



**UNAP**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN  
DE PECTINA A PARTIR DEL FRUTO DE ANIHUAYO *Plinia clausa Mc Vaugh.***

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR:**

**SILVIA SHANTAL ROMERO PIÑA  
HUGO FRANCESCO PAIMA RODRÍGUEZ**

**ASESORES:**

**Ing. JORGE ANTONIO SUÁREZ RUMICHE, MSc.**

**Ing. JORGE ARMANDO VÁSQUEZ PINEDO, Dr.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2024**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 021-CGT-FIQ-UNAP-2024

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química, a los *trece* días del mes de *Setiembre* de *2024*, a horas *11:00*, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PECTINA A PARTIR DEL FRUTO DE ANIHUAYO *Plinia Clausa Mc Vaugh.*", aprobado con Resolución Decanal N° 224-2024-FIQ-UNAP, presentado por los Bachilleres: **Silvia Shantal Romero Piña y Hugo Francesco Paima Rodríguez**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico**, que otorga la Universidad de acuerdo Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R. D. N° 201-2024-FIQ-UNAP está integrado por:

- |  |            |
|--|------------|
| Ing. HUGO EMERSON FLORES BERNUY, Dr.         | Presidente |
| Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc. | Miembro    |
| Ing. ROBINSON SALDAÑA RAMÍREZ, Mtro.         | Miembro    |

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: *Satisfactoriamente*

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: *Aprobada* con la calificación *Bueno*, estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Siendo las *11:55 h.* se dio por terminado el acto de *Sustentación*

Ing. HUGO EMERSON FLORES BERNUY, Dr.  
Presidente de Jurado

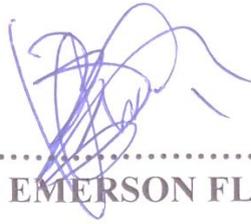
Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.  
Miembro

Ing. ROBINSON SALDAÑA RAMÍREZ, Mtro.  
Miembro

Ing. JORGE ANTONIO SUÁREZ RUMICHE, Dr.  
Asesor

Ing. JORGE ARMANDO VÁSQUEZ PINEDO, Dr.  
Asesor

**JURADO Y ASESOR**



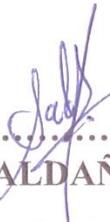
.....  
**ING. HUGO EMERSON FLORES BERNUY, Dr.**

**Presidente**



.....  
**ING. DANIEL DIOMEDES CARRASCO  
MONTAÑEZ, MSc.**

**Miembro**



.....  
**ING. ROBINSON SALDAÑA RAMIREZ, Mtro.**

**Miembro**



.....  
**JORGE ANTONIO SUAREZ RUMICHE**

**Asesor**



.....  
**JORGE ARMANDO VASQUEZ PINEDO**

**Asesor**

# RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**FIQ\_TESIS\_ROMERO PIÑA\_PAIMA RODRI  
GUEZ.pdf**

AUTOR

**ROMERO PIÑA / PAIMA RODRIGUEZ**

RECUENTO DE PALABRAS

**8511 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**40933 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**43 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**598.1KB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 23, 2024 11:07 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 23, 2024 11:08 PM GMT-5**

## ● 20% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

## ● Excluir del Reporte de Similitud

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mi familia, mis padres, hermanos, a mi sobrino un angelito que me cuida desde el cielo y en especial a Dios, por permitirme seguir adelante con buena salud para cumplir mis objetivos, también a los docentes de mi prestigiosa facultad por sus conocimientos impartidos que me son de mucha ayuda en mi carrera profesional.

**Silvia Shantal Romero Piña**

La presente tesis está dedicada a Dios ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis amigos y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

**Hugo Francesco Paima Rodríguez**

## **AGRADECIMIENTO**

En especial queremos expresar nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana por permitirnos formar parte de ella y por abrirnos las puertas de sus aulas para que pudiéramos estudiar la hermosa carrera de ingeniería química. También queremos expresar nuestra gratitud a los docentes de la FIQ, quienes son personas sabias que han contribuido grandemente para que llegemos a este punto, gracias por su paciencia y empeño para compartir sus conocimientos.

Gracias a los doctores Jorge Antonio Suárez Rumiche y Jorge Armando Vásquez Pinedo por darnos la oportunidad de beneficiarnos de su experiencia y por su inquebrantable paciencia para ayudarnos a terminar la tesis.

Por último, quisiéramos expresar nuestra sincera gratitud a nuestras familias por apoyarnos en todos los retos de la vida, así como por celebrar nuestras victorias.

## ÍNDICE

<b>PORTADA</b>	i
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN</b>	ii
<b>JURADO Y ASESOR</b>	iii
<b>RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD</b>	iv
<b>DEDICATORIA</b>	v
<b>AGRADECIMIENTO</b>	vi
<b>ÍNDICE</b>	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	ix
<b>RESUMEN</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	3
1.1. Antecedentes.	3
1.2. Bases teóricas.	5
1.2.1. Anihuayo.	5
1.2.2. Clasificación Taxonómica del Anihuayo.	6
1.2.3. Definición de Pectina.	7
1.2.4. Clasificación de la Pectina.	7
1.2.5. Método para la obtención de pectina.	9
1.3. Definición de términos básicos.	9
<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	12
2.1. Formulación de la hipótesis.	12
2.1.1. Hipótesis General.	12
2.2. Variables y su Operacionalización.	12
2.2.1. Variable Independiente.	12
2.2.2. Variable Dependiente.	12
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	14
3.1. Diseño Metodológico.	14
3.2. Diseño muestral.	14
3.3. Población de estudio.	14

3.4. Muestra.	14
Criterios de selección.	15
Observación.	16
Ensacado.	16
3.4.2.1. Etapa de laboratorio.	16
3.5. Procesamiento y análisis de datos.	26
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	27
4.1. Características fisicoquímicas del fruto del anihuayo.	27
4.2. Rendimiento en pectina	28
4.3. Análisis estadístico.	29
4.4. Caracterización de la pectina del fruto del anihuayo <i>Plinia clausa Mc Vaugh.</i>	35
4.5. Caracterización de la pectina obtenida del fruto de anihuayo	36
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b>	37
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES</b>	38
<b>CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES</b>	39
<b>CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	40
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO 1: CONSTANCIA DE DETERMINACION BOTANICA DEL ANIHUAYO</b> <i>Plinia clausa Mc Vaugh.</i>	
<b>ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL FRUTO</b> <i>ANIHUAYO Plinia clausa Mc Vaugh.</i>	
<b>ANEXO 3: PROCESO DE OBTENCION DE PECTINA A PARTIR DE DEL FRUTO</b> <i>ANIHUAYO Plinia clausa Mc Vaugh.</i>	
<b>ANEXO 4: CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA PECTINA OBTENIDA</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables y su operacionalización.	13
Tabla 2. Diseño factorial $2^3$ tomando como factores (pH, tiempo y temperatura).	22
Tabla 3: Características fisicoquímicos obtenidos en frutos maduros de anihuayo <i>Plinia clausa</i> <i>Mc Vaug.</i>	27
Tabla 4. Rendimiento en pectina obtenida en las corridas realizados.	28
Tabla 5. Resumen del diseño factorial de múltiples niveles	29
Tabla 6. Información del factor	29
Tabla 7. Análisis de Varianza	29
Tabla 8. Regresión factorial general: Rendimiento vs. pH, Tiempo	31
Tabla 9. Análisis de Varianza	31
Tabla 10. Resumen del modelo	32
Tabla 11. Coeficientes	32
Tabla 12. Predicción de respuesta múltiple	34
Tabla 13. Características fisicoquímicas de pectina obtenida a diferentes pH, temperatura y tiempos del fruto de anihuayo.	35
Tabla 14. Determinación de características fisicoquímicas de pectina obtenida a diferentes pH, temperatura y tiempo del fruto de anihuayo <i>Plinia clausa Mc Vaugh.</i>	36
Tabla 15. Rendimiento.	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Árbol y fruto de anihuayo	6
<b>Figura 2:</b> Estructura de la pectina.	7
<b>Figura 3:</b> Configuración de pectina de alto metoxilo	8
<b>Figura 4:</b> Configuración de pectina de bajo metoxilo	8
<b>Figura 5:</b> Diagrama de Pareto	30
<b>Figura 6:</b> Gráfica de probabilidad normal	31
<b>Figura 7:</b> Gráfica de efectos principales para Rendimiento	33
<b>Figura 8:</b> Gráfica de probabilidad normal (ajustada)	34

## RESUMEN

La investigación posee una orientación , experimental cuantitativa, tuvo como objetivo la determinación de los parámetros óptimos para la extracción de pectina por hidrólisis ácida y precipitación alcohólica a partir de los frutos del anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*, La población de estudio estuvo conformada por todos los frutos de anihuayo, que se venden en el mercado Belén del distrito de Iquitos en la provincia de Maynas , Región Loreto; se realizó un muestreo no aleatorio a criterio de los autores, el tamaño de la muestra fue de 5 kg de frutos maduros . para la extracción se utilizó ácido cítrico a pH: 1.5, 2.5 y 3.5 y tiempos de: 45, 60, y 75 minutos, para temperaturas de: 60,75 y 80°C, se utilizó un diseño factorial 2<sup>3</sup>. Este diseño mostró que el pH y el tiempo presentan significancia estadística, mientras que la temperatura no mostro tener efecto significativo por lo que se realizó el ajuste al diseño factorial 2<sup>2</sup> con respecto al pH y el tiempo, encontrándose que el mayor rendimiento al diseño ajustado fue de 16,5% de pectina (pH 1,5 y tiempo 75 minutos). Para determinar la calidad se hizo la caracterización fisicoquímica de la misma, clasificándola como pectina de alto metoxilo. Como conclusión, se establece que los parámetros óptimos para obtener el mayor rendimiento de pectina a partir de los frutos de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*. Mediante hidrólisis ácida Son pH 1,5 y tiempo 75 minutos.

**Palabras clave:** Anihuayo, *Plinia clausa*, Pectina, hidrolisis ácida, grado de esterificación

## ABSTRACT

The research has a quantitative experimental orientation, its objective was to determine the optimal parameters for the extraction of pectin by acid hydrolysis and alcohol precipitation from the fruits of the anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*. The study population consisted of all the fruits of anihuayo, which are sold in the Belén market in the district of Iquitos in the province of Maynas, Loreto Region; a non-random sampling was carried out at the discretion of the authors, the sample size was 5 kg of ripe fruits. For the extraction was used citric acid at pH: 1.5, 2.5 and 3.5 and times of: 45, 60, and 75 minutes, for temperatures of: 60, 75 and 80°C, a factorial design  $2^3$  was used. This design showed that the pH and time have statistical significance, while the temperature did not show to have significant effect, so the adjustment was made to the factorial design  $2^2$  with respect to pH and time, finding that the highest yield to the adjusted design was of 16.5% of pectin (pH 1.5 and time 75 minutes). To determine the quality, a physicochemical characterization of the pectin was carried out, classifying it as high methoxyl pectin. In conclusion, it is established that the optimum parameters for obtaining the highest yield of pectin from the fruits of anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*. By means of acid hydrolysis are pH 1.5 and time 75 minutes.

Keywords: Anihuayo, *Plinia clausa*, Pectin, acid hydrolysis, degree of esterification.

## INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana es poseedora de inmensa cantidad de recursos de flora la cual nos permite tener una gran riqueza de conocimientos de sus propiedades fisicoquímicas y valor nutricional que nos permite darle una mejor la utilización a los mismos, principalmente de frutales nativos, de los cuales en el departamento de loreto se estiman más de 120 especies de frutales nativos los cuales se comercializan en los mercados de abastos; para ser consumidos por la población urbana regional y nacional.

Las especies forestales nativas amazónicas, cumplen un rol muy importante en el mantenimiento del ecosistema de la Amazonía peruana, por lo que requieren tener la importancia y atención por parte de los profesionales dedicados a investigación del país y del mundo, porque representan una fuente invaluable de alimento para la fauna silvestre y población humana, que pueden abrir oportunidades de nuevos emprendimientos en diversas actividades comerciales como agronegocios, servicios ambientales y turismo en la región loreto. (González, 2011 citado en Guerra, 2023).

Actualmente en el IIAP existen trabajos de investigación sobre el anihuayo solo en lo referente a características fenológicas, morfométricas de sus frutos y semillas, respecto a características físicas, químicas y bromatológicas; Pero no existe información sobre el contenido de pectina en los mismos. (González, 2011 citado en Guerra, 2023).

Por este motivo se consideró muy importante realizar el presente trabajo de obtención y caracterización de pectina a partir del fruto del anihuayo, orientado a determinar los parámetros óptimos del proceso; producto natural con muchas aplicaciones en las diversas actividades productivas. (Taípe, 2011 citado en Correa, 2023).

Se tuvo como objetivo principal determinar los parámetros óptimos de extracción de pectina por hidrólisis ácida a partir de los frutos de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh.* Para ello se realizó la caracterización fisicoquímica de los mismos, se establecieron los parámetros óptimos para extraer pectina utilizando el método de hidrólisis ácida y precipitación alcohólica, además de llevar a cabo su caracterización fisicoquímica. En este marco, el trabajo contiene lo siguiente: fundamentos teóricos de la investigación que abarca temas que permitan entender el enfoque del estudio (Capítulo I). Planteamiento de la hipótesis de investigación, las variables y sus respectivas operacionalizaciones (Capítulo II). La metodología y el diseño experimental empleados, junto con las técnicas de tratamiento de los datos obtenidos (Capítulo III). Resultados logrados de acuerdo con los objetivos propuestos y su correspondiente análisis estadístico (Capítulo IV). Discusión de resultados, comparándolos con los de otros estudios en el área (Capítulo V). Conclusiones (Capítulo VI) y el capítulo VII ofrece las recomendaciones, además se incluye las referencias bibliográficas utilizadas durante el desarrollo de la investigación y los anexos.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes.

Existen muchos artículos publicados sobre trabajos de investigación referente a la obtención de pectina a partir de recursos naturales renovables, los cuales muestran resultados favorables respecto a parámetros óptimos, métodos de extracción y rendimientos (Mueckay,2006).

Entre los más relevantes tenemos:

**Lliuyacc, (2018).**, En su trabajo de tesis “Efecto de la Temperatura, Tiempo y pH en el Rendimiento de Extracción de Pectina en Cáscara de Tumbo Serrano (*Passiflora tripartita L.*)”, evaluó los efectos del tiempo , la temperatura y el pH durante la extracción y determinó el rendimiento de pectina obtenida a partir de la cáscara de tumbo serrano (*Passiflora tripartita L.*),en la provincia de Acobamba, región de Huancavelica, utilizó un diseño de centro de hilado sintético para evaluar dos variables en la pectina extraída (rendimiento y cenizas). Utilizó los siguientes parámetros: para pH (3, 4.5, 6.5, 8.5 y 10), para tiempo (40, 44, 50, 56 y 60 min) y para temperatura (60, 64, 70, 76 y 80°C), determinando como parámetros óptimos: pH 10, temperatura 70°C, tiempo de 50 minutos obteniendo un rendimiento de (22,079%), con un alto contenido de cenizas (12,304%). La pectina de mejor calidad fue a pH 3, para un tiempo de 50 minutos y una temperatura de 70°C, que tuvo un rendimiento de 7.356 % y un contenido de cenizas de 23.772%.

**Quintero, et al, (2017)**, en su trabajo de investigación “Evaluación del bagazo de sábila para la extracción de pectina a escala de laboratorio” tuvo como finalidad aprovechar los residuos de sábila para obtener pectina; utilizando los residuos

sólidos generados durante la industrialización de la misma, con la intención de lograr un aprovechamiento integral de esta planta, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente mediante el reciclaje de sus residuos sólidos. Al caracterizar el residuo sólido de sábila, obtuvo la siguiente información: humedad 5.92%, ceniza 4.91%, proteína 4.43%, Acidez 0.12%, Carbono 7.53%, Densidad 0.7 g/ml, pH 6.43 y contenido total de pectina 14.,98%”.

**Mendoza et al, (2017).**, en su trabajo “Evaluación de la pectina extraída empleando enzima, aprovechando las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*)” con la finalidad de evaluar las propiedades y calidad de la pectina extraída por métodos enzimáticos a partir de las mazorcas y cáscaras de cacao; Para lograr su objetivo implementó un esquema de un factor, integrado por 4 niveles de tratamiento utilizando el complejo enzimático comercial Viscozyme L. de Novozym®. a diferentes concentraciones. La pectina obtenida fue caracterizada utilizando el método propuesto por Owens et al. 1952. obtuvo un rendimiento promedio de pectina ( $13,0 \pm 0,53\%$ ); que el más alto al utilizar una concentración alta del complejo enzimático ( $82,9 \mu\text{l}/100 \text{ g}$  de cáscara), la cual tuvo una diferencia significativa con respecto a otros métodos de tratamiento ( $p < 0,05$ ). El contenido de metoxilo fue de  $1,58 \pm 0,01\%$ , con una masa equivalente de  $5091,4 \pm 77,6 \text{ mg/meq}$ , una acidez libre de  $0,20 \pm 0,01 \text{ meq/g}$ , un grado de esterificación de  $72 \pm 0,1\%$ , y una relación de anhídrido galacturónico de  $12,5 \pm 1,0\%$ .

**Jiménez, et al, (2014).**, En su publicación titulado “Potencial industrial de la cáscara de mango (*Mangifera indica L.*) reportó que México exporta alrededor del

24 % de su producción nacional de mango, con un 13 % a un 16 % procesado para el mercado nacional el cual genera una cantidad importante de residuos (entre 32% y 50%), lo que se convierte en una fuente de contaminación ambiental y el resto vendido como fruta fresca. Además, nos indica que se pierde fruta fresca (entre un 30% y un 50%) por problemas de comercialización y procesamiento postcosecha. Sin embargo, existe la oportunidad de utilizar la biomasa de mango sin explotar y generar subproductos de valor agregado que pueden contribuir al desarrollo económico en las regiones productoras de mango. Un enfoque prometedor es obtener pectina con rendimientos que van del 15% al 32%.

## **1.2. Bases teóricas.**

### **1.2.1. Anihuayo.**

Este fruto nativo se puede encontrar en su hábitat natural, principalmente en zonas inundables (bajiales), a orillas de lagos o tahuampas. También en zonas bajas a orillas de los ríos Amazonas, Ucayali, Napo, Tigre e Itaya, principalmente en huertos, jardines y terrazas de pobladores ribereños. Georreferencia ha realizado reportes de existencia de anihuayo en Loreto, Madre de Dios y Ucayali.

El anihuayo es un árbol o plántula con inflorescencias permanente, en las ramitas, hojas tiernas y pecíolos, presenta finos pelos apretados hasta el fondo de 0,3 mm de largo. Las hojas maduras no están cubiertas de estos pelos o son escasamente peludas. Presenta una gran cantidad de pelos en el tallo principalmente en la base con una capa cerosa duradera. Presenta fruto sin pedúnculo, aunque algunos genotipos tienen bordes muy afilados y otros son lisos, peso promedio del fruto 155 g, con una longitud 8.80 cm, un diámetro 7,60 cm, número promedio de semillas 2,65, longitud de las

semillas 3,30 cm, diámetro promedio de las semillas 2,11 cm., con grosor de la semilla 1,39 cm. (González, 2011 citado en Guerra, 2023).



**Figura 1:** Árbol y fruto de anihuayo

Fuente: IIAP

### **1.2.2. Clasificación Taxonómica del Anihuayo.**

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Plinia*

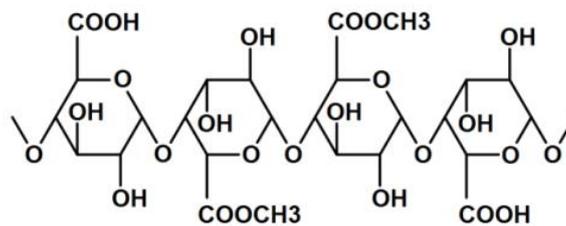
Especie: *Plinia clausa* Mc Vaugh

Nombre vulgar: Anihuayo

### 1.2.3. Definición de Pectina.

Es un carbohidrato complejo insoluble en agua, que se encuentra en las envolturas que rodea el protoplasto de las células vegetales de las plantas, principalmente en los frutos y algunas verduras. Es un importante componente estructural de la pared celular, con propiedades gelificantes, espesantes y estabilizadoras. La pectina se utiliza en la industria alimentaria para producir mermeladas, jaleas, productos lácteos, productos de panadería y otros productos semiacabados. (Fennema,1993 citado en Barreto, 2017).

**Figura 2:** Estructura de la pectina.



(Zegada Franco, 2015)

### 1.2.4. Clasificación de la Pectina.

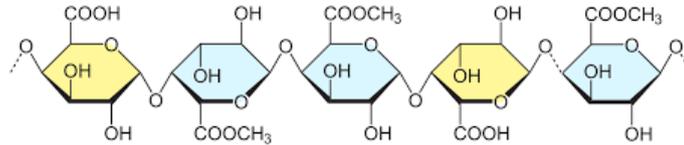
La pectina se clasifica en diferentes tipos según sus características y propiedades. A continuación, se presenta una clasificación general de la pectina:

#### **Pectina de alta metoxilación (HM).**

También conocida como pectina alimentaria, esta es la forma más común de pectina utilizada en la industria alimentaria. Esta pectina está altamente esterificada, lo que significa que contiene una proporción relativamente

alta de grupos metilo en su estructura de ácido galacturónico. (Nishinari, 2012 citado en Chao, et al, 2020).

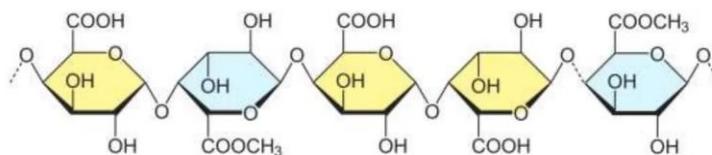
**Figura 3:** Configuración de pectina de alto metoxilo



### **Pectina de baja metoxilación (LM).**

También conocida como pectina anidada, tiene un contenido de grupos metilo más bajo que la pectina altamente metoxilada. La presencia de grupos amida en la estructura del ácido galacturónico le confiere propiedades gelificantes a pH bajo y en presencia de calcio. (Nishinari, 2012 citado en Chao, et al, 2020).

**Figura 4:** Configuración de pectina de bajo metoxilo



### **Pectina modificada.**

Se refiere a las pectinas que se han modificado químicamente para cambiar sus propiedades, como la capacidad de gelificación, la capacidad de gelificación reversible al calor o la estabilidad en diferentes condiciones de procesamiento. (Nishinari, 2012 citado en Chao, et al, 2020).

### **1.2.5. Método para la obtención de pectina.**

A nivel comercial las pectinas se extraen utilizando ácido diluido caliente a un pH bajo. La temperatura y el tiempo de extracción dependen de la materia prima empleada. Tras la extracción, la pectina se separa eliminando el residuo, y al concentrado se le añade alcohol para precipitar la pectina, obteniendo así un precipitado, el cual es separado del licor madre, limpiado, prensado, secado y molido hasta llevarlo a nivel de polvo. En otras técnicas de precipitación, especialmente para pectinas con bajo nivel de esterificación, se utiliza hidróxido de aluminio coloidal. (Pagan, 1999).

### **1.3. Definición de términos básicos.**

#### **Heteropolisacáridos.**

Son polisacáridos que contienen dos o más monosacáridos diferentes. Son componentes de plantas y animales y cumplen muchas funciones, siendo el más importante el de soporte estructural, así como también el de almacenamiento de energía y Se encuentran tanto en plantas como en animales cumpliendo muchas funciones como el de soporte estructural, almacenamiento de energía y demarcación celular. (Vollhardt, et al, 2003 citado en Bui, et al, 2022).

### **Balance Iónico.**

El balance iónico se refiere a la igualdad de cargas positivas y negativas en una solución acuosa o en una célula. Es necesario para mantener la neutralidad eléctrica y es crucial para muchas reacciones químicas y biológicas. El balance iónico puede ser afectado por la presencia de iones, cambios en el pH, y la interacción entre moléculas y iones (Lippard, et al, 1994 citado en Annunziata, et al, 2020).

### **Polímeros.**

Es un elemento compuesto por largas cadenas de moléculas, conocidas como macromoléculas, que contienen muchas subunidades que se repiten. Las cuales le asignan una serie de aplicaciones. Los sintéticos y los naturales cumplen una función muy importante y están presentes en numerosos aspectos de la vida cotidiana. Entre los principales tenemos las resinas sintéticas como el poliestireno, biopolímeros naturales como el ADN y las proteínas, que son indispensables para la estructura y función biológica. (Jenkins, et al, 1996 citado en Baranwal, et al 2022).

### **pH.**

Es un parámetro que indica el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Se representa a través de una escala logarítmica en un rango entre 1 y 14, donde un valor de pH de 7 es considerado neutro y los Valores menores a 7 indican disoluciones ácidas, mientras que valores mayores a 7 indican soluciones básicas o alcalinas. La escala de pH abarca de 0 a 14, donde cada número entero representa una diferencia de 10 veces en la acidez o alcalinidad de la solución. (IOS, 2012).

**Grado de Esterificación.**

Las pectinas se generan a partir de cadenas de ácido galacturónico residual, las cuales pueden estar metoxiladas o esterificadas con grupos metilo. El contenido de residuos metoxilados determina su clasificación, siendo así (<50%) pectina de baja metoxilación y (>50%) pectina de alta metoxilación. La conformación de pectinas requiere la presencia de iones de calcio y azúcares, especialmente en rangos de pH bajos. Los iones de calcio permiten la formación de enlaces cruzados entre las moléculas de pectina, mientras que los azúcares contribuyen a fijar la estructura del gel resultante. Esta propiedad para formar geles hace que las pectinas sean un aditivo crucial en procesos de espesamiento, proporcionando consistencias gelatinosas deseadas. (Chan & Choo, 2013).

## **CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **2.1. Formulación de la hipótesis.**

#### **2.1.1. Hipótesis General.**

Es posible extraer pectina de los frutos del anihuayo, *Plinia clausa Mc Vaugh*, mediante la recolección, corte, secado y molienda de los frutos, seguido por la hidrólisis ácida y la precipitación alcohólica.

### **2.2. Variables y su Operacionalización.**

#### **2.2.1. Variable Independiente.**

Temperatura de hidrolisis y Potencial de hidrógeno (pH).

#### **2.2.2. Variable Dependiente.**

Rendimiento en pectina y calidad de la pectina.

Tabla 1. Variables y su operacionalización.

Variables	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categorías	Valores de las categorías	Medio de verificación
<b>Variable Independiente</b>  pH	Medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia	Cuantitativa	Adimensional	Intervalo	Acido Básico	3,4,5	Cuaderno de laboratorio
Temperatura	Grado o nivel térmico de un cuerpo	Cuantitativa	Grados Centígrados	Intervalo	Escala Celsius (°C)	65,75,85	Cuaderno de laboratorio
Tiempo de hidrólisis	Periodo durante el cual se realiza la Reacción química en la que la adicción de un ácido provoca la ruptura de los enlaces moleculares	Cuantitativa	Minutos	Intervalo	Minutos	80,90, 100	Cuaderno de campo
<b>Variable dependiente</b>  Rendimiento en pectina	relación entre la masa de pectina obtenida entre la masa de polvo de pulpa de anihuayo por 100.	Cuantitativa	Porcentaje en peso	Nominal	Rendimiento de calidad	0 a 100	Cuaderno de campo
Calidad de la pectina	Conjunto de características propias que permiten valorarla respecto a otras pectinas	Cualitativa	porcentaje de ácido galacturónico	Grados SAG	>50% <50%	Alto y bajo metoxilo	Cuaderno de laboratorio

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño Metodológico.

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, porque pretendió determinar los parámetros óptimos para obtener pectina a partir de los frutos del anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* a través de la extracción por hidrólisis ácida y precipitación alcohólica. El diseño fue experimental; por que utilizó la experimentación mediante un diseño factorial  $2^3$ , utilizando como factores pH (1.5, 2.5, y 3.5), temperatura (60, 75 y 80 °C) y tiempo (45, 60 y 75 minutos) para observar la variación del rendimiento en el proceso.

### 3.2. Diseño muestral.

Se realizó un diseño muestral no aleatorio simple de todos los frutos en estado maduro de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* que se venden en el mercado de Belén.

### 3.3. Población de estudio.

La población de estudio estuvo constituida por todos los frutos en estado maduro de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* que se venden en el mercado Belén en el distrito de Iquitos, provincia de Maynas.

### 3.4. Muestra.

La muestra se compuso de 5 Kg de frutos en estado maduro de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* que se venden en el mercado de Belén los cuales se eligieron a criterio de los investigadores.

### **Criterios de selección.**

#### **Inclusión.**

Se tuvo como prioridad a todos aquellos frutos de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* en estado maduros, que no presentaron signos de descomposición, cuyo color sea amarillo intenso.

#### **Exclusión.**

No se eligieron frutos verdes o muy maduros y aquellos de tamaño muy pequeño con signos de deterioro causado por aves, roedores e insectos

Instrumentos y técnicas de recolección de datos.

#### **3.4.1. Instrumentos.**

- Equipo de pesado (Balanza analítica).
- Horno de secado
- Instrumento de medición de temperatura (Termómetro)
- pH-metro
- Cocina eléctrica
- Utensilios de vidrio
- Estructura de soporte universal para laboratorio

#### **3.4.2. Técnicas de recolección de datos.**

Se utilizaron las siguientes:

Fase de campo.

Para almacenado de las muestras se utilizó bolsas plásticas, durante el acopio en los lugares donde se venden los frutos de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*, para posteriormente ser llevados al laboratorio.

### **Observación.**

La observación de los frutos de anihuayo se llevó a cabo en el lugar donde se realizó la recolección de estos (mercado belén), considerando algunas características más relevantes como fueron el color el cual nos indicó el grado de madurez y su aspecto, poniendo énfasis en ciertas características que nos señalen el grado de degradación de los mismos.

### **Ensacado.**

Se utilizó para acopiar los frutos de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* y su posterior transporte.

#### **3.4.2.1. Etapa de laboratorio.**

##### **3.4.2.1.1. Caracterización del fruto.**

Los datos referenciales no determinados en la fase de campo se evaluaron en los laboratorios de la FIQ -UNAP. En el desarrollo de esta etapa, se emplearon métodos de trabajo estandarizado, como los siguientes:

##### **a) Determinación de Humedad (Método: Estufa).**

###### **Procedimiento.**

- Se peso 20 g. de pulpa fresca del fruto de anihuayo en un recipiente de porcelana y se llevó a una estufa a temperatura de 105 °C, verificando la masa periódicamente. El experimento concluyó cuando se obtuvieron dos pesadas consecutivas iguales.

**Cálculos:** La cantidad de agua en la muestra se determinó por la resta del peso inicial y el peso promedio de los dos valores finales constantes.

$$\%H = \frac{W_{inicial} - W_{const}}{W_{inicial}} \times 100 = \text{Porcentaje de agua}$$

La materia seca se determinó mediante la resta con el valor del contenido de agua.

**b) Determinaciones de Ceniza (Método: Mufla) a 600°C.**

**Procedimiento.**

- En un vaso de crisol de porcelana se depositó 5 g de pulpa fresca.
- El recipiente conteniendo la muestra se introdujo en una mufla que estaba calibrada a 600 °C y se dejó secar durante 2 horas.
- La muestra calcinada, se enfrió y se pesó.

**Cálculo:**

$$\%C = \frac{W_{ceniza}}{W_{materia\ inicial}} \times 100$$

**c) Determinación de Grasa (Método: Soxhlet).**

**Procedimiento.**

- En un cono tarado de papel filtro se introdujeron 4 gramos de muestra seca y se colocó dentro del equipo extractor Soxhlet.
- Se añadió una cantidad adecuada del disolvente apropiado y se realizó el sifonado hasta que lograr que el disolvente se volviera incoloro, esto se consiguió transcurrida las 4 horas. Tiempo en el cual la muestra estuvo en contacto directo con el disolvente.

**Cálculos:**

$$\%Grasa = \frac{Wgrasa}{Winicial} \times 100$$

**d) Determinación de Fibra (Método-Digestión Ácido –Básico).**

**Procedimiento.**

- En un matraz Erlenmeyer se colocó 2 gramos de pulpa seca, previamente la etapa de molido y desengrasado, se añadió 200 ml. de ácido sulfúrico al 10% y se agitó para obtener un mezclado homogéneo.
- Se calentó hasta punto de ebullición y se mantuvo hirviendo por 30 minutos, luego se filtró.
- El residuo sólido obtenido se depositó en un envase de vidrio de 750 ml (matraz) y añadimos 200 ml. de NaOH al 10%. La mezcla obtenida se calentó durante 30 minutos. Posteriormente, se determinó el peso del filtro. El residuo sólido obtenido se lavó con alcohol etílico y se secó en una estufa hasta alcanzar una masa constante.

**Cálculos:**

$$\%F = \frac{Wfibra}{Wmateria\ inicial} \times 100$$

**e) Determinación de Proteínas. (Método: Kjeldahl).**

- En un balón de vidrio se colocó 0,1 g de pulpa seca desengrasada, Se añadió 1,5 g. de sulfato de potasio, 0,1 g. de sulfato de cobre y 5 ml. de ácido sulfúrico concentrado. Todo el procedimiento se llevó a cabo dentro de una campana de gases. El contenido del balón se calentó en un digestor hasta que se observó una coloración verde azulada. Luego, se dejó enfriar.

- Una vez frío, se añadieron 30 ml de agua destilada al balón.
- En recipiente de vidrio 125 ml. de capacidad (matraz) se colocó 5 ml. de ácido sulfúrico 0,25 N y se agregaron gotas del indicador rojo de metilo.
- La mezcla obtenida se transfirió al equipo de destilación, se valoró con Hidróxido de sodio NaOH (1:1) hasta que la solución mostró un color negro, luego se introdujo en equipo Kjeldahl y se puso en funcionamiento hasta que el volumen del destilado alcanzó el doble del volumen inicial de Ácido sulfúrico.
- El destilado se tituló el destilado con NaOH 0.25 N y se detuvo la titulación cuando apreciamos un color amarillo en la solución.

**Cálculos:**

$$\%Nitrógeno = \frac{\#meq\ reacciona \times 0,014}{Wmuestra\ inicial} \times 100$$

$$\#meq\ reacciona = \#meq\ inicial\ H_2SO_4 - \#meq\ NaOH\ reaccionan$$

$$\%Proteína = \%Nitrógeno \times F, F = Factor\ de\ conversion$$

**f) Determinación de carbohidratos.**

Este parámetro obtuvimos obtuvo restando de 100 la sumatoria total de los porcentajes de agua, cenizas, grasa, fibra y proteína de 100.

$$Carbohidratos = 100 - (agua, ceniza, grasa, fibra y proteína)$$

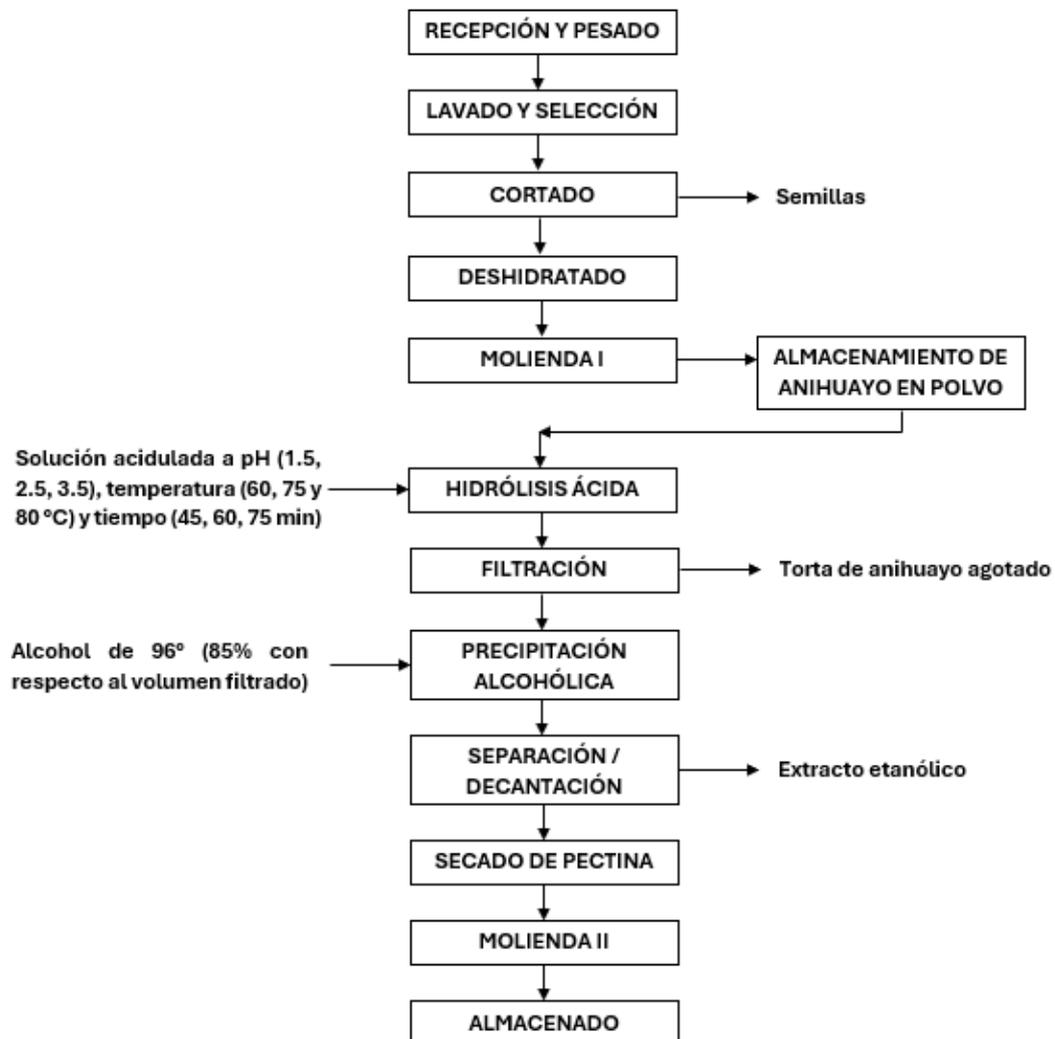
**g) Determinación del valor calórico.**

Se utilizo la fórmula que se muestra a continuación.

$$4(\% Proteína) + 9 (\%Grasa) + 3,75 (Carbohidratos).$$

### 3.4.2.1.2. Obtención de la pectina.

Diagrama de bloques para la obtención de pectina a partir de los frutos de anihuayo *Plinia clausa* Mc Vaugh



Se ejecutaron las siguientes etapas:

- **Recepción y pesado.**

Los frutos maduros de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* fueron recepcionados y pesados, registrando los datos en un cuaderno de campo, registrando la fecha y cantidad.

- **Lavado y selección.**

Se determinó el peso de las muestras, se lavó con agua potable y luego fueron seleccionados según los criterios de los investigadores.

- **Cortado.**

Cada fruto seleccionado fue cortado en cuatro partes para retirar todas las semillas y facilitar su deshidratación.

- **Deshidratado de la materia prima.**

Los frutos en trozos se introdujeron en un equipo de secado (estufa) a 85 °C durante 12 horas con la finalidad de retirar parte de la humedad.

- **Molienda I.**

Los trozos deshidratados se redujeron a un polvo fino; para este fin se utilizó un molino casero.

- **Preparación de solución acuosa acidulada.**

Se mezcló ácido cítrico con agua destilada hasta obtener una mezcla 1 N para luego corregir el valor de pH a los valores deseados (1.5, 2.5 y 3.5). Para su verificación se utilizó HCL empleando el pH-metro.

- **Hidrólisis ácida.**

Para la realización de esta etapa se colocó polvo obtenido de frutos de anihuayo en un balón de tres bocas de 500 ml. de capacidad y se procedió a realizar la hidrólisis ácida utilizando el método cerrado. Se agitó constantemente un tiempo

de 80 minutos, añadiendo continuamente agua acidulada (pH = 1.5, 2.5 y 3.5) en una razón polvo de anihuayo / agua acidulada d(1:18), a temperaturas de 60, 75 y 80 °C.

Tabla 2. Diseño factorial  $2^3$  con tres niveles tomando como factores (pH, tiempo y temperatura).

Ensayos	Factores de estudio		
	pH	Temperatura	Tiempo
1	1.5	60	45
2	1.5	60	60
3	1.5	60	75
4	1.5	75	45
5	1.5	75	60
6	1.5	75	75
7	1.5	80	45
8	1.5	80	60
9	1.5	80	75
10	2.5	60	45
11	2.5	60	60
12	2.5	60	75
13	2.5	75	45
14	2.5	75	60
15	2.5	75	75
16	2.5	80	45
17	2.5	80	60
18	2.5	80	75
19	3.5	60	45
20	3.5	60	60
21	3.5	60	75
22	3.5	75	45
23	3.5	75	60
24	3.5	75	75
25	3.5	80	45
26	3.5	80	60
27	3.5	80	75

- **Filtración.**

El producto obtenido en la hidrólisis fue colocado en un equipo que consistió en un embudo de vidrio cubierto con una lámina de algodón fino (tela) como medio filtrante. El componente acuoso filtrado se recolectó en un recipiente de vidrio (vaso de precipitado) de 500 ml.

- **Precipitación alcohólica.**

La solución acuosa filtrada se introdujo en un equipo de decantación (pera de separación) y se agregó etanol con un grado alcohólico de 96%. Se agitó vigorosamente para homogeneizar y luego se puso en reposo por un tiempo de 12 horas; para lograr que la pectina precipitara.

**Separación / Decantación.**

Transcurrido 12 de reposo, pudimos observar dos capas distintas una líquida y otra gelatinosa, la capa gelatinosa (pectina precipitada) se separó en un recipiente de vidrio (vaso de precipitado).

- **Secado de la pectina.**

La capa gelatinosa correspondiente a la pectina húmeda se depositó sobre lunas de reloj de vidrio de reloj y se llevó a un horno a 55 °C durante seis horas, para el secado correspondiente hasta que su contenido de humedad sea del 15%.

- **Molienda II.**

La pectina seca obtenida se trituró utilizando un mortero de laboratorio para reducir su tamaño.

- **Almacenamiento.**

La pectina seca y triturada, se colocó en un frasco de vidrio con tapa y se guardó en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente.

### 3.4.2.1.3. Caracterización de la pectina obtenida.

Se realizaron los siguientes análisis:

#### a. Método de identificación.

Se midió 5 ml. de agua y 5 ml. de alcohol y se agregó a 500 mg de pectina seca y molida, con una varilla de vidrio se agitó vigorosamente hasta visualizar la formación de una masa gelatinosa translúcida. Luego, se midió 25 ml. de esta solución, se colocó dentro en un vaso de precipitado de vidrio y se agregó agua destilada y enrasamos hasta un volumen de 50 ml. A la mezcla resultante se añadió 1 ml. de Hidróxido de sodio 2 N y se puso en reposo durante 15 minutos, transcurrido ese tiempo se detectó la formación de un gel.

El gel obtenido en la etapa anterior se agregó con ácido clorhídrico 3 N y se agitó vigorosamente hasta observar obtener un material precipitado viscoso gelatinoso incoloro. Se calentó hasta llegar a ebullición, se notó que tenía un color blanco, lo cual nos confirmó la presencia de ácido pectínico.

#### b. Determinación del peso equivalente y de acidez libre (Owens et al, citado por García, 2009).

Para este fin la técnica de Owens, que comenzó con el pesaje de 500 mg muestra (sustancia pectica), la cual fue depositada en un envase de vidrio (matraz Erlenmeyer) de 250 ml. añadimos 5 ml de alcohol al 96% de pureza y 100 ml. de agua destilada previamente enfriada para humedecerla. Como indicador se utilizó rojo de fenol y se procedió a valorar con Hidróxido de sodio 0,1 N (utilizando el indicador a un pH de = 7,5), seguimos titulando hasta observar que la solución tomo un color amarillo.

$$\text{peso equivalente} = \frac{\text{peso de la muestra en mg}}{\text{meq de NaOH}}$$

$$Acidez\ libre = \frac{meq\ A(NaOH)}{g\ componente\ acido}$$

**c. Determinación del contenido de metoxilo (Owens et al, citado por García, 2009).**

Para calcular el contenido de metoxilo, se agregó 25 ml. De NaOH 0,1 N a la solución anterior, se agitó, se tapó el recipiente (matraz Erlenmeyer) y se dejó en reposo durante 30 minutos. Para neutralizar el exceso de hidróxido sódico añadido, se agregaron 25 ml. de disolución de ácido clorhídrico 0,25 N. Como indicado se utilizó fenolftaleína, se agitando suavemente y valorando hidróxido sódico en solución 0,1 N. El resultado se obtuvo utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Metoxilo} = \frac{meq.\ de\ NaOH \times PM\ del\ metoxilo}{Peso\ Muestra\ en\ mg} \times 100$$

**d. Determinación del grado de esterificación (García, 2009).**

Para calcular el grado de esterificación, se dividió el número de miliequivalentes de NaOH consumidos en la titulación del metoxilo entre la sumatoria de miliequivalentes de hidróxido de sodio utilizados en el cálculo de la acidez libre y en el cálculo del contenido de metoxilo. Luego, el valor del cociente obtenido se multiplicó por 100.

$$\% \text{ Esterificacion} = \frac{meq.\ de\ NaOH(cont.\ de\ metoxilo)}{meq.\ de\ NaOH(acidez\ libre) + meq.\ de\ NaOH(cont.\ de\ metoxilo)} \times 100$$

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos.**

Utilizamos Microsoft Excel para análisis de los datos, el que nos permitió manipular hojas de cálculo para almacenar y organizar diferentes tipos de información relacionada en uno o más archivos. Posteriormente, estos datos fueron representados en forma de gráficos de barras para tener una representación visual más completa.

### **3.6. Aspectos éticos.**

Esta investigación tuvo una base ética donde se protegió la propiedad intelectual citando diversas obras utilizadas; Tampoco se trabajará con personas o animales

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Características fisicoquímicas del fruto del anihuayo.

Tabla 3: Características fisicoquímicos obtenidos en frutos maduros de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaug.*

<b>Determinaciones</b>	<b>Muestra: Fruto en estado maduro</b>
Humedad (%)	80,95
Cenizas (%)	2,06
Grasa (%)	0,81
Fibra (%)	1,83
Proteína (%)	0,13
Carbohidratos (%)	14,22
Valor nutricional (Kcal)	75,54
<b>Minerales</b>	
Calcio (mg/100g)	50,20
Magnesio (mg/100g)	20,32
Hierro (mg/100g)	0,17
Sodio (mg/100g)	20,50
Potasio (mg/100g)	152,50
Zinc (mg/100g)	0,25
Manganeso (mg/100g)	N.D
Cobre (mg/100g)	N.D

En la Tabla 3, observamos las características fisicoquímicas del fruto maduro de anihuayo con un contenido de carbohidratos del 14,22%. También se evidencia la presencia de fibras en un porcentaje de 1,83%, valores que están relacionados con la presencia de pectina.

## 4.2. Rendimiento en pectina

Tabla 4. Rendimiento en pectina obtenida en las corridas realizados.

Ensayos	Factores de estudio			Rendimiento			
	pH	Temperatura	Tiempo	R1	R2	Promedio	DS
1	1.5	60	45	15.72	15.51	15.62	0.15
2	1.5	60	60	15.75	15.93	15.84	0.13
3	1.5	60	75	15.82	16.64	16.23	0.58
4	1.5	75	45	15.49	16.02	15.76	0.37
5	1.5	75	60	16.27	15.65	15.96	0.44
6	1.5	75	75	16.93	16.18	16.56	0.53
7	1.5	80	45	15.53	16.15	15.84	0.44
8	1.5	80	60	15.83	16.41	16.12	0.41
9	1.5	80	75	17.09	16.44	16.77	0.46
10	2.5	60	45	13.91	14.55	14.23	0.45
11	2.5	60	60	14.08	14.92	14.50	0.59
12	2.5	60	75	14.98	14.59	14.79	0.28
13	2.5	75	45	14.86	14.01	14.44	0.60
14	2.5	75	60	14.45	14.88	14.67	0.30
15	2.5	75	75	14.41	15.32	14.87	0.64
16	2.5	80	45	14.42	14.92	14.67	0.35
17	2.5	80	60	14.53	15.34	14.94	0.57
18	2.5	80	75	14.81	15.42	15.12	0.43
19	3.5	60	45	12.41	13.11	12.76	0.49
20	3.5	60	60	13.78	13.18	13.48	0.42
21	3.5	60	75	13.39	14.09	13.74	0.49
22	3.5	75	45	12.62	13.03	12.83	0.29
23	3.5	75	60	13.18	13.91	13.55	0.52
24	3.5	75	75	14.13	13.58	13.86	0.39
25	3.5	80	45	12.56	13.25	12.91	0.49
26	3.5	80	60	13.14	13.89	13.52	0.53
27	3.5	80	75	13.75	14.22	13.99	0.33

En la Tabla 4, se observa una variación en los rendimientos durante la realización de la hidrólisis ácida. La corrida 9 mostró el mejor rendimiento con un 16,77%, a condiciones de temperatura de 80 °C y pH 1,5. Así mismo el rendimiento más bajo corresponde a la corrida 25 con un rendimiento de 12,91%, a temperatura de 80°C y pH 3,5.

### 4.3. Análisis estadístico.

Se emplearon los datos experimentales de cada punto establecido en el diseño experimental para realizar un análisis de varianza, permitiendo así efectuar un análisis estadístico que estimara la significancia de la variable independiente en relación con la variable dependiente.

#### Diseño factorial de múltiples niveles

Tabla 5. Resumen del diseño factorial de múltiples niveles

Factores:	3	Réplicas:	2
Corridas base:	27	Total, de corridas:	54
Bloques base:	1	Total, de bloques:	1

Número de niveles: 3; 3; 3

#### Regresión factorial general: Rendimiento vs. pH, Temperatura, Tiempo

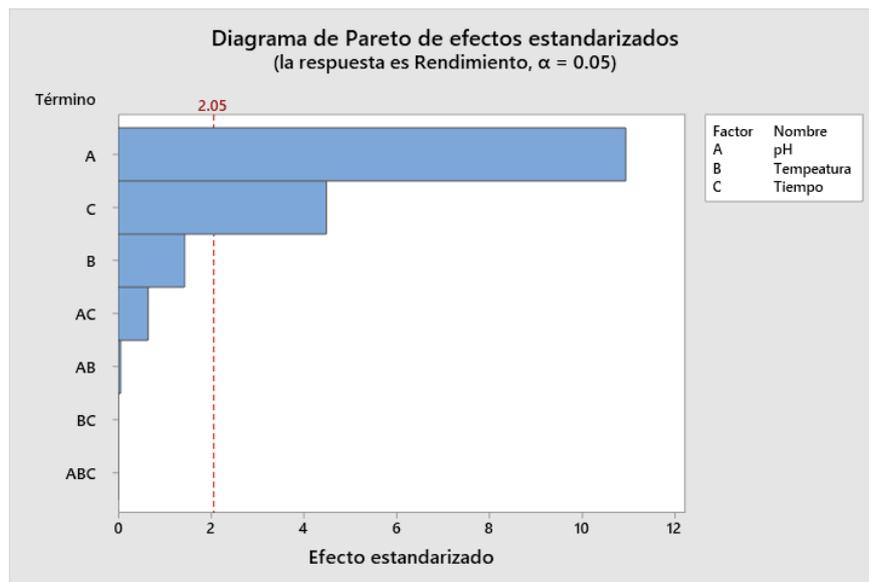
Tabla 6. Información del factor

Factor	Niveles	Valores
pH	3	1.5, 2.5, 3.5
Tempeatura	3	60, 75, 80
Tiempo	3	45, 60, 75

Tabla 7. Análisis de Varianza

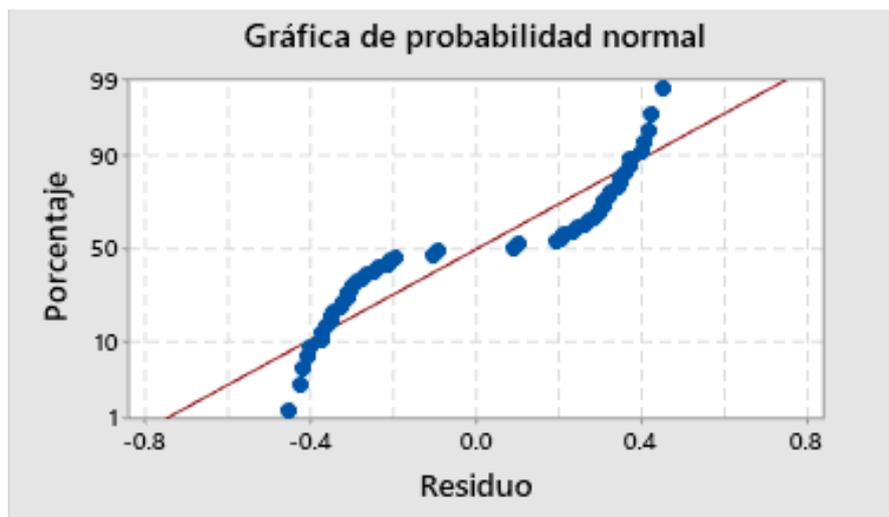
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	26	71.3132	2.7428	13.46	0.000
Lineal	6	70.4259	11.7377	57.60	0.000
pH	2	64.4032	32.2016	158.02	0.000
Temperatura	2	0.7925	0.3963	1.94	0.163
Tiempo	2	5.2302	2.6151	12.83	0.000
Interacciones de 2 términos	12	0.8179	0.0682	0.33	0.975
pH*Temperatura	4	0.1249	0.0312	0.15	0.960
pH*Tiempo	4	0.6679	0.1670	0.82	0.524
Temperatura*Tiempo	4	0.0252	0.0063	0.03	0.998
Interacciones de 3 términos	8	0.0693	0.0087	0.04	1.000
pH*Temperatura*Tiempo	8	0.0693	0.0087	0.04	1.000
Error	27	5.5020	0.2038		
Total	53	76.8152			

El análisis de varianza muestra que los factores en estudio pH y tiempo muestran un  $p < 0,05$ , lo que nos indica que estos presentan un efecto significativo en el rendimiento, mientras que el factor temperatura presenta un  $p = 0,163$  mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ , indicando que no influye significativamente en el rendimiento. Así mismo el análisis muestra que las interacciones según el modelo planteado no presentaron efecto significativo tanto en las interacciones de dos términos  $p = 0,975$  y tres términos con un  $p = 1,00$ .



**Figura 5:** Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto de efectos, muestran que los factores pH y Tiempo están por delante de la línea roja, mostrando un efecto significativo en el rendimiento, mientras que el factor temperatura y las interacciones de 2 términos y 3 términos no presentan efecto significativo.



**Figura 6:** Gráfica de probabilidad normal

La grafica de probabilidad muestra que los datos obtenidos no se encuentran sobre la línea roja, lo que indica que estos no presentan una distribución normal, concluyendo que el diseño factorial  $3^3$  debería ser revisado o replanteado.

### Ajuste del diseño

Tabla 8. Regresión factorial general: Rendimiento vs. pH, Tiempo

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
pH	3	1.5, 2.5, 3.5
Tiempo	3	45, 60, 75

Tabla 9. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	70.3012	8.7877	60.71	0.000
Lineal	4	69.6334	17.4083	120.26	0.000
pH	2	64.4032	32.2016	222.46	0.000
Tiempo	2	5.2302	2.6151	18.07	0.000
Interacciones de 2 términos	4	0.6679	0.1670	1.15	0.344
pH*Tiempo	4	0.6679	0.1670	1.15	0.344
Error	45	6.5140	0.1448		
Falta de ajuste	18	1.0120	0.0562	0.28	0.997
Error puro	27	5.5020	0.2038		
Total	53	76.8152			

Tabla 10. Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.380467	91.52%	90.01%	87.79%

El resumen del modelo nos da un R-cuad. Del 91.52% y R-cuad. (ajustado del 90.01%), mostrando un valor alto lo que nos indica que el modelo de regresión se ajusta al modelo planteado.

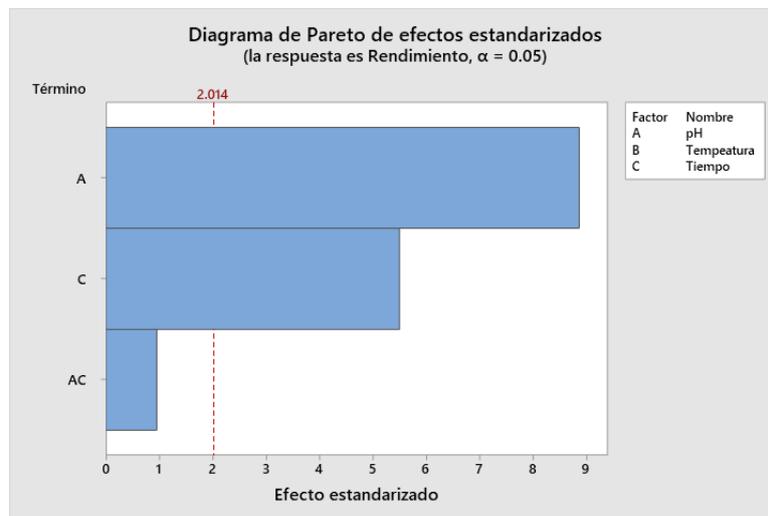
Tabla 11. Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	14.7219	0.0518	284.34	0.000	
pH					
1.5	1.3537	0.0732	18.49	0.000	1.33
2.5	-0.0330	0.0732	-0.45	0.655	1.33
Tiempo					
45	-0.3846	0.0732	-5.25	0.000	1.33
60	0.0070	0.0732	0.10	0.924	1.33
pH*Tiempo					
1.5 45	0.046	0.104	0.44	0.661	1.78
1.5 60	-0.109	0.104	-1.06	0.297	1.78
2.5 45	0.141	0.104	1.36	0.181	1.78
2.5 60	0.004	0.104	0.04	0.969	1.78

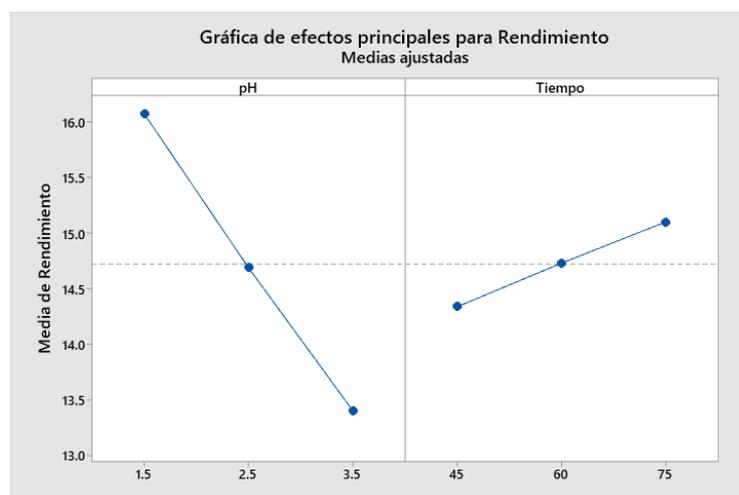
### Ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 \text{Rendimiento} = & 14.7219 + 1.3537 \text{ pH}_{1.5} - 0.0330 \text{ pH}_{2.5} \\
 & - 1.3207 \text{ pH}_{3.5} - 0.3846 \text{ Tiempo}_{45} \\
 & + 0.0070 \text{ Tiempo}_{60} + 0.3776 \text{ Tiempo}_{75} \\
 & + 0.046 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{1.5 45} \\
 & - 0.109 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{1.5 60} + 0.064 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{1.5 75} \\
 & + 0.141 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{2.5 45} \\
 & + 0.004 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{2.5 60} - 0.145 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{2.5 75} \\
 & - 0.186 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{3.5 45} \\
 & + 0.105 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{3.5 60} + 0.081 \text{ pH} * \text{Tiempo}_{3.5 75}
 \end{aligned}$$

## Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

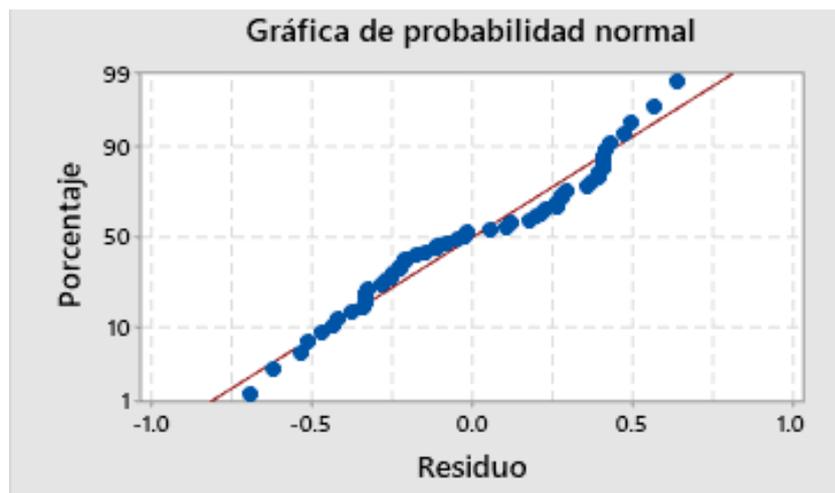


El diagrama de Pareto muestra que el factor pH y Tiempo sobre pasan la línea roja, mostrando un efecto significativo rendimiento, mientras que la interacción entre el pH\*Tiempo no sobrepasan la línea roja indicando que la interacción de estos factores en estudio no influye en el rendimiento.



**Figura 7:** Gráfica de efectos principales para Rendimiento

La grafica de los efectos principales nos muestran que el pH tiene un efecto negativo en el rendimiento cuando pasa en el nivel bajo al nivel alto, mientras que el Tiempo influye de manera positiva incrementando el rendimiento cuando se pasa del nivel bajo al nivel alto.



**Figura 8:** Gráfica de probabilidad normal (ajustada)

En la gráfica de probabilidad normal de los residuos se observan que los datos en su mayoría se ajustan a la línea de tendencia, lo que nos indican que estos presentan una distribución normal, esto nos da a entender que el análisis del diseño es confiable.

### Optimización de respuesta: Rendimiento

#### Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo Superior	Ponderación	Importancia
Rendimiento Máximo	12.41	17.09		1	1

#### Solución

Solución	pH	Tiempo	Rendimiento Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	1.5	75	16.5167	0.877493

Tabla 12. Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
pH	1.5
Tiempo	75

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Rendimiento	16.517	0.155	(16.204, 16.830)	(15.689, 17.344)

El análisis de optimización de respuesta muestra que el mejor rendimiento se obtiene a un pH 1,5 y tiempo de 75 minutos, con un valor del 16,5167.

**4.4. Caracterización de la pectina del fruto del anihuayo *Plinia clausa* Mc Vaugh.**

Tabla 13. Características fisicoquímicas de pectina obtenida a diferentes pH, temperatura y tiempo del fruto de anihuayo.

Ensayo	PH	Temperatura °C	Tiempo min.	Prueba de Ident.	Peso Eq.	% A. L	% G. M	% G. E
1	1.5	60	45	+	111.11	9	40.3	59.09
2	1.5	75	45	+	108.70	9.2	42.16	59.65
3	1.5	85	45	+	104.17	9.6	43.4	59.32
4	1.5	60	60	+	96.15	10.4	44.64	58.06
5	1.5	75	60	+	92.59	10.8	42.16	55.74
6	1.5	85	60	+	98.04	10.2	45.88	59.2
7	1.5	60	75	+	125	8	46.5	65.22
8	1.5	75	75	+	119.05	8.4	47.74	64.71
9	1.5	85	75	+	113.64	8.8	48.98	64.23
10	2.5	60	45	+	94.34	10.6	46.5	58.59
11	2.5	75	45	+	87.72	11.4	45.88	56.49
12	2.5	85	45	+	83.33	12	48.98	56.83
13	2.5	60	60	+	89.29	11.2	39.68	53.33
14	2.5	75	60	+	87.72	11.4	44.64	55.81
15	2.5	85	60	+	96.15	10.4	43.4	57.38
16	2.5	60	75	+	100	10	48.36	60.94
17	2.5	75	75	+	84.75	11.8	40.3	52.42
18	2.5	85	75	+	83.33	12	43.4	53.85
19	3.5	60	45	+	75.76	13.2	49.6	54.79
20	3.5	75	45	+	86.21	11.6	45.88	56.06
21	3.5	85	45	+	81.97	12.2	48.36	56.12
22	3.5	60	60	+	79.36	12.6	50.84	56.55
23	3.5	75	60	+	90.91	11	47.74	58.33
24	3.5	85	60	+	76.92	13	52.7	56.67
25	3.5	60	75	+	75.76	13.2	41.54	50.38
26	3.5	75	75	+	81.97	12.2	38.44	50.41
27	3.5	85	75	+	79.36	12.6	40.92	51.16

En la tabla 13, se observa la presencia del ácido pectínico (+) valores en contenido de metoxilo (38.44% – 50.84%) y grado de esterificación (50.38% – 65.22%), los mismos que nos indican que la pectina obtenida es de alto metoxilo.

#### 4.5. Caracterización de la pectina obtenida del fruto de anihuayo

Tabla 14. Determinación de características fisicoquímicas de pectina obtenida a diferentes pH del fruto de anihuayo *Plinia clausa* Mc Vaugh.

Características físicas y químicas	pH 1.5	pH 2.5	pH 3.5
Existencia de ácido péptico	+	+	+
Peso equivalente	107.605	89.626	80.913
Acidez libre	9.378	11.2	12.4
Contenido de metoxilo %	44.64	44.571	46.224
Grado de esterificación %	60.58	56.182	54.497

Tabla 15. Rendimiento.

pH de Solución de ácido cítrico	Tiempo min	Rendimiento (%)
1,5	75	16,5

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Respecto al rendimiento de pectina a partir de otras materias primas podemos establecer que los determinados en la presente investigación (16,5%) es mayor que los encontrados por otros autores; a partir de otros frutos , así tenemos: Lliuyacc (2018) en su trabajo de investigación “Efecto de la Temperatura, Tiempo y ph en el Rendimiento de Extracción de Pectina en Cáscara de Tumbo Serrano (*Passiflora tripartita* L.) obtuvo un rendimiento promedio de 14.723%, Quintero (2017), en su trabajo “Evaluación del bagazo de sábila para la extracción de pectina a escala de laboratorio” , obtuvo un rendimiento de 14.98%, Mendoza (2017)., en su estudio “Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.)” obtuvo un rendimiento de 13,5%, Jiménez (2014)., En su trabajo titulado “Potencial industrial de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) obtuvo un rendimiento entre 15% , en lo referente a los parámetros óptimos en los procesos de extracción de pectina podemos establecer lo siguiente: Lliuyacc (2018).establece que los parámetros óptimos para extraer pectina por hidrólisis ácida a partir de la cáscara de tumbo son: pH 10, temperatura 70°C y 50 minutos, obteniendo un rendimiento de 22,09% de pectina, también determinó que para obtener mejor calidad de pectina los parámetros óptimos de trabajo son pH 3, tiempo 50 min y temperatura 70°C con un rendimiento de 7,356% de pectina; valores diferentes a los encontrados en la presente investigación ( pH 1,5 y tiempo 75 minutos , no teniendo efecto significativo la temperatura).

Con respecto a las características fisicoquímicas de la pectina obtenida, Mendoza (2017) reporta los siguientes resultados: Grado de esterificación  $72 \pm 0.1\%$ , siendo un valor mayor que el obtenido en la presente investigación (60.58%), lo cual se encuentra dentro de valores correspondiente a pectinas de alto metoxilo. El porcentaje de metoxilo reportó  $1.58 \pm 0.01 \%$ , valor menor al obtenido en el presente trabajo (44.64%), sobre la acidez libre reporta un valor de  $0.20 \pm 0.001$  Meq/g, un valor menor al encontrado en la presente investigación (9.378Meq/g).

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización fisicoquímica del fruto anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*, Los resultados se muestran en la tabla 3 página 37.
- El rendimiento óptimo de pectina fue de 16,5%, trabajando a pH de 1.5, durante 75 minutos.
- Se determinó la calidad de la pectina obtenida, los valores encontrados presentan en la página 45, tabla 13.
- Con los resultados durante la caracterización fisicoquímica del fruto, el rendimiento óptimo de pectina y la calidad de esta se concluye, que los frutos maduros del anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh* pueden ser considerados una potencial fuente de obtención de pectina.

## CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Durante la realización de la parte experimental; utilizar pulpa de frutos maduros de anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*, que no tenga restos de semillas.
2. La solución acidulada requerida para la hidrólisis debe estar recientemente preparada.
3. La pectina obtenida durante la hidrólisis debe filtrarse en caliente.
4. En la precipitación alcohólica agregar un porcentaje de alcohol en exceso.
5. Realizar estudios de investigación orientado a determinar las propiedades funcionales de la pectina obtenida.
6. Realizar un estudio técnico económico orientado para determinar posibilidad de instalar una planta industrial de pectina; que utilice como materia prima los frutos del anihuayo *Plinia clausa Mc Vaugh*.

## CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ANNUNZIATA, Francesca, et al.** An overview of coumarin as a versatile and readily accessible scaffold with broad-ranging biological activities. *International journal of molecular sciences*, 2020, vol. 21, no 13, p. 4618.

**BARRETO, Genisberto E., et al.** Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.). 2017.

**BARANWAL, Jaya, et al.** Biopolymer. A sustainable material for food and medical applications. *Polymers*, 2022, vol. 14, no 5, p. 983.

**BUI, Justin C., et al.** Continuum modeling of porous electrodes for electrochemical synthesis. *Chemical reviews*, 2022, vol. 122, no 12, p. 11022-11084.

**CHAO, Youchuang; SHUM, Ho Cheung.** Emerging aqueous two-phase systems: from fundamentals of interfaces to biomedical applications. *Chemical Society Reviews*, 2020, vol. 49, no 1, p. 114-142.

**CHAN, S.-Y.; CHOO, W.-S. 2013.** "Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks". *Food Chemistry*. (UK). 141(4):3752-3758.

**CORREA TACULÍ, Janeth Elizabeth.** Grado de Esterificación y Rendimiento de Pectina utilizando cáscaras de tuna (*Opuntia Ficus Indica*.) extraída a diferentes tiempos y temperaturas. 2023.

**FENNEMA, Owen R. 1993.** Food chemistry.

**FLORES PEÑALOZA, Olivia.** Pectina de cáscara de sandía. 2022.

**GONZÁLES CORAL, Agustín.** Contribuciones al conocimiento de frutales nativos amazónicos. 2011.

**GUERRA TEIXEIRA, Aldi Alida.** Sustentabilidad de parcelas productoras de frutales amazónicos en el área de influencia de la carretera Iquitos–Nauta, Loreto. 2023.

**JENKINS, A. D., et al.** Glossary of basic terms in polymer science (IUPAC Recommendations 1996). *Pure and applied chemistry*, 1996, vol. 68, no 12, p. 2287-2311.

**JAIMES-DUQUE, Sebastián; RAMÍREZ-NAVAS, Juan Sebastián; RODRIGUEZ DE STOUVENEL, A.** Estabilizantes más utilizados en helados. *Heladería Panadería Latinoamericana*, 2017, vol. 251, no 1, p. 66-75.

**JIMÉNEZ, Andrés A. Pacheco, et al.** Potencial industrial de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) para la obtención de pectina en México. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 2022, vol. 25, no 1, p. 1-13.

**International Organization for Standardization (IOS).** "Water Quality - Determination of pH." ISO 10526:2012.

**LIPPARD, S. J.; BERG, J. M.** Principles of bioinorganic chemistry university science books. Mill Valley, 1994.

**LLIUYACC LAURENTE, Raúl.** Efecto de la Temperatura, Tiempo y ph en el Rendimiento de Extracción de Pectina en Cáscara de Tumbo Serrano (*Passiflora tripartita* L.). 2018.

**MULTON, Jean-Louis.** Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Acibia, 1999.

**MUECKAY, M.2006.** Obtención de la pectina a partir de los desechos industriales de maracuyá. Tesis. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador, 2006.

**NISHINARI, Katsuyoshi; DOI, Etsushiro (ed.).** Food hydrocolloids: structures, properties, and functions. Springer Science & Business Media, 2012.

**PAGAN GILABERT, Jordi. 1999.** "Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón". Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 1999, 1–138. <https://doi.org/84-688-3807-1>.

**TAIPE, F.; CRONWELL, F.; MATOS, A.** Importancia de la Pectina como Aditivo Alimentario en la Industria de Alimentos. Universidad Peruana Unión, Lima, 2011.

**VOLLHARDT, K. Peter C.; SCHORE, Neil E.** Organic chemistry: structure and function. Macmillan, 2003.

## ANEXOS

### ANEXO 1: CONSTANCIA DE DETERMINACION BOTANICA DEL ANIHUAYO *Plinia clausa* Mc Vaugh.



UNAP

Centro de Investigación de  
Recursos Naturales  
Herbarium Amazonense — AMAZ

INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO  
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

### CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA n.º 002-2024 AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRNA), de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

#### HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentada por **SILVIA SHANTAL ROMERO PIÑA** y **HUGO FRANCESCO PAIMA RODRÍGUEZ**, bachilleres de la **Escuela Profesional de Ingeniería Química** de la **Facultad de Ingeniería Química** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana** pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado **"CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PECTINA A PARTIR DEL FRUTO DE ANIHUAYO *Plinia clausa* McVaugh."**; ha sido **DETERMINADA** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

Nº	FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	NOMBRE COMÚN
01	MYRTACEAE	<i>Plinia clausa</i>	McVaugh	"anihuayo"

Determinador: Ing. Juan Celidonio Ruiz Macedo

A los cuatro días del mes de enero del año dos mil veinticuatro, se expide la presente constancia a los interesados para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,

  
Richard J. Huaranca Acosta  
Coordinador Herbarium Amazonense  
CIRNA - UNAP



## ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL FRUTO ANIHUAYO *Plinia clausa* Mc Vaugh.



**UNAP**

Universidad Nacional de la Amazonia Peruana  
Facultad de Ingeniería Química-FIQ



### RESULTADOS DE ANALISIS

Muestra : Fruto de anihuayo *Plinia clausa* Mc Vaugh.  
Solicitado por : Silvia Shantal Romero Piña.  
Hugo Francesco Paima Rodríguez  
Tipo de Análisis : Físico-Químico  
Fecha de Análisis : 10 de mayo 2023

Parámetro	Muestra
Humedad (%)	80,95
Ceniza (%)	2,06
Grasa (%)	0,81
Fibra (%)	1,83
Proteína (%)	0,13
Carbohidratos (%)	14,22
Valor Nutricional (Kcal)	75,54
<b>Minerales</b>	
Calcio (mg/100 g)	50,20
Magnesio (mg/100 g)	20,32
Hierro (mg/100 g)	0,17
Sodio (mg/100 g)	20,50
Potasio (mg/100 g)	152,50
Zinc (mg/100 g)	0,25
Manganeso (mg/100 g)	N. D
Cobre (mg/100 g)	N. D

Iquitos 10 de mayo de 2023

  
Rosa Isabel Souza Nájjar  
Docente Adscrito FIQ-UNAP

**ANEXO 3: PROCESO DE OBTENCION DE PECTINA A PARTIR DE DEL FRUTO ANIHUAYO *Plinia clausa* Mc Vaugh.**

Figura 1 Preparación de material



Figura 2 El deshidratado y molienda del fruto del anihuayo.



Figura 3 Preparación de la solución acidulada



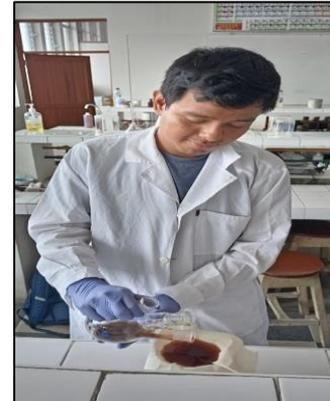
Preparación de la solución acidulada de pH 1.5, 2.5 y 3.5

Figura 4 Hidrólisis ácida



Realización de la hidrólisis ácida a pH (1.5, 2.5, 3.5), temperatura (60, 75 y 80 °C) y tiempo (45, 60, 75 min).

Figura 5 Filtración



Filtración en caliente de la pectina obtenida.

Figura 6 Precipitación alcohólica



Precipitación alcohólica (85% con respecto al volumen filtrado)

Figura 7 Separación/Decantación

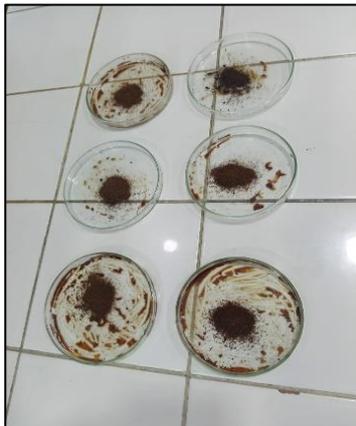


Separación y decantación de la pectina del extracto etanólico



Pectina obtenida siendo colocada en lunas de reloj

Figura 8 Segundo secado, molienda



Segundo secado y molienda de la pectina obtenida, para proceder a su almacenado.

## ANEXO 4: CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA PECTINA OBTENIDA

### Método de identificación

Determinación del peso equivalente, acidez libre, acidez libre, contenido de metoxilo y grado de identificación



Titulación de la pectina para las determinaciones correspondientes



Titulaciones y determinaciones realizadas