



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**Obtención de pectina a partir de la flor de jamaica (hibiscus sabdariffa) para su uso como gelificante en los alimentos.**

**CRUZ ORRALA LETICIA ZULEMA  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**CABADA HERRERA STEFANY ABIGAIL  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**Obtención de pectina a partir de la flor de jamaica (hibiscus sabdariffa) para su uso como gelificante en los alimentos.**

**CRUZ ORRALA LETICIA ZULEMA  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**CABADA HERRERA STEFANY ABIGAIL  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Obtención de pectina a partir de la flor de jamaica (hibiscus sabdariffa) para su uso como gelificante en los alimentos.**

**CRUZ ORRALA LETICIA ZULEMA  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**CABADA HERRERA STEFANY ABIGAIL  
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**SIGUENZA TOLEDO JOAQUIN DARWIN**

**MACHALA  
2023**

# Obtención de pectina a partir de la flor de jamaica (hibiscus sabdariffa) para su uso como gelificante en los alimentos.

*por* Stefany Abigail Cabada Herrera Leticia Zulema Cruz Orrala

---

**Fecha de entrega:** 30-nov-2023 08:03p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2243565872

**Nombre del archivo:** IA.10.04\_TT\_Cabada-CruzOrrala.pdf (1.13M)

**Total de palabras:** 11742

**Total de caracteres:** 66783

# Obtención de pectina a partir de la flor de jamaica (hibiscus sabdariffa) para su uso como gelificante en los alimentos.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	1%
2	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	1%
3	<b>revistas.itsup.edu.ec</b> Fuente de Internet	<1%
4	<b>Leslie Catalina Rea Jara, Ana Matilde Moreno, Mayra Alexandra Logroño Veloz.</b> "Determination of the Gelificing Power of Maracuyá Shell Pectin Extracted in a Medium Acid and Its Application in Desserts", ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 2021 Publicación	<1%
5	<b>repository.unad.edu.co</b> Fuente de Internet	<1%
6	<b>repositorio.uigv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1%

7	<a href="https://doi.org">doi.org</a> Fuente de Internet	<1 %
8	<a href="http://ri-ng.uaq.mx">ri-ng.uaq.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
9	<a href="http://cia.uagraria.edu.ec">cia.uagraria.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to UTEC Universidad de Ingenieria & Tecnologia Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://andina.pe">andina.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	MARÍA ALEJANDRA AGUDELO MOTATO. "La revalorización del uso de almidón de tapioca. Estrategia multienfoque en su aplicación en rellenos de fruta", Universitat Politecnica de Valencia, 2014 Publicación	<1 %
16	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1 %

17

repositorio.cinvestav.mx

Fuente de Internet

<1 %

---

18

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 25 words

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

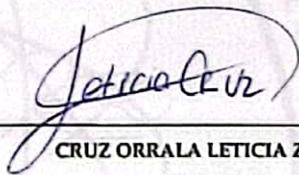
Las que suscriben, CRUZ ORRALA LETICIA ZULEMA y CABADA HERRERA STEFANY ABIGAIL, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Obtención de pectina a partir de la flor de jamaica (*hibiscus sabdariffa*) para su uso como gelificante en los alimentos., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

CRUZ ORRALA LETICIA ZULEMA

0706973963



---

CABADA HERRERA STEFANY ABIGAIL

0706473873

## RESUMEN

La pectina es un aditivo alimentario que, por su funcionalidad, se utiliza en la elaboración de diferentes productos alimenticios y que, principalmente, se obtiene de los cítricos y manzanas. El presente trabajo de titulación tuvo como objeto la extracción de pectina utilizando, como fuente alternativa, a la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). Este proceso se llevó a cabo aplicando 2 métodos de obtención: el concentrado de la flor y la hidrólisis ácida, en los cuales se evaluaron los rendimientos y el poder gelificante respectivo, los que incluyen el peso equivalente (PE), metoxilo (ME), grado de esterificación (GE), ácido galacturónico (AG), humedad (H) y cenizas (CE). Como resultado, se obtuvo un mayor rendimiento de pectina con el método de hidrólisis ácida, siendo este de 38,56 % y el 10 % para el concentrado de la flor. Los resultados del poder gelificante para la pectina obtenida por hidrólisis ácida fueron: (PE) 111,92 mg/meq, (ME) 4,74 %, (GE) 13,02 %, (AG) 35,19 %, (% H) 9,52 % y (% CE) 3,38 %, y para el concentrado de la flor: (PE) 640,23 mg/meq, (ME) 11,88 %, (GE) 68,40 %, AG 35,19 %, (% H) 1,018 % y (% CE) 9,64 %. La pectina que se extrajo de la flor de Jamaica por medio de hidrólisis ácida presentó un mayor rendimiento y se categorizó como «pectina de bajo metoxilo»; la pectina extraída por el concentrado de la flor se categorizó como «pectina de alto metoxilo», esto debido a que el grado de esterificación de la pectina del concentrado de la flor de Jamaica es mayor.

**Palabras claves:** hidrólisis, concentrado, pectina, esterificación, metoxilo.

## ABSTRACT

Pectin is a food additive that, due to its functionality, is used in the production of different food products and is mainly obtained from citrus fruits and apples. The objective of this titration work was the extraction of pectin using, as an alternative source, the Jamaican flower (*Hibiscus sabdariffa*). This process was carried out by applying 2 methods of obtaining: the flower concentrate and acid hydrolysis, in which the yields and the respective gelling power were evaluated, which include the equivalent weight (PE), methoxyl (ME), degree of esterification (GE), galacturonic acid (AG), humidity (H) and ash (CE). As a result, a higher pectin yield was obtained with the acid hydrolysis method, being 38.56% and 10% for the flower concentrate. The results of the gelling power for the pectin obtained by acid hydrolysis were: (PE) 111.92 mg/meq, (ME) 4,74 %, (GE) 13,02 %, (AG) 35,19 %, (% H) 9,52 % and (% EC) 3,38 %, and for the flower concentrate: (PE) 640,23 mg/meq, (ME) 11,88 %, (GE) 68,40 %, AG 35,19 %, (% H) 1,018 % and (% CE) 9,64 %. The pectin that was extracted from the Jamaica flower through acid hydrolysis presented a higher yield and was categorized as «low methoxyl pectin»; The pectin extracted by the flower concentrate was categorized as «high methoxyl pectin», this is because the degree of esterification of the pectin from the Jamaica flower concentrate is higher.

**Keywords:** hydrolysis, concentrate, pectin, esterification, methoxyl.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	7
OBJETIVOS .....	8
Objetivo general .....	8
Objetivos específicos .....	8
1. MARCO TEÓRICO.....	9
1.1 Flor de Jamaica .....	9
1.1.1 Generalidades .....	9
1.1.2 Cultivo de la flor de Jamaica .....	9
1.1.3 Composición fisicoquímica .....	9
1.1.4 Uso de la flor de Jamaica en la industria alimentaria .....	10
1.2 Pectina.....	11
1.2.1 Generalidades de la pectina .....	11
1.2.2 Estructura química.....	11
1.2.3 Aplicaciones de la pectina .....	12
1.2.4 Tipos de pectina .....	14
1.2.5 Propiedades fisicoquímicas de la pectina .....	15
1.2.6 Métodos de extracción de la pectina .....	17
2. METODOLOGÍA .....	19
2.1 Ubicación .....	19
2.2 Materia prima .....	19
2.2.1 Determinación de pH.....	19
2.2.2 Determinación de solidos solubles .....	19
2.2.3 Determinación de acidez .....	19
2.2.4 Determinación del índice de madurez.....	20
2.3 Extracción de la pectina por diferentes métodos de obtención y determinación de su rendimiento .....	20
2.3.1 Hidrólisis ácida.....	20
2.3.2 Concentrado de la flor .....	21
2.3.3 Determinación del rendimiento de pectina obtenida .....	23
2.4 Prueba cualitativa .....	23
2.4.1 Identificación de la pectina.....	23
2.5 Prueba cuantitativa .....	23
2.5.1 Determinación de peso equivalente .....	24
2.5.2 Porcentaje de metoxilo .....	24

2.5.3 Grado de esterificación.....	25
2.5.4 Porcentaje de ácido anhidrido galacturónico .....	25
2.5.5 Determinación de contenido de humedad.....	26
2.5.6 Determinación de cenizas.....	26
2.6 Diseño experimental.....	26
2.7 Diseño estadístico.....	27
2.7.1 Contrastación de hipótesis .....	27
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
3.1 Pruebas cualitativas .....	28
3.2 Pruebas cuantitativas .....	28
3.2.1 Materia prima .....	28
3.2.2 Rendimiento de cada método de extracción de pectina .....	28
3.2.3 Determinación del peso equivalente .....	29
3.2.4 Determinación del porcentaje de metoxilo .....	30
3.2.5 Determinación del grado de esterificación .....	30
3.2.6 Determinación del ácido galacturónico .....	31
3.2.7 Determinación de cenizas.....	32
3.2.8 Determinación de humedad .....	32
3.3 Pruebas estadísticas paramétricas .....	33
3.3.1 Rendimiento pectina de la flor de Jamaica .....	33
3.3.2 Comprobación de hipótesis del peso equivalente para cada tratamiento (CF, HA, PCC).....	33
3.3.3 Comprobación de hipótesis del grado de metoxilo para cada tratamiento (CF, HA, PCC).....	34
3.3.4 Comprobación de hipótesis del grado de esterificación para cada tratamiento (CF, HA, PCC).....	35
3.3.5 Comprobación de hipótesis del ácido galacturónico para cada tratamiento (CF, HA, PCC).....	35
3.3.6 Comprobación de hipótesis de ceniza para cada tratamiento (CF, HA, PCC).....	36
3.3.7 Comprobación de hipótesis de humedad para cada tratamiento (CF, HA, PCC) .....	36
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	38
Referencias bibliográficas .....	40

## Índice de Tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Valor nutricional de la flor de Jamaica .....	10
<b>Tabla 2.</b> Especificaciones fisicoquímicas de la flor de Jamaica.....	10
<b>Tabla 3.</b> Especificaciones oficiales de pureza para pectina comerciales .....	17
<b>Tabla 4.</b> Caracterización de pectina.....	23
<b>Tabla 5.</b> Diseño del rendimiento .....	26
<b>Tabla 6.</b> Diseño del poder gelificante de la pectina extraída y la pectina comercial .....	27
<b>Tabla 7.</b> Identificación de pectina.....	28
<b>Tabla 8.</b> Propiedades de la flor de Jamaica.....	28
<b>Tabla 9.</b> Comparación del rendimiento .....	29
<b>Tabla 10.</b> Comparación del peso equivalente .....	29
<b>Tabla 11.</b> Comparación del porcentaje de metoxilo .....	30
<b>Tabla 12.</b> Grado de esterificación de las pectinas estudiadas.....	31
<b>Tabla 13.</b> Comparación del porcentaje de ácido galacturónico.....	31
<b>Tabla 14.</b> Comparación del porcentaje de ceniza .....	32
<b>Tabla 15.</b> Comparación del porcentaje de humedad .....	32
<b>Tabla 16.</b> ANOVA - Rendimiento.....	33
<b>Tabla 17.</b> ANOVA - Peso equivalente .....	33
<b>Tabla 18.</b> Comparación en parejas de Tukey - Peso equivalente .....	33
<b>Tabla 19.</b> ANOVA - Grado de metoxilo.....	34
<b>Tabla 20.</b> Comparaciones en pareja de Tukey – Grado de metoxilo.....	34
<b>Tabla 21.</b> ANOVA - Grado de esterificación .....	35
<b>Tabla 22.</b> Comparaciones en parejas de Tukey - Grado de esterificación.....	35
<b>Tabla 23.</b> ANOVA - Ácido galacturónico .....	35
<b>Tabla 24.</b> ANOVA - Cenizas.....	36
<b>Tabla 25.</b> Comparaciones en parejas de Tukey - Cenizas .....	36
<b>Tabla 26.</b> ANOVA - Humedad.....	36
<b>Tabla 27.</b> Comparaciones en parejas de Tukey - Humedad .....	37

## Índice de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Estructura molecular básica de la pectina .....	12
<b>Figura 2.</b> Pectinas de bajo grado de metoxilo.....	14
<b>Figura 3.</b> Pectinas de alto grado de metoxilo.....	15
<b>Figura 4.</b> Estructura química del ácido cítrico .....	18
<b>Figura 5.</b> Descripción del método de extracción por hidrólisis ácida a nivel laboratorio .....	21
<b>Figura 6.</b> Descripción del método de extracción por concentrado de la Flor a nivel laboratorio .....	22

## INTRODUCCIÓN

La producción y comercialización de pectina ha ido incrementado con el paso del tiempo. Se calcula que su demanda será aún más. La pectina es conocida como un polisacárido con propiedades alimentarias muy importantes dentro de esta área, la cual se ha impulsado principalmente por los servicios funcionales que aporta a los productos alimenticios, así como a los sectores cosméticos, nutraceúticos y farmacéuticos. Se conoce que la pectina está presente en la pared celular de la gran mayoría de plantas y, por lo general, se extrae de los subproductos como cáscaras de cítricos y manzanas, de los que se obtiene pectina de alto metoxilo. Este polisacárido está principalmente estructurado por ácido galacturónico, la esterificación de metilo es importante para la clasificación de la pectina como alto metoxilo (> 50% grado de esterificación) y pectina de bajo metoxilo (< 50% grado de esterificación) (Villamiel, 2021).

En la industria alimentaria se utiliza un gran número de aditivos permitidos por las legislaciones nacionales e internacionales con fines tecnológicos en el procesamiento de alimentos, de los cuales el polisacárido denominado pectina es un aditivo de amplio uso, el cual se obtiene principalmente de los cítricos y las manzanas (Zegada, 2015). Por otro lado, la flor de Jamaica (*Hibiscus, sabdariffa*) es una planta arbustiva que su cultivo se adapta a las diferentes zonas climáticas del Ecuador y alcanza su madurez comercial entre los 3 y 4 meses de haber sido sembrada; además, su producción es cada semana, durante 6 cosechas consecutivas antes de la senescencia de la planta y, por su contenido de pectina, hace posible su uso para la producción y aplicación como espesante, gelificante o estabilizante en la industria alimentaria (Shruthi *et al.*, 2016). En este sentido, a través del presente trabajo de titulación, se pretende utilizar a la flor de Jamaica como fuente alternativa de obtención de pectina para su uso como espesante y gelificante en alimentos procesados como mermelada, jaleas y compotas, determinando el método de extracción más eficiente para un mayor rendimiento y su poder gelificante.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

- Obtener pectina de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) a partir de dos métodos de extracción para su aplicación como gelificante en la industria alimentaria.

### **Objetivos específicos:**

1. Analizar las propiedades fisicoquímicas de la flor de Jamaica.
2. Evaluar el rendimiento de pectina mediante dos métodos de extracción: hidrólisis ácida y concentrado de la flor de Jamaica.
3. Comparar el poder gelificante de la pectina de la flor de Jamaica, extraída por los dos métodos de aislamiento, con la pectina comercial.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Flor de Jamaica

### 1.1.1 Generalidades

*Hibiscus sabdariffa* es una planta perteneciente a la familia Malvácea que se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales. Esta tolera un amplio rango de condiciones ambientales, particularmente altas temperaturas, crece hasta 2,4 metros, sus inflorescencias consisten en un cáliz con pétalos de color rojo, las cuales se cosechan cuando su tonalidad se torna a un rojo oscuro. Estos cálices suelen ser destinados a la elaboración de vinos, dulces, infusiones, refrescos, colorantes, etc. (Rojas *et al.*, 2023).

### 1.1.2 Cultivo de la flor de Jamaica

Esta planta es originaria de África y se cultiva en regiones tropicales de la India, Tailandia, Panamá, Estados Unidos y México. La producción de esta flor cubre un promedio de 10 000 hectáreas aproximadamente (Galicia *et al.*, 2008).

El cultivo de esta flor en Ecuador es dado en áreas de la parte de la Amazonía, especialmente en provincias como Napo, Morona Santiago y Pastaza, debido a que en esta ubicación las condiciones son adecuadas para su cultivo; es por esta razón que se cultivan aproximadamente 4000 hectáreas de flores de Jamaica, que tienen un cultivo especializado que se facilita con el clima, la ubicación geográfica y el suelo que posee (Cedeño, 2021). La producción de la flor de Jamaica se ha visto mejorada en la región amazónica ya que la temperatura de esta es óptima para su desarrollo y estas se encuentran en un rango de 15 °C a 38 °C, favoreciendo así su producción en la zona (López *et al.*, 2019).

### 1.1.3 Composición fisicoquímica

El cáliz de la Jamaica contiene compuestos bioactivos y actividad antioxidante, se puede encontrar 1,5 % de antocianinas, 15-30 % de ácidos orgánicos, 50 % de polisacáridos mucilaginosos, flavonoides, saponinas, fitoesteroles, pectina y fibra; todos estos componentes muestran una elevada biodisponibilidad, también presentan componentes funcionales como los minerales y vitaminas, por ejemplo, calcio, hierro, magnesio, zinc, vitaminas B1, B2, C, D y E (Fosado *et al.*, 2021).

**Tabla 1.** Valor nutricional de la flor de Jamaica

<b>Valor nutricional por cada 100 g</b>	
Proteínas	0,96 g
Grasas	0,64 g
Carbohidratos	11,3 g
Calcio	215 mg
Hierro	1,48 g
Magnesio	51 mg
Fosforo	37 mg
Potasio	208 mg
Sodio	6 mg
Vitamina C	12 mg
Tiamina	0,011 mg
Riboflavina	0,028 mg
Niacina	0,31 g
Vitamina A	14 µg

(Ayo, 2022)

**Tabla 2.** Especificaciones fisicoquímicas de la flor de Jamaica

<b>Especificación</b>	<b>Límite</b>
Humedad	Máx. 10 a 12 %
Materia Seca	90 %
pH	Máx. 3
Cenizas	Máx. 10 %

(NMX-FF-115-SCFI, 2010)

#### *1.1.4 Uso de la flor de Jamaica en la industria alimentaria*

Los usos en las industrias alimentarias de la flor de Jamaica son variados, estos van desde las infusiones frías o calientes, como también en la elaboración de refrescos, polvos, mermeladas, salsas, vinagres y vinos. Esta flor aporta propiedades nutricionales al tener

un porcentaje importante de fibra dietética y antioxidantes naturales. Estas características hacen posible su utilización en productos alimenticios, como en repostería (Sayágo y Goñi, 2010); por su consistencia, su pigmento se utiliza además para las gelatinas, dulces y refrescos ya que contiene un color rojo intenso (Fosado *et al.*, 2021).

Los cálices frescos o secos se utilizan también como agentes saborizantes en pudines y pasteles. Las semillas se consumen tostadas o molidas en las comidas y las hojas como verdura o condimento, debido a que cuenta con efectos diuréticos, coleréticos e hipotensores que disminuyen la viscosidad de la sangre y estimulan el peristaltismo intestinal. Se usa, así mismo para tratar enfermedades cardíacas y nerviosas (Da Costa *et al.*, 2014).

## **1.2 Pectina**

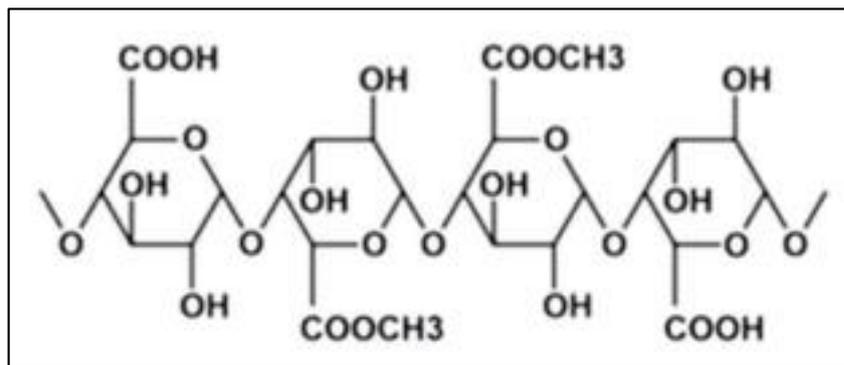
### *1.2.1 Generalidades de la pectina*

La pectina es una sustancia de origen vegetal, se encuentra en plantas específicamente en sus frutos. Esta es un gelificante natural utilizado como espesantes, estabilizantes y gelificantes (Maldonado *et al.*, 2010). Se ubica en la pared primaria y en la lámina media de la pared celular de las plantas, la evaluación o caracterización de la pectina va a depender del porcentaje de esterificación que esta tenga, se conoce que tiene una gelificación rápida, media o lenta. Las propiedades físicas, como tiempo de gelificación y químicas como el contenido de metoxilo, contenido de ácido galacturónico y grado de esterificación en la molécula de pectina, dependerá de la naturaleza de la planta de la que ha sido extraída y de la metodología que se utilizó para su obtención (López *et al.*, 2015).

### *1.2.2 Estructura química*

La pectina es un heteropolisacárido que está constituida por un tercio de la pared celular de las plantas. La cadena se compone de anillos de ácido D-galacturónico ( $C_6H_{10}O_7$ ) que tiene una variación de 100 hasta 1000 en su cadena. Cada anillo posee un grupo carboxilo (-COOH) que puede estar esterificado con metanol, produciendo ésteres metílicos (-COOCH<sub>3</sub>) o también pueden quedar neutralizados por una base (Almedia *et al.*, 2019).

**Figura 1.** Estructura molecular básica de la pectina



(Almedia *et al.*, 2019)

La estructura primaria de la pectina es la secuencia de monómeros de ácido galacturónico ( $\alpha$ -1,4) y ramnosa ( $\alpha$ -1,2) que se encuentran unidos covalentemente y siguen un patrón repetitivo simple. La estructura es de gran importancia debido a que muchas propiedades de las soluciones de polímeros dependen exclusivamente de la estructura en forma de cuerda de las macromoléculas y de sus interacciones entre sí (Assenza y Mezzenga, 2019). Las propiedades tales como el pH, temperatura, fuerza iónica, la presencia de iones divalentes y las propiedades de la propia molécula de pectina, como la estructura de la columna vertebral, la estructura de la cadena lateral y las variaciones en la densidad lineal, determinan la conformación de las cadenas de pectina en solución. Por otra parte, la estructura secundaria está definida por la estructura intermolecular, regular y espacial (Zdunek *et al.*, 2021).

### 1.2.3 Aplicaciones de la pectina

#### 1.2.3.1 Uso en las industrias alimentarias

La pectina se utiliza como aditivo alimentario debido a sus propiedades espesantes y gelificantes. Estos polisacáridos péptidos permiten que la viscosidad aumente, es por la acción de esta que tiene gran aplicabilidad en la producción de jaleas y dulces. También funcionan como coloides estabilizadores y protectores en alimentos y bebidas (Bettanin *et al.*, 2020).

La pectina forma hidrogeles que se usan ampliamente en alimentos hidratados y viscosos. Su uso es amplio en productos como las mermeladas, los postres y los productos lácteos; por esta razón, las propiedades gelificantes son muy reconocidas y como agente estabilizador en dispersiones coloidales, estas varían entre emulsiones, alimentos

fortificados con antioxidantes (Polesca *et al.*, 2021). El uso de pectina como agente emulsionante se ve favorecido por las características moleculares como lo es la porción de proteína, grupo acetilo, posición de acetilación, contenido de ácido ferúlico, grado de esterificación, cadena lateral de azúcar neutra y peso molecular promedio y condiciones ambientales, por ejemplo, concentración de pectina y pH de la solución (Polesca *et al.*, 2021).

### *1.2.3.2 Pectina en la industria farmacéutica y biomédica*

Las pectinas utilizadas en esta industria son más las que han sido modificadas (MP) debido a que tiene más residuos de galactósido que el xilano y la arabina. Esta presenta bioactividades más grandes y aplicaciones más amplias que las nativas; juega un papel como nutracéutico o farmacéutico en la terapia del cáncer. Debido a su capacidad para proteger el sistema inmunológico, regular las mutaciones en los genes, promover el crecimiento de probióticos e inhibir el desarrollo de tumores. Entre sus numerosas bioactividades farmacéuticas se incluye la cicatrización de heridas, la inducción de la muerte celular cancerosas humanas, la anti-metástasis, la úlcera, la obesidad, los efectos anticoagulantes y reductores del colesterol y la inhibición de la lipasa (en ensayos clínicos con lipasa pancreática porcina) (Polesca *et al.*, 2021). La pectina tiene efectos prometedores para la salud. Por esta razón, se explora e indaga su uso para la administración de fármacos, genes, cicatrización de heridas, la reducción del colesterol, ingeniería de tejidos, la fabricación de membranas utilizadas en el desarrollo de lentes de contacto, córneas artificiales, actividades anticancerígenas. Los beneficios para la salud de este polisacárido provienen de su composición y la presencia de dominios estructurales específicos que tienen propiedades bioactivas. En cuanto a los mecanismos antitumorales, se asocian con su actividad probiótica, mejora inmunológica, inhibición del crecimiento tumoral y potencial anti mutagénico. Por la capacidad de la pectina para formar geles en medios ácidos, existe una mejora en el tiempo de contacto de los medicamentos para la obesidad y los tratamientos oculares. La capacidad de los geles para hincharse en condiciones ácidas puede beneficiar los tratamientos para la reducción de peso y la obesidad (Polesca *et al.*, 2021).

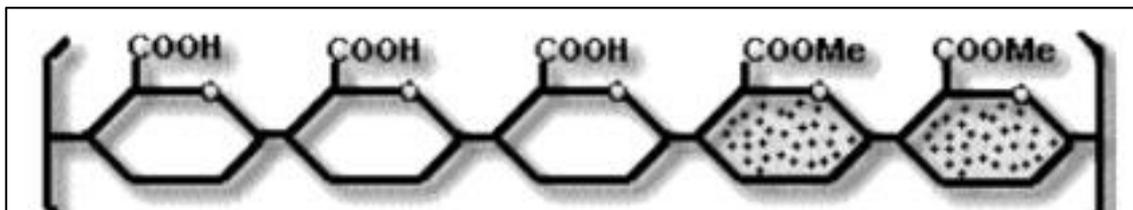
### 1.2.4 Tipos de pectina

La pectina se clasifica por su grado de esterificación, en pectina de alto contenido de metoxilo donde su grado de esterificación  $\geq 50$  %, y de bajo contenido de metoxilo cuando su grado de esterificación es  $< 50$  % (Merino y Athanassiou, 2022).

#### 1.2.4.1 Bajo metoxilo

Se conoce así cuando menos de la mitad del grupo carboxilo están esterificados. Los grupos hidroxilo están esterificados con metanol. Son especiales ya que pueden formar geles insolubles en presencia de cationes divalentes (Merino y Athanassiou, 2022). La formación del gel se da en enlaces de cationes con moléculas de pectina que van formando una red tridimensional con los grupos carboxilos. Las condiciones para obtener el gel son con un valor de pH de 1 a 7. El pH no tendrá influencia en la textura del gel ni los sólidos solubles que fluctúan entre 0 y 80 %, pero la presencia de calcio, entre 40 a 100 mg, es el factor más importante para la formación de gel (Cabarcas *et al.*, 2012).

**Figura 2.** Pectinas de bajo grado de metoxilo

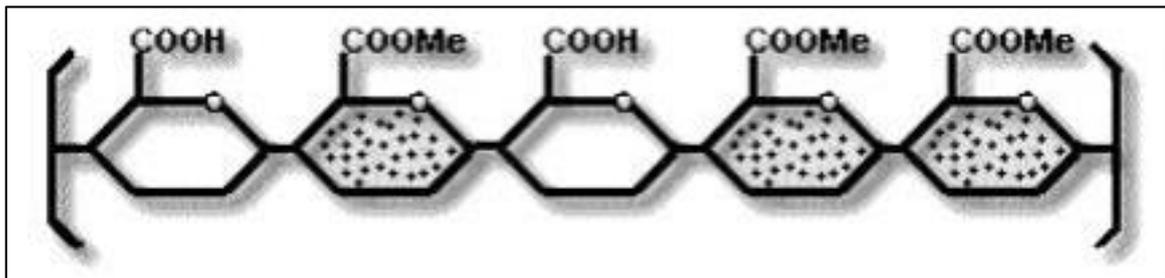


(Cabarcas *et al.*, 2012)

#### 1.2.4.2 Alto metoxilo

Se conocen de alto grado de metoxilo cuando la mitad o más de los grupos carboxilos están esterificados, además esta es completamente soluble. Aquí el grado de esterificación influye en sus propiedades debido a que, si este grado es mayor, mayor debe ser la temperatura de gelificación (Faria *et al.*, 2017). Los grupos carboxilos del ácido galacturónico del polímero se encuentran esterificado con metanol. Las condiciones para formar geles de alto grado de metoxilo son: pH entre 2,8 y 3,5, sólidos solubles entre 60 y 70 % (Cabarcas *et al.*, 2012).

**Figura 3.** Pectinas de alto grado de metoxilo



(Cabarcas *et al.*, 2012)

### 1.2.5 Propiedades fisicoquímicas de la pectina

#### 1.2.5.1 Poder gelificante

La pectina se caracteriza por su poder gelificante, es decir que tiene la capacidad de formar geles dependiendo de la molécula pectina o ácido galacturónico del cual se encuentra estructurado y de su grado de metilación. Aquellas pectinas que están diluidas en agua pueden precipitar con solventes como el alcohol o acetonas (López *et al.*, 2022).

#### 1.2.5.2 Grado de gelificación

La capacidad de formar geles se define con el número de gramos de azúcar, es decir, cuántos gramos de pectina pueden gelificar cierta cantidad en gramos de azúcar formando un gel de firmeza estándar. Esto también con condiciones controladas de acidez y sólidos solubles, puesto que los gramos de azúcar requeridos para que se forme el gel son representados como grados SAG (Santillán, 2019).

#### 1.2.5.3 Contenido de metoxilos

Se refiere al proceso de conversión o esterificación de los grupos carboxilos de la pectina por radicales metilos, lo cual es importante ya que se determinará si la pectina es de alto o bajo grado (López *et al.*, 2022). El porcentaje de metoxilación ( $-\text{OCH}_3$ ) es el encargado de las características gelificantes que tendrá la pectina y condiciones adecuadas para su uso (Santillán, 2019).

#### 1.2.5.4 Grado de esterificación

Con el grado de esterificación se demostrará la capacidad de gelificación de la pectina. Es por esto que se tiene una clasificación en el porcentaje del grado de esterificación; si este varía entre 60 y 67 % se tratará de una «gelificación lenta»; valores entre 68 y 70 %, »

«gelificación media» y con un porcentaje de esterificación entre 71 y 76 %, se conoce como «gelificación rápida» (López *et al.*, 2015).

#### *1.2.5.5 Ácido galacturónico*

El ácido galacturónico es la unidad estructural de las sustancias pécticas. En la pectina, se encuentra acompañado de azúcares neutros y estos forman parte de la cadena de pectina y las impurezas como minerales y pigmentos que no son componentes de la pectina y dificultan la formación del gel. El ácido galacturónico es estable en la pectina es decir que es resistente a cualquier método de extracción de pectina; sin embargo, otros carbohidratos sufren hidrólisis parcial en medio del proceso debido a la acción del ácido a altas temperaturas, sufren desmetoxilación de la cadena del ácido galacturónico ocasionando que aumente el tiempo de gelificación de la pectina (Paredes *et al.*, 2015).

#### *1.2.5.6 Viscosidad*

La viscosidad que se obtendrá de la pectina va a depender del tamaño de la molécula a la que se vaya a analizar así mismo la conformación y temperatura. El peso molecular es una de las características con mayor influencia en la viscosidad, ya que, si es mayor, la viscosidad va a aumentar (López *et al.*, 2022). Por otro lado, si la temperatura es mayor la viscosidad tiende a disminuir, ya que aumenta la energía térmica de las moléculas y las distancias intermoleculares aumentan debido a la expansión térmica (Guilherme *et al.*, 2009).

#### *1.2.5.7 Peso molecular*

El peso molecular es una característica importante que se relaciona con la longitud de la cadena y de la cual depende la viscosidad de sus diluciones (López *et al.*, 2022). El peso molecular también determina características como la fuerza del gel y la habilidad de gelificarse, la molécula de pectina tiene variado peso molecular y esto depende de la materia prima utilizada (Chasquibol *et al.*, 2008).

#### *1.2.5.8 Solubilidad en agua*

La solubilidad en agua que tiene la pectina depende de la temperatura a la que se somete el agua y así mismo al pH, por otra parte, también depende del grado de esterificación o metoxilación con la que cuenta la pectina extraída (Matta y Bertola, 2019). Rendón *et al.* (2020) indica que en una prueba de solubilidad de agua de la pectina lo ideal es tener un

pH de 2,9 y a una temperatura de 25 °C, esto para que se presente facilidad en la solubilidad.

#### 1.2.5.9 Acidez

Las pectinas en su estado natural son neutras, pero se tornan ácidas en soluciones dependiendo del medio y grado de esterificación, el pH en las soluciones de pectina se encuentra en un rango de 2,8 - 3,4 (Matute, 2019).

**Tabla 3.** Especificaciones oficiales de pureza para pectina comerciales

<b>Características</b>	<b>FAO (1978)</b>	<b>FCC (1981)</b>	<b>NTP 209.710:2014</b>	<b>USP</b>
Humedad	Máx. 12 %	Máx. 12 %	Máx. 10 %	Máx. 10 %
Cenizas	-	Máx. 10 %	Máx. 4,0%	-
Peso equivalente	-	-	Mín. 1000 (mg/mEq)	-
Metoxilos	-	-	Mín. 7,0 %	Mín. 6,7 %
Grado de esterificación de alto metoxilo	-	Mín. 50 %	Mín. 50 %	-
Grado de esterificación de bajo metoxilo	-	Máx. 50 %	Máx. 50 %	-
Ácido galacturónico	Mín. 65 %	Mín. 70 %	Mín. 78 %	Mín. 74 %

(Santillán, 2019; López, 2013)

#### 1.2.6 Métodos de extracción de la pectina

##### 1.2.6.1 Hidrólisis ácida

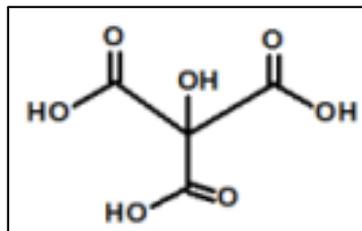
El método de hidrólisis ácida es el más común en la extracción de pectina correspondiente a diversos estudios donde se confirma que el rendimiento de pectina por este método es mayor en comparación con otros métodos y manteniendo sus características moleculares. Los tratamientos que se dan en este método tienen variables importantes de operación

tales como el pH, tipo de ácido, temperatura y proporción de solvente que influyen directamente en el rendimiento de la extracción (Rodríguez, 2020). El objetivo de la hidrólisis ácida es eliminar los iones de calcio, debido a que estos muestran un efecto negativo en el rendimiento del proceso (López *et al.*, 2015). Además, en este método se debe controlar el pH y el tiempo, adicionalmente se conoce que se debe trabajar con ácidos diluidos en vez de concentrados debido al peligro y costo al utilizar los distintos ácidos (Indulekha *et al.*, 2017). Al realizar método de extracción por hidrólisis ácida se recomienda que debe realizarse bajo condiciones controladas, por ejemplo, usar ácido débil (cítrico o málico), trabajar bajo temperaturas controladas menores que 100 °C y durante un tiempo cercano a 120 minutos, esto para evitar que se desnaturalice la pectina y así obtener resultados desfavorables (Rodríguez, 2020).

#### 1.2.6.2 Ácido cítrico

El ácido cítrico es un ácido carboxílico que generalmente se encuentra de forma anhidra como polvo cristalino blanco, se presenta en forma natural en los tejidos vegetales o animales y también sintetizado por laboratorios. Es utilizado ampliamente en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, entre otros (Muñoz *et al.*, 2014).

**Figura 4.** Estructura química del ácido cítrico



(Muñoz *et al.*, 2014)

#### 1.2.6.3 Concentrado de flor

Este método se deriva directamente de la obtención del extracto acuoso. Esto dependerá de la materia prima de donde se vaya a extraer la pectina debido a que, en primera instancia, es necesario establecer las condiciones antes de la extracción de la pectina, así, una vez analizadas las condiciones, se procede a realizar la extracción acuosa que va seguida de la precipitación con etanol. El objetivo del etanol es recuperar la pectina, purificarla y separar residuos mediante el precipitado (Mejía, 1998).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Ubicación

Los análisis cuantitativos y cualitativos de la parte práctica del presente trabajo de titulación se llevaron a cabo en los laboratorios de investigación de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Técnica de Machala con sede en la provincia de El Oro, Ecuador.

### 2.2 Materia prima

El cáliz de la flor de Jamaica que se utilizó para la extracción de la pectina se obtuvo del mercado central de la ciudad de Machala conocido como «La Granja», por medio de proveedores mayoritarios. Se tomaron muestras del extracto del cáliz para determinar las propiedades fisicoquímicas, específicamente el pH, grados Brix y porcentaje de acidez.

#### 2.2.1 Determinación de pH

Se determinó el pH por medio de la AOAC 981.12 (2012) de la flor de Jamaica utilizando un potenciómetro (Apera Instruments, Columbus, Estados Unidos), para esto se colocó 10 ml de extracto de la flor de Jamaica en un vaso de precipitación de 50 ml, y se sumergió el electrodo del potenciómetro hasta alcanzar un pH constante.

#### 2.2.2 Determinación de sólidos solubles

La concentración de sólidos solubles de la materia prima se midió mediante la AOAC 932.12 (2013) empleando un refractómetro brix ATC, donde se aplicó 1 ml del extracto de la flor de Jamaica sobre el prisma del instrumento y se tomó el valor de la lectura.

#### 2.2.3 Determinación de acidez

La acidez se la determinó por medio de titulación, empleando la AOAC 942.15 (2005) colocando 5 g de muestra en 50 ml de agua destilada en un matraz de 200 ml, se añadió a la solución 2 gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH al 0,1 N hasta evidenciar el viraje de color (Barreto *et al.*, 2017). El resultado se calculó por medio de la siguiente ecuación para ácido cítrico:

$$\% Ac = \frac{ml\ de\ NaOH \times N \times mEq}{Peso\ de\ muestra} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

**N:** Normalidad

**mEq:** miliequivalente del ácido cítrico (0,064 g)

**ml de NaOH:** volumen gastado de NaOH

#### 2.2.4 Determinación del índice de madurez

El índice de madurez de la flor de Jamaica que se utilizó para la extracción de pectina se calculó mediante la relación entre la cantidad de sólidos solubles y acidez (NTP 011.023, 2014).

$$\text{Índice de Madurez (IM)} = \frac{\text{Sólidos solubles}}{\% \text{ Acidez}} \quad (2)$$

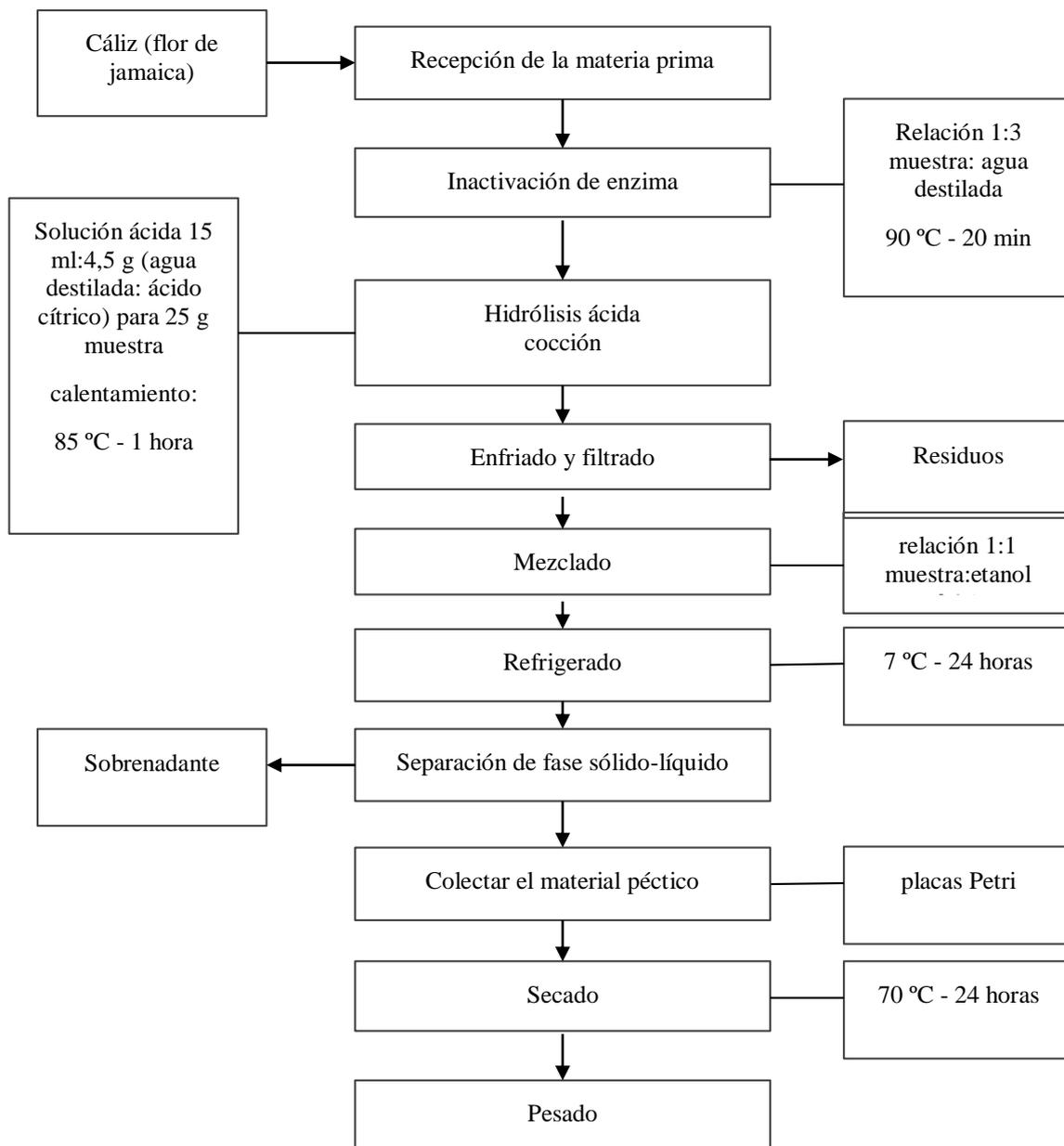
### 2.3 Extracción de la pectina por diferentes métodos de obtención y determinación de su rendimiento

#### 2.3.1 Hidrólisis ácida

Para la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida se utilizó ácido cítrico. El procedimiento usado consistió en: preparar 10 muestras de 25 g de flor de Jamaica sin semilla previamente lavadas para cada tratamiento. Estas muestras se calentaron en vasos de precipitación con agua destilada en una relación de 1:3 a 85 °C durante 20 minutos para inactivar la enzima pectinesterasa que degrada la pectina. Luego de la inactivación de la enzima, se realizó la hidrólisis ácida adicionando a cada tratamiento una solución ácida que corresponde a 15 ml de agua destilada y 4,5 g de ácido cítrico para 25 gramos de muestra y se calentó con agitación a una temperatura de 90 °C durante 1 hora, para su concentración. Después de este proceso se dejó enfriar las muestras a temperatura ambiente 25 °C y se filtraron través de un lienzo. Seguidamente se midió el volumen del extracto de cada tratamiento y se mezcló con etanol 96 % en una relación de 1:1, para precipitar el material péctico. Posteriormente se refrigeró la dilución por 24 horas a una temperatura de 7 °C para la precipitación total del material péctico. Luego se realizó la separación de fases sólido-líquido que es un proceso físico que permitió separar los sólidos contenidos en el medio de consistencia líquida, el cual se colectó el sedimento péctico de cada tratamiento que se ha separado en placas petris y se llevó a una estufa universal (Memmert, Fisher Scientific, Madrid, España) para secar a una temperatura de

70 °C durante 24 horas. Finalmente, se retiró las muestras secas y se pesó para determinar su rendimiento.

**Figura 5.** Descripción del método de extracción por hidrólisis ácida a nivel laboratorio

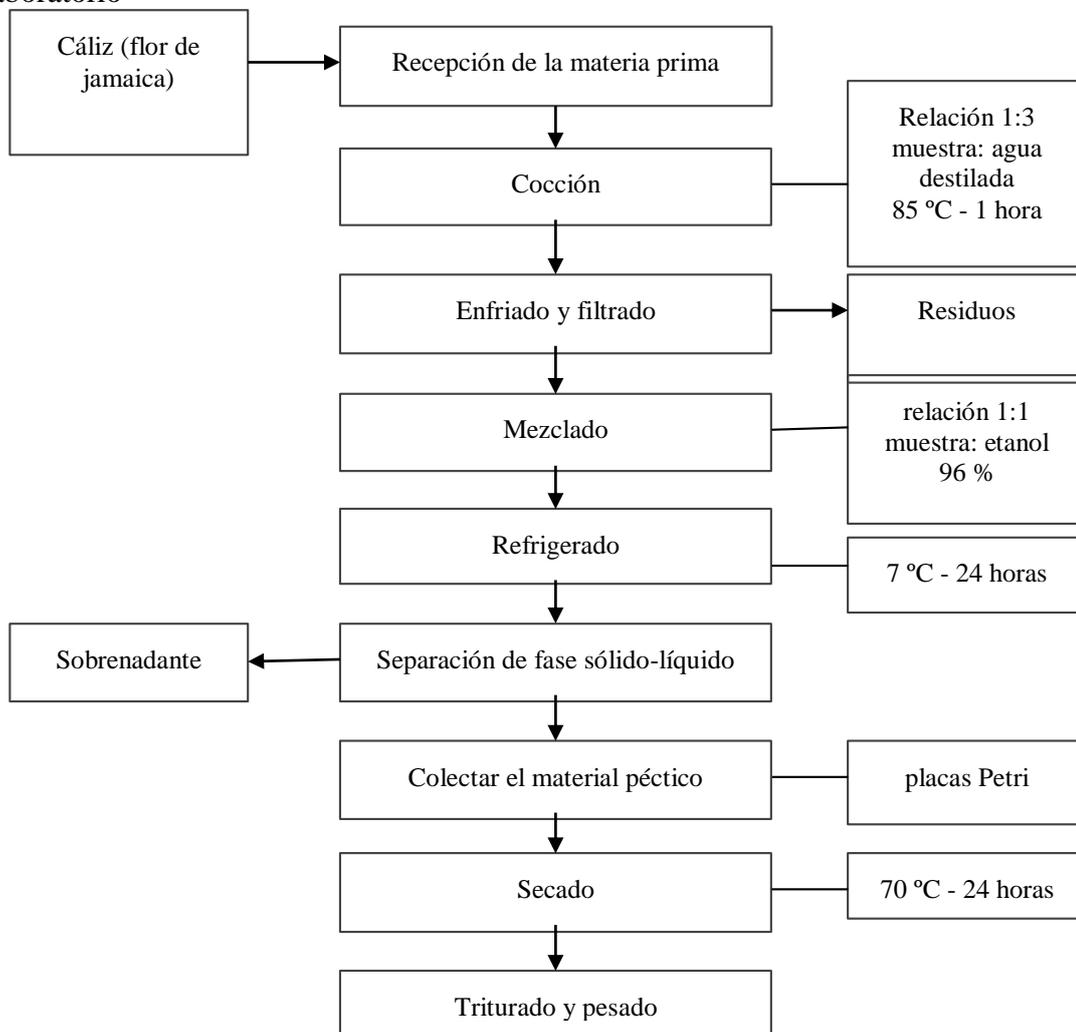


### 2.3.2 Concentrado de la flor

Para la extracción del material péctico de la flor de Jamaica, se utilizó el método de los concentrados del cáliz (Almeida *et al.*, 2019). El procedimiento usado consistió en: preparar 10 muestras de 25 g de flor de Jamaica sin semilla previamente lavadas para cada tratamiento, se trituraron en un triturador eléctrico y se mezcló con agua destilada en una relación 1:3 en vasos de precipitación. A continuación, se calentó con agitación

en una estufa a una temperatura de 90 °C durante 1 hora para su concentración. Después de este proceso se dejó enfriar las muestras a temperatura ambiente 25 °C y se filtraron través de un lienzo. Seguidamente se midió el volumen del extracto de cada tratamiento y se mezcló con etanol 96 % en una relación de 1:1, para precipitar el material péctico. Posteriormente se refrigeró la dilución por 24 horas a una temperatura de 7 °C para la precipitación total del material péctico. Luego se realizó la separación de fases sólido-líquido que es un proceso físico que permitió separar los sólidos contenidos en el medio de consistencia líquida, el cual se colectó el sedimento péctico de cada tratamiento que se ha separado en placas petris y se llevó a una estufa universal (Memmert, Fisher Scientific, Madrid, España) para para secar a una temperatura de 70 °C durante 24 horas. Finalmente, se retiró las muestras secas se trituro y se pesó para determinar su rendimiento.

**Figura 6.** Descripción del método de extracción por concentrado de la Flor a nivel laboratorio



### 2.3.3 Determinación del rendimiento de pectina obtenida

Se determinó el rendimiento de pectina que se obtuvo a partir de la flor de Jamaica de los dos métodos de extracción que se utilizó en esta investigación, tanto para hidrólisis ácida y el concentrado de la flor, cuyos resultados se compararon entre sí para señalar el método más eficaz para este proceso. Los datos que se obtuvieron se reemplazaron en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso de pectina (g)}}{\text{peso del cáliz sin semilla (g)}} \times 100 \% \quad (3)$$

## 2.4 Prueba cualitativa

### 2.4.1 Identificación de la pectina

Se realizaron pruebas cualitativas para identificar la existencia de pectina en la flor de Jamaica, lo cual consistió en tomar muestras de la flor de Jamaica antes del proceso de extracción, a continuación: Se pesó la muestra y se mezcló con agua destilada en una relación 1:6, se procedió a hervir durante 1 hora, luego de este proceso se filtró, se enfrió a temperatura ambiente y se colocó 1 ml de líquido obtenido en 3 tubos de ensayo respectivamente, donde en el primer tubo de ensayo con la muestra se colocó 1 ml de hidróxido de sodio 3 N y como resultado positivo este debe formar un precipitado amarillo, en el segundo se agregó 1 ml de etanol y en el tercer tubo 1 ml de cetona, en ambos deberá existir formación de gel para que se confirme la presencia de pectina (Matute, 2019).

## 2.5 Prueba cuantitativa

Se realizaron análisis cuantitativos de peso equivalente, porcentaje de metoxilo, porcentaje de esterificación, determinación de humedad y ceniza a las distintas muestras de pectina obtenidas con una repetición de 5 veces cada análisis respectivamente, con el fin de determinar la pureza y el tipo de pectina que es y finalmente comparar los resultados entre sí y con una pectina comercial.

**Tabla 4.** Caracterización de pectina

Variable	Tipo de análisis	Metodología
Porcentaje de rendimiento (%)	Físico	Gravimetría

<b>Peso equivalente (mg/mEq)</b>	Químico	Titulación con NaOH, 0,1 N
<b>Porcentaje de metoxilo (%)</b>	Químico	Titulación con NaOH, 0,1 N
<b>Grado de Esterificación (%)</b>	Físico	Titulación con NaOH, 0,1 N
<b>Porcentaje de ácido galacturónico (%)</b>	Físico	Titulación con NaOH, 0,1 N
<b>Cenizas (%)</b>	Bromatológico	Calcinación a 600 °C durante 24 h
<b>Humedad</b>	Bromatológico	Fórmula
<b>Tabla 4.</b> (Continuación)		

### 2.5.1 Determinación de peso equivalente

El peso equivalente de la pectina se determinó colocando 500 mg de muestra pectica en un matraz de 250 ml y se humedeció con 5 ml de etanol, luego se adicionó 100 ml de agua destilada y se agitó hasta eliminar grumos, se agregó 6 gotas de indicador fenolftaleína y luego tituló con hidróxido de sodio (NaOH) a 0,1 N, esto se calculó relacionando el peso de la muestra (mg) y los miliequivalentes de NaOH gastados en la titulación (Mendoza *et al.*, 2017; Owens *et al.*, 1952). Aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Peso equivalente (Pe)} = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{mEq A NaOH}} \quad (4)$$

Donde:

**mEq A (NaOH):** mEq de NaOH utilizados en la titulación

**Componente ácido:** mg de pectina

### 2.5.2 Porcentaje de metoxilo

El porcentaje de metoxilo se estableció agregando 25 ml de hidróxido de sodio (NaOH), 0,25 N a la solución neutra y se dejó reposar durante 30 minutos a una temperatura ambiente, luego se añadió 25 ml de ácido clorhídrico (HCl) 0,25 N y se tituló a 0,1 N de NaOH (Bagde *et al.*, 2017).

Como señala *Mendoza et al.* (2017) para la determinación del porcentaje de metoxilo se esperó a que se realice el viraje de color y se lo calculó mediante esta ecuación:

$$\% \text{ Metoxilo } (Me) = \frac{mEq B \times 31 \times 100}{mg \text{ componente ácido}} \quad (5)$$

Donde:

**mEq B:** miliequivalente de NaOH utilizados en la titulación

**31:** Peso molecular del metoxilo (CH<sub>3</sub>O) en mg/mEq

**Componente ácido:** peso de la muestra.

### 2.5.3 Grado de esterificación

El grado de esterificación se calculó mediante la relación de los mEq B gastados en la titulación de determinación del porcentaje de metoxilación y la suma de total de los mEq A gastados en la titulación de determinación del peso equivalente y mEq B (*Mendoza et al.*, 2017). Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grado de esterificación } (Ge) = \frac{mEq}{mEq A + mEq B} \quad (6)$$

Donde:

**mEq A:** miliequivalentes utilizados en la primera titulación NaOH, 0,1 N

**mEq B:** miliequivalentes utilizados de NaOH, 0,1 N en la segunda titulación para el porcentaje de metoxilo.

### 2.5.4 Porcentaje de ácido anhídrido galacturónico

Este porcentaje nos indica el grado de pureza de la sustancia péptica, ya que la pectina es un polisacárido que contiene varios azúcares aparte del ácido D-galacturónico tales como arabinosa, glucosa y ramnosa (*Mendoza et al.*, 2017). Se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$\% AAG = \frac{176 \times 100 - (mEq A + mEq B)}{mg \text{ componente ácido}} \quad (7)$$

Donde:

**176:** Peso molecular del ácido anhídrido galacturónico (mg/mEq)

**mEq A:** miliequivalentes utilizados en la primera titulación con NaOH, 0,1 N

**mEq B:** miliequivalentes utilizados de NaOH 0,1 N en la segunda titulación.

**Componente ácido:** peso de la muestra (mg)

### 2.5.5 Determinación de contenido de humedad

El contenido de humedad se determinó pesando 2 g de muestra, y se colocó en un crisol y se llevó a un horno durante 2 hora a una temperatura de 130 °C, se dejó enfriar en un desecador y se pesó el contenido (Bagde *et al.*, 2017). El contenido de humedad se calculó por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso del residuo (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad (8)$$

### 2.5.6 Determinación de cenizas

Se determinó el porcentaje de ceniza colocando las muestras de pectina en un crisol y se tomó los pesos del crisol vacío (W1) y de la muestra (W), se carbonizó en la mufla a 600 °C hasta obtener cenizas, se sacó los crisoles y se los colocó en un desecador por 30 min, luego se pesaron los crisoles más ceniza y se registró como W2 (Khamsucharit *et al.*, 2018). Se calculó el contenido de cenizas por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{W2 - W1}{W} \times 100 \quad (9)$$

## 2.6 Diseño experimental

Se estableció un diseño experimental de un solo factor con 2 niveles y 10 repeticiones cada uno para la comprobación de hipótesis mediante el análisis de varianza (ANOVA) respecto al rendimiento de las pectinas aisladas en este estudio. Se estableció un diseño experimental de un solo factor con 3 niveles y 5 repeticiones cada uno para la comprobación de hipótesis mediante el ANOVA respecto al poder gelificante de las pectinas extraídas y la pectina comercial. Los tratamientos de estudios se muestran de la siguiente manera:

**T1:** Pectina extraída mediante el Concentrado de la flor

**T2:** Pectina extraída mediante Hidrólisis ácida

**T3:** Pectina comercial para comparar

**Tabla 5.** Diseño del rendimiento

Tratamientos	Repeticiones
T1	n = 10
T2	n = 10

**Tabla 6.** Diseño del poder gelificante de la pectina extraída y la pectina comercial

N.º	% Metoxilo	% G. Esterificación	%Ácido Galacturónico	Peso equivalente	% Humedad	% Cenizas
T1	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5
T2	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5
T3	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5

## 2.7 Diseño estadístico

### 2.7.1 Contrastación de hipótesis

**Hipótesis nula (Ho):** No existen diferencia significativa ( $p \geq 0,05$ ) en el rendimiento de pectina de la flor de Jamaica entre los dos métodos de aislamiento estudiados.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

**Hipótesis alternativa (H1):** Existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el rendimiento de pectina de la flor de Jamaica entre los dos métodos de aislamiento estudiados.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

**Hipótesis nula (Ho):** No existen diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) en el poder de gelificación de la pectina de la flor de Jamaica entre los dos métodos de aislamiento estudiados y la pectina cítrica comercial.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

**Hipótesis nula (Ho):** Existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el poder de gelificación de la pectina de la flor de Jamaica entre los dos métodos de aislamiento estudiados y la pectina cítrica comercial.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Pruebas cualitativas

En la prueba cualitativa que se realizó para la identificación de pectina en la flor de Jamaica, se confirmó que existe pectina en esta materia prima. Se pueden observar los resultados en la tabla 7.

**Tabla 7.** Identificación de pectina

<b>Prueba cualitativa</b>	<b>Resultado</b>
Cetona	Formación de gel
Alcohol	Formación de gel
Hidróxido de sodio, 3 N	Precipitado amarillo

#### 3.2 Pruebas cuantitativas

##### 3.2.1 Materia prima

Se analizó a la materia prima que se utilizó para la extracción de pectina, la cual se caracterizó y se midieron 6 brix, 2,9 de pH, un valor de acidez de 2,1248 % expresada en ácido cítrico y de esta manera se indicó un índice de madurez de 2,82.

**Tabla 8.** Propiedades de la flor de Jamaica

<b>Propiedades de la flor de Jamaica</b>	
Brix	6 %
pH	2,9
Acidez	2,1248 % (ácido cítrico)
Índice de madurez	2,82

##### 3.2.2 Rendimiento de cada método de extracción de pectina

El rendimiento de pectina de la materia prima (FJ) que se obtuvo de los dos diferentes métodos fue del 10 % para pectina extraída por medio del método concentrado de la flor (CF) y 38,56 % por medio de hidrólisis ácida (HA) utilizando temperatura de 90 °C a 60 minutos para ambos tratamientos, observándose que el mayor rendimiento obtenido es

utilizando ácido cítrico para su extracción, tal como lo menciona López *et al.* (2015) que la función de la hidrólisis ácida es eliminar principalmente a los iones de calcio, los cuales no favorecen en el rendimiento; resultados similares obtuvo Esparza *et al.* (2019) con un rendimiento de 10,48 % de pectina de la flor de Jamaica obtenida por decocción durante 12 minutos y con adición ácido cítrico. Según Bone *et al.* (2022) señaló en su estudio de extracción de pectina a partir del cacao por medio de hidrólisis ácida que obtuvo un rendimiento de 6,57 %, a condiciones de temperatura de 90 °C y tiempo de 60 minutos, por otro lado (Charchalac, 2008) indica que en cuanto al tiempo en su estudio de pectina de maracuyá obtuvo un mayor rendimiento a 120 minutos que a 90 minutos, siendo este de 21,25 %.

**Tabla 9.** Comparación del rendimiento

<b>Comparación del rendimiento</b>	
Concentrado de la flor	10 %
Hidrólisis ácida	38,56 %

### 3.2.3 Determinación del peso equivalente

El peso equivalente de las muestras de pectina fueron 640,23 mg/meq, 111,92 mg/meq y 478,95 mg/meq para (CF), (HA) y (PCC) respectivamente, resultando que la pectina por medio de hidrólisis ácida tiene menor peso equivalente. El valor del peso equivalente, según la tabla 3 de especificaciones oficiales de la pureza de la pectina, indican que debe tener un valor mínimo de 1000 mg/meq. Santillán (2019) reportó en su estudio que la pectina obtenida a partir de albedo de naranja tiene un peso equivalente de 920,33 mg/meq, valores por debajo de lo establecido; sin embargo, el estudio de Matute (2019), demuestra que la pectina de cascarilla de cacao cumple con las especificaciones con un valor de peso equivalente de 2506,2 mg/meq, pectinas obtenidas por hidrólisis ácidas.

**Tabla 10.** Comparación del peso equivalente

<b>Peso equivalente</b>	
Concentrado de la flor	640,23 mg/meq
Hidrólisis ácida	111,92 mg/meq
Pectina cítrica comercial	478,95 mg/meq

### 3.2.4 Determinación del porcentaje de metoxilo

Se calculó que los porcentajes de metoxilo fueron de 11,89 %, 4,74 % y 6,78 % para (CF), (HA) y (PCC) respectivamente. Se puede evidenciar que el porcentaje de metoxilo es mayor en la pectina por (CF); sin embargo, estas pectinas se deben considerar de bajo y alto metoxilo, según su grado de esterificación. En la obtención de pectina por hidrólisis ácida de la cáscara de jaca realizada por Mejía (2019), señala que el porcentaje de metoxilo es de 12,24 % clasificándose como de alto metoxilo, teniendo en cuenta que el tiempo de extracción que se utilizó fue de 40 minutos. Bone *et al.* (2022), presenta en su estudio que el porcentaje de metoxilo que obtuvo de la pectina de cacao por hidrólisis ácida a las mismas condiciones de tiempo y temperatura de nuestro estudio fue de 10,75 %. Se puede observar que en la investigación de Santillán (2019) categorizan el porcentaje de metoxilo como alto y bajo, indicando que mayor que 9 % se trata de pectinas de alto metoxilo; sin embargo, en el estudio de Zegada (2015) tiene como resultado 8,4 % de metoxilo de pectina obtenida a partir de cáscaras de naranja, lo cual la clasifica como alto metoxilo debido a alto grado de esterificación que es de 62,7 %.

**Tabla 11.** Comparación del porcentaje de metoxilo

Grado de metoxilo	
Concentrado de la flor	11,89 %
Hidrólisis ácida	4,74 %
Pectina cítrica comercial	6,78 %

### 3.2.5 Determinación del grado de esterificación

Se obtuvo como resultado un grado de esterificación de 68,40 %, 13,02 % y 58,26 % para (CF), (HA) y (PCC), respectivamente, observándose que la pectina por concentrado de la flor y la pectina comercial presentan un elevado grado de esterificación, mayor que 50 %, en comparación con la pectina obtenida por hidrólisis ácida que, según en la tabla 3, se indica que las pectinas de alto metoxilo cumplirán con un mínimo de 50 % de grado de esterificación; es decir, que la pectina por concentrado de la flor y la pectina cítrica comercial se categorizan como de alto metoxilo. El grado de esterificación de las pectinas difiere principalmente de su fuente y de las condiciones de extracción, así como Meza *et al.* (2017) muestra en su investigación que el grado de esterificación es de 70,66 % de la pectina de guayaba obtenida por hidrólisis ácida. Por otro lado, Ávila *et al.* (2020), nos

señala que usando como fuente de extracción a la cáscara de piña se obtiene pectina con un porcentaje de esterificación de 45,32 % categorizándola como de bajo metoxilo. Según Vera (2020) la pectina que obtuvo a partir de cáscaras de pitahaya es de bajo metoxilo, pese a que su grado de esterificación es de 68,36 %.

**Tabla 12.** Grado de esterificación de las pectinas

<b>Grado de esterificación</b>	
Concentrado de la flor	68,40 %
Hidrólisis ácida	13,02 %
Pectina cítrica comercial	58,26 %

### 3.2.6 Determinación del ácido galacturónico

Los porcentajes de ácido galacturónico fueron de 35,19 %, 35,19 % y 35,19 % para (CF), (HA) y (PCC), respectivamente, aunque se conoce que el porcentaje mínimo de ácido galacturónico en las pectinas debe ser de 65 %, según como se indica en la tabla 3, señalando que la pureza de las pectinas extraídas y de la pectina comercial son gradualmente bajas. Estos valores menores pueden ser resultado de la fragmentación de la pectina debido al tiempo prolongado de hidrólisis ácida como lo menciona Gamboa (2009); no obstante, Oliveira *et al.* (2016) contrasta que se obtiene valores mayores de AAG a temperaturas altas y tiempos prolongados de extracción. Arellanes *et al.* (2011) obtiene pectina de la cáscara de cambur manzano con un porcentaje de pureza mayor, siendo este de 94,38 %. Por otro lado, Maldonado *et al.* (2010) obtuvieron valores de AAG de 28,5 % de la pectina de frutos de maushan. En ambas pectinas extraídas por el método de hidrólisis ácida la cantidad de ácido galacturónico depende de las condiciones de proceso y de la materia prima.

**Tabla 13.** Comparación del porcentaje de ácido galacturónico

<b>Porcentaje de ácido galacturónico</b>	
Concentrado de la flor	35,19 %
Hidrólisis ácida	35,19 %
Pectina cítrica comercial	35,19 %

### 3.2.7 Determinación de cenizas

Los porcentajes de ceniza son los siguientes: 9,64 %, 3,38 % y 5,17 % para (CF), (HA) y (PCC) respectivamente, los cuales cumplen con lo establecido en la tabla 3, cuyo valor máximo permitido es del 10 %. En un estudio realizado por Juárez (2018), obtuvo 1,35 % de ceniza para pectinas de cáscara de mangos, cuyo valor representa una pectina de calidad. De igual modo, Linares *et al.* (2021) reportan 2,81 % de ceniza de pectina obtenida de la misma fuente. Estos valores reportados son relativamente bajos a los valores obtenidos en este trabajo.

**Tabla 14.** Comparación del porcentaje de ceniza

Ceniza	
Concentrado de la flor	9,64 %
Hidrólisis ácida	3,38 %
Pectina cítrica comercial	5,17 %

### 3.2.8 Determinación de humedad

Las diferentes muestras de pectina presentaron una humedad de 1,018 %, 9,52 % y 0,998 % para (CF), (HA) y (PCC), respectivamente, por lo que se puede notar que la pectina por hidrólisis ácida tiene mayor humedad en comparación con las demás. De la misma manera, Linares *et al.* (2021) reportan una humedad de 10,87 % de la pectina obtenida de cáscaras de mango por hidrólisis ácida. Asimismo, se reportó en un estudio una humedad elevada de 14,23 % para pectina extraída de cáscara de cacao mediante hidrólisis ácida (Del Águila y Zegarra, 2016). Los valores de humedad de las pectinas extraídas para este trabajo cumplen según lo especificado en la tabla 3, que su máximo valor de humedad permitido es de 12 %.

**Tabla 15.** Comparación del porcentaje de humedad

Humedad	
Concentrado de la flor	1,018 %
Hidrólisis ácida	9,52 %
Pectina cítrica comercial	0,998 %

### 3.3 Pruebas estadísticas paramétricas

#### 3.3.1 Rendimiento pectina de la flor de Jamaica

**Tabla 16.** ANOVA - Rendimiento

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	1	254,612	254,612	954,03	0,000
<b>Error</b>	18	4,804	0,267		
<b>Total</b>	19	259,416			

Se aplicó el método estadístico de análisis de varianza de las medias del rendimiento para cada tratamiento, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, existe una diferencia significativa de las medias del rendimiento para cada pectina (CF, HA) extraída debido a que el valor  $p < 0,05$ .

#### 3.3.2 Comprobación de hipótesis del peso equivalente para cada tratamiento (CF, HA, PCC)

**Tabla 17.** ANOVA - Peso equivalente

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	733059	366529	135,00	<b>0,000</b>
<b>Error</b>	12	32581	2715		
<b>Total</b>	14	765640			

El análisis de varianza de las medias del peso equivalente evaluado para cada tratamiento dio como resultado un valor  $p < 0,05$  debido a esto se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1$ ); es decir, que existe una diferencia significativa de las medias del peso equivalente para cada pectina (CF, HA, PCC).

**Tabla 18.** Comparación en parejas de Tukey - Peso equivalente

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>		
<b>1</b>	5	640,2	A		
<b>3</b>	5	478,95		B	
<b>2</b>	5	111,92			C

En la comparación de medias de Tukey, a un nivel de confianza de 95 %, se observó que existen diferencias significativas entre los tratamientos, 1, 2 y 3, a causa de que no comparten la misma letra.

### 3.3.3 Comprobación de hipótesis del grado de metoxilo para cada tratamiento (CF, HA, PCC)

**Tabla 19.** ANOVA - Grado de metoxilo

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	135,91	67,956	33,41	0,000
<b>Error</b>	12	24,41	2,034		
<b>Total</b>	14	160,32			

Se rechazó la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) en la comparación de medias de metoxilo para cada tratamiento y se aceptó la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>), es decir, que existe una diferencia significativa de las medias del porcentaje de metoxilo para cada pectina (CF, HA, PCC) debido a que el valor  $p < 0.05$ .

**Tabla 20.** Comparaciones en pareja de Tukey – Grado de metoxilo

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
<b>1</b>	5	11,899	A	
<b>3</b>	5	6,790		B
<b>2</b>	5	4,740		B

Las medias de metoxilo a un nivel de confianza de 95 % en la comparación de medias de Tukey se observó que el tratamiento 1 es significativamente diferente del tratamiento 2 y 3 pero el tratamiento 2 y 3 no son significativamente diferentes, ya que comparten la misma letra.

3.3.4 Comprobación de hipótesis del grado de esterificación para cada tratamiento (CF, HA, PCC)

**Tabla 21.** ANOVA - Grado de esterificación

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	8112,4	4056,20	172,43	0,000
<b>Error</b>	12	282,3	23,52		
<b>Total</b>	14	8394,7			

El método estadístico de análisis de varianza que se empleó en las medias del grado de esterificación para cada tratamiento (CF, HA, PCC) expresó un valor  $p < 0,05$  por ende, se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, que existe diferencias significativas entre sus medias.

**Tabla 22.** Comparaciones en parejas de Tukey - Grado de esterificación

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación		
<b>1</b>	5	68,40	A		
<b>3</b>	5	52,26		B	
<b>2</b>	5	13,02			C

Se utilizó la comparación de medias de Tukey, donde se observó que existen diferencias significativas entre los tratamientos 1, 2 y 3 puesto que no comparten la misma letra, esto a un nivel de confianza de 95 %.

3.3.5 Comprobación de hipótesis del ácido galacturónico para cada tratamiento (CF, HA, PCC)

**Tabla 23.** ANOVA - Ácido galacturónico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	0,000001	0,000000	1,27	0,315
<b>Error</b>	12	0,000004	0,000000		
<b>Total</b>	14	0,000005			

La comparación de medias del ácido galacturónico para cada tratamiento resultó con un valor  $p > 0.05$  por lo tanto se aceptó la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir que no existe diferencia significativa entre sus medias para cada pectina (CF, HA, PCC).

### 3.3.6 Comprobación de hipótesis de ceniza para cada tratamiento (CF, HA, PCC)

**Tabla 24.** ANOVA - Cenizas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>TRATAMIENTO</b>	2	103,90	51,950	32,35	0,000
<b>Error</b>	12	19,27	1,606		
<b>Total</b>	14	123,17			

Por medio del ANOVA se analizó las medias de ceniza de cada tratamiento donde se observó que el valor  $p < 0,05$  por lo que se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ), y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es decir que si existe diferencia significativa entre sus medias para cada pectina (CF, HA, PCC).

**Tabla 25.** Comparaciones en parejas de Tukey - Cenizas

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
<b>1</b>	5	9,640	A	
<b>3</b>	5	5,176		B
<b>2</b>	5	3,380		B

En la comparación de medias de Tukey a un nivel de confianza de 95 % se observó que el tratamiento 1 es significativamente diferente del tratamiento 2 y 3 pero el tratamiento 2 y 3 no son significativamente diferentes.

### 3.3.7 Comprobación de hipótesis de humedad para cada tratamiento (CF, HA, PCC)

**Tabla 26.** ANOVA - Humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>TRATAMIENTOS</b>	2	241,742	120,871	5253,73	0,000
<b>Error</b>	12	0,276	0,023		
<b>Total</b>	14	242,018			

Al aplicar el ANOVA para cada tratamiento se conoció que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, que existe diferencia significativa entre las medias de humedad para cada pectina (CF, HA, PCC) debido a que el valor  $p < 0.05$ .

**Tabla 27.** Comparaciones en parejas de Tukey - Humedad

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
<b>2</b>	5	9,524	A	
<b>1</b>	5	1,0180		B
<b>3</b>	5	0,9980		B

Empleando la comparación de medias de Tukey, se observó que el tratamiento 2 es significativamente diferente del tratamiento 1 y 3 pero el tratamiento 1 y 3 no son significativamente diferentes, a un nivel de confianza de 95 %.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta investigación se tomó a la flor de Jamaica como fuente alternativa de extracción de pectina para su posible uso en la industria alimentaria, por lo que se caracterizó en primera instancia a la materia prima, reportando que tiene 6 °Bx, un pH de 2,9, acidez de 2,1248 % en ácido crítico y por lo tanto un índice de madurez de 2,82 de la flor de Jamaica. Se aplicaron 2 metodologías para la obtención de la pectina, el cual se realizó a nivel de laboratorio, de la misma forma los análisis para caracterizarla. Los métodos de extracción de pectina en este estudio fueron mediante hidrolisis ácida y el concentrado de la flor, demostrándose que la pectina por hidrolisis ácida tuvo una mayor eficiencia en cuanto al rendimiento de la pectina obtenida por el concentrado de la flor, por otro lado, la caracterización fisicoquímica de las pectinas extraídas demostró que la pectina por concentrado de la flor corresponde a una pectina de «alto metoxilo» debido a que el grado de esterificación es mayor a 50 % al igual que la pectina cítrica comercial con la que se comparó, y la pectina por hidrolisis ácida representa a una pectina de «bajo metoxilo», las pectinas extraídas y la pectina comercial cumplen con las especificaciones de pureza de la pectina en cuanto al % de metoxilo, grado de esterificación, % humedad, % de ceniza, pero los valores del peso equivalente y ácido galacturónico no cumplen con lo especificado ya que los resultados obtenidos fueron demasiado bajos, por lo que puede concluirse que la pectina presentaba otros azúcares además del ácido galacturónico, siendo está de baja pureza, y al ser de bajo peso equivalente la gelificación es ineficiente, por lo que no es posible su uso en la industria alimentaria como gelificante o espesante.

Se recomienda tomar en cuenta las condiciones de obtención de pectina como tiempo, temperatura y concentración de etanol, ya que estos parámetros determinaran la eficiencia en la extracción de pectina, además se debe realizar distintas repeticiones en cada análisis para obtener mejores resultados.

Debido a que la pectina obtenida presenta otros carbohidratos, que da como consecuencia una pectina de baja pureza se recomienda que para fines de utilización en la industria de alimentos esta pectina extraída sea purificada.

Se recomienda también que para obtener resultados más claros en cuanto al rendimiento se puede realizar extracciones con diferente índice de madurez para conocer si esta es una variable que influye directamente en el rendimiento y poder gelificante.

## Referencias bibliográficas

- Almedia, C., Carrillo, I., Chamorro, S. y Palacios T. (2019). Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*). FIGEMPA: Investigación y Desarrollo. 8(2), 23-29.
- AOAC. (2005). Official methods of analysis: Acidity (titrable) of fruit products method 942.15.
- AOAC. (2012). Official methods of analysis: pH of acidified foods method 981.12.
- AOAC. (2013). Official methods of analysis: solids (soluble) in fruit and fruits products methods 932.12.
- Arrellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z., Páez, G., Mazzarri, C. y Rincón, M. (2011). Obtención y caracterización de pectina de la cáscara del cambur manzano (*Musa AAB*). Rev. Fac. Agron. 28, 523-539.
- Assenza, S. y Mezzenga, R. (2019). Soft condensed matter physics of foods and macronutrients. Nature Reviews Physics. 1(9), 551-566.
- Avila, E., Perdomo, J. y Guevara B. (2020). Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (*Ananas comosus*) por el método de hidrólisis ácida. Working Papers – ECBTI. 1(2).
- Ayo, S. (2022). Estudio de factibilidad para la agroindustrialización de la Flor de Jamaica para infusión. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador.
- Bagde, P., Dhenge, S. y Bhivgade, S. (2017). Extraction of pectin from orange peel and lemon peel. International Journal of engineering technology science and research. 4(3), 1-7.
- Barreto, G., Púa, A., De Alba, D. y Pión, M. (2017). Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica L.*). Temas Agrarios. 22(1), 79-86.
- Bettanin, L., Gabani, N., Teixeira, A. y Schimiguel, J. (2020). Reaproveitamento de resíduos vegetais na indústria de alimentos. Revista Observatorio de la Economía latinoamericana. (2), 6.
- Bone, J., Lara, V., Canchingre, M. y Mosquera G. (2022). Obtención de pectina y su uso en la producción de mermelada a partir del cacao (*Theobroma cacao l.*). Sapienza: revista internacional de estudios interdisciplinarios. 3(6), 289-297.

- Cabarcas, E., Guerra A. y Henao, C. (2012). Extracción y caracterización de pectina a partir de cascaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción. Tesis doctoral. Universidad de Cartagena.
- Charchalac, L. (2008). Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis var. flavicarpa*). Tesis de grado, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Cedeño, G. (2021). Efecto de las semillas de moringa (*Moringa oleífera*) sobre la clarificación de una bebida alcohólica a base de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y pétalos de rosa. Tesis doctoral. Universidad agraria del Ecuador.
- Chasquibol, N., Arroyo, E. y Morales, J. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. Ingeniería Industrial. (26), 175-199.
- Da Costa, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I. y Heinrich, M. (2014). Hibiscus sabdariffa L. – A phytochemical and pharmacological review. Food chemistry. 165, 424-443.
- Del Águila y Zegarra, D. (2016). Extracción de pectina por hidrólisis ácida y precipitación alcohólica a partir de las cáscaras de cacao híbrido CCN51 (*Theobroma cacao L.*) para la fabricación de un prototipo de empaque alimentario, Pucallpa, región Ucayali 2015. Tesis de grado. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.
- Esparza, R., Macías, M., Cabrera, E., Valencia, A. y Estrada, Y. (2019). Utilization of by-products of Hibiscus sabdariffa L. as alternative sources for the extraction of high-quality pectin. Food Science and Biotechnology, 28, 1003-1011.
- Faria, M., Albano, K. y Nicoletti, V. (2017). Characterization of biopolymers and soy protein isolate.high-methoxyl pectin complex. Polímeros. 27(1), 62-67.
- Fosado, R., Castro, J. y Gómez, C. (2021). Producción, composición y usos de la jamaica. Jamaica, su potencial económico. Revista Universitarios Potosinos. (263), 6-6.
- Galicia, L., Salinas, Y., Espinoza, B. y Sánchez, C. (2008). Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*) nacional e importada. Revista Chapingo Serie Horticultura. 14(2), 121-129.
- Gamboa, M. (2009). Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (*Mangifera indica L.*), de las variedades Smith, Tommy

- Atkins, Haden y bocado como materias primas para la obtención de pectinas. Tesis doctoral. Universidad de Oriente.
- Guilherme, M., Coelho, J. y Garcia, E. (2009). Density and kinematic viscosity of pectin aqueous solution. *Journal of chemical & engineering data*. 54(2), 662-667.
- Indulekha, J., Karuppan, M. y Appusamy, A. (2017). A review on the potential of citrus waste for D-Limonene, pectin, and bioethanol production. *International Journal of green energy*. 14(7), 599-612.
- Juárez, M. (2018). Extracción de pectinas de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Edward y su aplicación en la elaboración de mermelada, Chulucanas-Piura. Tesis de grado. Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Khamsucharit, P., Laohaphatanalert, K., Gavinlertvatana, P., Sriroth, K. y Sangseethong, K. (2018). Characterization of pectin extracted from banana peels of different varieties. *Food Science and Biotechnology*. 27(3), 623-629.
- Linares, J., Palencia, C., Alvarado, A. y Vivar, A. (2021). Extracción, caracterización fisicoquímica y determinación de masa molecular promedio de pectinas de cáscara de mango criollo *Mangifera indica* L. *Foro de estudios sobre Guerrero*. 8(1), 160-165.
- López, C., González C., Guerrero, M., Mariño, G., Jácome, B. y Beltrán, E. (2019). Estudio de la estabilidad de los antioxidantes del vino de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el almacenamiento. *La granja: Revista de ciencias de la vida*. 29(1), 105-118.
- López, M. (2013). Extracción de pectina de cocona (*Solanum sessiliflorum dunal*) por acidulantes y su caracterización fisicoquímica. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- López, V., Muñoz, J. y Vélez, A. (2015). Uso de los ácidos cítricos y clorhídrico y sus efectos en las características fisicoquímicas de la pectina del albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista La Técnica*. No. 15: 90-99.
- López, Y., Mefleh, H. y Puerchambud, S. (2022). Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá, fuente para la elaboración de plástico biodegradable. *Boletín informativo CEI*. Vol. 9, No. 1: 107-110.
- Maldonado, Y., Salazar, S., Millones, C., Torres, E. y Vásquez, E. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de

- San Miguel de Soloco, región Amazonas. Revista Aporte Santiaguino. 3(2): 177-184.
- Matta, E. y Bertola, N. (2019). Desarrollo y caracterización de películas comestibles de pectina plastificadas con isomalt. Centro de investigación y desarrollo en criotecnología de alimentos (CIDCA).
- Matute, T. (2019). Evaluación de la pectina extraída de la cáscara de la chirimoya (*Annona Cherimola*), determinando su capacidad de modificador reológico. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana.
- Mendoza, L., Jiménez, J. y Ramírez, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*). Revista UDCA Actualidad & divulgación científica. 20(1): 131 – 138.
- Mejía, U. (1998). Caracterización de las pectinas de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y posibilidades de su uso en alimentos. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Merino, D. y Athanassiou, A. (2022). Biodegradable and active mulch films: Hydrolyzed lemon peel waste and low methoxyl pectin blends with incorporated biochar and neem essential oil. ACS Sustainable chemistry & Engineering. 10(33), 10789-10802.
- Meza, T., Váquiro H., Castillo, R., Paniagua, I., Ozuna, C. y Corona, E. (2017). Obtención de pectina de guayaba (*Psidium guajava L. VAR. MEDIA CHINA*) mediante hidrólisis acida asistida con ultrasonido de alta intensidad. Investigación y desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Vol. 2, 575-581.
- Muñoz, A., Sáenz, A., López, L., Cantú, L. y Barajas, L. (2014). Ácido cítrico: compuesto interesante. Revista científica de la universidad autónoma de Coahuila. 6(12).
- Norma mexicana NMX. (2010). Productos agrícolas destinados para consumo humano – flor (cáliz) de jamaica (*hibiscus sabdariffa L.*) – especificaciones y métodos de prueba.
- Norma técnica peruana NTP 011.023. (2014). Cítricos. Mandarinas, tangelos, naranjas y toronjas. Requisitos. 2da edición.
- Oliveira, T., Rosa, M., Lima, F., Pereira, P., Moates, G., Wellner, N., Mazzetto, S., Waldron, K. y Azeredo, H. (2015). Optimization of pectin extraction from

- banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food chemistry*. 198, 113-118.
- Owens, H., McCready, R., Shepherd, A., Miers, J., Earlandsed, R. y Maclay, W. (1952). Methods used at western regional research laboratory for extraction and analysis of pectic materials. Book, Albany, California: AIC-340, Western, Regional Research Laboratory.  
<https://archive.org/details/methodsusedatwes340owen/page/6/mode/2up>
- Paredes, J., Hernández, R. y Cañizares, A. (2015). Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava L.*). *Idesia*. Vol, 33, No 3, 35-41.
- Polesca, C., Reis, J., Lauriano, V. y Cássia, R. (2021). Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A Review. *Coatings*. 11(8), 922.
- Rendón, K., Castillo, L. y Azocar, E. (2020). Pectina deshidratada de *Passiflora edulis* como inhibidor de incrustaciones minerales. *Ingeniería, investigación y tecnología*. 21(1).
- Rodríguez, R. (2020). Planteamiento de un proceso para la extracción y recuperación de pectina a partir de residuos de fruta mediante hidrólisis ácida. Tesis de grado. Universidad de los Andes.
- Rojas, R., Chavez, L., Camejo, Y., Alvarez, A., Perez, J. y Castillo, P. (2023). Evaluación morfoagronómica de la Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*) variedad Ficarú 90 en un suelo Fluvisol. *Avances en investigación agropecuaria*. 27: 7-14.
- Santillán, M. (2019). Efecto del tipo de Ácido y concentración de alcohol en el grado de gelificación de la pectina extraída de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*). Tesis de grado. Universidad Nacional «Santiago Antúnez de Mayolo».
- Sáyago, S. y Goñi, I. (2010). *Hibiscus sabdariffa L.*: Fuente de fibra antioxidante. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*. Vol. 60 No 1: 79-84.
- Shruthi, V., Ramachandra, C., Nidoni, U-, Hiregoudar, S., Naik, N. y Kurubat, A. (2016). Roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) as a source of natural colour: a review. *Plant archives*, Vol. 16 No. 2, pp, 515-522.
- Vera, G. (2020). Evaluación de la influencia del pH para la extracción de pectina en la cáscara de pitahaya (*Selenicereus undatus (HAW) D.R hunt*). Tesis de grado. Universidad estatal amazónica.
- Villamiel, M. (2021). What we know about pectin?. *Food & Agroforestry*.

- Zdunek, A., Pieczywek, P. y Cybulska, J. (2020). The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 20(1): 1101-1117.
- Zegada, V. (2015). Extracción de pectina de residuos de cascara de naranja por hidrolisis acida asistida por microondas (HMO). *Investigación & desarrollo*, No. 15, Vol. 1: 65 – 76.