



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD INGENIERIA  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Evaluación de residuos de cáscara de pitahaya como potencial fuente de  
extracción de pectina

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial**

**Autor:**

Vera Loja, Lisbeth Victoria

**Tutor:**

Ing. Cristian Patiño Vidal. Phd

**Riobamba, Ecuador. 2025**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Lisbeth Victoria Vera Loja, con cédula de ciudadanía 1450145717, autora del trabajo de investigación titulado: Evaluación de residuos de cáscara de pitahaya como potencial fuente de extracción de pectina, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 27 de mayo del 2025.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lisbeth Vera', is written over a horizontal line. The signature is stylized and enclosed within a large, loopy flourish.

Lisbeth Victoria Vera Loja

C.I:1450145717

## **Dictamen favorable del profesor tutor**

Quien suscribe, Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Evaluación de residuos de cáscara de pitahaya como potencial fuente de extracción de pectina, bajo la autoría de Lisbeth Victoria Vera Loja; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 27 días del mes de mayo de 2025.



Cristian Javier Patiño Vidal  
C.I: 1003967153

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación de residuos de cáscara de pitahaya como potencial fuente de extracción de pectina Evaluación de residuos de cáscara de pitahaya como potencial fuente de extracción de pectina, presentado por Lisbeth Victoria Veja Loja, con cédula de identidad número 1450145717, bajo la tutoría del Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

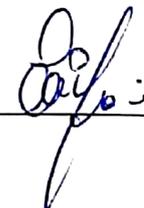
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 27 de mayo de 2025.

Daniel Luna Velasco, Mgs.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



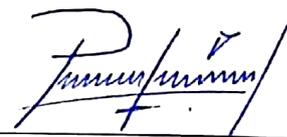
---

José Miranda Yuquilema, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Paúl Ricaurte Ortiz, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



# CERTIFICACIÓN

Que, **Lisbeth Victoria Vera Loja** con CC: **1450145717**, estudiante de la Carrera **Agroindustria**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“Evaluación de residuos de cáscara de piñahaya como potencial fuente de extracción de pectina”**, cumple con el 3%, de acuerdo al reporte del sistema Antiplagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 30 de abril de 2025



Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo está dedicado con todo mi amor y gratitud a mis padres Efraín Vera y Rosario Loja, quienes fueron un pilar fundamental a lo largo de toda mi trayectoria académica, brindándome su apoyo incondicional y enseñándome el valor del esfuerzo. A mis hermanos, por ser mi guía y ejemplo, inculcándome la perseverancia y la resiliencia que me han acompañado en cada desafío.*

*De manera especial, dedico este logro a mis queridos abuelos, quienes partieron de este mundo con la ilusión de verme cumplir mis sueños. Su legado de lucha, amor y determinación ha sido una inspiración constante en mi vida, y su recuerdo sigue siendo un faro que ilumina mi camino.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente, agradezco a Dios por brindarme salud y vida, lo que me ha permitido llegar hasta este momento. A mi familia, por su apoyo incondicional durante este proceso. También expreso mi gratitud a la Universidad Nacional de Chimborazo por su formación académica basada en valores, que me ha preparado tanto profesional como personalmente.*

*De igual manera agradezco a mi asesor de tesis, Ing. Cristian Patiño, PhD., por su guía y acompañamiento en este trabajo, así como a los grupos de investigación INVAGRO de la Universidad Nacional de Chimborazo y a los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por la valiosa colaboración tanto de sus técnicos de laboratorio como también por la prestación de las instalaciones, equipos y materiales para el desarrollo de la parte experimental del trabajo.*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes .....	14
1.2 Problema .....	15
1.3 Justificación .....	16
1.4 Objetivos.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	18
2.2 MARCO TEÓRICO .....	22
2.2.1 Pitahaya.....	22
2.2.2 Caracterización botánica.....	22
2.2.3 Composición .....	24
2.2.4 Compuestos bioactivos de pitahaya.....	25
2.2.5 Uso de la pitahaya .....	25
2.2.6 La pectina.....	26
2.2.7 Clasificación de las pectinas comerciales .....	26
2.2.8 Normativa .....	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	28
3.1 Tipo de Investigación. ....	28
3.2 Diseño de Investigación.....	28
3.3 Extracción de la pectina.....	28
3.4 Técnicas de recolección de Datos .....	28
3.5 Población de estudio y tamaño de muestra.....	29

3.6	Hipótesis .....	29
3.7	Métodos de análisis .....	29
3.8	Procesamiento de datos. ....	29
3.8.1	Contenido de cenizas .....	29
3.8.2	Determinación del contenido de humedad.....	30
3.8.3	Contenido de metoxilo.....	30
3.8.4	Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR-ATR).....	31
3.8.5	Análisis de costos .....	31
3.8.6	Análisis estadístico .....	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		32
4.1	Análisis fisicoquímicos.....	32
4.1.1	Rendimiento .....	33
4.1.2	Contenido de cenizas .....	33
4.1.3	Determinación de la humedad.....	34
4.1.4	Contenido de metoxilos .....	34
4.2	Análisis F-TIR.....	35
4.3	Análisis económico del costo de producción de pectina .....	36
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		39
5.1	CONCLUSIONES .....	39
5.2	RECOMENDACIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA .....		40
ANEXOS.....		45

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Descripción de la taxonomía de pitahaya Hylocereus.....	23
<b>Tabla 2.</b> Composición nutricional de 100 g de pulpa de dos especies de pitahaya. ....	24
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de las pectinas comerciales. ....	26
<b>Tabla 4</b> Análisis estadístico de parámetros fisicoquímicos y rendimiento de las pectinas. ....	32
<b>Tabla 5</b> Resultados de los parámetros evaluados en las pectinas extraídas de la pitahaya roja y amarilla.....	32
<b>Tabla 6.</b> Costos de producción para obtener pectina .....	37
<b>Tabla 7</b> Datos de rendimientos. ....	47
<b>Tabla 8.</b> Datos de % de metoxilos .....	47
<b>Tabla 9</b> Datos de humedad y cenizas. ....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Muestra las especies destacadas de la pitahaya: .....	23
<b>Figura 2.</b>	Medias de las propiedades fisicoquímicas y rendimiento de las pectinas.....	33
<b>Figura 3.</b>	Espectros FTIR de las pectinas extraídas de pitahaya amarilla y roja. ....	35
<b>Figura 4.</b>	Lavado y deshidratado de las cáscaras de pitahaya .....	45
<b>Figura 5.</b>	Fase de precipitado de la pectina .....	45
<b>Figura 6.</b>	Filtrado y lavado de las pectinas.....	46
<b>Figura 7.</b>	Obtención de pectina.....	46
<b>Figura 8.</b>	Análisis de contenido de metoxilos .....	46

## RESUMEN

El elevado consumo de alimentos procesados ha llevado a la industria a utilizar grandes cantidades de materia prima, como las frutas, generando una alta cantidad de residuos. A nivel de Ecuador, estos residuos están siendo recientemente aprovechados por la industria debido a sus características físicas, químicas y biológicas. En este punto, la pectina obtenida de cáscaras de frutas ha constituido un compuesto funcional con múltiples aplicaciones en la industria alimentaria. Este estudio tuvo como objetivo aprovechar las cáscaras de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) y amarilla (*Selenicereus megalanthus*) para extraer pectina. La extracción se llevó a cabo bajo condiciones controladas: pH 2, temperatura de 90 °C y un tiempo de 60 minutos. Posterior a la extracción, se procedió a la evaluación de las propiedades físicas, químicas y estructurales de la pectina y la estimación de costos para su obtención. Los resultados mostraron que la pectina extraída desde la pitahaya roja presentó un mayor contenido de cenizas (16%) y su rendimiento (14,56%), valores superiores respecto a la pitahaya amarilla. En contraste, la pitahaya amarilla destacó por su mayor contenido de metoxilos (8,77%), lo cual puede influir posteriormente en sus propiedades gelificantes y aplicación en productos alimentarios. Además, la identificación de los principales grupos funcionales de la pectina mediante análisis FTIR-ATR confirmó la efectiva obtención de este compuesto. La estimación de costos del proceso de extracción de la pectina consideró los gastos directos e indirectos incluyendo, el tiempo de producción, los equipos utilizados y los insumos empleados. Se determinó que el etanol representó el mayor gasto debido a la relación volumen/volumen, de extracción utilizada en el proceso (líquido filtrado: etanol, 1:2). Esta investigación demuestra que las cáscaras de pitahaya pueden ser utilizadas como fuente de extracción de pectina, la cual puede ser potencialmente aplicada en procesos alimentarios.

**Palabras claves:** Hidrólisis ácida, gelificante, espectros, metoxilo.

## ABSTRACT

The high consumption of processed foods has led the industry to use large quantities of raw materials, such as fruits, which in turn generates a considerable amount of waste. In Ecuador, this waste has recently begun to be utilized by the industry due to its physical, chemical, and biological properties. In this context, pectin extracted from fruit peels has emerged as a functional compound with multiple applications in the food industry. This study aimed to use red dragon fruit (*Hylocereus undatus*) and yellow dragon fruit (*Selenicereus megalanthus*) peels for pectin extraction. The process was carried out under controlled conditions: pH 2, a temperature of 90 °C, and an extraction time of 60 minutes. Subsequently, the physical, chemical, and structural properties of the obtained pectin were evaluated, along with a cost estimation of the process. The results showed that pectin extracted from red dragon fruit had a higher ash content (16%) and yield (14.56%), values greater than those obtained from yellow dragon fruit. In contrast, the pectin from yellow dragon fruit showed a higher methoxyl content (8.77%), which may influence its gelling properties and application in food products. FTIR-ATR analysis allowed the identification of the main functional groups, confirming the effective extraction of pectin. The cost estimation of the extraction process considered both direct and indirect expenses, including production time, equipment, and materials used. Ethanol represented the highest cost due to the volume-to-volume ratio used in the extraction process (filtered liquid: ethanol, 1:2). This research demonstrates that dragon fruit peels are a viable source for pectin extraction, with potential application in food processing.

**Key words:** acid hydrolysis, gelling agent, spectra, methoxyl.



Reviewed by:

Mg. Lourdes del Rocío Quinata Encarnación

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C 1803476215

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Antecedentes

El crecimiento demográfico poblacional ha provocado que la industria de alimentos utilice grandes cantidades de materia prima con la finalidad de satisfacer las necesidades del mercado. Entre las principales fuentes alimenticias más utilizadas se encuentran las frutas. El elevado uso de estos alimentos ha producido una generación de residuos extremadamente alta, los cuales pueden ser aprovechados debido a sus características físicas, químicas y/o biológicas. En este sentido, estos residuos se convierten en un potencial insumo de transformación, aprovechamiento y generación de nuevos productos como son los bioplásticos, biocombustibles, compost, hongos comestibles, obtención de biomasa, alimento para animales, entre otros. Un insumo de utilidad funcional que puede ser obtenido a partir de estos residuos es la pectina (Aguiar et al., 2022).

El sector agroindustrial es una de las principales áreas que genera grandes cantidades de residuos, entre ellas se destaca la industria de procesamiento de frutas. Algunas empresas procesadoras de frutas generan hasta 8000 kg/día de residuos (Aguiar et al., 2022).

Este problema es especialmente crítico en el contexto del desperdicio de frutas, según estimaciones realizadas por la FAO entre el 45% y 55% de la producción mundial hortofrutícola se pierden a lo largo de la cadena de suministro de alimentos, siendo las frutas como fresas, manzanas y cítricos algunas de las más desechadas debido a estándares estéticos y a su rápida degradación (Giménez et al., 2021 y Vezzani, 2024).

En este marco la pitahaya proveniente de la familia Cactaceae, también contribuye a este fenómeno de desperdicio. Este fruto incluye 2 géneros “*Hylocereus*” y “*Selenicereus*” los cuales se diferencian en varias especies por sus colores que van desde el blanco, amarillo, violeta y rojo. El fruto llega a pesar hasta más de 500g según su estado de madurez, las semillas representan del 2 al 15% del fruto, la pulpa del 47 al 73% y la cáscara del 36 al 38% (Laguna & Reyes 2021).

La producción de pitahaya en Ecuador ha incrementado en los últimos años. Actualmente, se estima que el área aproximada de cultivo de esta fruta es de 1 528 hectáreas de plantación en 9 provincias, tales como Morona Santiago, Los Ríos, Guayas, Manabí y Pichincha. La elevada producción de esta fruta se debe a sus beneficios nutricionales, que incluyen una alta concentración de compuestos bioactivos como glucosa, vitaminas, ácidos grasos esenciales, fibra soluble dietética, antioxidantes, compuestos fenólicos y flavonoides, los mismos que han promovido un alto consumo de la comunidad internacional. Por ejemplo, en el año 2022, Ecuador exportó más de 23 000 toneladas de pitahaya principalmente a Estados Unidos, Canadá, Colombia, Singapur y Países Bajos (Tayupanda, 2024).

La pitahaya es altamente valorada por su capacidad antioxidante, que supera a la de otras frutas, gracias a los polifenoles, flavonoides y vitamina C presentes en su pulpa,

cáscaras y semillas. Estos compuestos ofrecen beneficios para la salud y permiten aprovechar los residuos generados durante su procesamiento para la obtención de pectina (Laguna & Reyes, 2021).

La pectina es un biopolímero estructuralmente formado por ácido galacturónico que se encuentra en los tejidos vegetales, principalmente en la pared primaria de las células, la lámina media y en menor medida en los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos. Las pectinas se presentan con mayor contenido en frutas, en las cuales la mayoría de los grupos ácidos del ácido galacturónico están esterificados por metanol. Respecto a las frutas aptas para la extracción, se encuentra la guayaba dulce, tomate de árbol, remolachas, frutas cítricas, piña, maracuyá, limón, pitahaya (Gonzalez et al., 2022).

La pectina se utiliza como aditivo natural por sus aplicaciones a nivel industrial, farmacéutica y cosmetológica. En la industria alimentaria, la pectina es utilizada como agente espesante, emulsificante, estabilizante y gelificante, para el desarrollo de productos como gelatinas, mermeladas, compotas, productos lácteos, helados (Gonzalez et al., 2022).

En este contexto, el presente trabajo se enfoca en aprovechar las cáscaras de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) y amarilla (*Selenicereus megalanthus*), con la finalidad de obtener pectina. A través de esta estrategia, se pretende valorizar los residuos de esta fruta para obtener este polisacárido que puede ser aplicado como insumo en la industria de alimentos

## 1.2 Problema

En los últimos años el cultivo de pitahaya ha incrementado potencialmente en diferentes partes del mundo direccionado al ingreso económico que esta fruta genera. Actualmente Nicaragua, Ecuador, Colombia, México, Guatemala e Israel son los principales productores de pitahaya (Jácome-Pilco et al., 2023). En Ecuador la pitahaya se ha convertido en uno de los cultivos más prometedores, con una proyección de alcanzar hasta 10 000 hectáreas sembradas para el año 2025 (MAG, 2022). Sin embargo, a pesar de su creciente producción y demanda internacional, Ecuador presenta un desafío importante: la dependencia de la importación de pectina de países como Dinamarca, México, y Estados Unidos lo que tiene incidencia directa en altos costos de fabricación (Selenicereus et al., 2024).

Por otro lado, el desperdicio agroindustrial es un problema crítico, las frutas y hortalizas son altamente afectadas, ocupando el segundo lugar en pérdidas y desperdicio global. Se estima que entre el 45% y el 55% de las frutas producidas se pierden a lo largo de la cadena de suministro (Giménez et al., 2021). Esta eliminación genera un impacto ambiental significativo, ya que su descomposición contribuye a la emisión de efecto invernadero y crea condiciones propicias para el crecimiento de bacterias y plagas (Le, 2022). En Ecuador, el cultivo intensivo de pitahaya ha llevado a un aumento en la deforestación. Desde 2019 hasta 2023, se talaron aproximadamente 248 hectáreas de bosque para cultivar pitahaya (Alvarado, 2024).

En este contexto, se puede dilucidar que esta potencial fuente de recurso disponible permitiría obtener compuestos o insumos de interés para la industria de alimentos. La problemática radica en la necesidad urgente de desarrollar procesos sostenibles que reduzcan el desperdicio agroindustrial y que mejoren la rentabilidad del cultivo al transformar sus residuos en productos valiosos como la pectina. Sin un enfoque adecuado hacia la valorización de estos subproductos, se corre el riesgo de perpetuar una economía lineal que no aprovecha completamente los recursos disponibles.

### **1.3 Justificación**

Las cáscaras de pitahaya representan entre el 36% y el 38% del peso total de la fruta (Laguna & Reyes, 2021). Estos residuos de pitahaya son comúnmente desechados durante su procesamiento, especialmente en la industria de bebidas (Le, 2022). Por lo tanto, existe la necesidad urgente de encontrar soluciones sostenibles que mitiguen estos efectos negativos.

La valorización de residuos agroindustriales, tanto de frutas como de vegetales, como las cáscaras de frutas cítricas, mango, cacao, limón, mandarina y pitahaya, representa como una estrategia prometedora para transformar desechos en recursos valiosos. La pectina extraída de estas cáscaras tiene aplicaciones versátiles en la industria alimentaria como agente gelificante y estabilizante, así como en la farmacéutica debido a sus propiedades funcionales (Jácome-Pilco et al., 2023).

Algunas empresas colombianas llegan a generar desde 3,3 kg al día hasta 8000 kg al día de residuos de frutas, tales como guayaba, maracuyá mango y piña. Además, los residuos agroindustriales contienen lignina y hemicelulosa, lo que sugiere un potencial adicional para desarrollar bioproductos y mejorar aún más su viabilidad económica (Aguiar et al., 2022).

Ecuador genera un estimado de 2,2 millones de toneladas anuales de residuos agroindustriales, entre los que se destaca los desechos lignocelulósicos provenientes de frutas como la pitahaya (Aguiar et al., 2022). Algunos trabajos mencionan el potencial nutricional y beneficios que aporta la pitahaya a la salud humana por su contenido en vitamina C, capacidad antioxidante y presencia de oligosacáridos el cual es un aliado contra el cáncer de colon. Por ejemplo, se ha encontrado presencia de proteína, fibra y minerales esenciales en esta fruta (Jácome-Pilco et al., 2023 y Laguna & Reyes, 2021).

Las cáscaras de pitahaya, debido a su riqueza en compuestos bioactivos, han generado un gran interés en las industrias alimentaria, química y farmacéutica, para el desarrollo de diversas aplicaciones innovadoras. Entre ellas se destacan la creación de películas biodegradables para envolver alimentos, la fermentación de bebidas y yogur, la producción de caramelos de gelatina y colorantes alimenticios naturales, su uso como alimento para gallinas ponedoras, la aplicación en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, y la elaboración de parches gingivales mucoadhesivos (Milene et al., 2023).

El aprovechamiento eficiente de los residuos agroalimentarios no solo tiene un impacto positivo en el medio ambiente, sino que también promueve el desarrollo económico (Aguilar et al., 2022). Este enfoque respalda una economía circular que beneficia tanto al medio ambiente como a la sociedad.

En base a lo mencionado, es necesario desarrollar estudios que evalúen el potencial uso de residuos de frutas como la pitahaya, especialmente sus cáscaras, para generar insumos destinados a la industria alimentaria. Este trabajo se enfoca en aprovechar las cáscaras de pitahaya roja y amarilla con el objetivo de extraer pectina. A través de esta estrategia, se busca reutilizar estos residuos para obtener un polisacárido con un gran potencial de aplicación como insumo en diversos productos alimenticios.

## **1.4 Objetivos**

### **General**

Evaluar los residuos de cáscaras de pitahaya como potencial fuente de extracción de pectina.

### **Específicos**

- Obtener pectina a partir de las cáscaras de pitahaya amarilla (*Selenicereus Megalanthus*) y pitahaya roja (*Hylocereus Undatus*) aplicando el método de hidrólisis ácida.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas de las pectinas mediante análisis de humedad, cenizas, y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.
- Estimar los costos de producción para la obtención de pectina.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 MARCO REFERENCIAL

Estudios previos destacan el potencial uso de cáscaras de frutas para la obtención de pectina. En el trabajo de Ramos et al. (2018) se centraron en extraer pectina a partir de dos especies de plátano (*Musa paradisiaca L.* y *Musa Cavendishii L.*). En el estudio se inactivaron las enzimas pectinesterasas, sometiendo las cáscaras cortadas en piezas de 1 cm x 1 cm en agua a una temperatura de 93 °C por un tiempo de 5 min, y luego se colocaron en un medio ácido para extraer la pectina. El proceso de extracción se realizó entre 30 y 60 minutos a 73 y 85 °C respectivamente con agitación constante. Los autores evaluaron el rendimiento, pH, tiempo de gelificación y el grado de esterificación. La pectina obtenida mostró un color beige con una granulometría heterogénea, el rendimiento de extracción estuvo entre 3,1 y 7,76%. Por otra parte, el grado de esterificación estuvo entre 91,74 y 97,56 % para ambas variedades y su pH se mantuvo entre 2,6 y 2,9 para *Musa paradisiaca* y de 2,7 y 3 para *Musa Cavendishii*.

Por su parte, Méndez et al. (2021) se enfocaron en valorizar los desechos de cáscara de sandía mediante la extracción de pectina, los principales resultados reportados se destacaron en mostrar la obtención de pectina de la cáscara de sandía, además reportaron un alto rendimiento de extracción (13,4%), con una pureza de 540 µg/g de ácido galacturónico y una masa molar de 106,1 kDa. Los autores también observaron que condiciones más severas tales como un pH de 1 generaban fracciones de homogalacturonano más puras con masas molares promedio de 80 kDa. En cambio, condiciones menos severas como un pH  $\geq$  2 produjo estructuras de pectina altamente ramificadas. Finalmente, el estudio destacó el potencial de la pectina extraída de la sandía, para aplicaciones diversas según la estructura deseada.

El estudio de Torres-Mendoza et al. (2023) se centró en la extracción y caracterización de pectina de la cáscara de pepino (*Hibrido Dasher II*) para posterior aplicación en compotas. En el estudio se aplicó el método de hidrólisis ácida con ácido clorhídrico (HCl), como agente extractante. La obtención de pectina la realizaron bajo las siguientes condiciones: pH entre 1,5 y 2,5, una temperatura de 85 °C, un tiempo de 60 minutos. Los resultados demostraron que el rendimiento de la pectina fue 0,65%, considerándolo como de bajo rendimiento y por ende no rentable industrialmente. La pectina obtenida fue clasificada como de bajo metoxilo, sin embargo, esta mostró una buena textura de gel en compotas de frutilla y obtuvo resultados positivos en pruebas sensoriales.

García-García et al. (2023) realizaron una revisión sistemática de trabajos publicados en diez países de América Latina durante los últimos 25 años, en bases de datos como Web of Science y PubMed, enfocados en la extracción de biopolímeros en frutos, principalmente pectina. Los resultados mostraron que la mayoría proceden de Colombia, Venezuela y México. Los métodos de extracción de pectina fueron variados, destacando la hidrólisis ácida con ácido clorhídrico (HCl) y ácido cítrico con 73,8% como el más utilizado, tanto

asistida por microondas y ultrasonido con o sin asistencia. El tiempo de extracción más común fue de 60 minutos con mayor frecuencia de aplicación en el proceso. Los resultados de los registros demostraron que 73% de los estudios se centraron en utilizar las cáscaras de frutas como principal fuente de extracción de pectina, en segundo lugar, la pulpa con un 14% y el albedo con un 6%. Esta información subraya la viabilidad del aprovechamiento de cáscaras de fruta para obtener pectina en la industria alimentaria.

García-García et al. (2023) destacaron que las soluciones más utilizadas para extraer pectina son el HCl y el ácido cítrico. Los resultados fueron obtenidos en función a datos recopilados en el estudio respecto a las soluciones utilizadas para extraer pectina mediante el método de hidrólisis ácida.

El trabajo llevado a cabo por Tovar (2017) se enfocó en valorizar las cáscaras de naranja a través de dos procesos: la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y la producción de carbón activado a partir del residual sólido remanente. En la extracción de pectina, se utilizó ácido fosfórico a una temperatura de 95 °C durante dos horas, dando lugar a un rendimiento del 29,37%. La pectina extraída presentó un contenido de humedad del 10,3%, contenido de cenizas 3,29%, ácido galacturónico 77,4%, contenido de metoxilos 7,98% y un grado de esterificación del 83,66%, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos. Posteriormente, el residuo sólido remanente del proceso de extracción de pectina fue utilizado para la preparación de carbón activado. Las condiciones óptimas determinadas fueron una temperatura de impregnación de 95 °C y una temperatura de carbonización de 400 °C durante 1 hora. El carbón activado producido mostró una capacidad de adsorción de 2342,91 mg/g de naranja de metilo, comparable a la de un carbón activado comercial. Estos hallazgos demuestran la posibilidad de convertir los residuos agroindustriales en productos con valor añadido, contribuyendo así a una gestión más sostenible de los desechos en la industria alimentaria.

Orqueda et al. (2022) se centraron en la valorización de los subproductos de *Solanum betaceum* (chilto rojo) de Argentina, con el fin de crear películas antioxidantes para empaques alimentarios. Los autores extrajeron compuestos bioactivos y pectina de las semillas y cáscaras del fruto. Los polifenoles y antocianinas se obtuvieron utilizando etanol al 95% y ultrasonido, mientras que la pectina se extrajo de las cáscaras con agua caliente, seguida de centrifugación y precipitación con etanol. Las cáscaras demostraron ser ricas en compuestos antioxidantes. Las películas antioxidantes creadas a partir de los extractos de cáscara mejoraron la vida útil de filetes de salmón al reducir la oxidación durante 10 días de almacenamiento a 4 °C, con las películas de extracto poli fenólico mostrando las mejores propiedades de barrera. El estudio destacó el potencial de convertir los desechos de frutas en productos útiles para la industria alimentaria, aumentando la vida útil de los alimentos y disminuyendo la oxidación de manera efectiva.

En el trabajo realizado por Johnny & Amado (2024) se determinó el rendimiento de la extracción de pectina de las cáscaras de dos variedades de pitahaya (*Hylocereus undatus* y *Selenicereus Megalanthus*). Los autores investigaron las variables independientes como la

variedad de la cáscara (roja y amarilla) y el pH utilizado para la extracción (niveles de pH 2 y 3). Los autores aplicaron una hidrólisis ácida añadiendo ácido clorhídrico hasta alcanzar el pH deseado, una temperatura de 80 °C y un tiempo de 40 minutos. Los mayores rendimientos de pectina se obtuvieron de la pitahaya roja a pH 3 (1,21%) y pH 2 (1,12%). La pitahaya amarilla mostró menores rendimientos a pH 2 (0,82%) y pH 3 (0,63%). El mejor grado de esterificación (92,64%) se observó en *Selenicereus megalanthus* a pH 3. Este trabajo sugirió que las cáscaras de pitahaya, especialmente las de *Hylocereus Undatus*, son una fuente prometedora de pectina, con variaciones en el rendimiento y las características dependientes del pH y la variedad.

En el estudio de Torres-Valenzuela et al. (2020) se extrajeron polifenoles de la cáscara deshidratada de pitahaya amarilla utilizando ultrasonido, destacando su potencial antioxidante y eficiencia en comparación con métodos tradicionales. Los autores encontraron concentraciones de polifenoles de 973,10 mg/L y una capacidad antioxidante superior al 90% utilizando ultrasonido a 222 W (60% de potencia), 35 kHz durante 22 minutos, demostrando así el valor de la cáscara de pitahaya como fuente rica de compuestos bioactivos.

En el estudio de Selenicereus et al. (2024) demostraron que la hidrólisis ácida es el método preferido para la extracción de pectina a nivel industrial debido a su bajo costo, simplicidad del equipo, baja inversión inicial y rapidez del proceso. El trabajo citó a otros autores que se centraron en extraer pectina de dos variedades de pitahaya (*Hylocereus undatus* y *Selenicereus megalanthus*) utilizando ácidos cítrico y clorhídrico. Los autores encontraron que, en ambas variedades, el grado de esterificación de la pectina superó el 50%.

Por otro lado, estudios previos se han enfocado en la búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de residuos agroindustriales para una posterior aplicación industrial. En este sentido, Miguel & Veracruz (2023) hacen referencia a la gestión y tratamiento de los residuos orgánicos argumentando que se puede realizar un proceso de transformación y aprovechamiento de residuos obtener subproductos.

En el estudio de Frosi et al. (2023) se investigaron los avances en la extracción y caracterización de pectina a partir de residuos alimentarios tradicionales y emergentes. El estudio destacó la importancia de la pectina extraída de cáscaras de cítricos y pulpa de manzana, así como el potencial de residuos agroindustriales alternativos, debido a la creciente demanda del mercado. El estudio también recalcó las propiedades químicas de la pectina, como el grado de esterificación y el contenido de ácido galacturónico, y se exploraron nuevas aplicaciones en nutraceuticos y empaques de alimentos. Los autores enfatizaron la necesidad de aprovechar residuos como cáscaras de cítricos, orujo de manzana y pulpa de remolacha azucarera, y sugirieron investigar otras fuentes emergentes como papaya, plátano, mango, maracuyá y yaca para la extracción de pectina.

En el estudio de Jurado-Eraza et al. (2023) se establecieron las perspectivas de valorización de residuos agroindustriales como pulpas, semillas, hojas, cáscaras, tallos y

membranas, caracterizándolos en cuanto a sus propiedades físicas. En el estudio se analizaron nueve semillas y doce cáscaras de frutas tales como: aguacate, banano, coco, granadilla, guanábana, mango, maracuyá, naranja, papaya, piña y zapote, evaluando su índice de generación de residuos (IGR), tamaño de partícula, espesor, esfericidad, densidad, humedad total, dureza y madurez. El IGR de las cáscaras y semillas se encontró entre 11,91 a 55,61% y 2,08 a 13,95%, respectivamente. Las semillas presentaron tamaños de partícula entre 0,38 y 4,21 cm y humedades de 31,42 y 84,71%, mientras que las cáscaras variaron en espesores de 0,08 a 0,80 cm y humedades entre 15,19 a 94,44%. Las cáscaras se generaron en mayor cantidad que las semillas, con base en estos análisis se identificaron oportunidades para desarrollar alimentos, harinas, pigmentos, carbón activado, aceites vegetales y otros productos.

Por otra parte, se han evidenciado trabajos relacionados a la investigación de las propiedades nutricionales y biocomponentes de los residuos de pitahaya para su posterior inclusión en productos comerciales. El trabajo de Torres Grisales et al. (2017) evaluó químicamente diferentes partes de la planta de pitahaya amarilla (tallo, semillas, cáscaras y pulpa). Los autores destacaron que todas las partes de la fruta contenían compuestos con alto potencial antioxidante, polifenoles y vitamina C. Los autores concluyeron que por sus altos contenidos de compuestos bioactivos puede ser considerada como alimento de interés funcional.

Muñoz-Murillo et al. (2024) destacaron la importancia del aprovechamiento de las cáscaras de pitahaya debido a su valor nutricional y la actividad biológica. En el estudio se sustituyó la harina de trigo utilizada en la elaboración de galletas por polvo de cáscara de pitahaya al 10% y obtuvieron un producto con un alto porcentaje de proteína y alta aceptabilidad sensorial por los panelistas.

Milene et al. (2023) llevaron a cabo una revisión exhaustiva de estudios relacionados con la utilidad de las cáscaras de pitahaya, seleccionando 39 de 169 artículos relevantes, mediante los criterios PICO y PRISMA. Los resultados de esta revisión demostraron que la cáscara de pitahaya contiene compuestos valiosos como polifenoles, flavonoides, pectinas y betacianinas, lo que la convierte en un recurso prometedor para diversas aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y química e identificó una tendencia hacia el uso de técnicas de extracción más sostenibles, como ultrasonidos y microondas, en lugar de los métodos tradicionales que emplean solventes orgánicos.

En el estudio de Morales et al. (2024) se analizó la producción agrícola de frutas tropicales no tradicionales en Ecuador, utilizaron datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA), con información correspondiente al período comprendido entre los años 2015 y 2021. Los resultados mostraron que la piña es la fruta con mayor producción, representando el 48,71%, seguida del mango con 28,41%, el maracuyá con 16,18% y el aguacate con 6,7%. Por otro lado, en el trabajo de Menéndez & Cobeña, (2022) se destacó que Morona Santiago representa el 65% de la producción de pitahaya y el cantón Rocafuerte,

perteneciente a la provincia de Manabí representa el 40% de la producción provincial de pitahaya.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Pitahaya**

Los frutos de la pitahaya son ricos en nutrientes esenciales tales como vitaminas, flavonoides y minerales, incluyendo potasio, hierro, calcio, fósforo, zinc, sodio y magnesio. Esta fruta también es una fuente importante de fibra dietética, carbohidratos y antioxidantes, y su consumo regular está asociado con la prevención de enfermedades como el cáncer, la diabetes y trastornos cardiovasculares, respiratorios, gastrointestinales y urinarios. Además de los frutos, las flores y tallos de estas plantas se utilizan en la medicina tradicional por sus propiedades terapéuticas, como efectos hipoglucémicos, diuréticos y cicatrizantes.

La pitahaya se distribuye en diversos ecosistemas, abarcando desde el nivel del mar hasta los 1840 metros sobre el nivel del mar, en regiones con un régimen de precipitaciones que oscila entre los 350 y más de 2 000 mm anuales, y con un rango de temperaturas extremas que va desde los 11 hasta los 40 °C. Aunque la pitahaya muestra cierta resistencia en climas cálidos y áridos, con temperaturas superiores a 40 °C, se ha observado que las temperaturas promedio superiores a 38 °C pueden ocasionar daños en los tejidos del tallo e incluso la muerte de la planta. La adaptación óptima de esta especie se alcanza cuando las temperaturas promedio se mantienen entre los 21 y 29 °C (Monge-Pérez & Loría-Coto, 2023).

### **2.2.2 Caracterización botánica**

El género *Hylocereus* de la pitahaya incluye aproximadamente 16 especies diferentes, siendo la más comúnmente cultivada para el comercio *Hylocereus undatus*, conocida por su pulpa blanca. Esta especie es la principal en la producción comercial debido a su popularidad y adaptabilidad en diferentes regiones de cultivo (Verona-Ruiz et al., 2020).

**Tabla 1.**

*Descripción de la taxonomía de pitahaya Hylocereus*

<b>Nombre científico</b>	<i>Hylocereus spp.</i>
Reino	Plantae
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllale
Familia	Cactaceae - cactaceae
Tribu	Hylocereeae
Género	Hylocereus
Especie	H. Extensus (Salm-Dyck ex de Camdolle) H. Setaceus (Salm-Dyck ex de Candolle) H. tricae (Hunt) H. minutiflorus Br. and R.H. megalanthus (Schum. ex Vaupel) H. stenopterus (Weber) Br. and R. H. calcaratus (Weber) Br. and R. H. undatus (Haw) Br. and R. H. escuintlensis (Kimn.) H. ocamponis (Salm-Dyck) Br. and R. H. guatemalensis (Eich.) Br. and R. H. purpusii H. costaricensis (Weber) Br. and R. H. tritones (Haw) Safford H. triangularis (L.) Br. and R. H. monacanthus.

*Nota. Tomado de Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos, por Verona-Ruiz et al., 2020*

La propagación de la pitahaya puede realizarse mediante semillas o estructuras vegetativas. La reproducción a través de semillas es particularmente relevante debido a su variabilidad genética, lo que permite (Verona-Ruiz et al., 2020).

La Figura 1 muestra las especies destacadas de la pitahaya.

**Figura 1**

*Muestra las especies destacadas de la pitahaya:*



**A.**

**B.**

*Nota.* Fotografías de: **A:** pitahaya roja (*H. undatus*), fruto de piel rojo o rosa con pulpa blanca, y bractéolas rojas y verdes en las puntas y **B:** pitahaya amarilla (*S. megalanthus*), flores blancas con fruto de corteza amarilla y pulpa blanca y jugosa.

### 2.2.3 Composición

La pitahaya se compone de pulpa y cáscara. La pulpa es consistente y espumosa, con coloración blanca en la variedad amarilla y blanca rojiza en la variedad roja, y contiene pequeñas semillas comestibles. La pulpa representa entre el 60 y 80% del peso total de la fruta, la cual varía entre 200 a 570 g según la especie. Durante la maduración, la proporción de cáscara disminuye mientras que la pulpa aumenta (Verona-Ruiz et al., 2020).

Es un fruto de bajo valor calórico y destaca por su contenido de vitamina C, un nutriente esencial que desempeña un papel crucial en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes. Además, la vitamina C contribuye a fortalecer el sistema inmunológico, facilita la absorción del hierro en los alimentos y actúa como antioxidante. El sabor depende del grado de madurez y la concentración de azúcares, principalmente glucosa y fructosa (Verona-Ruiz et al., 2020).

Las principales características fisicoquímicas de la pitahaya son:

- Sólidos solubles totales, de *H. undatus* y *H. monacanthus* presentan es 12 y 15 °Brix, respectivamente.
- Baja acidez (0,2 a 0,35 mg de ácido málico por 100 g de peso fresco).
- pH de la pulpa varía entre 4,3 y 4,7.
- La acidez titulable varía entre 2,4 y 3,0% en variedades agridulces.
- Los sólidos solubles totales en la variedad *H. megalanthus* es de 20,74 °Brix.
- Las semillas de *H. megalanthus* contiene altos niveles de ácido linoleico (Verona-Ruiz et al., 2020).

En la Tabla 2, se presenta la composición nutricional de dos especies de pitahaya.

**Tabla 2.**

*Composición nutricional de 100 g de pulpa de dos especies de pitahaya.*

Componente	<i>Hylocereus undatus</i> (pulpa blanca y piel rosa)			<i>Hylocereus megalanthus</i> (pulpa blanca y piel amarilla)		
	Mercado-Silva (2018)	ICBF (2018)	Morales de León et al. (2015)	Mercado-Silva (2018)	ICBF (2018)	Morales de León et al. (2015)
Agua (%)	89,0	87,3	82,3	85,0	85,5	85,9
Proteína (g)	0,5	0,5	1,4	0,4	0,4	1,1
Grasa (g)	0,1	0,1	*	0,1	0,1	*
Carbohidrato (g)	NE	11,6	13,55	NE	13,6	9,8
Fibra Dietética (g)	0,3	3,3	NE	0,5	3,3	NE
Vitamina C (mg)	25,0	25,0	25,8	4,0	20,0	7,34
Calcio (mg)	6,0	26,0	5,0	10,0	26,0	8,26
Hierro (mg)	0,4	0,2	0,75	0,3	0,3	*

Componente	<i>Hylocereus undatus</i>			<i>Hylocereus megalanthus</i>		
	(pulpa blanca y piel rosa)			(pulpa blanca y piel amarilla)		
Fosforo (mg)	19,0	26,0	15,0	16,0	26,0	*
Tiamina (mg)	0,01	0,01	*	0	0,03	*
Riboflavina (mg)	0,03	0,03	*	0	0,04	*
Niacina (mg)	0,2	0,20	0,37	0,2	0,2	*
Ceniza (g)	0,5	0,50	0,50	0,4	0,4	0,60

*Nota. Tomado de Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos, por Verona-Ruiz et al., 2020*

#### 2.2.4 Compuestos bioactivos de pitahaya

Los compuestos bioactivos contribuyen a los beneficios para la salud, haciéndola un alimento funcional con potenciales propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y protectoras para el sistema cardiovascular (Jácome-Pilco et al., 2023). Componentes bioactivos como la vitamina C, polifenoles, betalaínas, flavonoides, carotenoides, ácidos grasos esenciales, minerales y polisacáridos ofrecen beneficios antioxidantes, antiinflamatorios, inmunológicos, cardiovasculares, digestivos, y contribuyen a la salud ocular, ósea y nerviosa (Selenicereus et al., 2024).

#### 2.2.5 Uso de la pitahaya

La industria actual extrae pectina principalmente de residuos de frutas, promoviendo la sostenibilidad y la economía circular. Las fuentes más utilizadas incluyen cáscaras de cítricos como naranja y limón, así como residuos de manzana. Estos desechos, ricos en pectina, se procesan mediante métodos que buscan minimizar el impacto ambiental. Por ejemplo, se han desarrollado técnicas enzimáticas que permiten una extracción más ecológica en comparación con los procesos químicos tradicionales (Venazzanis, 2024).

Este enfoque no solo reduce la generación de residuos, sino que también proporciona materias primas valiosas para la industria alimentaria, donde la pectina se utiliza como agente gelificante, espesante y estabilizante. La implementación de estas prácticas refleja un compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en la gestión de recursos, alineándose con las tendencias actuales de producción responsable y aprovechamiento integral de los subproductos agrícolas (Perera Sanoli, 2024).

Vietnam lidera la producción mundial de pitahaya roja con 1 198,854 toneladas en 2019, cultivadas en 50 000 hectáreas, mayormente de la variedad *Hylocereus undatus* de pulpa blanca, siendo China su principal mercado de exportación (80%). En América, Nicaragua es el mayor productor, exportando principalmente a Norteamérica. En Ecuador, la producción de pitahaya amarilla se concentra en Pichincha, Imbabura y la Amazonía, destacando los ecotipos "Pichincha" (frutas de hasta 150 g) y "Palora" (frutas de hasta 350 g), con Palora como el principal productor. Este cantón comenzó su cultivo en 2003 y ahora representa el 90% de su economía, con 33 fincas y 400 hectáreas de cultivo. La cosecha en la región oriental ecuatoriana se distribuye entre febrero-marzo (60%) y junio-septiembre

(40%), con precosechas en noviembre-diciembre (Granoble Chancay & Acuría Moran, 2022 y Pokhrel, 2024).

### 2.2.6 La pectina

La pectina es un polisacárido natural que se encuentra en las paredes celulares de las plantas, especialmente en frutas como manzanas y cítricos. Este compuesto es ampliamente utilizado en la industria alimentaria por sus propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes. Según el Codex Alimentarius, la pectina se clasifica principalmente en dos tipos según su grado de metoxilación: pectina de alto metoxilo (HM) y pectina de bajo metoxilo (LM) (Gonzalez et al., 2022).

Existen componentes estructurales en la pectina que le otorgan una gran rigidez, transformándola en una forma insoluble conocida como protopectina. Entre estos componentes se encuentran los puentes de calcio ( $Ca^{2+}$ ) que se forman entre los grupos carboxílicos libres, así como la conexión de las cadenas de azúcares laterales a la celulosa. Por esta razón, las pectinas son excelentes coloides, capaces de absorber grandes cantidades de agua. Además, la pectina contiene grupos carboxílicos del ácido poligalacturónico que están medianamente esterificados con metanol y tienen la capacidad de formar geles bajo condiciones adecuadas (Gonzalez et al., 2022).

### 2.2.7 Clasificación de las pectinas comerciales

La tabla 3 describe la clasificación de las pectinas comerciales.

**Tabla 3.**

*Clasificación de las pectinas comerciales.*

<b>Tipo de pectina</b>	<b>Grado de metoxilación</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Alto Metoxilo (HM)</b>	> 50%	Jaleas, mermeladas, confituras; requiere alto contenido de azúcar (>55%) y pH bajo (2,2 a 3,3) para gelificar
<b>Bajo Metoxilo (LM)</b>	< 50%	Productos lácteos acidificados como yogures; gelifica en presencia de iones de calcio.

*Nota.* Adaptado de Extracción y caracterización de pectinas... , por Chamorro,2019 y Guerrero et al., 2017

### 2.2.8 Normativa

La extracción de pectina de residuos orgánicos, pueden realizarse mediante varias metodologías. Principalmente, la pitahaya se lava, pela y corta, y posteriormente se somete a un proceso físico o químico para obtener la pectina. Tristante et al. (2024) describe las principales técnicas utilizadas en la extracción de pectina:

- Extracción en medio ácido: uso de solventes como el ácido cítrico, tartárico o HCl, temperatura entre 80 y 100°C, tiempos de 60 y 90 min.
- Extracción enzimática: uso de la enzima pectinasa para descomponer las paredes celulares en un ambiente ácido, con temperaturas controladas entre 40 y 60 °C.
- Extracción mediante ultrasonido: uso ondas ultrasónicas para romper las paredes celulares y liberar la pectina.
- Extracción con solventes orgánicos: uso de mezcla de solventes orgánicos como etanol o isopropanol.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) colaboran estrechamente para desarrollar directrices que aseguren la seguridad de los aditivos alimentarios, incluidas las especificaciones para la pectina, que debe cumplir con niveles estrictos de calidad y seguridad. Estas organizaciones emiten recomendaciones científicas sobre los niveles aceptables de residuos, impurezas y el uso de ciertos aditivos, garantizando que los productos que contienen pectina sean seguros para el consumo humano. Además, las directrices de la FAO y la OMS abordan temáticas como la pureza, los métodos de análisis y la concentración de residuos, asegurando que la pectina extraída cumpla con los estándares internacionales de seguridad alimentaria (Adolph, 2016).

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

### 2.3 Tipo de Investigación.

Este estudio fue de tipo experimental debido que se extrajeron las pectinas de dos variedades de pitahaya mediante el método de hidrólisis ácida. Además, se aplicó una metodología cuantitativa a nivel de laboratorio a través de un análisis fisicoquímico de las pectinas. Estas variables numéricas permitieron realizar comparaciones entre las muestras mediante análisis estadístico.

### 2.4 Diseño de Investigación

Esta investigación es de tipo experimental, en la cual se utilizó un diseño completamente al azar. Se compararon las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas de cáscaras de dos variedades de pitahaya, pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) y pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas incluyendo humedad, cenizas, grado de metoxilación, y el rendimiento, así como propiedades estructurales mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR-ATR) para identificar los grupos funcionales presentes en las pectinas. Las extracciones se realizaron bajo condiciones controladas de pH, temperatura y tiempo, utilizando un método de hidrólisis ácida con HCl como agente extractante.

### 2.5 Extracción de la pectina

Primeramente, se cepilló y lavó las cáscaras con agua clorada al 10 % v/v. Luego se procedió a cortar las puntas de las cáscaras. Las cáscaras se colocaron en bandejas de aluminio y se sometió a un proceso de secado en un deshidratador a 55°C durante 16 horas. Las cáscaras secas se trituraron con ayuda de un molinillo, hasta obtener el material granulado. Se pesó 50 gramos de materia seca y por cada gramo de muestra se agregó 25mL de agua acidulada con ácido clorhídrico 0,1 N (pH 2). La mezcla se sometió a baño maría durante 60 minutos a 90°C, manteniendo una agitación constante. Se filtró la mezcla con ayuda de un lienzo, separando el bagazo del líquido y se dejó enfriar la disolución a temperatura ambiente. Posteriormente se agregó etanol al 96% (v/v) a la disolución en una relación 2:1 (líquido filtrado: solvente) manteniendo una agitación fuerte para precipitar la pectina. La muestra se dejó reposar en etanol por 12 horas a temperatura ambiente. Se filtró la pectina y se lavó con una solución de etanol al 95% (v/v) y posteriormente con una solución de etanol al 75%. (v/v). La pectina se colocó en una estufa y se secó a 55 °C durante 8 horas. Se trituró la pectina con ayuda de un mortero y se almacenó hasta su caracterización (Selenicereus et al., 2024).

### 2.6 Técnicas de recolección de Datos

Para recolectar los datos, se implementó un diseño experimental en el laboratorio de Control de Calidad de la Carrera de Agroindustria de la UNACH. Las muestras de pectina, obtenidas a partir de dos variedades de cáscara de pitahaya, fueron analizadas directamente

en el laboratorio. Los datos fisicoquímicos resultantes fueron procesados en el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.I, (versión 16.01.0003, año 2005) permitiendo visualizar y comparar las variaciones entre ambas variedades.

## **2.7 Población de estudio y tamaño de muestra.**

La población estuvo representada por los 2 tipos de cáscaras procedentes de variedades diferentes de pitahaya, *Hylocereus Undatus* y *Selenicereus Megalanthus*, pitahaya roja y amarilla respectivamente, obtenidas del mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba. Las frutas fueron seleccionadas según criterios como el estado físico intacto, sin daños ni podredumbre, estado de madurez, color uniforme y tamaño. La materia prima se almacenó bajo temperaturas de 4 °C.

Para el tamaño de la muestra se tomó 50g de las cáscaras deshidratadas de cada variedad para someterlos al procedimiento de extracción por hidrólisis ácida a una temperatura de 90 °C por 60 min (Vera, 2020).

## **2.8 Hipótesis**

H0: Un proceso de hidrólisis ácida con HCl no permite obtener pectina a partir de residuos de cáscaras de pitahaya roja y amarilla.

H1: Un proceso de hidrólisis ácida con HCl permite obtener pectina a partir de residuos de cáscaras de pitahaya roja y amarilla.

## **2.9 Métodos de análisis**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), en el cual se compararon las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas de cáscaras de dos variedades de pitahaya, roja y amarilla. Las extracciones se realizaron bajo el mismo método y condiciones de pH, temperatura y tiempo, y posteriormente se caracterizaron las pectinas obtenidas. La variable de estudio fue la variedad de pitahaya con dos niveles, mientras que las variables respuesta incluyeron las propiedades fisicoquímicas de las pectinas, tales como cenizas, humedad, pH, metoxilos y rendimiento.

## **2.10 Procesamiento de datos.**

Los métodos descritos a continuación fueron utilizados en el presente trabajo para evaluar las características fisicoquímicas de las pectinas extraídas a partir de las cáscaras de pitahaya.

### **2.10.1 Contenido de cenizas**

Se siguió el procedimiento establecido en la normativa ecuatoriana NTE INEN 520. Se taró y pesó la cápsula de porcelana vacía, en una balanza analítica AND (GF-224A).

Luego, se colocó 1 gramo de pectina, y la cápsula se sometió a una temperatura de 600 °C por 4 horas en una mufla. El proceso terminó con la aparición de cenizas de color gris claro. Posteriormente se pesó la muestra, y el contenido de cenizas totales se determinó mediante la ecuación 1.

$$\%C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

%C: contenido de cenizas en % m/m.

m: peso del crisol vacío en gramos.

m1: peso del crisol + muestra en gramos.

m2: peso del crisol con cenizas en gramos.

### 2.10.2 Determinación del contenido de humedad

Se siguió el procedimiento establecido de acuerdo con la normativa ecuatoriana NTE INEN299. Se pesó 1 gramo de pectina en un recipiente de aluminio previamente seco y pesado. Posteriormente, la muestra se sometió a un proceso de secado en una estufa a 105 °C durante 2 horas. Finalmente, la muestra se enfrió y pesó.

El contenido de humedad se determinó mediante la utilizó la ecuación 2:

$$\%H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

H: contenido de agua en % de m/m.

m: masa del recipiente vacío en gramos

m1: masa del recipiente con la muestra húmeda en gramos

m2: masa del recipiente con la muestra seca en gramos.

### 2.10.3 Contenido de metoxilo

Se preparó una solución péctica pesando 0,5 g de pectina y adicionando 5 ml de alcohol al 96% (v/v) para humedecerla. Se añadió 100 ml de agua destilada y 1g de NaCl con la finalidad de neutralizar la muestra.

Posteriormente, se agregó 25 ml de NaOH 0,25 N estandarizado, se agitó fuertemente y se dejó reposar durante 30 minutos para desterificar la pectina. Transcurrido el tiempo, se adicionó 25 ml de HCl 0,25 N estandarizado, 3 gotas de rojo fenol y se tituló con NaOH 0,1 N (Méndez et al., 2021). El contenido de metoxilo se determinó mediante la ecuación 3:

$$\%MeO = \frac{V * N * 31 * 100}{mg \text{ muestra}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

V: volumen (ml) del NaOH gastado en la titulación.

N: normalidad del NaOH.

31: peso molecular del metoxilo (CH<sub>3</sub>O)<sup>-</sup> expresado en mg/meq.

#### **2.10.4 Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR-ATR)**

La Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier con Reflectancia Total Atenuada (FTIR-ATR) se utilizó para obtener espectros que revelan la composición y los grupos funcionales presentes en las muestras de pectina. Se evaluó la presencia de los grupos funcionales de la pectina extraída de las 2 pitahayas mediante un espectrofotómetro infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) Jasco FT/IR – 4100 (170 VA, Japón). Se obtuvieron los espectros FTIR-ATR realizando 64 barridos a la muestra en un intervalo de longitud de onda entre 4000 a 540 cm<sup>-1</sup> y con una resolución de 16 cm<sup>-1</sup>.

#### **2.10.5 Análisis de costos**

El análisis de costos para la obtención de pectina a partir de cascaras de pitahaya se basó en los costos directos e indirectos del proceso. Los costos directos se calcularon considerando los precios y cantidades de reactivos, materia prima e insumos utilizados, de acuerdo con el tamaño de la muestra y la metodología de extracción, además del tiempo de mano de obra empleada. Por otro lado, los costos indirectos se estimaron mediante la amortización de equipos esenciales, como el deshidratador, el molinillo eléctrico y el baño maría.

#### **2.10.6 Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de detectar diferencias entre las muestras, y se compararon mediante el test de Tukey con un nivel de confianza del 95% utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI, Versión 16.01.0003

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis fisicoquímicos

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas desde la pitahaya roja y amarilla.

**Tabla 4**

*Análisis estadístico de parámetros fisicoquímicos y rendimiento de las pectinas.*

Parámetros	Fuente	SC	GL	CM	R-F	V-P
Cenizas	Entre grupos	26,8842	1	26,8842	22,53	0,0416
	Intra grupos	2,38705	2	1,19352		
	Total (corr)	29,2713	3			
Humedad	Entre grupos	8,2944	1	8,2944	1,77	0,3144
	Intra grupos	9,3508	2	4,6754		
	Total (corr)	17,6452	3			
Metoxilos	Entre grupos	13,172	1	13,172	2853,14	0
	Intra grupos	0,0184667	4	0,0046167		
	Total (corr)	13,1905	5			
Rendimiento	Entre grupos	89,784	1	89,784	403,13	0
	Intra grupos	0,8908	4	0,222717		
	Total (corr)	90,6749	5			

Nota: SC: Suma de cuadrados, GL: Grados libertad, CM: Cuadrado medio, R-F: Razón Fisher, V-P: Valor probabilidad.

La Tabla 5 muestra el análisis ANOVA de los diferentes parámetros evaluados en las pectinas extraídas desde la pitahaya roja y amarilla.

**Tabla 5**

*Resultados de los parámetros evaluados en las pectinas extraídas de la pitahaya roja y amarilla.*

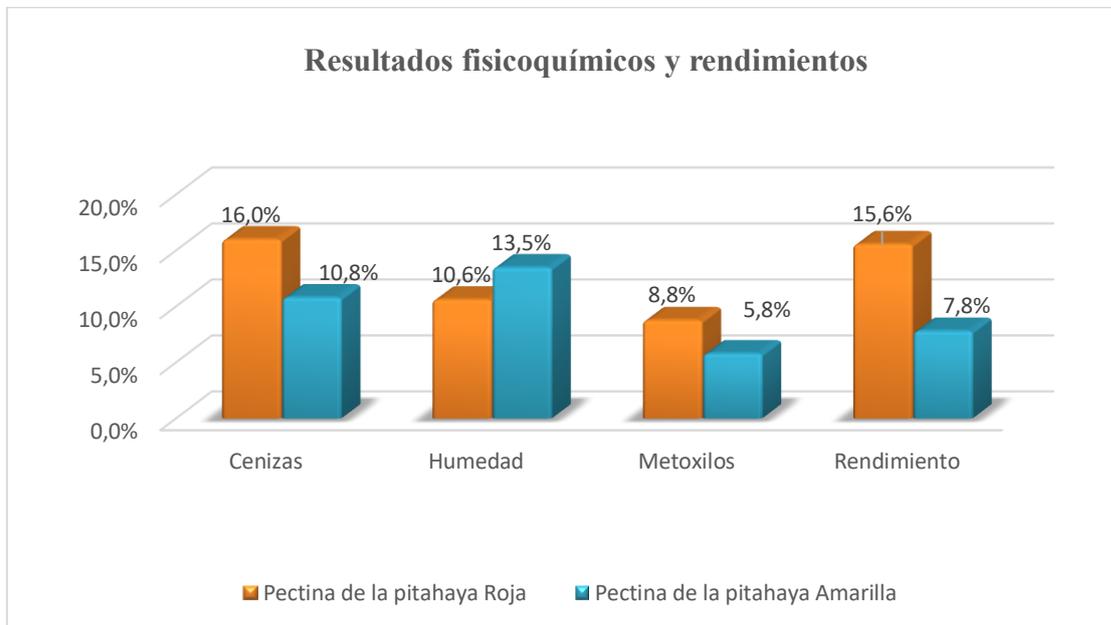
Parámetros	Pitahaya amarilla	Pitahaya roja
Rendimiento (%)	7,82 ± 0,236 <sup>a</sup>	15,56 ± 0,621 <sup>b</sup>
Cenizas (%)	10,81 ± 1,09 <sup>a</sup>	16,00 ± 1,10 <sup>b</sup>
Humedad (%)	13,49±3,05 <sup>a</sup>	10,61±0,32 <sup>a</sup>
Metoxilos (%)	8,77±0,04 <sup>b</sup>	5,81±0,085 <sup>a</sup>

Letras superíndices (a y b) indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores de los parámetros fisicoquímicos de los dos tipos de pitahaya, de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey.

La Figura 2 muestra la gráfica de barras con respecto a las medias de las propiedades fisicoquímicas y rendimiento de las pectinas.

**Figura 2.**

*Medias de las propiedades fisicoquímicas y rendimiento de las pectinas.*



**3.1.1 Rendimiento**

Las muestras exhibieron diferencias significativas en el rendimiento de ambas variedades, obteniendo la pitahaya roja un rendimiento de 15,56%, siendo este valor mayor que el de la pitahaya amarilla correspondiente a un 7,82%, estos resultados superan los valores reportados en estudios previos. Johnny & Amado (2024) emplearon condiciones menos intensas que las aplicadas en este estudio (40 minutos y 80°C) y obtuvieron rendimientos de (1,12%) en la variedad roja y (0,82%) en la variedad amarilla. Este hecho confirma que el tiempo y temperatura prolongado favorecen la extracción de pectina. Selenicereus et al. (2024) obtuvieron valores entre 7,56% y 9,24% para la variedad amarilla bajo condiciones más drásticas (90°C por 90 minutos). Por otro lado, Vera (2020) utilizó ácido cítrico en lugar de HCl durante el proceso de extracción, y resaltó que el agente ácido también juega un papel fundamental en la eficiencia de extracción. El rendimiento obtenido fue de 8,14% para la pitahaya roja siendo mayor al valor determinado en este trabajo, lo cual demuestra la influencia de las condiciones de extracción en el rendimiento.

**3.1.2 Contenido de cenizas**

La Tabla 5 muestra que los valores de cenizas determinados en las pectinas extraídas de los dos tipos de pitahaya fueron significativamente diferentes. La variedad roja con 16% representó un porcentaje de cenizas significativamente mayor que la variedad amarilla con 10,81%.

En el estudio de Vera (2020) se obtuvo un contenido de cenizas del 11,7% procedentes de cáscaras de pitahaya roja. Así mismo, Figueroa et al. (2020) obtuvieron un valor de 6,32% de cenizas de residuos de ñame. Ramírez-Gavidia et al. (2020) mencionaron que el contenido de cenizas es un indicador importante de la presencia de sales y minerales que pueden afectar la capacidad gelificante de la pectina. Por lo tanto, el valor de ceniza obtenida de la pitahaya amarilla sobrepasa levemente el límite permitido por la FCC (Food Chemical Codex) para las pectinas comerciales, que establece el 10% de cenizas como máximo. Por otra parte, las variaciones en el contenido de cenizas en las dos variedades de pitahaya del presente trabajo podrían atribuirse a factores genéticos inherentes a cada variedad, así como a posibles diferencias en la capacidad de absorción de minerales del suelo y a variaciones en la composición de la fruta misma.

### **3.1.3 Determinación de la humedad**

De acuerdo a la Tabla 5 la comparación del contenido de humedad en las pectinas extraídas de las cáscaras de pitahaya roja y amarilla no mostraron diferencias significativas.

Según Dalgo-Flores et al. (2024), estos resultados son consistentes con la importancia de mantener un contenido de humedad controlado para garantizar la calidad de las pectinas ya que un menor contenido de humedad reduce el riesgo de contaminación bacteriana evaluando la cantidad de agua ligada y libre. En su estudio encontraron un contenido de humedad de 10,91% en la pectina de residuos de naranja. De manera similar, Daza Lorenzo et al. (2023) reportaron un contenido de humedad de 9,95% a partir de pectina extraída de las cáscaras de mango serrano aclarando que esta propiedad juega un papel crucial como plastificante influyendo en la estructura y organización molecular, lo que afecta la degradación y estabilidad del producto.

Por lo tanto, los resultados de humedad obtenidos en el presente estudio no presentan diferencias significativas debido a que la pitahaya roja presentó un 13,49% y la pitahaya amarilla un 10,61%, de esta manera se evidencia que cumplen con la normativa requerida por la FAO, que establece un límite máximo de humedad del 12%, esto asegura que las pectinas extraídas de pitahaya roja y amarilla son adecuadas para su uso en aplicaciones industriales.

### **3.1.4 Contenido de metoxilos**

El análisis del contenido de metoxilos mostró diferencias significativas entre las muestras (Tabla 5). La pectina extraída de pitahaya amarilla mostró un valor de 8,77%, y este valor disminuyó a 5,81% en la pitahaya roja. Estas diferencias estarían asociadas a propiedades intrínsecas de cada fruta, estado de madurez, método y condiciones de extracción.

Selenicereus et al. (2024) reportó valores de metoxilos en la pitahaya amarilla entre 8,92% y 10,76% mencionando que el lugar de procedencia de la materia prima es un factor influyente. Johnny & Amado (2024) determinaron valores de contenido de metoxilo

menores para la variedad roja (1,34%) respecto a la variedad amarilla (2,35%). Los autores utilizaron condiciones de extracción de pH= 2, una temperatura de 80 °C y un tiempo de 40 minutos. Estas variaciones resaltan el impacto de las condiciones de extracción sobre el rendimiento de extracción de la pectina.

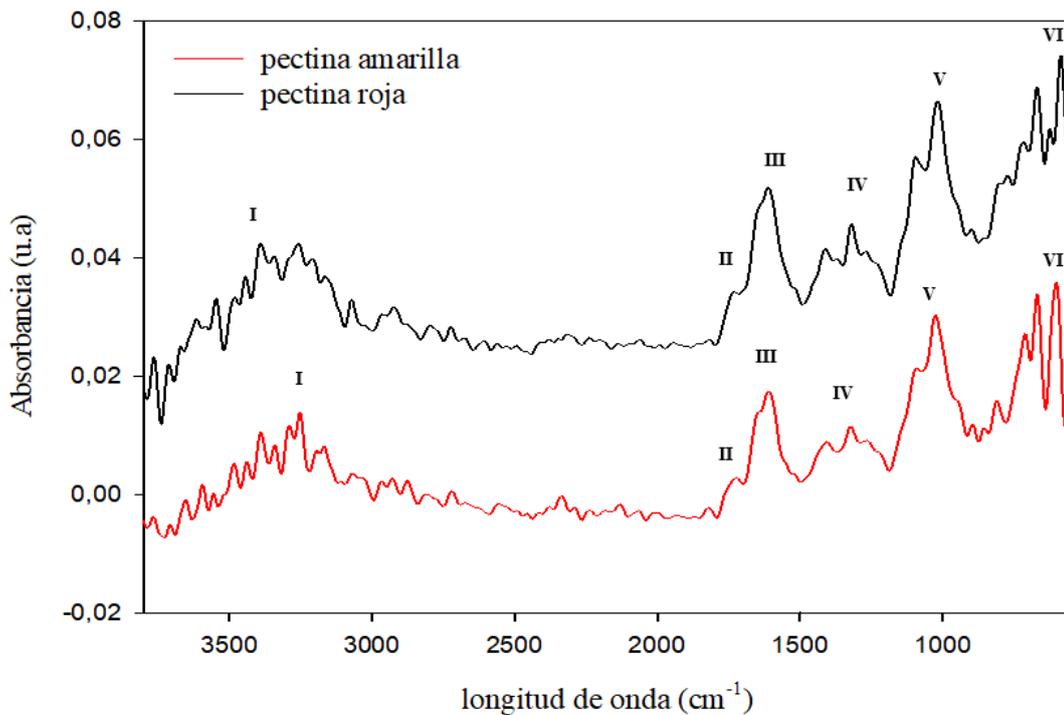
Por otra parte, siguiendo los criterios de clasificación mencionados por Ramírez-Gavidia et al. (2020) y Toyo-Díaz et al. (2021), las pectinas se clasifican como alto metoxilo: superior al 7% e ideales para gelificar en presencia de azúcar (50% al 75%) y ácidos entre 2 a 3,5 de pH y del 60 al 65% de sólidos solubles (mermeladas y jaleas), y de bajo metoxilo: inferior al 7%, y útiles en productos dietéticos y bajos en calorías. Las pectinas de bajo metoxilo requieren cationes divalentes como calcio para gelificar, amplio rango de pH, con adición o ausencia de azúcares. Por lo tanto, de acuerdo con lo mencionado previamente, se puede concluir que en el presente estudio se obtuvo una pectina de alto metoxilo extraída de la pitahaya amarilla y una pectina de bajo metoxilo correspondiente a la pitahaya roja. Estas propiedades diversifican su aplicación en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

### 3.2 Análisis F-TIR

La figura 3 muestra los espectros FTIR-ATR de las pectinas extraídas desde la pitahaya roja y amarilla.

**Figura 3.**

*Espectros FTIR de las pectinas extraídas de pitahaya amarilla y roja.*



De forma general, los espectros FTIR-ATR de las pectinas extraídas fueron similares para ambas muestras. Además, los espectros mostraron las bandas características de la pectina, afirmando la efectiva extracción de este aditivo. Las bandas 3247 y 3382  $\text{cm}^{-1}$  para la pitahaya amarilla y roja, respectivamente (región I), son atribuidos principalmente al estiramiento de los grupos hidroxilo (OH) de las moléculas de agua. Las bandas a 1693 y 1704  $\text{cm}^{-1}$  (región II) para la pitahaya amarilla y roja, respectivamente, se asociaron con la vibración del estiramiento  $\text{—CO}$  de grupos carboxilo metil-esterificados y grupos pectina no esterificados (Alpizar-Reyes et al., 2022). Las bandas de las regiones III con valores de 1597  $\text{cm}^{-1}$  (pitahaya amarilla) y 1601  $\text{cm}^{-1}$  (pitahaya roja) estuvieron relacionados con la vibración de estiramiento asimétrico de los grupos carboxilato ( $\text{COO}^-$ ). La presencia de estas bandas confirmó la exitosa extracción exitosa de la pectina y evidencia la ionización de los ácidos galacturónicos, componente estructural fundamental de estas biomoléculas (Viana et al., 2024). Las bandas 1311  $\text{cm}^{-1}$  (región IV) estuvieron vinculadas al estiramiento simétrico del grupo funcional  $\text{CH}_2$  de la celulosa que se encuentra en la composición de la pectina (Ramos-Alvarado et al., 2020). Las bandas a 1040 y 1010  $\text{cm}^{-1}$  (región V) para la pitahaya amarilla y roja, respectivamente, se asociaron a las vibraciones de estiramiento y flexión de enlaces C-O y C-C. Por otro lado, los picos a 548 y 586  $\text{cm}^{-1}$  (región VI) para la pitahaya amarilla y roja, respectivamente, estuvieron relacionados con relacionados con vibraciones de flexión que involucra al grupo disulfuro (S-S) (Shukla et al., 2024).

De acuerdo con lo descrito en el análisis FTIR- ATR, se pudo demostrar que el proceso de extracción por hidrólisis permitió obtener pectinas a partir de cáscaras de pitahaya roja y amarilla.

### **3.3 Análisis económico del costo de producción de pectina**

La Tabla 6 muestra los costos de producción del proceso de obtención de la pectina.

**Tabla 6.**  
*Costos de producción para obtener pectina*

CONCEPTO	CANTIDAD		UNIDAD	COSTO TOTAL (\$)	
	Variedad roja	Variedad amarilla		Variedad roja	Variedad amarilla
Cáscaras de pitahaya	3	3	Kg	0,50	0,50
Agua destilada	1,25	1,25	L	1,23	1,23
Ácido clorhídrico	0,00266	0,00266	L	0,000010	0,000010
Etanol 96%	0,84	0,96	L	2,22	2,54
Etanol 95%	0,84	0,96	L	1,81	2,06
Etanol 75%	0,42	0,48	L	0,78	0,89
Lienzos	0,25	0,25	m	0,30	0,30
Subtotal de insumos				<b>6,83</b>	<b>7,52</b>
Mano obra directa:					
Tiempo de producción			H	3,78	3,78
<b>Total de costos directos</b>				<b>10,61</b>	<b>11,30</b>
<b>Costos indirectos fabricación (amortización. Mensual)</b>					
Deshidratador (\$500/60meses)	1	1		0,83	0,83
Molinillo eléctrico (\$74/60 meses)	1	1		0,12	0,12
Equipo baño maría (\$500/60meses)	1	1		0,83	0,83
Total costos indirectos:				1,79	1,79
<b>Costo Total</b>				<b>12,40</b>	<b>13,09</b>

La Tabla 6 evidencia el costo total de la obtención de pectina a partir de 3 kg de cáscara fresca, de la cual se ha tomado 50 g de cáscara deshidratada de cada variedad, por ende, el costo de la pectina a partir de la pitahaya roja fue de \$12,40, y el costo de extracción de la pectina obtenida desde la pitahaya amarilla fue de \$13,09. Estas diferencias se explican por el rendimiento determinado en cada variedad y los costos de insumos, destacando el etanol como el componente más costoso en ambas. El costo de tiempo de producción (\$3,78 para ambas variedades) también fue incluido en los costos directos. Adicionalmente, los costos indirectos, provenientes de la amortización de equipos (\$1,79 en ambos casos) representaron una distribución eficiente del costo de inversión.

En el trabajo de Selenicereus et al. (2024), la evaluación económica mostró que las diferencias en el costo por kilogramo de pectina entre localidades están influenciadas por el rendimiento, siendo Santo Domingo de los Tsáchilas el más eficiente. Sin embargo, la igualdad en los "Total, Egresos" indicaron que no se incluyeron costos de equipos como deshidratadores o sistemas de calentamiento, lo que subestima los costos reales de producción. Esto podría explicar las variaciones obtenidas respecto al presente estudio.

El análisis económico realizado por Hendrawati (2017) evaluó un proceso piloto para la extracción de pectina a partir de residuos de naranja, considerando un préstamo al 12% de

interés para equipos e instalación. Se estimó un área de 300 m<sup>2</sup> con costos de infraestructura de \$30 000 y un 10% adicional para licencias y regulaciones. Con una tasa de descuento del 20% y un periodo de 5 años, se determinó que el precio mínimo de venta de la pectina sería de \$16,85/kg. Dado que los artesanos en Ecuador adquieren pectina a \$34/kg, la implementación de esta planta sería económicamente favorable para industrias artesanales. Por lo tanto, la rentabilidad de la extracción de pectina depende tanto del rendimiento del material base como de la escala de producción. A nivel industrial, las economías de escala y la optimización de costos permiten una mayor viabilidad. Por ello, es clave considerar todos los costos para garantizar un proceso sostenible y competitivo.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Se obtuvo pectina a partir de cáscaras de pitahaya roja y amarilla, a través del método de hidrólisis ácida utilizando HCl como agente extractante, pH=2, una temperatura 90 °C y un tiempo de 60 min.
- La evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas de las variedades de pitahaya roja y amarilla reveló diferencias en los parámetros determinados. La variedad roja mostró un alto rendimiento de extracción de pectina y mayor contenido de cenizas, lo que sugiere una mayor eficiencia de extracción y estabilidad estructural. En contraste, la variedad amarilla presentó un mayor contenido de metoxilos lo que indicaría que la misma tiene un alto potencial para formar geles en condiciones ácidas. El análisis FTIR-ATR confirmó la efectiva extracción de la pectina desde las cáscaras de pitahaya ya que los principales grupos funcionales de este polímero fueron detectados en las regiones III con valores de 1597  $\text{cm}^{-1}$ , y 1601  $\text{cm}^{-1}$ , extraídas de la variedad amarilla y roja respectivamente, relacionados con la vibración del estiramiento asimétrico de los grupos carboxilato ( $\text{COO}^-$ ).
- Los costos de extracción de pectina se estimaron para las dos variedades de pitahaya, incorporando el tiempo de producción, los equipos utilizados y los insumos empleados. El mayor consumo de insumos fue etanol asociado a la relación de extracción empleada (líquido filtrado: solvente, 1:2). Este factor influyó notablemente en los costos totales demostrando que no son económicamente rentables bajo estas condiciones, ya que los rendimientos de extracción oscilaron entre 7% y 15%.

### 4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de optimización del procedimiento para extracción de pectina con la finalidad minimizar el consumo de etanol en la fase de precipitación de las pectinas y simplificar el procedimiento evitando la fase de deshidratación de la cáscara fresca.
- Se recomienda orientar las investigaciones hacia el aprovechamiento integral de las diferentes partes de la fruta, incluyendo tanto los residuos como la pulpa, con el objetivo de estudiar y extraer diversos compuestos de alto valor, como colorantes naturales, extractos bioactivos, harinas funcionales y otros subproductos con aplicaciones en distintas industrias.
- Se recomienda comparar las pectinas extraídas de las cáscaras de pitahaya amarilla y roja mediante su aplicación en algún producto alimenticio, evaluando su desempeño en términos de propiedades funcionales y tecnológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adolph, R. (2016). *Codex Alimentarius*. 1–23.
- Aguiar, S., Enríquez Estrella, M., & Uvidia Cabadiana, H. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Axioma*, 1(27), 5–11. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Alpizar-Reyes, E., Cruz-Olivares, J., Cortés-Camargo, S., Rodríguez-Huezo, M. E., Macías-Mendoza, J. O., Álvarez-Ramírez, J., & Pérez-Alonso, C. (2022). Structural, physicochemical, and emulsifying properties of pectin obtained by aqueous extraction from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(3). <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim2887>
- Alvarado, A.C. (2024). La frontera agrícola crece: pitahaya causa deforestación en Amazonía ecuatoriana. <https://es.mongabay.com/2024/01/frontera-agricola-crece-pitahaya-causa-deforestacion-en-amazonia-ecuatoriana/>
- Chamorro, G. (2019). Extracción y caracterización de pectinas de piel de lima y su uso como en agua (Memoria de trabajo de Química). Universitat de Le Illes Balears, 1–30.
- Daza Lorenzo, C., Gamarra García, M., Andrés-Mendoza, M., Paucar Gressy, M., Bravo Romaina, M., & Chamorro Gómez, R. E. (2023). Elaboración de néctar a base de Quito Quito (*Solanum quitoense* Lam.) con pulpa y pectina extraída de la cáscara del Mango Serrano (*Mangifera indica* L.). *Investigación Agraria*, 25(2), 80–87. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2023.diciembre.2502745>
- Figuroa, R., Tamayo, J., González, S., Moreno, G., & Vargas, L. (2011). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12, 44–50.
- Frosi, I., Balduzzi, A., Moretto, G., Colombo, R., & Papetti, A. (2023). Towards Valorization of Food-Waste-Derived Pectin: Recent Advances on Their Characterization and Application. *Molecules*, 28(17), 1–22. <https://doi.org/10.3390/molecules28176390>
- García-García, P. M., Galindo-Alcántara, A., & Ruiz-Acosta, S. del C. (2023). Métodos de extracción de pectina en frutos: Revisión sistemática. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(NEIII). <https://doi.org/10.19136/era.a10nneiii.3728>
- Giménez, A., Montoli, P., Curutchet, M. R., & Ares, G. (2021). Strategies to reduce losses and waste of fruits and vegetables in the last stages of the agrifood-chain advances

- and challenges. *Agrociencia* Uruguay, 25(E2).  
<https://doi.org/10.31285/AGRO.25.813>
- Granoble Chancay, P. E., & Acuría Morán, J. P. (2022). La producción de Pitahaya Roja “*Hylocereus Undatus*” incide en su exportación en el de Manabí. *E-IDEA 4.0 Revista Multidisciplinar*, 4, 14–32. <https://doi.org/10.53734/mj.vol4.id241>
- Guerrero, G., Suárez, D., & Orozco, D. (2017). Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao. *Temas Agrarios*, 22(1), 85–90. <https://doi.org/10.21897/rta.v22i1.919>
- Hendrawati. (2017). “Diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*).” *Jurnal Akuntansi*, 11.
- Jácome-Pilco, C., Ledesma-García, F., Vega-Cevallos, T., & Iza-Iza, S. (2023). Potencial uso de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la industrialización: Caracterización, Actividad antioxidante, beneficios para la salud. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(3), 98–109. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1693>
- Johnny, N., & Amado, R. J. (2024). <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13.0161>. 7(13), 202–213.
- Jurado-Erazo, D. K., Tulcán-Cuasapud, Y. A., & Rojas González, A. F. (2023). Perspectivas de valorización de residuos de frutas a partir de sus características físicas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1).  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num1\\_art:3016](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:3016)
- Laguna, Y., & Reyes, R. (2021). Valorización de residuos de cáscara de pitahaya: Obtención de compuestos bioactivos con valor agregado. *Ciencias Agropecuarias*, 34.
- Le, N. L. (2022). Functional compounds in dragon fruit peels and their potential health benefits: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 2571–2580. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15111>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2022). MAG apoyará la siembra de hasta 10.000 hectáreas de pitahaya para exportación. <https://www.agricultura.gob.ec/mag-apoyara-la-siembra-de-hasta-10-000-hectareas-de-pitahaya-para-exportacion/>
- Maricela Dalgo-Flores, V. I., Daniel Cayambe-Criollo, J. I., Isabel Rodríguez-Vinueza III, V., Gissel Tixi-Gallegos, K. I., & Marcos Quispillo-Moyota, J. V. (2024). Caracterización físico-química en la optimización de la producción de pectina a partir de residuos de naranja (*CITRUS SINENSIS*) mediante hidrólisis ácida: un enfoque

- eficiente para su potencial aplicación como agente estabilizante, emulsificante y gelific. 85(1), 2041–2064. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1>
- Méndez, D. A., Fabra, M. J., Gómez-Mascaraque, L., López-Rubio, A., & Martínez-Abad, A. (2021). Modelling the extraction of pectin towards the valorisation of watermelon rind waste. *Foods*, 10(4), 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods10040738>
- Menéndez, R., & Cobeña, X. (2022). Factores críticos de la gestión de la calidad de la pitahaya ecuatoriana de exportación. Estudio de caso Ecuador Divine-El Okaso S.A. *Dominio de Las Ciencias*, 8(3), 43. <file:///C:/Users/Personal/Downloads/Dialnet-FactoresCriticosDeLaGestionDeLaCalidadDeLaPitahaya-8637927.pdf>
- Miguel, J., & Veracruz, V. (2005). Escuela Politécnica Superior de Orihuela TESIS DOCTORAL.
- Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2023). Comparación en altura de planta y producción de brotes entre dos variedades de pitahaya (*Hylocereus* sp.). *Revista Tecnología En Marcha*, June. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i3.6105>
- Morales, L., Sinchigalo, R., Córdova, A., & Bedoya, M. (2024). Producción de Frutas Tropicales en Ecuador: Especialización productiva y función de optimización. *Ciencia Unemi*, 17(44), 177–193. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol17iss44.2024pp177-193p>
- Muñoz-Murillo, J. P., García-Mendoza, J. J., Arévalo-Reyes, L. E., & Cedeño-Cedeño, J. C. (2024). Galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(1), 18–30. <https://doi.org/10.53287/kdgc7623aq78f>
- Orqueda, M. E., Méndez, D. A., Martínez-Abad, A., Zampini, C., Torres, S., Isla, M. I., López-Rubio, A., & Fabra, M. J. (2022). Feasibility of active biobased films produced using red chilito wastes to improve the protection of fresh salmon fillets via a circular economy approach. *Food Hydrocolloids*, 133(April). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107888>
- Perera Sanoli. (2024). Pectina de residuos de frutas: un enfoque sostenible de la gestión de residuos | Wikifarmer. <https://wikifarmer.com/library/es/article/pectina-de-residuos-de-frutas-un-enfoque-sostenible-de-la-gestion-de-residuos>
- Pokhrel, S. (2024). Análisis de la producción de pitahaya en el cantón Palora y oportunidades de exportación. *Αγαη*, 15(1), 37–48.

- Ramírez-Gavidia, T. C., González-Colmenares, N. M., & Guerrero-Pernía, E. K. (2020). Orange residue pectin applying the 3R principle. *Aibi, Revista de Investigación Administración e Ingenierías*, 8(2), 84–91. <https://doi.org/10.15649/2346030X.819>
- Ramos-Alvarado, M. M., Cadenas-González, M. T., Bolio-López, G. I., Leo-Avelino, G., Maciel-Cerda, A., Castañeda-Castañeda, C., & Ramos-Valencia, J. J. (2020). Biopelículas a base de pectina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*): Caracterización física, química y estructural. *Agroindustrial Science*, 10(3), 273–278.
- Ramos, V., Hidalgo, M., & Torres, A. (2018). Obtención de pectina a partir de las cáscaras de plátano para su aprovechamiento. *Revistas Ingenierías*, 2(2), 52–56. <https://bit.ly/3FlvRq3>
- Rubiano Gonzalez, V., Montaña Numpaque, M., & Da Silva Dias, N. (2022). Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5294–5309. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3498](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3498)
- Selenicereus, P., Maribel, G., Lucero, B., Elizabeth, S., Sampedro, L., Enrique, M., Guzmán, A., Javier, D., & Ayala, B. (2024). Characterization of pectin obtained from pitahaya shells (*Selenicereus megalanthus*). *Abstract*. 3(1), 1–19.
- Shukla, N., Deo, M. N., Gupta, S., Mishra, S., & Uttam, K. N. (n.d.). Non-destructive and Label-Free Evaluation of the Biochemicals Lady finger by Vibrational Spectroscopy ( FT-Raman and ATR-FTIR ) Technique.
- Tayupanda, G. (2024). Análisis Del Comportamiento De La Exportación De Pitahaya Ecuatoriana Hacia El Mercado Asiático, Año 2022. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27534/1/UPS-GT005020.pdf>
- Torres-Mendoza, K. E., Lara-Tambaco, R. M., & León-Araujo, M. E. (2023). Obtención y caracterización de la pectina extraída de la cáscara de pepino (*Cucumis Sativus* L- Variedad Híbrido Dasher II) y validarla como producto gelificante en compotas. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 205–223. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.597>
- Torres-Valenzuela, L. S., Serna-Jiménez, J. A., Pinto, V., & Vargas, D. (2020). Evaluation of conditions of ultrasound assisted extraction of yellow pitahaya peel bioactive compounds. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(1), 70–83. <https://doi.org/10.22507/rli.v17n1a6>
- Torres Grisales, Y., Melo Sabogal, D. V., Torres-Valenzuela, L. S., Serna-Jiménez, J. A., & Sanín Villarreal, A. (2017). Evaluation of bioactive compounds with functional

- interest from yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(3), 8311–8318. <https://doi.org/10.15446/rfna.v70n3.66330>
- Tovar, A. K. (2017). Valorización integral de cáscaras de naranja mediante extracción de pectina y elaboración de carbón activado [Título profesional, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C.]. 117.
- Toyo-Díaz, M. J., Toyo-Fernández, B. M., & Moreno Quintero, M. E. (2021). Extracción de pectina mediante hidrólisis ácida de la cáscara de cambur (*Musa paradisiaca*). *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias Del Agro y Mar*, 3(5), 25. <https://doi.org/10.35381/a.g.v3i5.1658>
- Tristante, N. A., Cao, W., Chen, N., Suryoprabowo, S., Soetaredjo, F. E., Ismajji, S., & Hua, X. (2024). Pectin extracted from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel and its usage in edible film. *International Journal of Biological Macromolecules*, 276, 133804. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2024.133804>
- Vera, G. (2020). Influencia del pH para la extracción de pectina en la cáscara de pitahaya. 1–50.
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Veronica Vezzani. (2024). El problema del desperdicio de frutas y hortalizas y cómo podemos solucionarlo – Proyectos de divulgación del instituto agroalimentario de Aragón – ia2. <https://alimentandolaciencia.esciencia.es/2022/01/10/el-problema-del-desperdicio-de-frutas-y-hortalizas-y-como-podemos-solucionarlo/>
- Vezzani Veronica. (2024). Extracción de pectina de residuos de elaboración de frutas de manera sostenible. <https://www.aeb-group.com/es/como-extraer-pectina-de-los-residuos-de-la-elaboracion-de-frutas-de-forma-sostenible>
- Viana, B. F., Cunha, A. P., Ricardo, N. M. P. S., Freitas, L. B. N., Leal, L. K. A. M., Ribeiro, A. C. B., & Diniz, D. B. (2024). Características químicas e citotoxicidade da pectina de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mevaugh]. *Nutrivisa - Revista de Nutrição e Vigilância Em Saúde*, 7(1), e13741. <https://doi.org/10.59171/nutrivisa-2020v7e13741>

## ANEXOS

### Anexo 1

**Figura 4.**  
*Lavado y deshidratado de las cáscaras de pitahaya*



**Figura 5.**  
*Fase de precipitado de la pectina*



Anexo 2

**Figura 6.**  
*Filtrado y lavado de las pectinas.*



**Figura 7.**  
*Obtención de pectina*



**Figura 8.**  
*Análisis de contenido de metoxilos*



Anexo 3

**Tabla 7**

*Datos de rendimientos.*

<b>Variedad</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Pectina seca</b>	<b>Rendimiento %</b>
1	10	1,5	15,00
1	34,5	5,33	15,45
1	35	5,68	16,23
2	35,05	2,82	8,05
2	34,59	2,62	7,57
2	13	1,02	7,85

**Tabla 8.**

*Datos de % de metoxilos*

<b>Pectinas</b>	<b>Muestras</b>	<b>Volumen consumido (ml)</b>	<b>Resultado %</b>
<b>Pitahaya amarilla</b>	1	15	8,78
	2	15,2	8,81
	3	16	8,73
<b>Pitahaya roja</b>	1	12	5,77
	2	15,2	5,75
	3	14,4	5,91

**Tabla 9**

*Datos de humedad y cenizas.*

<b>Pectinas</b>	<b>Muestras</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Cenizas%</b>
<b>Pitahaya amarilla</b>	1	10,38	16,77
	1	10,84	15,22
	2	15,64	11,58
<b>Pitahaya roja</b>	2	11,34	10,04