, además logró detallar que influye en la floculación graficándolo mediante un estudio matemático. Ambos floculantes obtuvieron un rendimiento mayor al 90%, sin embargo, el natural se degrada fácilmente.

TANG, et al. (2011) analizaron la cáscara de la pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) la cual contiene pectina y esta fue extraída mediante ácido cítrico al 40% con valores de pH 3.5 y a un tiempo de 60 a 120 minutos, obtenido como resultado una óptima remoción. IBARRA et al. (2017) estudiaron la capacidad del coagulante y floculante de la pectina extraída del nopal en aguas residuales con metales pesados elaborado en laboratorio, determinaron la dosis óptima para la eliminación del 99% de los iones metálicos de la solución de aguas residuales. Por su parte, MOUNIR, B et al. (2014) evaluaron el rendimiento de extractos de cactus como floculante en aguas turbias, disminuyendo su turbidez en un 98% del agua a un pH 11-11,5.

Tabla 2. Relación entre el grado de esterificación y el porcentaje de metoxilo

Nº	Grado de esterificación	Contenido de metoxilos
1	0	0
2	10	1.63
3	20	3.26
4	30	4.90
5	40	6.53
6	50	8.16
7	60	9.79
8	70	11.42
9	80	13.06
10	90	14.69
11	100	16.32

Fuente: Chuquitaype y Chamorro, 2011 citado por Nizama, 2015.

Por ello la obtención de pectina tiene varios Métodos de Extracción en las que se pueden utilizar procedimientos físicos, químicos o enzimáticos, como el método de hidrólisis ácida la cual es más convencional, por el método físico químico y la extracción de pectina con asistencia de microondas (Coveñas y Guerrero, 2018). En donde, URANGO, et al. (2018) describieron las variables que influyen sobre la técnica de extracción de floculante natural de la cáscara de Maracuyá. Determinaron que el mejor desempeño se observa a 100 segundos, 1000 vatios y 0,24 N de ácido clorhídrico arrojando un floculante 6,86 de concentración de metoxilo 68.73% de humedad.

- a) Extracción de pectina por Hidrólisis Ácida: Según (Coveñas y Guerrero, 2018), Este método se realiza bajo condiciones de temperatura cercano a los 90 grados Celsius durante 1 hora extrayendo y separando las pectinas de los desechos del fruto mediante acidificación (ácidos cítricos, clorhídrico, fosfórico, nítrico o sulfúrico). Luego de concentrarse con la incorporación de etanol se precipita la pectina, se seca, se granula y cierna como parte final. también se pueden extraer la pectina utilizando soluciones neutras o básicas, sin embargo, de ello no se ha definido una concentración adecuada con alcohol para la precipitación de la pectina. En la cual, DEL AGUILA y ZEGARRA (2016) en su estudio del hidrólisis ácida con ácido cítrico y clorhídrico para la extracción de pectinas de la cáscara de cacao en función al pH, temperatura y precipitación con alcohol etílico al 96%. Señalan que obtuvieron 3 prototipos para empaque alimentario de frutas y consumo humano por sus cualidades como su color, sabor y textura. Adicionalmente, NIZAMA (2015) describió que la pectina obtenida de la corteza de cacao con hidrólisis ácida (ácido cítrico), a un pH 2 y al minuto 90 de hidrólisis se obtuvo un rendimiento de 9.41g/100g. Así mismo, D'ADDOSIO y compañía (2004) estudiaron el predominio y relevancia de la decoloración de la concha de maracuyá para la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida utilizando 3 diferentes tipos de ácidos, a pH 3 y a temperaturas de 90-95°C durante 90 minutos. Determinaron que la cáscara del maracuyá de color amarillo contiene alta cantidad de pectina e identificaron que el floculante natural hidrolizado con ácido clorhídrico obtuvo mayor contenido de grupos metoxilo y propiedades adecuadas para su industrialización alimenticia.

- b) Extracción de pectina por método Físico-Químico: Su rendimiento depende de Temperatura, pH, tipo de solvente y el uso del agente quelante (ácido etilendiamina tetra acético (EDTA); ácido ciclohexano diamino tetraacético (CDTA)) Se realizaron dos métodos, el primero se inició con la incorporación de una sustancia quelante para separar los cationes del ácido péptico. El otro método se usó ácidos para poder romper los puentes de hidrógeno entre celulosa y los ácidos péptidos.
- c) Extracción de pectina asistida por microondas: Es un nuevo método para evitar la pérdida de cantidad y calidad de la pectina ante la degradación térmica de la proteína. La extracción asistida con microondas demostró ser más rápida y obtener pectina de mejor calidad y rendimiento según Coveñas y Guerrero (2018).

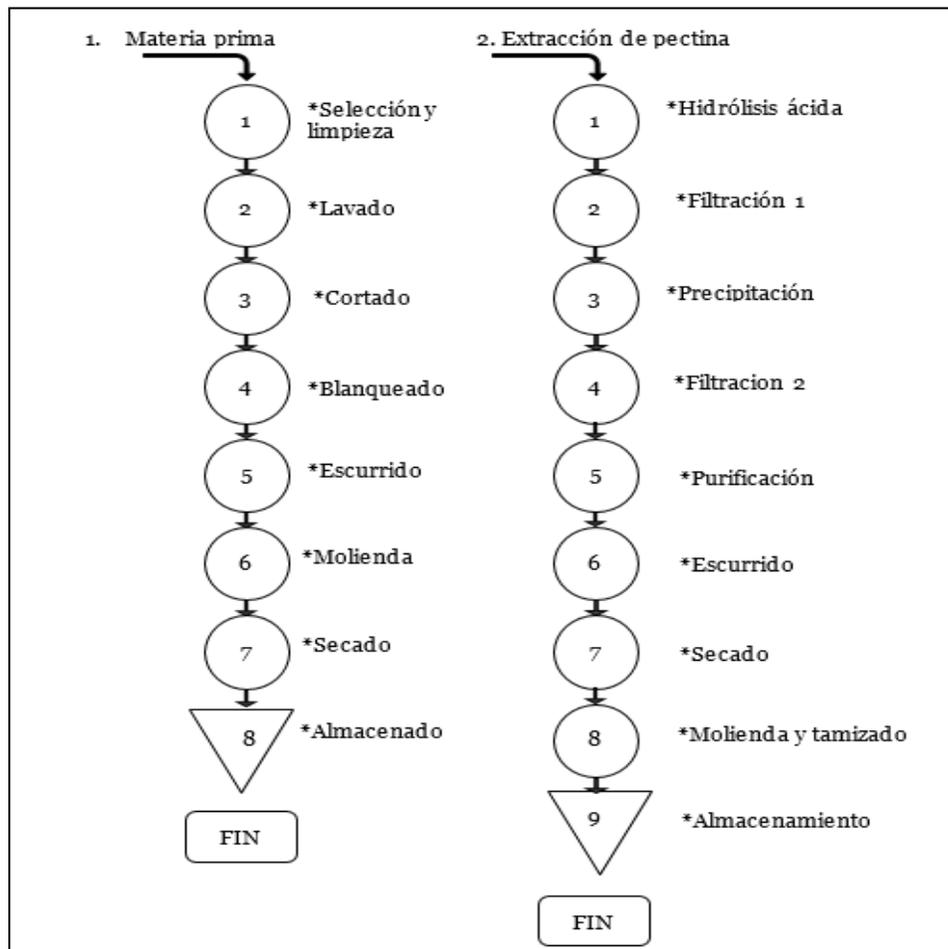


Figura 1. Diagrama de operaciones para la obtención de pectina según Nizama, 2015

Fuente: Nizama, 2015

El Cacao (*Theobroma cacao*)

Es un árbol originario de los trópicos húmedos de América de copa baja, densa y pequeño (perennifolio) con una altura de 4 a 7 metros, brotes en forma de chupones o ortotrópicos y ramas de abanico, en cuanto a sus flores, se presentan en racimos de color rosa alrededor de su tronco y ramas reforzadas por un pedicelo de 1 a 3 cm que cumple la función de sostén para dar paso al crecimiento de los frutos, manifestándose como una baya de gran tamaño, teniendo las semillas grandes de color chocolate o de sabor amargo y recubiertas por una pulpa mucilaginosa blanca y dulce. Por otro lado, las especies comunes de cacao en el Perú son los criollos, forasteros del alto Amazonas, forasteros de bajo Amazonas, nacional y trinitarios.

Tabla 3. Clasificación Taxonómica del fruto Cacao (*Theobroma cacao*)

REINO:	Vegetal
TIPO:	Espermatofita
SUBTIPO:	Angiosperma
CLASE:	Dicotiledóneas
SUBCLASE:	Dialipétalas
ORDEN:	Malvales
FAMILIA:	Esterculiácea
GENERO:	Theobroma
ESPECIE:	Cacao

Fuente: Luzuriaga, 2012 citado por Nizama, 2015

Especies comunes de cacao en el Perú

- a) Criollos: Se distribuyen en México, Colombia y Venezuela, crecen lentamente en condiciones semi-silvestres y son característicos por su variedad morfológica (alargados, amelonados y cundeamor). En estado inmaduro sus bayas son grandes de color rojo o verdes y tienen un pericarpio lignificado ligeramente.
- b) Forasteros del Alto Amazonas: Son árboles vigorosos con frutos generalmente pequeños de color verde y de diferentes formas, crecen en la Amazonía alta de forma silvestre y doméstica en los países de Perú, Ecuador y Colombia.

- c) Forasteros de Bajo Amazonas: Se encuentran en Brasil, Surinam, Venezuela y Guyana Francesa. Sus mazorcas son pequeña, rugosas y de forma amelonada, en su mayoría son de color morado, pero existen otras de color blanco muy similar a la variedad “catongo”.
- d) Nacional: Su origen viene de la región oriental de la Amazonía de Ecuador, este grupo está relacionado al grupo Criollo por su alta calidad. Los árboles de este tipo son grandes al igual que sus mazorcas que son de color morado oscuro o pálido y tienen surcos más profundos.
- e) Trinitarios: Solo son encontrados en estado doméstico y tienen características similares a los grupos de “criollos y Forasteros” por la actividad de cruce de estos dos grupos de Cacao, según Nizama, 2015.

La Floculación

Es el proceso donde se agitan las masas coaguladas, aumentando de tamaño y peso para sedimentarse rápidamente debido a los puentes entre partículas coloidales aglomeradas (Andía, 2000). Además el floculante puede ser orgánico e inorgánico según su naturaleza química, los **orgánicos** son polisacáridos que cuentan con grupos activos en toda su cadena, se pueden encontrar como productos iónicos, catiónicos y aniónicos por lo que son utilizados con mayor frecuencia en industrias químicas por ser eficaces a baja concentración al igual que los **orgánicos sintéticos**(polímeros) y los floculantes **inorgánicos** son sales formados por cationes polivalentes como sales de hierro, aluminio y de sílice fáciles de disolverse en agua (Díaz, 2014).

Así mismo, dentro de la floculación existen dos tipos de procesos, siendo el primero la **floculación peri-cinética** inducida por la energía térmica y el natural desplazamiento de las moléculas de h₂o menores a 1 micrón durante 6 a 10s del inicio del proceso (movimiento browniano), el segundo proceso es llamado **floculación orto-cinética** que se evidencia después de la peri-cinética y se define por el choque de las partícula mediante movimiento mecánico e hidráulico del agua a diferentes velocidades, produciendo la aglomeración de los flóculos y la probabilidad de colisión en partículas mayores a 1 micrón en un tiempo de 20 a 30 minutos (Restrepo,2009).

Además, la floculación cuenta con **parámetros** como la **floculación orto-cinética** que también es un parámetro debido al grado de agitación mecánica o hidráulica que se le aplica al agua, otro parámetro de la floculación es la **gradiente de velocidad** que define la velocidad de aglomeración de las partículas en el agua de forma decreciente sin exceder los límites máximos para evitar que el flóculo se rompa, el **número de colisiones** entre micro flóculos, el **tiempo de retención**, el cual es el tiempo que permanece el agua en el proceso de floculación, la **densidad y tamaño del flóculo** que es reflejado de manera proporcional a la concentración de la partícula y finalmente se considera el **volumen de lodos** que son los flóculos (Andía, 2000).

En donde, GUERRERO, et al. (2017) investigaron el procedimiento adecuado de sustracción de pectina de cáscara de cacao mediante hidrólisis, sometiendo la muestra a variaciones de temperatura, tiempo y centrifugación. Obtuvieron pectina de concentraciones de metoxilo variadas (alto y bajo peso molecular) lo cual está directamente relacionado con su grado de esterificación. Esta investigación permitió establecer la técnica para la extracción del floculante natural. Así mismo, SUÁREZ y MARÍN (2019) generaron nuevas alternativas en la industria para la corteza de cacao nacional y CCN51 obteniendo pectina mediante hidrólisis ácida. Determinaron que un 6% de humedad es necesaria para el proceso de extracción, además destacaron que posee alto contenido de metoxilo y 53.13% - 58.83% grado de esterificación, lo que le confiere la propiedad de formar geles en presencia de azúcares y ácidos con orientación a elaboración de mermeladas y jaleas. También, JIE, et al. (2015) analizaron el desempeño catiónico orgánico N-hidroxipropil trimetil cloruro de amonio de quitosan (HTCC) para el estudio de los mecanismos de floculación, resaltaron la influencia directa de factores como el pH, dosificación, concentración de floculante entre otros, así mismo detallaron la preparación de la solución péptida y las pruebas de floculación, lo cual concluyeron con dos diferentes pectinas con 85% y 74% de contenido de metoxilo.

Adicionalmente, PRAKASH, et al. (2014) detallaron el procedimiento de obtención de pectina de las cortezas de sandía utilizando microondas y modificando las variables que intervienen en su procedimiento. Concluyeron que la potencia del microondas debe ser 477 W, tiempo de irradiación 128s, pH de 1,5 entre otros. La pectina aumentó su rendimiento en más de un 25%. Por otro lado, AINA, et al. (2012) diseñaron un procedimiento de extracción de pectinas de la cáscara del limón, uva y naranja dulce para describir las características bioquímicas de los

frutos, utilizaron pruebas cualitativas de color, solubilidad en agua a temperatura alta y baja, solubilidad en solución alcalina a temperatura alta y baja, presencia de azúcares y pH; y pruebas cuantitativas como cálculo del peso de la pectina, contenido de metoxilo, contenido de cenizas y determinación de la humedad. En conclusión, se obtuvieron pectinas de características floculantes idóneas mediante la precipitación con alcohol. Además, YOKOI, et al. (2002) analizaron la actividad y capacidad floculante de la pectina de manzana en diferentes suspensiones orgánicas (celulosa y levadura) e inorgánicas (arcilla ácida, caolín y carbón activado) añadiendo concentraciones de Al $3p$ y Fe $3p$ a dichas soluciones. La actividad floculante se evidenció al adicionar cationes ante un pH óptimo de 3,0 lo cual estimuló la neutralización de cargas negativas residuales de los grupos carboxílicos, reconociendo así el importante rol de la pectina como floculante inofensivo, no tóxico y biodegradable aplicable para diferentes áreas industriales.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de enfoque cuantitativo debido a que requiere de información de otras investigaciones para sustentar las posibles teorías y metodologías, por otro lado se realiza una regla en escalas numéricas ya que los datos se obtienen mediante la observación, medición y documentación para su posterior análisis matemático, debido a que el enfoque cuantitativo estudia cantidades confirmadas por instrumentos validados y estandarizados asumiendo una realidad objetiva para llegar a conclusiones predecibles por el investigador (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BATISTA, 2014).

El tipo de investigación fue aplicada, según el CONCYTEC (2018, p.2) ya que se realiza a través de la percepción científica, utilizando metodologías, protocolos y tecnologías que logran resolver una necesidad identificada y específica. Por su parte CHÁVEZ (2016), indica que la investigación aplicada tiene el fin de resolver un problema en un periodo determinado con acciones concretas. La investigación aplicada, busca hechos con la relación de causa – efecto para una posterior acción, luego de observar e identificar una consecuencia.

Así mismo, la investigación fue orientada al diseño experimental debido a que se realizó la manipulación intencional de la variable independientes, donde se debe medir el efecto o posibles consecuencias que producen en la variable dependiente del estudio, en la cual su principal característica es la indudable posibilidad de ser reproducible para posterior estudios y análisis de resultados (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BATISTA, 2014).

El nivel de la investigación fue explicativo por lo que se comprobaron las hipótesis causales, con el fin de explicar fenómenos y responder la raíz de los acontecimientos sociales o físicos. Además, se explicaron los hechos de manera objetiva, buscando las causas de origen, las consecuencias que produjeron y, por último, las relaciones existentes dentro del tiempo y espacio (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BATISTA, 2014).

3.2 Variables y operacionalización

Las variables que presenta la investigación son las siguientes:

- **Independiente:** Pectina extraída de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*).
- **Dependiente:** Reducción de la turbidez en aguas residuales.

En el Anexo 1 se presenta la matriz de operacionalización de dichas variables.

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.3.1 Población

La población de la investigación son los efluentes de aguas residuales. Se eligió al río Chillón dentro de la zona de influencia de vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas con alta concentración de sólidos en suspensión.

3.3.2 Muestra

Para muestra del trabajo de experimentación se utilizará 18 litros de agua proveniente del río Chillón en la zona de influencia de vertimientos de aguas residuales industriales y domésticas los cuales, se destinará para ser tratada con un floculante natural (pectina separada de la cascara de teobroma cacao) y sulfato de aluminio con la finalidad de obtener un grado mínimo de turbidez del efluente en estudio, la muestra se seleccionó basándonos del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (2016).

3.3.3 Muestreo

Es de tipo aleatorio simple ya que las aguas residuales que se consideran en este estudio son de la zona de influencia de vertederos de aguas residuales industriales y domésticas que desembocan en el río Chillón presentando una igual posibilidad de ser elegidos para la investigación.

3.3.4 Unidad de análisis

Se utilizó 600ml por 30 oportunidades, los cuales fueron un total de 18000ml de los efluentes provenientes del Río Chillón dentro de la zona de influencia de vertedero de aguas residuales industriales y domésticas para llevar a cabo la investigación.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1 Técnica de recolección de datos

La investigación realizará el test de jarras, para identificar la dosis correcta de floculante natural (pectina separada de la cascara del cacao) y sulfato de aluminio debido a que mediante este procedimiento permite recolectar y disponer información del fenómeno observado.

2.4.2 Instrumento de recolección de datos

Se utiliza 2 fichas como instrumentos para la recolección de datos:

a. Validez del instrumento

La validez permite al instrumento medir una variable. Por lo que incluye una visión experimental determinando si los resultados que se obtienen dentro del trabajo de investigación guardan relación con los requisitos o estándares del método científico (*Anexo N°2*).

b. Confiabilidad del instrumento

La confiabilidad permite que otras investigaciones puedan seguir realizando los mismos experimentos bajo las mismas condiciones con la seguridad de que obtendrán los mismos resultados. Además, permitirá la certificación científica de los posibles escenarios de investigación. Por este motivo el presente estudio fue validado por 3 especialistas en instrumentos de recolección de datos, estas validaciones se pueden observar en el (*Anexo N°3*).

3.5 Procedimientos

Para proceder a la experimentación, primero se recolectaron 5 Kg de cascara de Cacao (*Theobroma cacao*) para la separación de pectina mediante la metodología de Hidrolisis acida con ácido cítrico. Posteriormente se recolecto la muestra de aguas del Río Chillón,

lugar que se encuentra dentro de las zonas de influencia de vertederos de aguas residuales industriales y domésticas con el fin de ser analizadas en las instalaciones de laboratorios de la universidad Cesar Vallejo mediante la prueba de jarras, donde podrá ser observando la efectividad del floculante natural en la reducción de turbidez de dicha agua residual. Esta información puede ser visualizada en el (AnexoN°3).

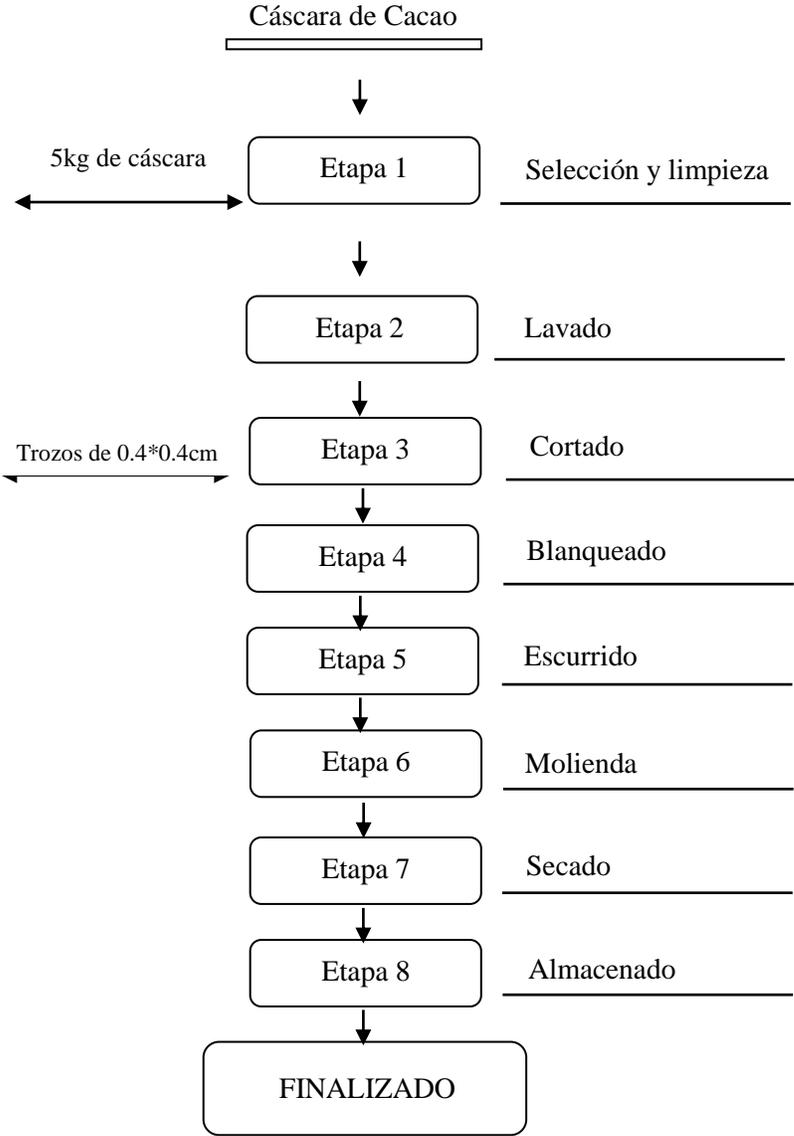


Figura 2. Tratamiento de materia prima

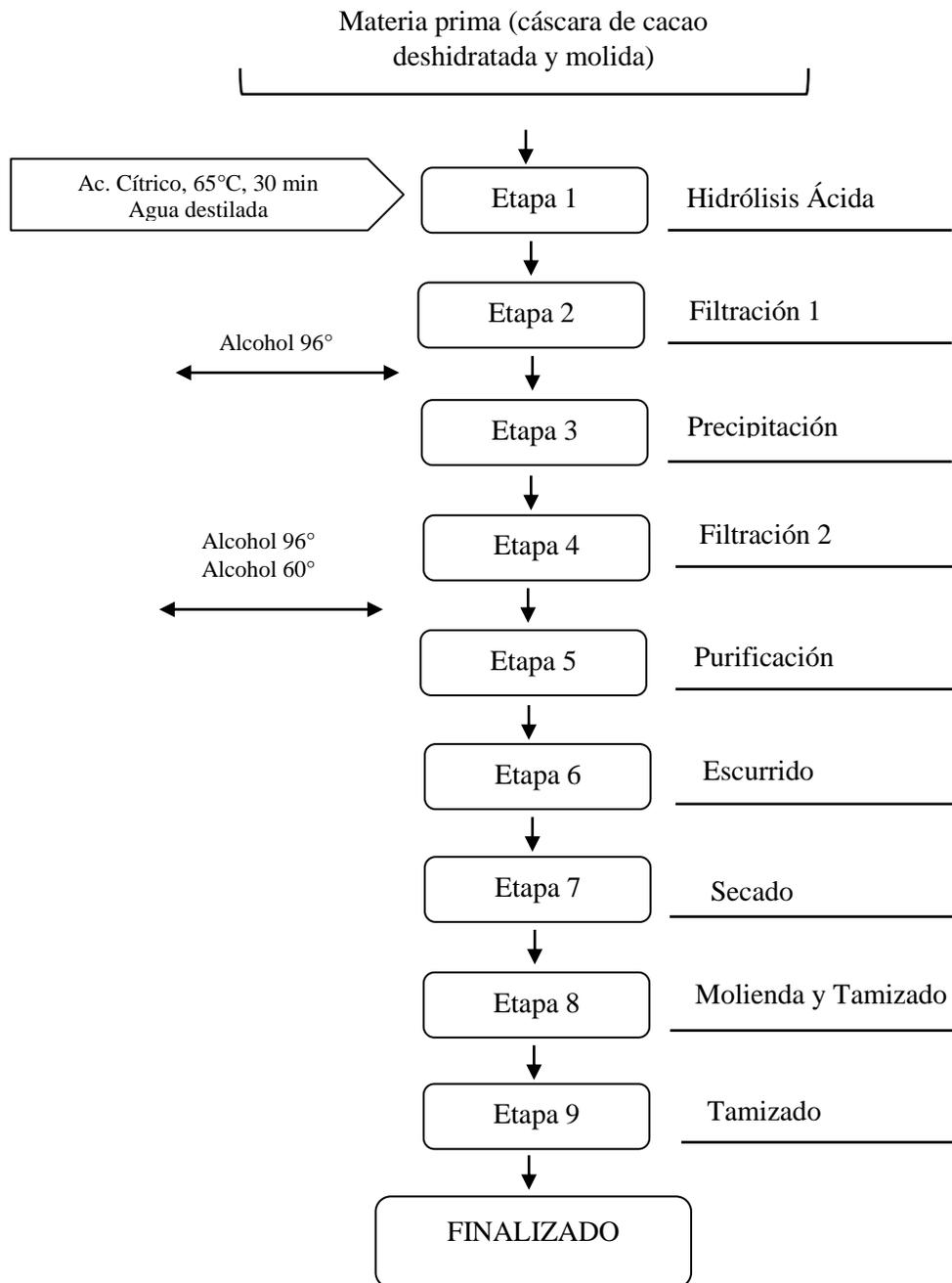


Figura 3. Obtención de la pectina

2.4.1 Mantenimiento y Acondicionamiento de la Materia Prima:

- Etapa 1. Selección y limpieza

Primero se recolectaron 500g de cascara de cacao nacional cosechado en Tumbas, se tomó especial precaución en elegir aquellos frutos cuyas cortezas no presenten ningún signo de deterioro para garantizar la calidad de la materia prima.

- Etapa 2. Lavado y desinfección

Posteriormente se procedió a lavar con agua potable mientras se realizaba el frotado de las cortezas para eliminar adherencias presentes en ellas y más adelante se enjuagaron bien con agua destilada dada su nivel de pureza.

- Etapa 3. Cortado

Se procedió a separar la capa más externa de la cascara del cacao y luego cortarlas en trozos pequeños para facilitar el siguiente paso.

- Etapa 4. Blanqueado

La materia prima estaba tornándose de un color marrón, se procedió a hervir durante 10 minutos entre 90 a 95°C.

- Etapa 5. Escurrido:

Se colaron y se dejaron en reposo los restos de cascara y se lavaron con agua destilada varias veces.

- Etapa 6. Refinado:

Se cortaron en laminillas más finas y delgadas los trozos pequeños de cascara de cacao y posteriormente se pasaron por un molino mecánico.

- Etapa 7. Secado:

Se improvisó una superficie plana forrada con papel de aluminio donde se colocaron los pedazos de cascara de cacao y se dejó a exposición del sol durante 48 horas

para luego ser llevado al horno al vacío a una temperatura de 80°C durante 24 horas.

- Etapa 8. Almacenamiento:

La materia prima fue empacada en bolsas de polietileno de alta densidad a 24 °C para mantenerse deshidratada y en buen estado.

2.4.2 Proceso de Extracción y Purificación de la Pectina:

Etapa 1. Extracción:

En primer lugar, se coloca la cáscara de cacao ya acondicionada en un recipiente con agua acidulada en proporción de 1:10, en la cual se modificará el pH con ácido cítrico durante la etapa de extracción acida a una temperatura de 95°C durante 60 a 90 minutos.

Etapa 2. Primer proceso de filtrado

Se dispuso de una tela organza en doble capa y se hizo pasar el licor de pectina a través de ella para separarla del bagazo a través de un prensado manual.

Etapa 3. Precipitación

El licor péptico se refrigeró a 8°C a 10°C, y se precipitó al adicionarle alcohol etílico al 96% en proporción 1:1, se agitó fuerte y de manera seguida por 10 minutos luego se dejó reposar por 16 horas.

Etapa 4. Segundo proceso de filtrado

Se separó el alcohol y agua de la pectina para lo cual se utilizó nuevamente la tela organza en doble capa y se dejó en reposo para dejar caer y separar la mejor cantidad de líquido.

Etapa 5. Purificación

Se lavó con alcohol al 90%, luego con alcohol al 60% y por último con alcohol al 90%.

Etapa 6. Escurrido

Se filtró para eliminar la mayor cantidad posible de alcohol.

Etapa 7. Secado

Se colocó en el horno de vacío el gel viscoso de pectina obtenido, dispuesto en una capa fina a una temperatura de 80°C durante 3 horas.

Etapa 8. Molienda

Se redujo el tamaño de las partículas y se obtuvo un polvillo mediante el uso de un mortero.

Etapa 9. Almacenamiento

Se almaceno en bolsas de polietileno de alta densidad a 24°C para mantenerla en buen estado.

3.6 Método de análisis de datos

Para un mejor análisis estadístico en la cual se tiene en cuenta que el tamaño de la muestra es inferior a 50, se utilizó el Test de Shapiro-Wilk, con el objetivo de determinar si los datos obtenidos del floculante natural (cascara de cacao) y los datos copilados del floculante sintético (Sulfato de Aluminio) en una solución al 1% respectivamente, presentan una normal distribución. Así mismo se elaboran las tablas y gráficos mediante el programa Excel, ya que cubre las expectativas de ser una herramienta comprensible para la organización de datos obtenidos en la investigación de la efectividad de la pectina como floculante natural en el tratamiento del agua del rio chillón, considerada como agua residual.

3.7 Aspectos éticos

En principio, se realizó el trabajo de investigación guiada por los lineamientos establecidos en el código de ética, reglamentos de investigación y resolución rectoral 0089-2019/UCV de la universidad César Vallejo. Por otro lado, se priorizó la correcta ejecución del muestreo utilizando el protocolo nacional de monitoreo y calidad del agua que certifica la producción de muestras representativas de la población, y por último se empleó el Software Turnitin como una herramienta que previene la generación de plagio en la presente investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Rendimiento de la extracción de pectina por hidrolisis acida

Tabla 4. Rendimiento de la extracción de pectina por hidrolisis ácida

Materia Prima (g)	Pectina obtenida (g)	Rendimiento (%)
5000	9.82	20%

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 4*. Se puede observar un rendimiento de 20% el cual es calculado a partir 5000g de materia prima (cascara de cacao) dividido con el peso obtenido de pectina el cual es de 9.82 g multiplicado por 100, datos que son apreciables en la tabla.

4.2. Análisis inferencial

El análisis de varianza es la técnica utilizada en esta investigación para la comparación estadística propia de tres diferentes valores de pH y cinco distintas concentraciones de floculante natural obtenido de la cascara de cacao al igual de cinco concentraciones de floculante sintético (sulfato de aluminio), concentraciones relacionadas a cada tipo de pH siendo en total quince muestras por floculante empleado.

4.3. Determinación del mejor valor de pH

En cuanto a la determinación del mejor pH se midieron cinco diferentes concentraciones 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 mg/ml que corresponden a 3ml, 6ml, 9ml, 12ml y 13ml de cada floculante (obtenido de la cascara de cacao y sulfato de aluminio), estos volúmenes estuvieron en función a los tres valores diferentes de pH con el objetivo de determinar cuantitativamente el pH que genere una mayor eficiencia de reducción de turbidez del agua residual en investigación.

4.3.1. Mejor valor de pH del floculante natural (pectina) en remoción de turbidez del agua residual

Tabla 5. Resultado del mejor valor de pH del floculante natural (pectina) en remoción de turbidez del agua residual

	Solución	N°	Tiempo	pH	Concentración (mg/ml)	Turbidez inicial NTU	Turbidez final NTU	% de remoción de turbidez con pectina
Floculante Natural: Pectina extraída de la cáscara de cacao	1%	1	46 minutos	3	0.05	704	18.9	97.3
		2		3	0.1		14.5	97.9
		3		3	0.15		9.46	98.7
		4		3	0.2		9.89	98.6
		5		3	0.25		4.48	99.4
		6		4	0.05		85	87.9
		7		4	0.1		66.3	90.6
		8		4	0.15		52.1	92.6
		9		4	0.2		27	96.2
		10		4	0.25		9.8	98.6
		11		5	0.05		185	73.7
		12		5	0.1		145	79.4
		13		5	0.15		99.6	85.9
		14		5	0.2		98.8	86
		15		5	0.25		11.4	98.4

En la *Tabla 5* se puede observar que, con un tiempo de 46 minutos en contacto con el agua residual en el Test de jarras, la muestra número cinco contiene una concentración de 0.25 mg/ml determinando el mejor valor de pH (pH 3) en cuanto al floculante natural (pectina) debido a que su turbidez final es de 4.48 NTU siendo esta el mayor resultado con un % de remoción de turbidez de 99.4%.

A. ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE DATOS

Al tener un tamaño de la muestra inferior a 50 muestras de agua residual se empleará Shapiro-Wilk como estadístico de prueba de las siguientes hipótesis:

H₀: Los datos establecidos de pH para la investigación siguen una distribución normal

H_a: Los datos establecidos de pH para la investigación no siguen una distribución normal

Región crítica de la prueba:

Si, $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H₀

Si, $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H₀

Tabla 6. Prueba de Normalidad de los datos de pH (Pectina)

Pruebas de normalidad							
pH	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
RemociónP 3	,208	5	,200*	,975	5	,909	
4	,160	5	,200*	,976	5	,914	
5	,243	5	,200*	,954	5	,767	

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS 24

En la anterior *Tabla 6*. Se muestra la normalidad de los valores obtenidos de la investigación y aplicados en el software SPSS 24 mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, el mismo que otorga resultados de 0.909, 0.914 y 0.767 a un nivel de significancia de α 0.05 y un 95% de confiabilidad. Por lo cual se puede interpretar que los valores estudiados cuentan con una distribución de probabilidad normal, debido a que los datos como resultado de la prueba de normalidad están por encima del nivel de significancia, Es así que según lo establecido la **H₀** no se rechaza.

Concluyendo que los valores de pH utilizados en la investigación son correctos para la reducción de turbidez del efluente del río Chillón considerado un agua residual.

4.3.2. Mejor valor de pH del floculante sintético ($Al_2(SO_4)_3$) en remoción de turbidez del agua residual

Tabla 7. Resultado del mejor valor de pH del floculante sintético (sulfato de aluminio) en remoción de turbidez del agua residual

	Solución	N°	Tiempo	pH	Concentración (mg/ml)	Turbidez inicial NTU	Turbidez final NTU	% de remoción de turbidez con pectina
Floculante Natural: Pectina extraída de la cáscara de cacao	1%	1	46 minutos	3	0.05	704	180	74.43
		2		3	0.1		142.5	79.76
		3		3	0.15		96.3	86.32
		4		3	0.2		60.7	91.38
		5		3	0.25		10.62	98.49
		6		4	0.05		98.4	86.02
		7		4	0.1		85.7	87.83
		8		4	0.15		53.9	92.34
		9		4	0.2		47.1	93.31
		10		4	0.25		8.62	98.78
		11		5	0.05		185	99.09
		12		5	0.1		145	99.75
		13		5	0.15		99.6	99.92
		14		5	0.2		98.8	99.96
		15		5	0.25		11.4	99.72

En la *Tabla 7* se puede observar que, con un tiempo de 46 minutos en contacto con el agua residual en el Test de jarras, la muestra número 14 contiene una concentración de 0.2 mg/ml determinando el mejor valor de pH (pH 5) en cuanto al floculante sintético

(Al₂(SO₄)₃) debido a que su turbidez final es de 0.3 NTU siendo esta el mayor resultado con un % de remoción de turbidez de 99.96%.

A. ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE DATOS

Al tener un tamaño de la muestra inferior a 50 muestras de agua residual se empleará Shapiro-Wilk como estadístico de prueba de las siguientes hipótesis:

H₀: Los datos establecidos de pH para la investigación siguen una distribución normal

H_a: Los datos establecidos de pH para la investigación no siguen una distribución normal

Región crítica de la prueba:

Si, $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H₀

Si, $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H₀

Tabla 8. Prueba de Normalidad de los datos de pH (Al₂(SO₄)₃)

Pruebas de normalidad							
pH	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
RemociónS.Al	3	,148	5	,200*	,987	5	,969
	4	,178	5	,200*	,958	5	,792
	5	,336	5	,066	,801	5	,082

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS 24

En la *Tabla 8.* se evidencia la normalidad de los valores obtenidos de la investigación. Para la cual se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, obteniendo resultados de 0.969, 0.792 y 0.082 a un nivel de significancia de α 0.05 y un 95% de confiabilidad. Por lo cual, se interpreta que los valores estudiados cuentan con una distribución de probabilidad normal, ya que los datos están por encima del nivel de significancia. Es así que según lo establecido la **H₀** no se rechaza.

Concluyendo que los valores de pH del Sulfato de Aluminio empleados en la investigación son correctos para la reducción de turbidez del efluente del río Chillón considerado un agua residual.

4.4. Determinación de la mejor dosis de floculante

Luego de establecer el mejor valor de pH tanto del floculante natural (Pectina) como del floculante sintético ($Al_2(SO_4)_3$), se deseó obtener un mayor % de remoción de turbidez del agua residual identificada, mediante diferentes concentraciones de floculante, por lo cual se trabajó con cinco distintas concentraciones (0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25) con la finalidad de identificar la dosis o concentración con un mayor % de remoción de turbidez durante 46 minutos realizando el Test de jarras.

4.4.1. Mejor dosis de la pectina como floculante natural

Tabla 9. Resultado de la mejor dosis del floculante natural (Pectina) en remoción de turbidez del agua residual

	Solución	Nº	Tiempo	pH	Concentración (mg/ml)	Turbidez inicial NTU	Turbidez final NTU	% de remoción de turbidez con pectina
Floculante Natural: Pectina extraída de la cáscara de cacao	1%	1	46 minutos	3	0.05	704	18.9	97.3
		2		3	0.1		14.5	97.9
		3		3	0.15		9.46	98.7
		4		3	0.2		9.89	98.6
		5		3	0.25		4.48	99.4
		6		4	0.05		85	87.9
		7		4	0.1		66.3	90.6
		8		4	0.15		52.1	92.6
		9		4	0.2		27	96.2
		10		4	0.25		9.8	98.6
		11		5	0.05		185	73.7
		12		5	0.1		145	79.4
		13		5	0.15		99.6	85.9
		14		5	0.2		98.8	86
		15		5	0.25		11.4	98.4

En la *Tabla 9* se puede observar que, con un tiempo de 46 minutos en contacto con el agua residual en el Test de jarras, la muestra número 5 a un pH 3 se determina la mejor dosis del floculante natural (Pectina) en remoción de turbidez del agua residual con una concentración de 0.25 mg/ml debido a que su turbidez final es de 4.48 NTU siendo esta el mayor resultado con un % de remoción de turbidez de 99.4%.

A. ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE DATOS

Al tener un tamaño de la muestra inferior a 50 muestras de agua residual se empleará Shapiro-Wilk como estadístico de prueba de las siguientes hipótesis:

H₀: Los datos establecidos de concentración para la investigación siguen una distribución normal

H_a: Los datos establecidos de concentración para la investigación no siguen una distribución normal

Región crítica de la prueba:

Si, $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H_0

Si, $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H_0

Tabla 10. Prueba de Normalidad de los datos de concentración (Pectina)

Pruebas de normalidad							
	Concentración	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RemociónP	,05	,220	3	.	,986	3	,777
	,10	,222	3	.	,985	3	,769
	,15	,179	3	.	,999	3	,948
	,20	,318	3	.	,887	3	,344
	,25	,314	3	.	,893	3	,363

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS 24

En la Tabla 10, se muestra la normalidad de los valores obtenidos de la investigación y aplicados al software SPSS 24 mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. El cual otorga resultados de 0.777, 0.769, 0.948, 0.344 y 0.363 a un nivel de significancia de α 0.05 y un 95% de confiabilidad. Por lo que, se interpreta que los valores estudiados cuentan con una distribución de probabilidad normal, ya que los datos de la prueba de normalidad están por encima del nivel de significancia. Por ello la **H₀** no se rechaza.

Concluyendo que los valores de Concentración utilizados en la investigación son correctos para la reducción de turbidez del efluente del río Chillón.

4.4.2. Mejor dosis del Sulfato de Aluminio como floculante sintético

Tabla 11. Resultado de la mejor dosis del floculante sintético (Al₂(SO₄)₃) en remoción de turbidez del agua residual

	Solución	Nº	Tiempo	pH	Concentración (mg/ml)	Turbidez inicial NTU	Turbidez final NTU	% de remoción de turbidez con pectina
Floculante Natural: Pectina extraída de la cáscara de cacao	1%	1	46 minutos	3	0.05	704	180	74.43
		2		3	0.1		142.5	79.76
		3		3	0.15		96.3	86.32
		4		3	0.2		60.7	91.38
		5		3	0.25		10.62	98.49
		6		4	0.05		98.4	86.02
		7		4	0.1		85.7	87.83
		8		4	0.15		53.9	92.34
		9		4	0.2		47.1	93.31
		10		4	0.25		8.62	98.78
		11		5	0.05		185	99.09
		12		5	0.1		145	99.75
		13		5	0.15		99.6	99.92
		14		5	0.2		98.8	99.96
		15		5	0.25		11.4	99.72

En la *Tabla 11*. Se puede observar que, con un tiempo de 46 minutos en contacto con el agua residual en el Test de jarras, la muestra número 14 a un pH 5 determina la mejor dosis del floculante sintético (Al₂(SO₄)₃) en remoción de turbidez del agua residual con una concentración de 0.2 mg/ml debido a que su turbidez final es de 0.3 NTU siendo esta el mayor resultado con un % de remoción de turbidez de 99.96%.

A. ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE DATOS

Al tener un tamaño de la muestra inferior a 50 muestras de agua residual se empleará Shapiro-Wilk como estadístico de prueba de las siguientes hipótesis:

H₀: Los datos establecidos de concentración para la investigación siguen una distribución normal

H_a: Los datos establecidos de concentración para la investigación no siguen una distribución normal

Región crítica de la prueba:

Si, $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H₀

Si, $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H₀

Tabla 12. Prueba de Normalidad de los datos de concentración (Al₂(SO₄)₃)

Pruebas de normalidad							
	Concentración	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RemociónS.Al	,05	,183	3	.	,999	3	,934
	,10	,217	3	.	,988	3	,789
	,15	,197	3	.	,996	3	,874
	,20	,303	3	.	,908	3	,413
	,25	,299	3	.	,915	3	,434

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS 24

En la Tabla 12, se mostró la normalidad de los valores obtenidos de la investigación y aplicados en el software SPSS 24 mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, el mismo que otorga resultados de 0.934, 0.789, 0.874, 0.413 y 0.434 a un nivel de significancia de α 0.05 y un 95% de confiabilidad. Por lo cual se puede interpretar que los valores estudiados cuentan con una distribución de probabilidad normal, debido a que los datos como resultado de la prueba de normalidad están por encima del nivel de significancia, Es así que según lo establecido la **H₀** no se rechaza.

Concluyendo que los valores de Concentración utilizados en la investigación son correctos para la reducción de turbidez del efluente del río Chillón.

V. DISCUSIÓN

Según YAN y colaboradores (2008), explica en su artículo su trabajo realizado con *Opuntia*, buscando identificar la efectividad del mencionado floculante en eliminación de turbidez de aguas superficiales como estuarios y ríos, en la cual se tuvo como turbidez inicial 499 NTU y 547 NTU de los efluentes que se les practico el tratamiento obteniendo una remoción del 98% y 70% respectivamente, Al realizar una comparación con los resultados obtenidos en nuestra investigación, teniendo como floculante natural a la pectina extraída de la cascara de cacao para el tratamiento de aguas residuales se puede inferir que el mayor poder de reducción de turbidez lo tiene la pectina, debido a que en la investigación se tuvo como turbidez inicial 704 NTU y luego de la aplicación del test de jarras se observaron resultados significativos de 4.48 NTU que corresponde a un 99.4% de remoción de turbidez.

Por otro lado PRICHARD y colaboradores (2010) realizaron un proyecto de investigación con el objetivo de identificar el rendimiento de la Moringa oleífera en comparación con el sulfato de Aluminio y sulfato férrico mediante una serie de pruebas de jarras se estableció como turbidez inicial 146 NTU creada por caolín y Escherichia Coli de 10^4 por 100ml, mostrando resultados de 84% y 88% respectivamente de la Moringa oleífera seguidamente con los resultado del sulfato de aluminio que arrojó un 99% de turbidez y 605 colonias (ufc)/100 ml y por otro lado se obtuvo como resultado 82% y 94% de efectividad respectiva del sulfato férrico, valores que a diferencia con la presente investigación se evidencia una mayor eficiencia en cuanto a remoción de turbidez tanto para el floculante natural y el sintético debido a que el porcentaje de remoción de turbidez aplicando pectina es de 99.4% y el porcentaje de remoción de turbidez empleando sulfato de aluminio es de 99.96%.

COBEÑAS y GUERRERO (2018) En su investigación con la finalidad de Caracterizar la pectina obtenida a partir de la cascara de cacao, recomienda el uso de un pH de 3,0 para los diferentes tratamientos posibles con este floculante, por otro lado GARCÍA y colaboradores (2011) explican que el pH donde se genera mayor adsorción se produce en valores iniciales de 4,5 y 5,5 viéndose favorecida con el incremento del pH la bio-

adsorción, gracias a estos resultados se puede asegurar que los valores empleados de pH 3, 4, 5 en la investigación son correctos ya que coinciden con las investigaciones anteriormente realizadas.

Según LEÓN, Andrea (2015) en la búsqueda de determinar la dosis optima de sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación empleado en tratamiento de agua potable menciona que el rango óptimo de pH varía entre 5.5 y 8, al realizar un ajuste de parámetros mediante el test de jarras teniendo en cuenta el rango establecido de pH para el utilizando Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) a 0.02 N e Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.02 N determina que los valores óptimos para tratamiento de agua potable oscilan entre 7 a 8 evidenciándose en el porcentaje de remoción de turbidez de 99.5 % como mejor valor obtenido, lo cual permite certificar el mejor resultado obtenido en la investigación correspondiente de 99.96% de remoción de turbidez a un pH 5 debido a que se encuentra dentro del rango óptimo de pH para el sulfato de aluminio.

VI. CONCLUSIONES

El uso de la pectina como floculante natural para la reducción de la turbidez en aguas residuales fue favorable y podría ser utilizado como alternativa a los floculantes convencionales. Entre los principales resultados alcanzados tenemos:

- El floculante natural (pectina de cáscara de cacao) y sintético ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) tienen una eficiencia de reducción de la turbidez mayor al 90%, siendo sus porcentajes de 99,40 % y 99,96 %, respectivamente.
- Los mejores valores de concentración de pectina y de pH de la solución para la reducción de la turbidez en aguas residuales fueron de 0,25 mg/ml y pH 3, respectivamente.

Los mejores valores de concentración de sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y de pH de la solución para la reducción de la turbidez en aguas residuales fueron de 0,20 mg/ml y pH 5, respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

- Utilizar otras metodologías de extracción de pectina para garantizar la cantidad de producto.
- Utilizar otros floculantes naturales para comparar la eficiencia de remoción con respecto a la pectina y floculantes convencionales.
- Considerar diferentes valores de pH, concentración de floculante natural (pectina) y tiempos de contacto para encontrar sus respectivos valores óptimos de trabajo.

REFERENCIAS

- AINA, Vo; BARAU, M; MAMMAN, Oa y ZAKARI, Amina. Extraction and Characterization of Pectin from Peels of Lemon (*Citrus limon*), Grape Fruit (*Citrus paradisi*) and Sweet Orange (*Citrus sinensis*) [en línea]. December 2012. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289410389_Extraction_and_Characterization_of_Pectin_from_Peels_of_Lemon_Citrus_limon_Grape_Fruit_Citrus_paradisi_and_Sweet_Orange_Citrus_sinensis
- ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua Coagulación y Floculación [en línea]. Abril de 2000. [Fecha de consulta: 19 de febrero de 2020]. disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- BUENAÑO, B; VERA, E y ALDÁS, B. Study of coagulating/flocculating characteristics of organic polymers extracted from biowaste for water treatment [en línea]. vol. 39 N. ° 1, April - 2019 [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v39n1/0120-5609-iei-39-01-24.pdf>
- CHARCHALAC, Lilian. Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) [en línea]. Diciembre de 2008. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5401/1/AGI-2008-T011.pdf>
- COBEÑAS, Alicia y GUERRERO, Jefferson. caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante variación del ácido y temperatura [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/355>
- D'ADDOSIO, R. Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) [en línea]. julio de 2005 [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000300004
- DÍAZ, José. Coagulantes-Floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas [en línea].

11 de Diciembre de 2014. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: [file:///C:/Users/LIMHI/Downloads/coagulantes-floculantes-organicos-e-inorganicos-elaborados-de-plantas-y-del-reciclaje-de-la-chatarra-para-el-tratamiento-de-aguas-contaminadas%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/LIMHI/Downloads/coagulantes-floculantes-organicos-e-inorganicos-elaborados-de-plantas-y-del-reciclaje-de-la-chatarra-para-el-tratamiento-de-aguas-contaminadas%20(3).pdf)

- GUERRERO, Gloria; SUÁREZ, Diana y OROZCO, Diana. Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao [en línea]. *Temas Agrarios*, vol. 22(1). Enero- Junio de 2017. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/919> ISSN: 0122-7610
- HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación [en línea]. 2014 [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- IBARRA, Diana; LIZARDI, Jaime; LÓPEZ, Eduardo and OROPEZA, Mercedes. Capacity of ‘nopal’ pectin as a dual coagulant-flocculant agent for heavy metals removal [en línea]. vol 323, N.º 1, September 2017. [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020]. disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894717306332>
- JIE, Liu; YAJING, Tian; XIAOJIAO, An; GUISHUI, Li y YONG, Kang. Rendimiento de floculación y mecanismo de eliminación de pectina por cloruro de N-hidroxipropil trimetilamonio quitosano [en línea]. Vol 36, N.º 11. Noviembre de 2015. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/tandf/jdst/2015/00000036/00000011/art00011>
- KIEW, P y CHONG, K. Development of fruit-based waste material as bioflocculant for water clarification [en línea]. December 2017 [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323411778_Development_of_fruit-based_waste_material_as_bioflocculant_for_water_clarification
- LEON, Andrea. determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) en el proceso de coagulación - floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 19 de febrero de 2020]. disponible

en:<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2916/Barajasclaudia2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- MORAD, N; ALKARKHI, A; ISMAIL, N y HO, Y. Análisis y optimización de la actividad de floculación y reducción de la turbidez en la suspensión de caolín utilizando pectina como floculante de biopolímero [en línea]. Febrero de 2009. [Fecha de consulta: 17 de febrero de 2020]. disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26719348_Analysis_and_optimization_of_flocculation_activity_and_turbidity_reduction_in_kaolin_suspension_using_pectin_as_a_biopolymer_flocculant
- MOUNIR, B; ZOUHRI, A and ANOUAR, A. Cactus opuntia ficus indica: A solution against the metallic pollution and suspended solids [en línea]. January 2014 [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020]. disponible en: https://www.researchgate.net/publication/297769810_Cactus_opuntia_ficus_indica_A_solution_against_the_metallic_pollution_and_suspended_solids
- NIZAMA, Karen. Obtención y caracterización de pectina a partir de Cáscara de cacao (theobroma cacao l.) [en línea]. Noviembre de 2015. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. Disponible en: http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/382_/AGR-NIZ-YAM-15.pdf?Sequence=1&isAllowed=y
- PRAKASH MARAN, J; SIVAKUMAR, V; THIRUGNANASAMBANDHAM, K; SRIDHAR, R. Microwave assisted extraction of pectin from waste Citrullus lanatus fruit rinds [en línea]. Carbohydrate polymers. Vol 101. 2014. [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020]. disponible en: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=28344872> ISSN: 0144-8617
- PIRIYAPRASARTH, Suachada y SHIAMORNSAK, Pornsak. Flocculating and suspending properties of commercial citrus pectin and pectin extracted from pomelo (citrus maxima) peel [en línea]. 18 august 2010. [Fecha de consulta: 17 de febrero de 2020]. disponible en: https://www.researchgate.net/publication/215538124_Flocculating_and_suspending_properties_of_commercial_citrus_pectin_and_pectin_extracted_from_pomelo_Citrus_maxima_peel ISSN: 0144-8617
- PRITCHARD, M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A.S.; O'NEILL, J.G. A comparison between Moringa oleifera and chemical coagulants in

the purification of drinking water - An alternative sustainable solution for developing countries. [en línea]. 2010. [Fecha de consulta: 19 de febrero de 2020]. disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000167&pid=S01234226201300010002900038&lng=en

- PUERTA, A. Extracción de pectina LM de la cáscara de limón (*Citrus aurantifolia*) por el método electrolítico [en línea]. 1996. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/675/IND-NIZ-YAM-15.pdf?sequence=1&isAllowed=>
 - RESTREPO, Hernán. Evaluación del proceso de Coagulación-Floculación de una planta de tratamiento de agua potable [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 19 de febrero de 2020]. disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf
 - SANCHEZ, Diana. Caracterización de las pectinas extraídas de la cáscara del maracuyá y de la gulupa como agentes estabilizantes en néctares de fruta [en línea]. Noviembre de 2016. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. Disponible en: https://issuu.com/maosabo/docs/caracterizaci_n_de las_pectinas_ex
 - SUÁREZ, Marlyn y MARÍN, Rosa. Rendimiento de la pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) como estabilizante en mermelada de naranja [en línea]. *Tecn. Agrollania*, Vol. 18. Septiembre-Diciembre de 2019. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/VOL18/ARTICULO4.pdf>
- ISSN: 2665-0053
- TANG, P; WONG, C and WOO, K. Optimization of pectin extraction from peel of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) [en línea]. vol 4, N.º2, 2011 [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020]. disponible en: <http://docsdrive.com/pdfs/knowledgia/ajbs/2011/189-195.pdf>
- ISSN: 1996-3351
- TICONA, Virginia. Estudio de la determinación de la actividad floculante en aguas provenientes del río Chili conteniendo As, Pb y Cr tratados con pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina [en línea]. diciembre de 2018. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6884/QUMlative.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- TORRES, Evelin. Influencia del pH, concentración de coagulante y floculante en la remoción de sólidos suspendidos, demanda química de oxígeno y turbidez en efluente de lavado de pulpa de la planta papelera Trupal S.A [en línea]. 2015 [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. Disponible en: http://dspace.unitrutru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3254/CarreraGarcia_G%20%20InfanteTorres_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- URANGO, Katty J.; ORTEGA, Fabián A.; VELEZ, Gabriel y PÉREZ, Ómar. Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa) empleando Microondas [en línea]. 2018, vol.29, n.º 1.[Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642018000100129∓lng=es&nrm=iso
ISSN: 0718-0764
- YANG, Y; ABDUL-TALIB; PEI, L; NIZAN ISMAIL; AISAH ABD-RAZAK; MAHYUDDIN MOHD-MOHTAR. Study on cactus *Opuntia* as natural coagulant in turbid water treatment [en línea]. Enero 2008. [Fecha de consulta: 19 de febrero de 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012342262013000100029
- YOKOI, H; OBITA, T; HIROSE, J; HAYASHI, S y TAKASAKI, Y. Propiedades de floculación de la pectina en varias suspensiones. [en línea]. Septiembre de 2002. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2020]. disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12118708>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN/UNIDADES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	<p>El Cacao se encuentra disponible en regiones tropicales, actualmente solo se aprovecha el 10% del fruto correspondiente a sus granos y su cáscara equivale al 90%, por ello al utilizarla como materia prima de la obtención de pectina como floculante natural se le está dando solución a múltiples problemas dirigidos a la misma plantación, agricultores y habitantes de la zona. La pectina pertenece a la familia de los oligosacáridos y polisacáridos, es una sustancia natural que forma coloides y se encuentra en la pared principal de tejidos parenquimáticos y mesenquimáticos de diferentes vegetales o frutos como es el caso de la cáscara de Cacao que presenta una humedad del 6,12% lo cual es necesario para realizar el proceso de extracción con el método de hidrólisis ácida con un pH 2 (DEL AGUILAR, 2016).</p>	<p>Al utilizar la pectina extraída de la cáscara de cacao se evalúa la capacidad floculante mediante su pH, así mismo se evalúan seis valores de dosis de pectina como floculante en aguas residuales y por último se comparará la efectividad de la pectina con dos diferentes dosis de Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ debido a que este es un floculante sintético utilizado con frecuencia.</p>	pH	3	1-14	
Eficiencia de la pectina extraída de la cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) como un floculante.				4		
				5		
			Dosis de floculante (pectina de la cáscara de cacao)	4 g		g/ml
				6 g		
				8 g		
				10 g		
Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$						

<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p>	<p>La turbidez es una medida del grado de transparencia de un líquido por presencia de partículas en suspensión, claro indicador de la calidad de aguas, ya que presenta una relación directamente proporcional con el número de partículas en suspensión y el grado de turbidez. en cuanto a su remoción, los coagulantes o floculantes naturales son óptimos debido a que generan menos lodo, es fácil de degradar y su eficiencia es mayor del 90% (SUNASS, 2004)</p>	<p>La concentración de turbidez será identificada mediante equipos de laboratorio (medidor de turbidez), posteriormente se realizó el cálculo del porcentaje de remoción de turbidez mediante la fórmula establecida.</p>	<p>Porcentaje de remoción de turbidez con pectina extraída de la cáscara de cacao</p>	$\%Remocion = \frac{VPi - VPf}{VPi} * 100$ <p>VPi: Valor Parámetro Inicial.</p> <p>VPi: Valor Parámetro final</p>	<p>%</p>
<p>Reducción de la turbidez en aguas residuales</p>					

Anexo 02. VALIDACION DE INSTRUMENTO

ANEXO 1: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Ficha 1: Muestra y parámetros físicos y químicos

N° DE MUESTRA	FECHA	HORA DE LA TOMA DE MUESTRA	LUGAR	COORDENADAS UTM		VOLUMEN DE LA MUESTRA (L)	PARÁMETROS A CUANTIFICAR	
				ESTE	NORTE		pH	TURBIDEZ (NTU)


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275


J. Acosta S.
CIP 25450


Johnny Alfredo
CIP 79862

Ficha 2: Control de remoción

FLOCULANTE	pH	CONCENTRACIÓN (mg/L)	VOLUMEN DE MUESTRA (mL)	TURBIDEZ		
				TURBIDEZ INICIAL (NTU)	TURBIDEZ FINAL (NTU)	% DE REDUCCIÓN
Pectina de cáscara de cacao	3	0,05	600			
		0,1	600			
		0,15	600			
		0,2	600			
		0,25	600			
	5	0,05	600			
		0,1	600			
		0,15	600			
		0,2	600			
		0,25	600			
	7	0,05	600			
		0,1	600			
		0,15	600			
		0,2	600			
		0,25	600			
Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$	3	0,05	600			
		0,1	600			
		0,15	600			
		0,2	600			
		0,25	600			
	5	0,05	600			
		0,1	600			
		0,15	600			
		0,2	600			
		0,25	600			
	7	0,05	600			
		0,1	600			
		0,15	600			
		0,2	600			
		0,25	600			


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


 H. ACOSTA S.
 CIP 25450


 Johnny Tabares
 CIP 79862

Anexo 03. CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Cartañada Olivera Carlos Alberto
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador / UCV Lima - Norte
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología minera y Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Muestra y parámetros físico y químico
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Zapata Limhi Salim

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 21 de Febrero del 2020

[Firma]
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 130267.....
 DNI No. 42922228. Telf.: 976194774

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Castañeda Olivera, Carlos Alberto
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador / UCV Lima Norte
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de Promoción
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Florez Zuparka Limhi Sarah

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

 Lima, 21 de febrero del 2020


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP...130267.....
 DNI No. 77922258. Telf.: 976194774



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Muestra y parámetros físicos y químicos
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Floreza Zapata, Lima, Sarich

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 01 de febrero del 2020

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP. 25450

DNI No. 8306375 Telf.: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASUVABOR EUSTERIO HORACIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Control de Remoción
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de Remoción
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Zupata Lumbi Sarichu

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 21 de febrero del 2020


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 25750
 DNI No. 08306575 Telf.: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Muestra y parámetros físicos y químicos
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flore Zapata Limhi Saich

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP. 79862
 DNI No. Telf:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de recepción
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Flores Zapata Lenli Sarai

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

Jhonny Wilfredo

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP. 79562

DNI No..... Telf:.....

Anexo 4. Figuras del proceso de extracción de pectina



Figura 4. Selección y limpieza



Figura 5. Lavado y desinfección



Figura 6. Cortado



Figura 7. Blanqueado



Figura 8. Ecurrido



Figura 9. Refinado



Figura 10. Secado



Figura 11. Almacenamiento



Figura 12. Proceso de extracción



Figura 13. Primer proceso de filtrado



Figura 14. Precipitación



Figura 15. Segundo proceso de filtrado



Figura 16. Purificación



Figura 17. Ecurrido



Figura 18. Secado



Figura 19. Molienda



Figura 20. Almacenamiento



Figura 21. Test de jarras con sulfato de aluminio, pH 5, concentración 0.2



Figura 22. Test de jarras con Pectina de cáscara de cacao, pH 3, concentración 0.25

Anexo 04. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES		INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN/ UNIDADES	
¿Cuál es la eficiencia de la pectina de cáscara de cacao como floculante para reducir la turbidez de aguas residuales?	Determinar la eficiencia de la pectina de cáscara de cacao como floculante para reducir la turbidez de aguas residuales	La eficiencia de la pectina de cáscara de cacao como floculante es superior a un 80% para la reducción de turbidez en aguas residuales	Eficiencia de la pectina de cáscara de cacao como un floculante	pH		3	Intervalo (0 - 14)	
						5		
						7		
				Concentración de floculante		Pectina de cáscara de cacao	0,05	mg/ml
							0,1	
							0,15	
							0,2	
							0,25	
				Concentración de floculante		Sulfato de aluminio (Al ₂ (SO ₄) ₃)	0,05	mg/ml
							0,1	
0,15								
0,2								
0,25								
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS				$\%R = \frac{T_i - T_f}{T_i} * 100$		

<p>¿Cuál es la mejor concentración de pectina de cáscara de cacao y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez?</p>	<p>Determinar la mejor concentración de pectina de cáscara de cacao y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez</p>	<p>La mejor concentración de pectina de cáscara de cacao y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez es 0,1 mg/mL y 3, respectivamente</p>	<p>Reducción de la turbidez en aguas residuales</p>	<p>Porcentaje de remoción de turbidez con pectina</p>	<p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ %R: Porcentaje de remoción de turbidez (%). ▪ Ti: Turbidez inicial (NTU). ▪ Tf: Turbidez final (NTU). 	<p>%</p>
<p>¿Cuál es la mejor concentración de sulfato de aluminio (Al₂(SO₄)₃) y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez?</p>	<p>Determinar la mejor concentración de sulfato de aluminio (Al₂(SO₄)₃) y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez</p>	<p>La mejor concentración de sulfato de aluminio (Al₂(SO₄)₃) y pH de solución en el tratamiento de aguas residuales para la reducción de turbidez es 0,1 mg/mL y 5, respectivamente</p>		<p>Porcentaje de remoción de turbidez con sulfato de aluminio</p>		