

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE EL RENDIMIENTO Y  
CARACTERIZACIÓN DE PECTINA OBTENIDA DE  
CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), CON  
DIFERENTES MÉTODOS Y PARÁMETROS DE  
EXTRACCIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Autora: Bach. Coronel Soto Malix Yaseny**

**Asesor: Mg. Quiñones Huatangari Lenin**

**JAÉN-PERÚ, OCTUBRE, 2021**





## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

Siendo las 11:08 horas del día 11 de noviembre del 2021, vía conexión virtual, se reunieron los siguientes integrantes del jurado:

Presidente: Dra. María Alina Cueva Ríos

Secretaria: Dra. Delicia Liliana Bazán Tantaleán

Vocal: Mg. Wilfredo Ruiz Camacho (Vocal), Para evaluar la sustentación del informe final:

( ) Trabajo de Investigación

( X ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA OBTENIDA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*passiflora edulis*), CON DIFERENTES PARÁMETROS DE EXTRACCIÓN" presentado por la Bachiller Malix Yaseny Coronel Soto, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( x ) Aprobar

( ) Desaprobar

( x ) Unanimidad

( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente 18, 19, 20 ( )

b) Muy bueno 16, 17 ( )

c) Bueno 14, 15 ( 15 )

d) Regular 13 ( )

e) Desaprobado 12 ò menos ( )

Siendo las 12:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 11 de noviembre de 2021

Dra. María Alina Cueva Ríos  
Presidente

Dra. Delicia Liliana Bazán Tantaleán  
Secretario

Mg. Wilfredo Ruiz Camacho  
Vocal

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	7
II.	OBJETIVOS.....	28
	2.1. Objetivo general.....	28
	2.2. Objetivos específicos.....	28
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
	3.1. Población y muestra.....	29
	3.1.1. Población.....	29
	3.1.2. Muestra.....	29
	3.2. Procedimiento experimental.....	29
	3.2.1. Definiciones para la búsqueda (Planificación).....	30
	3.2.2. Ejecución de la revisión (Desarrollo).....	32
	3.2.3. Discusión de resultados (Reporte).....	37
IV.	RESULTADOS.....	38
	4.1. Estudios primarios de calidad por año.....	38
	4.2. Parámetros principales y secundarios que intervienen en el proceso de extracción de pectina.....	41
	4.3. Efectos de los parámetros de extracción, métodos de extracción e índices de madurez sobre el rendimiento y caracterización de pectina.....	42
	4.4. Efectividad del mayor rendimiento y mejor caracterización.....	53
V.	DISCUSIONES.....	54
	Análisis de la caracterización de la pectina.....	66
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
	Conclusiones:.....	84
	Recomendaciones.....	86
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
	DEDICATORIA.....	97
	AGRADECIMIENTO.....	99
	ANEXOS.....	100



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Rendimientos de pectinas de algunos residuos de frutas.....	17
<b>Tabla 2:</b> Características de las pectinas industriales de alto metoxilo.....	20
<b>Tabla 3:</b> Relación entre el tipo de gelificación y porcentaje de esterificación. ....	22
<b>Tabla 4:</b> Criterios de inclusión y exclusión .....	32
<b>Tabla 5:</b> Descripción de los parámetros primarios y secundarios. ....	41
<b>Tabla 6:</b> Esquema de caracterización de datos .....	43
<b>Tabla 7:</b> Descripción de las cantidades de peso equivalente.....	68
<b>Tabla 8:</b> Descripción de las cantidades de metoxilo (%) por hidrólisis ácida. ....	71
<b>Tabla 9:</b> Descripción de las cantidades de metoxilo (%) por hidrólisis ácida inducida por microondas y pretratamiento con ultrasonido. ....	72
<b>Tabla 10:</b> Descripción del contenido de ácido galacturónico (GalA) por hidrólisis ácida. ....	74
<b>Tabla 11:</b> Descripción del grado de esterificación mediante titulación y extracción por hidrólisis ácida.....	77
<b>Tabla 12:</b> Descripción del grado de esterificación (DE), con diferentes métodos de extracción.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Esquema del equipo utilizado para extraer pectina.....	12
<b>Figura 2:</b> Extractor tipo Soxhlet.....	13
<b>Figura 3:</b> Equipo de hidroddestilación. ....	15
<b>Figura 4:</b> Flujograma de procedimientos.....	29
<b>Figura 5:</b> Ejemplo de la hoja con preguntas para selección de artículos potenciales.....	34
<b>Figura 6:</b> Proceso de selección de estudios .....	35
<b>Figura 7:</b> Tendencia de investigaciones de calidad sobre extracción de pectinas de cáscara de maracuyá por año.....	39
<b>Figura 8:</b> Distribución de tipos de publicaciones.....	39
<b>Figura 9:</b> Distribución de publicaciones de revistas seleccionadas.....	40
<b>Figura 10:</b> Distribución de las publicaciones de artículos seleccionados.....	40
<b>Figura 11:</b> Distribución de las publicaciones de tesis de postgrado seleccionados.....	41



## RESUMEN

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es un fruto de origen brasileño, constituido proporcionalmente por cáscara 50 - 60%, semillas 10 - 15%, y jugo 30 - 40%, siendo una fuente para extracción de pectina (obtenida de la corteza). Existen un sin número de técnicas para obtención de pectina, como la extracción inducida por microondas, la convencional, pretratamiento con ultrasonido. El rendimiento y la caracterización dependen de ciertas condiciones como la temperatura, tiempo, pH, potencia. Se realizó esta revisión sistemática (RS) para recopilar diferentes resultados obtenidos en rendimiento y caracterización de la pectina proveniente del maracuyá con métodos de extracción, parámetros de extracción y estados de madurez diferentes. Las palabras claves usadas para acceder a las diferentes bases de datos fueron: pectina, rendimiento, extracción, parámetros, caracterización, estados o índices, madurez y maracuyá, teniendo en cuenta diferentes bases de datos con publicaciones de los últimos 20 años (2001 -2021) en idiomas inglés y español. Al leer los títulos y resúmenes de los documentos encontrados en 8 bases de datos, se seleccionan y toman en cuenta aquellos artículos con información relevante relacionada con la investigación, después de haber leído los resultados, discusiones y conclusiones, 43 artículos fueron utilizados para realizar esta revisión, dentro de estos documentos, el mejor rendimiento (54.69%), el mayor peso equivalente (3096), el elevado contenido de metoxilos (14.5%), contenido de ácido galacturónico (88.6%) y grado de esterificación (97.3%), siendo los mejores resultados que presentan una efectividad en cuanto a rendimiento y caracterización favorable de pectina. La síntesis de toda la información encontrada permitió hacer un análisis para optimizar parámetros y métodos para obtener mayores y mejores resultados de investigaciones realizadas.

**Palabras clave:** pectina, rendimiento, caracterización, métodos de extracción, parámetros de extracción.



## ABSTRACT

Passion fruit (*Passiflora edulis*) is a fruit of Brazilian origin, consisting proportionally of 50-60% peel, 10-15% seeds, and 30-40% juice, being a source for pectin extraction (obtained from the peel). Pectin is a polysaccharide, it is very important in the world of industry in general, it forms gels in aqueous medium and in the presence of sugar. here are several extraction techniques such as microwave induced extraction, conventional extraction, ultrasound pre-treatment. Performance and characterisation depend on certain conditions such as temperature, time, pH, power. This SR aims to compile different results obtained in yield and characterisation of pectin from passion fruit with different extraction methods, extraction parameters and maturity stages. The keywords used to access the different databases were: pectin, yield, extraction, parameters, characterisation, states or indices, maturity and passion fruit, taking into account different databases with publications from the last 20 years in English and Spanish. By reading the titles and abstracts of the documents found in 8 databases, those articles with relevant information related to the research are selected and taken into account, after having read the results, discussions and conclusions, 43 articles were used to carry out this review, within these documents, the best yield (54.69%), the highest equivalent weight (3096), the high methoxyl content (14.5%), galacturonic acid content (88.6%) and degree of esterification (97.3%), being the best results that present effectiveness in terms of yield and favourable characterisation of pectin. The synthesis of all the information found allowed an analysis to be made to optimise parameters and methods in order to obtain better and better results from the research.

**Keywords:** pectin, yield, characterization, extraction methods, extraction parameters.



## I. INTRODUCCION

El maracuyá (*Passiflora edulis*) o parchita, nombre con el cuál es conocido en otros países, es una fruta tropical de una planta que crece de forma enredadera, pertenece a la familia de las *Passifloras*, existen más de 400 variedades descubiertas, es originaria de Brasil, aunque Perú también es considerado como uno de los lugares de origen de esta planta. Además, Colombia y Ecuador forman parte de los países que más maracuyá producen, esto según reporte de la Gerencia Regional de Agricultura de Trujillo - La Libertad (2017). El Perú se presentan dos variedades, la morada o púrpura (*P. edulis* Sims.) y la amarilla (*P. edulis* forma *flavicarpa.*). Existe una diferencia significativa en ambas, la primera, se consume en fresco. Sin embargo, su hábitat normal está en climas semi cálidos y a mayor altura sobre el nivel del mar, por su parte, la segunda crece en climas cálidos desde 1000 m de altitud. Esta última es la que se aprecia por las industrias, puesto que presenta mayor contenido de acidez, es una excelente fuente de vitamina A, riboflavina, niacina, ácido ascórbico y aparte es aromático, y lo más importante, que también se aprovecha la cáscara y semillas (Amaya, 2010. p.4).

El fruto es una baya globosa u ovoide, de color verde claro a amarillo cuando esta maduro (sazón), según Amaya (2010), el fruto consta de tres partes:

*Exocarpio*: corteza del fruto, es liso y recubierto con cera natural quien le proporciona brillo. El color se ve variado dependiendo de su estado de madurez.

*Mesocarpio*: parte blanda, porosa y blanca, esta parte contiene la mayor cantidad de sustancias pépticas (pectina), su grosor es de aproximadamente de 6 mm, se reblandece al sumergirse a una solución acuosa.

*Endocarpio*: es la envoltura que cubre a las semillas de color pardo oscuro, contiene el jugo ácido y aromático (p. 6).

En otro enunciado, Urango *et al.* (2018) mencionaron que el maracuyá es un fruto que en estado de madurez está constituido proporcionalmente por cáscara 50 - 60%, jugo 30 - 40% y semilla 10 - 15%, en su mayor proporción es cáscara, quien está constituida por el exocarpio y mesocarpio, siendo estos dos últimos muy ricos en sustancias pépticas, esta fruta es considerada como una alta alternativa para obtención de pectina, además de ser aprovechable el coproducto (cáscara) industrial

como menciona Amaya (2010) en su reporte. El argumento de Sherman (1953 citado por Aranda y Guidi, 2016) indicó que la cantidad de pectina en la cáscara de maracuyá es del 20% en materia seca, la cual la hace atractiva para ser extraída.


Existen variedad de tecnologías innovadoras que se usan en el procesamiento de alimentos, de entre ellos están los residuos industriales (frutas y hortalizas) que vienen siendo utilizados de manera provechosa, claro ejemplo de ello es la extracción y obtención de pectina. La pectina es una sustancia de origen vegetal, que en su mayoría se encuentra en la corteza (cáscara) de las frutas, clasificada como un hidrocoloide pues en solución acuosa manifiesta propiedades espesantes y estabilizantes, es por esta razón que se clasifica como gelificante natural, además de estar considerada como aditivo alimentario (Culquimboz y Salazar, 2010, p.8).

Según Khan y colaboradores (2014 citado por Mantilla, 2020) la pectina es un polisacárido compuesto por 300 a 1000 unidades de monosacáridos aproximadamente. Su particularidad de formar geles en presencia de agua, la convierten en muy atractiva para el sin número de industrias de alimentos existentes. En el párrafo anterior mencionan que es un coproducto que se obtiene de los residuos de las frutas y algunas hortalizas, quienes en su mayoría son desechos industriales sin valor agregado.


Según de Souza *et al.* (2018), es muy posible la obtención de compuestos bioactivos de la cáscara de la fruta y después extraer pectina sin que esta pierda su composición y estructura molecular, es decir, se puede realizar un perfil de flavonoides para conocer el contenido de fenoles y obtener un análisis composicional del residuo de la fruta antes de extraer pectina, sin embargo, la calidad y el rendimiento dependen mucho de las técnicas empleadas antes o durante su proceso de extracción. Existen diferentes técnicas de extracción, de las cuales destacan; el empleo de solventes (ácido cítrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico inclusive agua), extracción con inducción de microondas, hidrodestilación (agua), extracción tipo Soxhlet, entre otras. Posteriormente se debe realizar un proceso de purificación en el cual se separan las sustancias como azúcares, proteínas, etc. de la pectina, para ello se suele usar precipitación con alcohol, inclusive ultrafiltración (Mantilla, 2020, p. 13).



Las técnicas de extracción requieren de cantidades considerables de solventes orgánicos, siendo estas sustancias muy peligrosas, contaminantes y además, demandan de altas temperaturas para su funcionamiento, pues su reacción es muy lenta, por estas razones es que se han evaluado y empleado nuevas metodologías tales como la extracción con pretratamiento de ultrasonido, extracción asistida por enzimas, fluidos supercríticos, etc. Las ventajas de las nuevas propuestas son las disminuciones considerables de temperatura de trabajo, menor tiempo, bajo volumen de solvente permitiendo una mayor pureza en la pectina obtenida (sin presencia de solvente) y a su vez aumentar su rendimiento, sin embargo, estos procesos suelen ser más costosos, debido a materiales y equipos que se requieren para su funcionamiento, esto impide que se lleven a cabo en una escala más interesante a nivel industrial (Alexandre *et al.*, 2018).



Dentro del proceso de extracción de pectina, a partir de residuos industriales (cáscara de maracuyá), se deben tener en cuenta ciertos parámetros como tiempo de extracción, temperatura, pH, potencia, etc. Las temperaturas de extracción deben ser elevadas, esto permite que se dé el proceso de hidrólisis, este parámetro en condiciones bajas no permite la hidrolización ácida de la protopectinasa, por ende genera un menor rendimiento. Cuando la temperatura es alta, las células logran hincharse y las paredes sufren rupturas, gracias ello se consigue la liberación de pectina, además mencionar que la temperatura puede variar dependiendo del solvente y método de extracción seleccionado (Mantilla, 2020, p. 14). En cuanto al pH usado se recalca que este afecta la cantidad de pectina y sus propiedades (calidad), el rendimiento de la pectina se ve afectada (disminuye) al aumentar el pH, es decir, existe una relación inversamente proporcional entre cantidad de pectina y pH, en donde la alta concentración de iones hidrógeno en el solvente estimula la protopectina. Se tiene registro de que el máximo rendimiento fue encontrado al emplear pH 1.4, al aumentar estos valores, la pectina se ve afectada e inicia su proceso de degradación (Thirugnanasambandham y Sivakumar, 2014, p. 34).



Por otro lado, se menciona que el proceso de purificación (lavado) de pectina está directamente relacionado con sus características de calidad (Yapo, 2009, p.3). Según Shan Quin (2014 citado por Mantilla, 2020), el tiempo es otro factor que afecta el rendimiento y características de la pectina, ejemplo de ello es que a medida que el

tiempo aumenta, el grado de esterificación disminuye, aduciendo que una pectina de alta metoxilación es obtenida en menor tiempo de extracción. Este enunciado no se puede dar por un hecho total puesto que hay condiciones de extracción que afectan al igual que los métodos utilizados (p. 16).

### **Técnicas de extracción**

*Extracción asistida por ultrasonido (EAU):* Considerada como una tecnología de extracción innovadora, limpia y ecológica empleada para diversas moléculas y biomateriales, incluyen moléculas bioactivas, proteínas, péptidos e inclusive aceites esenciales, emplea energía acústica y disolventes para la extracción de las diferentes materias vegetales. La objetividad de la transferencia de masa sucede por la cavitación acústica inducida en un medio líquido (Wang *et al.*, 2015). La pectina es una fibra soluble, es por ello que la cavitación y disrupción celular causadas por las ondas ultrasónicas mejoran la transferencia de masa de la parte sólida hacia el disolvente el cual permite la mejora de la extracción de pectina (Freitas *et al.*, 2016).

Jafarzadeh *et al.* (2020), realizaron un estudio en la remolacha azucarera para extraer su pectina, para ello aplicaron el método de extracción convencional y método asistido por ultrasonido, para el desarrollo de este último, la proporción que emplearon de sólido líquido (1:20) para todos los tratamientos, en donde las suspensiones las sometieron a una sonda de ultrasonidos en lugar de un baño de agua, las variables que modificaron fue la frecuencia de ultrasonido (20 - 40) kHz, el tiempo de sonicación (10 - 30) minutos y amplitud de sonicación (60 - 100%). Las muestras las agitaron lentamente con un agitador magnético a 200 rpm por un lapso de 10 minutos, el pH se ajustó a 1 y HCl con 12 M, realizaron el tratamiento ultrasónico mediante procesador de onda ultrasónica manejada según su frecuencia (kHz), el tiempo (min) y la amplitud de sonicación (%).

*Extracción enzimática:* Caracterizada por tener un potencial respetuoso con el medio ambiente, y menos gasto de energía, puesto que pueden realizarse a temperaturas suaves. Algunos autores han estudiado el uso de celulasas, hemicelulasas, poligalacturonasas, y otras mezclas de enzimas fúngicas y bacterianas para la extracción de pectinas, sin embargo, estos no exploran los efectos de los parámetros del proceso de obtención ni del escalado del reactor, es por tal situación que uno de

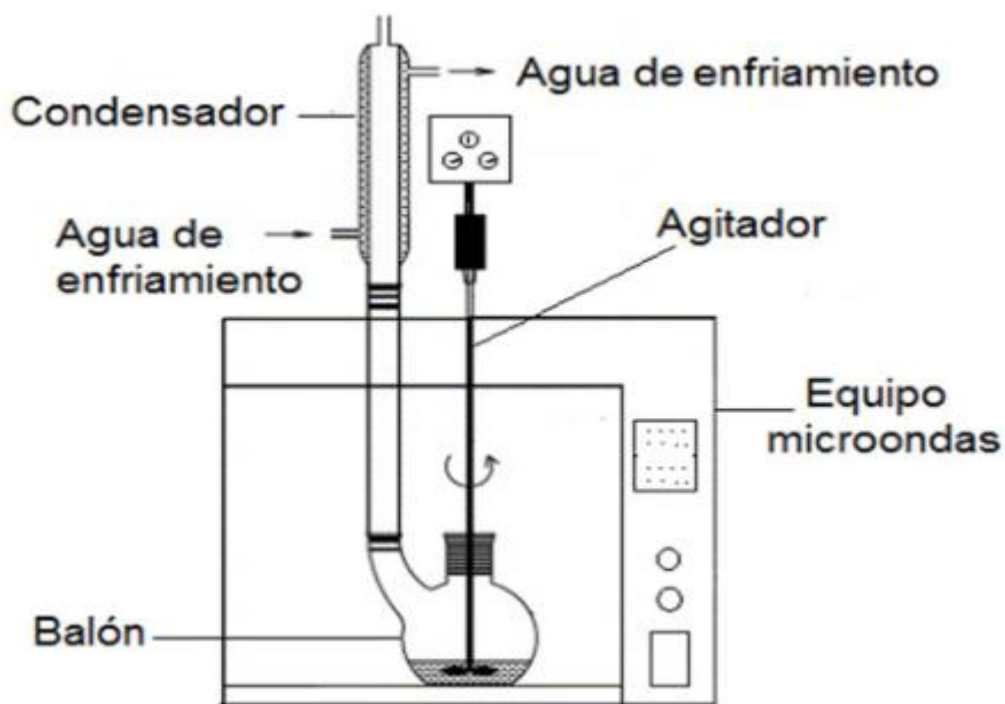
los métodos enzimáticos más prometedores de extracción de pectina están basados en el uso de protopectinasa - SE (enzima de *Geotrichum klebahnii*), considerable su uso pues aparte de extraer también purifica a la pectina obtenida (Vasco y Zapata, 2017, p. 3).

La extracción enzimática funciona añadiendo 15 g de cáscara fresca, junto con 60 mL de citrato de sodio (25 mmol/L) y el extracto enzimático crudo en matraces de 250 mL. Los matraces se agitaron con la ayuda de en un agitador orbital con un termómetro incorporado para controlar la temperatura durante dos horas, la carga de enzimas la evaluaron a 20, 30 o 40 U/mL de actividad de PGasa, y las velocidades de agitación se fijaron en 120, 150 o 180 rpm. La temperatura y el pH se mantuvieron constantes a 30°C y 5 respectivamente, según protocolos anteriores, luego evaluaron los efectos del pH y temperatura a 150 rpm y 30 U/mL de actividad PGasa, aquí los niveles de pH los mantuvieron en 3, 4 o 5 y la temperatura la controlaron a 30 °C, 37 °C o 44 °C. Finalmente, realizaron un estudio del curso temporal de la extracción enzimática en las condiciones óptimas a 150 rpm, 30 U/mL de pH 3 y 30 °C y tomaron muestras (1 mL) periódicamente y se almacenaron a -20 °C para su posterior análisis (Vasco y Zapata, 2017, p. 4),.

*Extracción inducida por microondas:* Es un método comunmente empleado por las industrias, considerada como un tipo de extracción no convencional, el objeto de su uso es liberar pectina de diferentes fuentes (materia prima vegetal), y al emplearlo puede notarse la disminución de los tiempos de extracción, mayores rendimientos y mejor calidad, se basa en el uso de energía de microondas para lograr inmediatamente que los compuestos de interés pasen de la muestra a un disolvente adecuado (Urango *et al.*,2017). Existen dos tipos de sistemas de microondas que se utilizan actualmente: los recipientes de extracción cerrados y los hornos de microondas focalizados, este último también conocido como extracción por disolvente, donde solo la parte del recipiente de extracción que contiene la muestra se irradia con microondas, el mismo que opera a presión atmosférica. El uso de la presión atmosférica permite ventajas sobre los recipientes presurizados, ejemplo de ello es el funcionamiento en recipiente abierto, es más adecuado con especies termolábiles, ya que utilizan temperaturas bajas en comparación con los sistemas de recipientes cerrados, además que es de bajo costo (Seixas *et al.*, 2014).

El proceso de extracción por inducción de microondas sigue los pasos según la información de Urango y colaboradores (2017):

Trozan en cubos de aproximadamente  $0.4 \times 0.4$  cm la muestra (30 g) de cáscara de maracuya, luego escaldaron a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 10 minutos, colocan en el equipo de extracción por microondas (ver Figura 1.), agregan una concentración de HCl (0.12, 0.18, 0.24 N), con una potencia de 600, 800 y 1000 rpm, el tiempo de 60, 80 y 100 segundos, posteriormente existe una filtración y finalmente precipitación con alcohol para la obtención de pectina (Urango *et al.*, 2017).



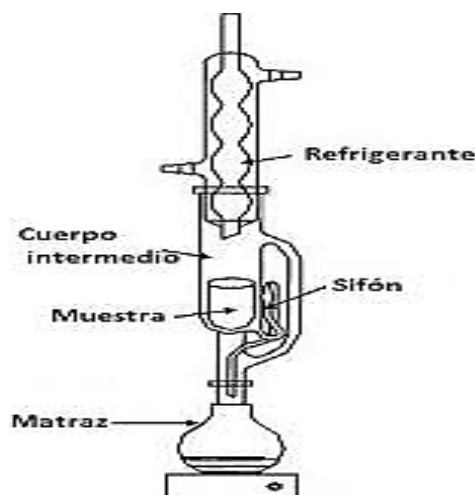
**Figura 1:** Esquema del equipo utilizado para extraer pectina

**Fuente:** Wang *et al.* (2007 citado por Urango *et al.*, 2017)

*Extracción por hidrólisis ácida:* Considerado como el método más común empleado a nivel industrial y de laboratorio para la obtención de pectinas de frutos cítricos, esta técnica se basa en la separación y recuperación de la pectina, la protopectinasa se hidroliza en medio ácido diluido, en caliente, no solo remueve la pectina, sino que también otros productos, tales como polisacáridos neutros y gomas. Las características de calidad de la pectina obtenida mediante este método van a verse influenciadas por el tiempo, temperatura y pH que se utiliza (Maldonado *et al.*, 2011).


Un estudio realizado sobre la pectina obtenida mediante este método, en donde las cáscaras de maracuyá amarilla (yellow passion fruit) se sometieron a calentamiento con agua destilada, mezclada con ácido nítrico, ácido sulfúrico y ácido cítrico, con una relación de 1:2, 1:25 o 1:3 de sólido/líquido, temperatura de 75 °C, por tiempos de 60 a 90 minutos, condiciones de pH 1.8 a 2.5, al final de cada extracción, la pasta obtenida fue centrifugada con vidrio sinterizado G-3, para una mejor estabilidad de pectina, la llevó hasta un pH 4, precipitada con etanol 95% de pureza a 5 °C durante dos horas. El precipitado fue lavado dos veces con etanol al 70%, luego con etanol al 95% y acetona, con la ayuda de un extractor de humos se evapora la acetona residual para luego ser secada en un horno (Yapo, 2009, p.2).

*Extracción por soxhlet:* Es un método de extracción continuo empleado para extraer pectina y otros componentes de materiales sólidos, tiene cierto parecido con la técnica de extracción por arrastre de vapor, no es un método poco complejo, con muy alta eficiencia y control. El método consiste en colocar el material vegetal en un cartucho de celulosa para luego introducirlo en la cámara de extracción que forma parte del equipo extractor tipo soxhlet (ver Figura 2.), el solvente (líquido) dentro del equipo es sometido a calentamiento y en forma de vapor se transporta hacia el materia vegetal para penetrar en su interior y permitir la extracción de sus componentes, esto gracias a que existe diferencias de concentración, sucede todo un ciclo (trasvasa y regresa al inicio), el proceso se repite según el tiempo establecido (Saavedra, 2015, p. 35).




**Figura 2:** Extractor tipo Soxhlet.

**Fuente:** (Saavedra, 2015).



*Extracción mediante campo eléctrico moderado:* Significa tener dos electrodos cargados sin pasar corriente eléctrica (líquidos, semisólidos y sólidos). El campo eléctrico moderado (MEF), se define como un proceso de permeabilización controlado y posiblemente reversible, está caracterizado por el uso de campos eléctricos, comúnmente por debajo de 1 KV/cm, los campos eléctricos forman una onda arbitraria, el calentamiento suele darse en estas aplicaciones, y los estudios han demostrado que de transferencia de masa mejorados son de naturaleza no térmica, todo lo anterior depende de la exposición eléctrica y térmica de un tratamiento en particular Sensoy y Sastry (2004 citado por de Oliveira *et al.*, 2015).

de Oliveira *et al.* (2015), realizaron experimentos en reactor agitado por lotes con un campo eléctrico moderado a 60 Hz. El aparato de campo eléctrico consistía de los siguientes componentes: un transformador manual, un sistema de adquisición de datos de temperatura, corriente y tensión y una celda de vidrio con electrodos de platino y una camisa de agua. Las condiciones de extracción fueron variando hasta encontrar el óptimo, temperaturas inferiores a 50 °C no producía extracción, las proporciones de cáscara seca/extractor (1:3 p/v) para todos los experimentos, el tiempo de extracción la habrían variado, de 5, 15, 40 y 60 minutos, los pH dados desde  $1\pm 0.2$ ,  $2\pm 0.2$  y  $5\pm 0.2$ , prepararon la solución madre añadiendo ácido nítrico, la tensión la variaron desde 30 V, 50 V y 100 V. Después de haber transcurrido el tiempo indicado centrifugaron la muestra y filtraron al vacío, pasado un tiempo de almacenamiento a 4°C, procedieron con su purificación.



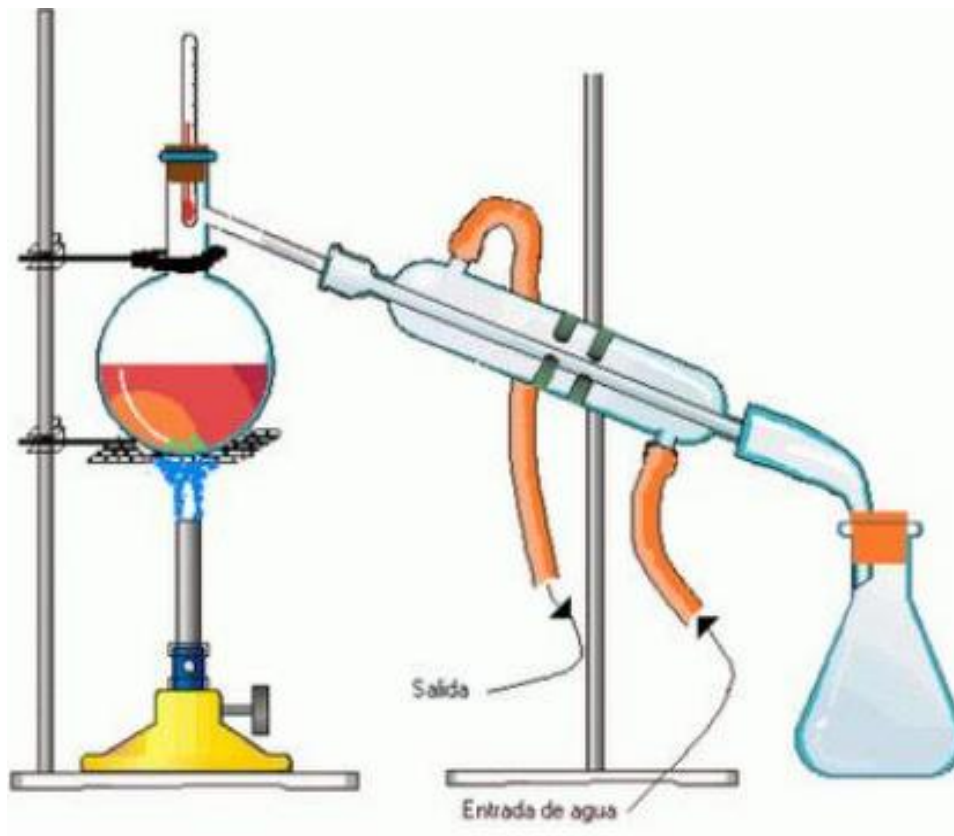
*Extracción a alta presión (calefacción)(HPP):* Técnica novedosa que se emplea para la extracción de materiales activos de materias vegetales (Chen *et al.*, 2009). En la HPP, las presiones van desde 100 a 700 MPa, ha sido aceptada como una tecnología respetuosa con el medio ambiente según la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de EE.UU y se utiliza ampliamente en la industria farmacéutica, metalúrgica y alimentaria, debido a que la alta presión modifica las paredes celulares de los tejidos vegetales, permitiendo un acceso a los disolventes y así promueve una mejor extracción (Freitas *et al.*, 2016).

En la aplicación de este método, el primer paso consiste en elegir el tiempo de mantenimiento de la presión, este análisis se lleva acorde con las condiciones: cáscara seca/disolvente (1:3 p/p), pH de 2 (1 M) y  $HNO_3$ , temperatura ambiente y

500 MPa, los tiempos variaron desde 5, 10, 20, 30 y 40 minutos, la misma que fue realizada con el objeto de tener conocimiento sobre el efecto de la presión durante los diferentes tiempos de extracción que se mencionaron anteriormente. Como segundo paso la muestra fue disuelta con  $HNO_3$  a pH 2, colocada luego en una bolsa de plástico (polietileno) para luego ser sometida a alta presión en un recipiente de 10 L, la muestra procesada se centrifuga y el sobredrenante se filtra, finalmente pasa por un proceso de purificación a 4 °C (Freitas *et al.*, 2016).

*Handwritten signature in blue ink.*

*Extracción por hidrodestilación:* Técnica de extracción que consiste en separar los componentes de los materiales vegetales mediante adición de calor a todos los presentes en la mezcla a extraer, aprovechando la diferencia de volatilidades de los compuestos, en este método la materia vegetal tiene contacto directo con el solvente (agua), con aplicación de calor se inicia el proceso de destilación cuando este alcanza el punto de ebullición del solvente, ver Figura 3.



*Handwritten signature in black ink.*

**Figura 3:** Equipo de hidrodestilación.

**Fuente:** (Saavedra, 2015).

*R. Mantilla*

Existen otros métodos que algunos autores emplean, cabe mencionar que adicional al proceso de extracción, el tipo de fruta empleada y su estado de madurez son puntos determinantes en el rendimiento, caracterización y clasificación de las pectinas extraídas. Actualmente, se emplean un sin número de materias primas para ser estudiadas y extraer pectinas, ejemplo de ello son las cascarillas de cacao, cáscara de fruta dragón (pitahaya), cáscaras de café, cáscaras de mango, cáscaras de plátano (manzano) e inclusive orujos de uva. En su mayoría, las pectinas provienen de frutas cítricas (85.5%), de manzana el 14%, mientras que del maracuyá el 37.7% (Mantilla, 2020, p. 14). Se puede notar que la extracción de pectina es una muy buena opción después de no saber que destino darle a la cáscara de un fruta, y más al del maracuyá, que como se describe anteriormente, más del 50% del fruto es cáscara. No solamente la fuente de extracción es importante, sino también el rendimiento, de ahí que los autores han estudiado variedades de materias primas y desarrollado diferentes métodos de extracción con el objeto de que este sea mayor, para que sea posible se necesita el peso final en base seca de la pectina extraída y el peso de la muestra de la materia prima (cáscara de fruta) usada inicialmente, el resultado del cociente de ambos pesos corresponde al rendimiento de la pectina (Thirugnanasambandham y Sivakumar, 2014, p. 5).

*R. Mantilla*


Según Begum (2014 citado por Mantilla, 2020), las cáscaras de frutas con alto rendimiento son los cítricos (25%), seguido de las cáscaras de manzana (15% - 18%) y el maracuyá (15% - 20%). La Ecuación (1), es la que comúnmente utilizan los autores para calcular el rendimiento.

$$\%Rendimiento\ pectina = \frac{\text{peso seco de pectina extraída (g)}}{\text{peso seco de la cáscara de fruta (g)}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

De acuerdo con la ecuación en mención, en la Tabla 1 se muestran algunos rendimientos de algunas frutas que no han sido estudiadas en su totalidad, pero se sabe que presentan propiedades altamente interesantes.




**Tabla 1:** Rendimientos de pectinas de algunos residuos de frutas.




Residuo de fruta	Porcentaje de pectina extraída (%)
Cáscara de banano	2 - 3%
Cáscara de papaya	11 - 50%
Corteza de mangostino	12%
Cáscara de fruta dragón (pitahaya)	10%
Orujo de uva	25 - 30%
Pulpa de café	4 - 6%

**Fuente:** Picot-Alain *et al.* (2013).




Por otro lado, habría que fijarse en la importancia de la obtención de este coproducto (pectina) y las propiedades de la misma, que pueden variar de acuerdo con su grado de esterificación, que está dado por el porcentaje de unidades de ácido galacturónico esterificados con etanol y a su vez determina la naturaleza gelificante del polisacárido. Las pectinas catalogadas como de alto metoxilo (grado de esterificación mayor a 50%), está directamente relacionado con el grado de metoxilación, como se mencionó anteriormente, pectinas con alto metoxilo a pH menores de 3.4, tienen la capacidad de formar geles mediante interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrógeno, por lo menos un 40% de los esteres metílicos están desesterificados, por ende la formación de geles es probable con disposición de concentraciones de azúcares mayores al 55%. Sucede lo contrario con pectinas de bajo metoxilo (grado de esterificación menor al 50%), puesto que presenta geles menos rígidos, el proceso de gelificación depende de la adición de iones de calcio y se puede trabajar con una menor cantidad de sólidos solubles, no dependen mucho del pH debido a que se pueden obtener buenos resultados (en geles) entre los rangos de pH 2.5 y 6.5 (Cabarcas *et al.*, 2012). Ambas clases de pectinas son muy utilizadas para diferentes fines por las distintas industrias, pues cuentan con estructuras que poseen propiedades gelificantes únicas, permitiendo que se formen productos con variedad de texturas (Kute *et al.*, 2020).

Los productos bionaturales (pectina) han cobrado importancia debido a sus innumerables beneficios, las propiedades que se mencionaron anteriormente han



permitido que la pectina tenga diversos usos, principalmente en la industria de alimentos como agente gelificante. En el mundo de la industria, la pectina preserva a los productos lácteos de la agregación de caseína cuando se calienta a pH inferiores de 4.3, este efecto es usado para estabilizar yogurts líquidos y tratados con UHT, inclusive para mezclas de leche y zumos de fruta, a su vez estabiliza bebidas lácteas acidificadas con soja y productos derivados del trigo, evita la precipitación de proteínas. Además las bebidas de bajas calorías son muy claras (de textura) y tienen la falta característica de sensibilidad a la boca que proporciona el azúcar en los refrescos convencionales, es por esa razón que al usar pectina en bebidas o cualquier otro alimento, se contribuirá con la disminución de la cantidad de azúcar y además puede mejorar la textura de tales productos (Lliuyacc, 2018, p.18). En la medicina, la pectina ha sido utilizada como agente hemostático y gelificante, ejemplo claro son las mascarillas usadas por pacientes con quemaduras, inclusive en la elaboración de cremas dentales. Además cuenta con un aporte beneficioso para la salud de quienes la consumen, la pectina al encontrarse en forma de gel es capaz de realizar en el cuerpo una función depurativa, elimina las toxinas y las impurezas que se encuentran en el organismo, y además es un elemento sumamente importante para disminuir y controlar los niveles de colesterol negativo, puesto que elimina líquidos que son producidos por el hígado y la vesícula durante el proceso de digestión (Delgado, 2018, p. 6).



Sabiendo que el tema de salud es prioridad para el consumidor y considerando que gran cantidad de productos (mermeladas, jaleas y confituras) constan en su mayor proporción de cantidades considerables de azúcar, pues el uso de la pectina contribuirá con la disminución de estas cantidades que son propias de estos alimentos y además de acelerar su periodo de producción y elaboración, es por esta misma razón que se evalúa a una materia prima que contenga mayor cantidad de pectina y mejor calidad en sus propiedades, y este es el caso de los residuos del maracuyá (Delgado, 2018, p. 6).

La pectina presenta propiedades gelificantes, no solo se utiliza en la industria de alimentos o medicina, sino también en el mundo de la cosmetología, quienes la emplean para la fabricación de desodorantes, lociones para la piel y cremas para afeitar. En el mundo de la industria agropecuaria, se utiliza como aditivo para la

fabricación de fertilizantes pues aumenta la fertilidad de los suelos y elimina erosiones, y facilita la elaboración de anticongelantes para las plantas que actúa como cubierta protectora (Mantilla, 2020, p. 17). Los componentes que forman parte de las pectinas pueden estar caracterizadas mediante diferentes parámetros, a continuación, se describen algunas de las características de calidad de las pectinas:

*Peso equivalente:* la capacidad de la pectina de formar un gel está directamente relacionado con el su peso equivalente, es decir, la relación es directamente proporcional, a mayor peso equivalente, mayor será la capacidad de formación de gel. Se obtiene mediante titulación con hidróxido de sodio (NaOH a 0.1 N), para que esta suceda se necesita de 0.5 g de muestra (pectina seca), 5 mL de etanol, 1 g de cloruro de sodio (NaCl), 100 mL de agua destilada y dos gotas de indicador rojo fenol. Finaliza la titulación cuando se aprecia un cambio de color (rosa claro) con 7.5 pH, se registran los datos de volumen para calcular el peso equivalente con la Ecuación (2) (Campo *et al.*, 2016).

$$\text{Peso equivalente} = \frac{\text{peso pectina (g)}}{\text{Eq-g de NaOH}} \dots\dots\dots(2)$$

*Contenido de metoxilos (MeO):* Hace referencia a la esterificación de los grupos carboxilos por radicales metilos, y sabemos que hay de alto y bajo metoxilo, las de alto metoxilo son aquellas pectinas que más del 50% del grupo carboxilo del ácido galacturónico del polímero están esterificados con metanol, en este grupo también se encuentran las pectinas de gelificación rápida, cuyo tiempo de gelificación es menor a 5 minutos, y las pectinas de gelificación lenta, cuyo tiempo de gelificación es mayor a 5 minutos, mientras que las pectinas de bajo metoxilo para formar geles requieren la presencia de cationes divalentes como el calcio (Urango *et al.*, 2017). La mayoría de pectinas de uso comercial son de alto metoxilo, y su contenido varía de 7% a 12% MeO, estas últimas forman geles en medios que contengan más del 60% de azúcar, y el pH este comprendido entre 2.7 y 3.4, mencionar que no son reversibles en presencia de calor, pues todas ellas se estandarizan y normalizan a 150 °SAG. comercialmente se conocen de la siguiente manera:

- Ultra rapid set 150 °SAG (URS 150°)
- Rapid set 150 °SAG (RS 150°)
- Medium rapid set 150 °SAG (MRS 150°)

- Slow set 150 °SAG (SS 150°)

Para Saavedra (2015), las pectinas de alto metoxilo cumplen con las características que se mencionan en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Características de las pectinas industriales de alto metoxilo.

Característica	URS 150°	RS 150°	MRS 150°	SS 150°
% de esterificación	78-86	71-77	66-70	58-65
Formación de gel (min)	1-3	4-8	15-25	30-120
pH gelificación óptimo	3.1-3.4	3-3.3	2.8-3.1	2.6-2.9
pH de disolución al 1%	2.9-3.5	2.9-3.5	2.8-3.5	2.8-3.5
Cenizas totales (%)	5			
Aspecto	Polvo muy fino de color crema			

**Fuente:** (Saavedra, 2015).

Las pectinas de bajo metoxilo presentan porcentaje de esterificación inferior a 50%, no necesitan en absoluto presencia de azúcar para gelificar, necesitan de cationes divalentes para formar entrecruzamientos moleculares, son menos sensibles a los cambios de pH, puesto que pueden formar geles entre a pH 2.5 y 6.5. Sin embargo, para que puedan ser comercializadas, pasan por un proceso de estandarización con una fuerza de gelificación constante mediante la dilución de la pectina pura con azúcar, pero en comparación con las pectinas de alto metoxilo, no existe aún un grado internacional análogo al SAG, ni tampoco un método de control unificado, es por eso que no existe una regla de gelificación para este tipo de pectinas, además que la formación de un gel por esta pectina aparece como un problema complejo de cinética química (Saavedra, 2015, p. 28).

Para conocer el contenido de metoxilo de un pectina extraída, se utiliza la solución neutralizada (la resultante después de la titulación para encontrar el peso equivalente) y se le adiciona 25 mL de NaOH (0.25 N) para agitarlo por unos minutos, luego dejar en reposo a temperatura ambiente por aproximadamente 30 minutos, pasado el tiempo se agrega 25 mL de HCL (0.25 N), finalmente titular hasta llegar a un color purpura (Rodriguez y Hurtado, 2018, p. 30). Anotar los datos para aplicar la Ecuación (3).

$$\% \text{contenido de metoxilo} = \frac{\text{meq } B \times 31.02 \times 100}{\text{mg componente de ácido}} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

- 31.02: peso molecular del metoxilo ( $CH_3O$ ) expresado en mg/meq
- Meq B: meq de NaOH utilizados en la titulación.
- Componente de ácido: peso de la muestra (mg).

*Grado de esterificación (titulación)(DE)*: está directamente relacionado con el grado de metoxilación de las pectinas, para cada tipo de pectina con un grado de metoxilación concreto, existe una combinación óptima de concentración de azúcar, pH y temperatura, lo que indica que a mayor grado de esterificación mayor es la temperatura de gelificación (Muñoz, 2016, p. 16). Además de estar relacionado con el tipo de gelificación (ver Tabla 3). El DE puede ser determinado por varios métodos, entre las que destacan a la espectroscopía por transformada de Fourier (FTIR) con ayuda de un espectro infrarrojo que permite obtener los grupos funcionales, también emplean espectroscopía de resonancia magnética nuclear (H NMR), el cual consiste en disolver 5 mg de pectina extraída en 10 mL de agua deuterada ( $D_2O$ ) para luego mezclarlas en 10 mL de HCl (1 M), la resonancia se hace a 500 MHz, 80 °C y empleando  $D_2O$  como patrón interno para la calibración del desplazamiento químico (Chaiwarit *et al.*, 2020). Emplean la Ecuación (4) para encontrar el GE con el método en mención.

$$\%DE = \frac{(I_{COOMe} + I_{H1}) - I_{COO^-}}{(I_{COOMe} + I_{H1}) + I_{COO^-}} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$I_{COOMe}$  = es la integral de H-5 adyacente del éster.

$I_{H1}$  = es la integral del potrón anomérico H-1.

$I_{COO^-}$  = es la integral de H-5 adyacente a los carboxilos.

Algunos autores han empleado el método de titulación para encontrar el DE, caso de ello es Lin *et al.* (2020), quienes añadieron 50 mg de pectina en 100 mL de agua desionizada o destilada, después añadieron 2 mL de etanol y agitación constante, luego agregaron 5 gotas de fenolftaleína para luego ser titulada con NaOH (0.1 M) hasta la aparición de un color rosa, registran los datos de volúmen gastado (V1), a esta muestra le agregaron 10 mL de NaOH (0.5 M), agitaron y se dejaron en reposo por unos minutos (15 minutos), finalmente agitaron la muestra para adicionarle 10 mL de HCl (0.5 M) se agita hasta que la solución quede incolora, luego añaden 5

gotas de fenolftaleína y se procede con la valoración usando NaOH (0.1 M) hasta la aparición de un color rosa estable, registraron por segunda vez el volúmen gastado (V2) y calcularon el DE a partir de la Ecuación (5):

$$\%DE = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

**Tabla 3:** Relación entre el tipo de gelificación y porcentaje de esterificación.


Tipo de gelificación	Porcentaje de esterificación
Lenta	60% - 67%
Media	68% - 70%
Rápida	71% - 80%

**Fuente:** (Rodriguez y Hurtado, 2018, p. 45)


*Contenido de ácido galacturónico (GalA):* El ácido galacturónico de la pectina viene acompañado de azúcares neutros, como la D-galactosa, L-arabinosa y L-ramanosa, además de que en su estructura principal está conformada por ácido galacturónico y ácido glucurónico que suele ser confundido con ácido urónico (Zegada, 2014, p. 3). Dentro de una molécula de pectina, el ácido galacturónico es el principal componente, es por ello por lo que su análisis es de suma importancia para realizar análisis cualitativos relacionados con la calidad, cuantitativos y estructurales, es decir, que la cuantificación permite estimar la pureza de la pectina extraída (Perusello *et al.*,2017). Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) indica que el contenido de ácido galacturónico en una pectina de buena calidad no debe ser menor a 65% (León y Riveros, 2014, p. 106).

Para conocer el valor de GaLA, algunos autores emplean el método de m-hidroxidifenilo, con una solución de pectina a  $100 \mu\text{g mL}^{-1}$  se mezcla con tetraborato de sodio (0.125 M) en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ácido sulfúrico) concentrado en un baño frío. Por un lapso de 5 minutos se calienta la mezcla a baño maría y se enfría en un baño de hielo. A la solución se añade el m-hidroxidifenilo (40  $\mu\text{L}$  de 0.5 g en 100 mL de NaOH al 0.5%) y a los 5 minutos, esta debe cambiar a un color rosa. Finalmente la absorbancia es medida por un rango de 520 nm a 540 nm con ayuda de un espectrofotómetro UV-Vis (Chaiwarit *et al.*, 2020).

El método de aplicación de m-hidroxibifenil es comunmente aplicado por varios autores, en el año 2016, Aviña y colaboradores hicieron un estudio para determinar



la cantidad de pectina total (ácido galacturónico) en pepino de tipo Holandes, para el cual, lo primero que hicieron fue obtener la cantidad de sólidos insolubles en alcohol (AIS), para que ello suceda, trituraron 25 gramos de muestra en un ultra-turrax. A partir de una muestra homogenizada, tomaron 2.5 gramos y se colocaron en un tubo de centrífuga, agregaron 15 mL de etanol absoluto y se agitan constantemente, posterior eso se calientan a 80 °C por un lapso de 10 minutos en baño maría, las muestras las enfriaron a 4200 rpm durante 10 minutos, se desecha el drenante y al precipitado se le gregan nuevamente 15 mL de etanol para ser centrifugados un vez más, una vez eliminado el sobredrenante resultante del proceso de calentamiento y posterior centrifugado, se almacenan los tubos en un horno convencional a 50 °C durante 24 horas, el peso de esta indicaría la cantidad de AIS. Tomaron 5 mg de AIS y le agregaron 1 mL de  $H_2SO_4$  y lo agitaron durante 1 minuto, para posteriormente agregarle 0.5 mL de agua destilada lentamente manteniendo la agitación por 5 minutos. Pasado el tiempo, agregaron nuevamente 0.5 mL de agua destilada lentamente y la agitaron durante 30 minutos.



La dilución resultante se filtró a vacío con fibra de vidrio y enrasaron a 25 mL con agua destilada. La disolución, dejaron reposar durante 24 horas para volver a filtrar antes de su utilización. La extracción la realizaron por 3 veces. Finalmente del extracto obtenido para la pectina total tomaron 1 mL, a la cual agregaron 6 mL de una disolución ácida de tetraborato de sodio (0,025 M). Posteriormente, calentaron a 80°C durante 10 minutos en un baño de gua y últimamente dejaron enfriar en hielo. Agregaron 0,1 mL de m-hidroxibifenil (0,15%). Para cada muestra prepararon una muestra blanco, a la cual le agregaron 0.1 mL de hidróxido de sodio al 0.5% en lugar de m-hidroxibifenil. Los tubos agitados con un vortex para ser dejado en reposo por 15 minutos para después medir la absorbancia de las muestras a 520 nm en un espectrofotómetro UV-visible Thermo Spectronic (Aviña *et al.*, 2016).

Una investigación realizada en 2018 describe otra metodología para determinar el contenido de ácido galacturónico, en esta se pesaron 100 mg de pectina, se mezclan con 100 mL de NaOH (0.05 N), dejaron en reposo por 30 minutos para desesterificar la pectina, luego tomaron 2 mL de solución para verterla en 100 mL de agua destilada, con el objeto de diluirla. Se toman de esta nueva solución 0.5 mL para mezclarla en un tubo de prueba con 0.25 mL de reactivo carbazol, se observa la

aparición de un precipitado blanco, luego agregaron 12 mL de ácido sulfúrico concentrado y se agita lentamente, se deja en reposo por 10 minutos hasta que se manifieste un cambio de color. Para la preparación del blanco, siguen el mismo proceso anterior, pero en lugar de reactivo de carbazol, agregan 0.25 mL de etanol, finalmente la lectura de la absorbancia fue realizada a 525 nm (Rodríguez y Hurtado, 2018, p. 30).

Durante el transcurso de los tiempos se han ido empleando diferentes residuos (cáscara) de frutas (cítricos, manzanas, mango, cacao, café, piña, bananas, etc.) como materia prima para obtener pectina, de ahí que existen una gran cantidad de investigaciones desarrolladas dentro y fuera del país que están basadas en el estudio de diferentes métodos de extracción con el objeto de optimizar parámetros que permitan un mayor rendimiento y mejor caracterización del producto final obtenido.

Freitas *et al.* (2016) aplicaron ultrasonidos para la extracción de pectina de cáscara de maracuyá, donde el efecto de intensidad de potencia de los ultrasonidos y temperatura las evaluó mediante la metodología de superficie de respuesta, al aplicarle  $644 \text{ W/cm}^2$  de intensidad de potencia y una temperatura de  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  obtuvo 12.67% de rendimiento, 66.65% en contenido de ácido galacturónico y 60.36% de grado de esterificación, siendo estos los resultados con mayor rendimiento y mejor caracterización (calidad) para el producto final (pectina).

Por otro lado, Urango *et al.* (2018) usaron microondas para la extracción rápida de pectina de cascara de maracuyá, en condiciones de extracción de 1000 voltios de potencia, un tiempo de 100 segundos y usando HCl como agente extraente a 0.24 N, obtuvo 68.76% en rendimiento y 6.86% de contenido en porcentaje de metoxilación (pectina de bajo metoxilo), indicando que son los resultados más fehacientes obtenidos en su investigación.

Por su parte, Serrat *et al.* (2018) emplearon un medio ácido y secado solar para extraer y caracterizar pectina de pulpa de café de variedad robusta, la pulpa fresca presentó 5.91% de rendimiento, 82.1% de ácido galacturónico y 10500 g/mol, mientras que la pulpa seca 4.99% de rendimiento, 87.8% de ácido galacturónico y 11600 g/mol, considerando que a pH 1.0 se obtuvieron los mejores resultados mostrados, siendo éste quien influyó significativamente en la extracción.



La extracción enzimática de pectina a partir de cáscaras del fruto de cacao, en condiciones de 82.9  $\mu$ L de concentración de complejo enzimático en 100 g de cáscara, presentó un alto rendimiento promedio de  $13.0 \pm 0.53\%$ , porcentaje de metoxilo  $1.58 \pm 0.01\%$ , un peso equivalente de  $5091.4 \pm 77.6$  mg/mq, grado de esterificación de  $72 \pm 0.1\%$  y porcentaje de ácido anhidrogálico de  $12,5 \pm 1,0\%$ , siendo estos los resultados más favorables con este tratamiento (Mendoza *et al.*, 2017).

Muñoz (2011), usó el método de hidrólisis ácida para extraer y atribuirle calidad a la pectina obtenida del fruto de dos ecotipos de cocona en diferentes estados de madurez, bajo condiciones de extracción de 2.2 de pH, dilución 1:3 y con un tiempo de 65 minutos, siendo estos parámetros los óptimos, se alcanzó un rendimiento de 10% bs de pectina, clasificada baja en metoxilo, gelificación lenta y 60 °SAG (p. 6).

Lo propio realizaron Gama, *et al.* (2015) empleando el método de hidrólisis ácida para extraer y caracterizar pectina de residuos cítricos, decidieron realizarle un pretratamiento de secado de aproximadamente 18 horas con remoción referido al 80% de humedad a los residuos de naranja lima, con el objeto de aumentar el contenido de pectina, en las condiciones de extracción de 90 minutos, 6% de concentración de ácido y temperatura de 90 °C, obtuvieron 78% de rendimiento aproximadamente, 8% de grado de esterificación y además indicando un bajo grado de metoxilación, mencionando que son estos los mejores resultados.

El método de hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO) fue empleado por Zegada (2014) para extraer pectina de desechos de cáscara de naranja, el objeto del uso de este método era reducir los tiempos de extracción de pectina, para los rangos de 2.7 de pH y 18:1 para la proporción de solvente: materia prima (mL: g), el tiempo óptimo de extracción por HMO fue de 7 minutos, estimó el porcentaje de rendimiento en función del pH, siendo estos los que logran generar un mayor ahorro de energía y tiempo (p. 4).

Vasquez *et al.* (2007) usaron el método de hidrólisis ácida y HCl como agente extraente para obtener pectina de cáscara de plátano hartón clone, la calidad de la pectina la evaluaron mediante el tiempo de gelificación, contenido de ácido anhidrogálico y metoxilo, en condiciones de 3.0 de pH del HCl durante 65 minutos

a 85 °C, se presentó un 12.72% de ácido anhidrouónico, 2.22% de metoxilo (bajo metoxilo) y 9.43 minutos de tiempo de gelificación, siendo estos los mejores resultados puesto que esta pectina posee características competitivas dentro de su rango para ser destinada a la industria de alimentos.


Al igual que Vasquez y demás, Arellanes *et al.* (2017) usaron el método de hidrólisis ácida para obtener y caracterizar pectina de la cáscara de cambur manzano (*Mussa AAB*), la mejor calidad de pectina fue de 3.73% en contenido de metoxilo, 9944.3 g/e en peso equivalente y el tiempo de gelificación fue de 10.12 minutos. Así mismo presentó un rendimiento de 16.14% en base seca, estos resultados adecuados presentaron usando como agente extraente HCl y condición de extracción 3.3 de pH, además de ser clasificada como pectina de bajo metoxilo.

El efecto del tiempo y temperatura de extracción, en el rendimiento y fuerza del gel de pectina a partir de borras desechadas en el proceso de clarificación durante la elaboración de vino blanco mediante el método de hidrólisis ácida, tomando parámetros de extracción de tiempo (50 min y 70 min) y temperatura de (85 °C y 95 °C), el rendimiento no se vió afectado por la temperatura y tiempo pues este oscila entre 1.07 y 1.27% , caso contrario sucede con la fuerza del gel quien necesitó de un tiempo de 50 minutos y una temperatura de 95 °C para lograr un mayor valor de (1.13) (Iglesias, 2014, p. 3).


La investigación de Chasquibol *et al.* (2008) extracción y caracterización de pectinas obtenidas del fruto de la biodiversidad del Perú (frutos del níspero de la Sierra y la granadilla), extraídas en medio ácido, el níspero de la sierra presentó un 87.97% de contenido de ácido galacturónico, 89.15% grado de metoxilación, 86.24% grado de esterificación y 10183.5 de peso molecular, mientras que la granadilla presentó 85.99% de contenido de ácido galacturónico, 88.24% grado de metoxilación, 88.79% grado de esterificación y 16366.96 de peso molecular, fueron estos los que mejores valores presentaron en cuanto caracterización de pectina.

Culquimboz y Salazar (2010, p. 16), usaron el método de hidrólisis ácida para extraer pectina de frutos de Maushan con dos estados de madurez, en condiciones de pH 2.0 y 2.5 en el agua acidulada con ácido fosfórico, el mayor porcentaje de ácido galacturónico fue de 28.5%, en condiciones de pH 2.0 en el agua acidulada con ácido

cítrico, se registró el menor tiempo de gelificación de 5.63min., además recalcan que en la evaluación sensorial, la mayor calificación del atributo consistencia se logró cuando emplearon frutos en estado de madurez sazón, 2.0 de pH y 2.5 en el agua acidulada con ácido cítrico.




El efecto de la temperatura, tiempo y pH sobre el rendimiento de pectina extraída de cáscara de tumbo serrano, mediante el método de hidrólisis ácida, bajo condiciones de pH 10, temperatura de 70 °C y tiempo de 50 minutos, presentó un mayor rendimiento de 22.079%, pero un bajo contenido de cenizas de 12.304%, en condiciones de pH 3.0, tiempo de 50 minutos y temperatura de 70 °C, presentó una mejor calidad en contenido de cenizas de 23.772%, pero un bajo rendimiento de 7.356%, para un equilibrio entre rendimiento y contenido de cenizas son 50 minutos a 60 °C con respecto a tiempo y temperatura, mientras que el pH va a estar equilibrado entre los rangos 3.0 y 10 (Lliuyacc, 2018, p. 3).



Una revisión sistemática como investigación científica, en el cual la unidad de análisis son los estudios primarios como los que se mencionaron líneas anteriores, pues es una herramienta esencial para sintetizar la información sobre el rendimiento y caracterización de pectinas obtenidas con diferentes parámetros y métodos de extracción. Es imprescindible su aplicación puesto que está basada en la evidencia mostrada, además que es la herramienta fundamental que permite tomar las mejores decisiones referentes con las variables de investigación. En vista de que existen un sin número de investigaciones relacionados con el estudio de la pectina de diferentes fuentes (residuos de frutas) empleadas como materia prima, en esta ocasión la investigación estará enfocada en la pectina obtenida del maracuyá, de aquí es que se describe el efecto de los parámetros de extracción e índices de madurez sobre el rendimiento y caracterización de pectina obtenida de cáscara de maracuyá en los últimos 20 años mediante una revisión sistemática con el objeto de llegar a una conclusión de lo que ya se ha investigado (Ferreira *et al.*, 2011).

Se realiza lo anterior puesto que en su mayoría, los residuos del maracuyá en nuestro país no son destinadas a un segundo proceso para la obtención de un coproducto, considerando que son una fuente muy rica en pectina, y esta a su vez presenta gran acogida e importancia en el mercado industrial, y por ello que a partir de una revisión sistemática de literatura, la pregunta que respondió al título de esta investigación es



¿De qué manera influye en el rendimiento y caracterización, la variación de temperatura y tiempo en el proceso de extracción de pectina considerando los diferentes estados de madurez de la materia a emplear?.


Teniendo en cuenta la importancia de la pectina en el mundo globalizado, se realiza una revisión sistemática sobre el rendimiento y caracterización de pectina obtenida de cáscara de maracuyá con diferentes parámetros de extracción, participando todos los estudios experimentales realizados.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general.**

- ❖ Revisar sistemáticamente información sobre el rendimiento y caracterización de pectina obtenida de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*), con diferentes métodos de extracción, parámetros de extracción y estados de madurez.

### **2.2. Objetivos específicos.**

- 
- ❖ Seleccionar estudios primarios válidos de calidad publicadas en bases de datos científicos que se utilizaran para la revisión sistemática de literatura.
  - ❖ Identificar los parámetros principales y secundarios que intervienen en el proceso de extracción de pectina, y el efecto que tiene sobre su rendimiento y caracterización en los últimos 20 años.
  - ❖ Describir el efecto de los parámetros de extracción e índices de madurez sobre el rendimiento y caracterización de pectina obtenida de cáscara de maracuyá en los últimos 20 años
  - ❖ Explicar y evaluar la efectividad de un mayor rendimiento y mejor caracterización de pectina, bajo condiciones de extracción que según se muestren en la información publicada en base de datos científicos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Población y muestra

##### 3.1.1. Población

Conformada por todas las investigaciones experimentales desarrolladas en los últimos 20 años (2001 - 2021) que han evaluado el efecto del tiempo y temperatura sobre el rendimiento y caracterización de pectinas obtenidas de cáscara de maracuyá con diferentes métodos de extracción, estados de madurez y parámetros de extracción.

##### 3.1.2. Muestra

Estuvo conformada por artículos científicos, tesis de investigaciones experimentales, sitios web, encontrados enfocadas en la evaluación del efecto del tiempo y temperatura sobre el rendimiento y caracterización de pectina obtenida de cáscara de maracuyá con diferentes métodos de extracción, estados de madurez y parámetros de extracción.

#### 3.2. Procedimiento experimental

Se ha realizado una revisión sistemática siguiendo con lo indicado por el manual de Cochrane y Barbara Kitchenham, la búsqueda de información se ha realizado tanto en español como en inglés, se combinaron varios términos para llevar a cabo esta revisión entre las que destacan: extracción, pectinas, rendimiento, caracterización, parámetros de extracción, índices de madurez, métodos de extracción, materia prima, etc. La RS se rigió bajo el siguiente esquema que se muestra en la Figura 4.

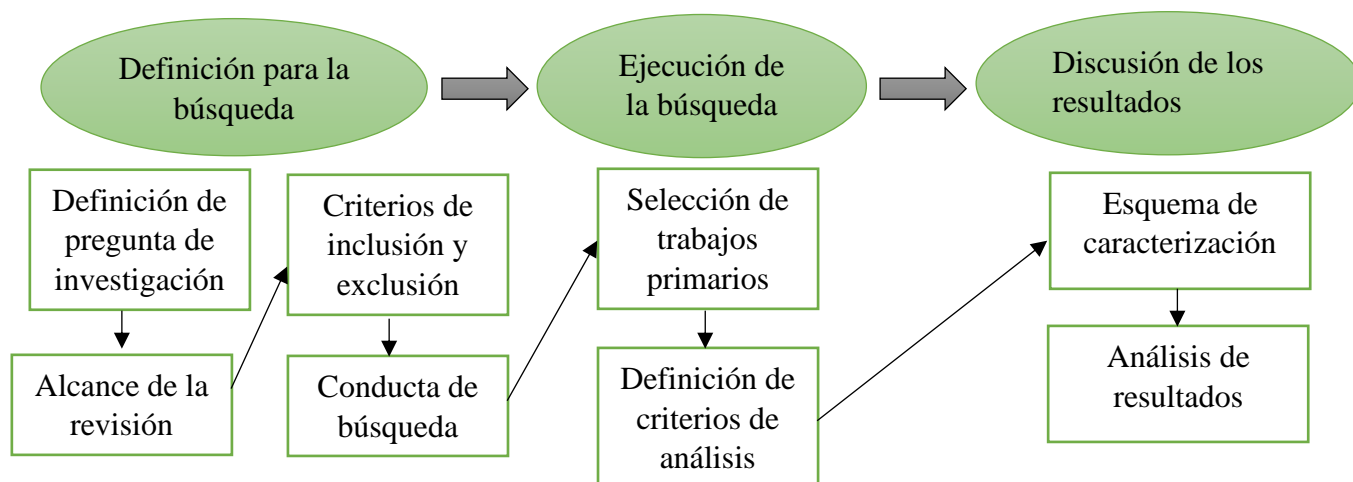



Figura 4: Flujograma de procedimientos

Fuente: Carriso y Moller (2015).




La investigación estuvo limitada por el año de publicación de cada artículo, se tenía referencia desde los años 2001 hasta 2021, solamente se tomaron en cuenta documentos publicados en lengua inglesa y española. Tras los resultados de búsqueda obtenidos, se siguieron las pautas para seleccionar los trabajos a emplear en la revisión sistemática: seleccionar por el título y abstract respectivo, con el objeto si existía una similitud con respecto a lo que queríamos analizar; posteriormente de los artículos escogidos se analizó el contenido completo del documento para conocer si el aporte pudiera ser útil.

### 3.2.1. *Definiciones para la búsqueda (Planificación).*

Debido a la gran cantidad de investigaciones experimentales en el campo de los productos bionaturales, destacando en este punto el proceso de extracción y caracterización de pectinas, además de enfocar y priorizar los métodos y parámetros de extracción, con los cuales se obtiene un mejor rendimiento y calidad de la misma, se realizó una Revisión Sistemática (RS) con el objeto de analizar los resultados mostrados bajo procedimientos experimentales hechas por otros autores, la misma que respondió a los siguientes ítems:

- **Definición de la pregunta de interés**



La pregunta de interés contenía todos los puntos clave a evaluar en esta investigación, para ello se tomaron en cuenta tres ítems como puntos de partida: P1. La población y contexto: materia prima (variedades de cáscara de maracuyá) con diferentes índices de madurez, procesada para extraer sus sustancias pépticas.

P2. La exposición de interés: intervención o tratamiento, métodos de extracción de pectina (hidrólisis ácida, extracción enzimática, asistida por ultrasonidos, asistida por microondas, etc.) junto a parámetros de extracción (tiempo, temperatura, pH, agente extrayente, potencia, etc.).

P3. Eventos de interés: resultados, rendimiento y caracterización de la pectina obtenida.

Así, a partir de estos argumentos, se formuló la siguiente pregunta de interés: ¿con el uso de materia prima (cáscara de maracuyá) en tres índices de madurez, los métodos de extracción junto con la manipulación de los parámetros de

extracción aumentan tanto el rendimiento como la caracterización de pectina obtenida en base seca?

- **Alcance de la revisión.**

Las bases de datos utilizados en esta revisión sistemática fueron: SCOPUS, ScienceDirect, Scielo, Alicia, Springer Link, IEEE Xplore, Google académico y Dialnet, desde 2001 hasta 2021.

La cadena del desarrollo de esta investigación se ajustó de acuerdo con cada base de datos, la misma que según la búsqueda arrojó un resultado de 98 documentos en SCOPUS, 12 ScienceDirect, 9 documentos en Scielo, 4 en IEEE Xplore, 7 en Alicia, 11 en Springer Link y 13 en revista Dialnet. Cabe mencionar que existen 23 documentos provenientes de bases datos institucionales, como por ejemplo páginas virtuales de Universidades, Institutos de ciencia, organizaciones, etc. publicadas en Google académico.


- **Criterios de inclusión y exclusión.**

Para realizar esta revisión sistemática (RS), se han tomado trabajos procedentes de los campos como química, industria, agroindustria, tecnología de alimentos, nutrición, industrias alimentarias, ciencias naturales y ambientales e ingeniería de alimentos con el objeto de tener un panorama más amplio referente a métodos, agentes y parámetros de extracción, estados de madurez, pectinas aplicados en alimentos, residuos orgánicos aprovechables, rendimiento de pectinas y caracterización de pectinas. Se han escogido aquellas muestras (investigaciones) que se han desarrollado tanto a nivel nacional como internacional publicadas en dos idiomas (español e inglés).

Se excluyeron documentos que estaban enfocados solamente en la extracción de pectina, mas no tenían enfoque en su caracterización, no se usaron documentos que estén enfocados en otra materia prima como muestra para extracción de pectina, incluyendo investigaciones no experimentales.

Los criterios de inclusión y exclusión que se usaron para esta RS se resumen en la Tabla 4 presentada a continuación:

**Tabla 4:** *Criterios de inclusión y exclusión*




<b>Criterios de inclusión</b>	Los artículos que se toman deben estar publicados en los últimos 20 años, desde 2001 hasta 2021.
	Los artículos provienen de fuentes muy confiables como SCOPUS, ScienceDirect, Springer Link, Scielo, Google académico, etc.
	Los artículos contienen información de datos experimentales, estos se muestran claros y precisos.
	Los artículos contienen todos los términos que forman parte de la pregunta de interés.
<b>Criterios de exclusión</b>	Los artículos no están escritos en los idiomas que se especificaron (inglés y español).
	Los artículos no registran ningún evento que forma parte de la pregunta de interés.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2.2. *Ejecución de la revisión (Desarrollo).*

Para que esta fuese posible, se siguió con:

- **Identificación de artículos primarios:**



Se decidió las restricciones relacionados con el idioma, por ejemplo, solamente español e inglés, las fuentes de obtención de los estudios primarios fueron; SCOPUS, ScienceDirect, Springer Link, IEEE Xplore, Alicia, Scielo, Dialnet y Google académico, finalmente para poder seleccionar la información, se obtuvieron los títulos y resúmenes de los estudios potenciales para la investigación.

- **Definición de criterios de análisis:**

Se tomaron en cuenta que los siguientes criterios que definirían mejor el análisis fuesen:

Año: se indicó el año de las publicaciones para que exista una mejor claridad respecto al contexto y respecto del cómo ha ido evolucionando el desarrollo de la información con el transcurrir del tiempo.



Tipo de publicación: artículos de revistas científicas, tesis doctorales y de grado.

Foco: esta propiedad se agrupó por categorías; individuo, proceso y producto; el individuo incluye a todas las materias primas provenientes de diferentes lugares, con diferentes estados de madurez, usadas para obtención de pectinas. El proceso implicó contenido que puede afectar el trabajo individual o grupal con el uso de métodos y parámetros de extracción de pectina. El producto se relacionó con el resultado obtenido, por ejemplo, con la caracterización y el rendimiento de la pectina obtenida.

Número de estudios primarios: los estudios primarios de acuerdo con el contexto de la evidencia es un estudio empírico de investigación a una pregunta específica, es por ello que la cantidad de los estudios primarios que se seleccionaron, juegan un papel importante para los cimientos de un estudio secundario (RS), mientras mayor cantidad de estudios potenciales exista, mejor será nuestra RS.

Área de conocimiento: se plantearon las siguientes áreas de conocimiento dentro del mundo de las pectinas; métodos de extracción de pectinas, parámetros (tiempo, temperatura y pH) de extracción de pectina, índices de madurez de materia prima para extraer pectina, variedades de materias primas para extracción de pectinas, rendimiento de pectinas, caracterización de pectinas y variedades de pectinas.

- **Selección de los trabajos primarios:**

Para esta etapa de selección se tomaron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión aplicados a los títulos y resúmenes, se evaluó la concordancia en la selección de los estudios.

A partir de los títulos y resúmenes identificados, se hizo una primera selección de los potenciales artículos elegibles, esto siguió los pasos de la hoja que se muestra en la Figura 5. Teniendo en cuenta la relación que existe con la pregunta de interés.

**Referencia del título:** \_\_\_\_\_

Nivel de selección (marcar donde se explique):  
 Título \_\_\_\_\_ Resumen \_\_\_\_\_ Texto \_\_\_\_\_

**Criterios de selección:**

**Materia prima**  
 ¿Se estudia a la maracuyá como materia prima? SI/NO  
 ¿Se incluyen al menos de uno a más estados de madurez de la materia prima? SI/NO

**Intervención**  
 ¿Se variaron al menos uno de los parámetros de extracción (pH, tiempo y temperatura)?  
 SI/NO  
 ¿Cada investigación usó diferente método para extraer pectina? SI/NO

**Eventos**  
 ¿Se incluyen los eventos: Rendimiento y caracterización (calidad de pectina)? SI/NO

**Diseño**  
 ¿Es una investigación experimental? SI/NO

ACCIÓN: (Se incluyeron los articulo siempre y cuando en todas las premisas las respuestas hayan sido “SI”).

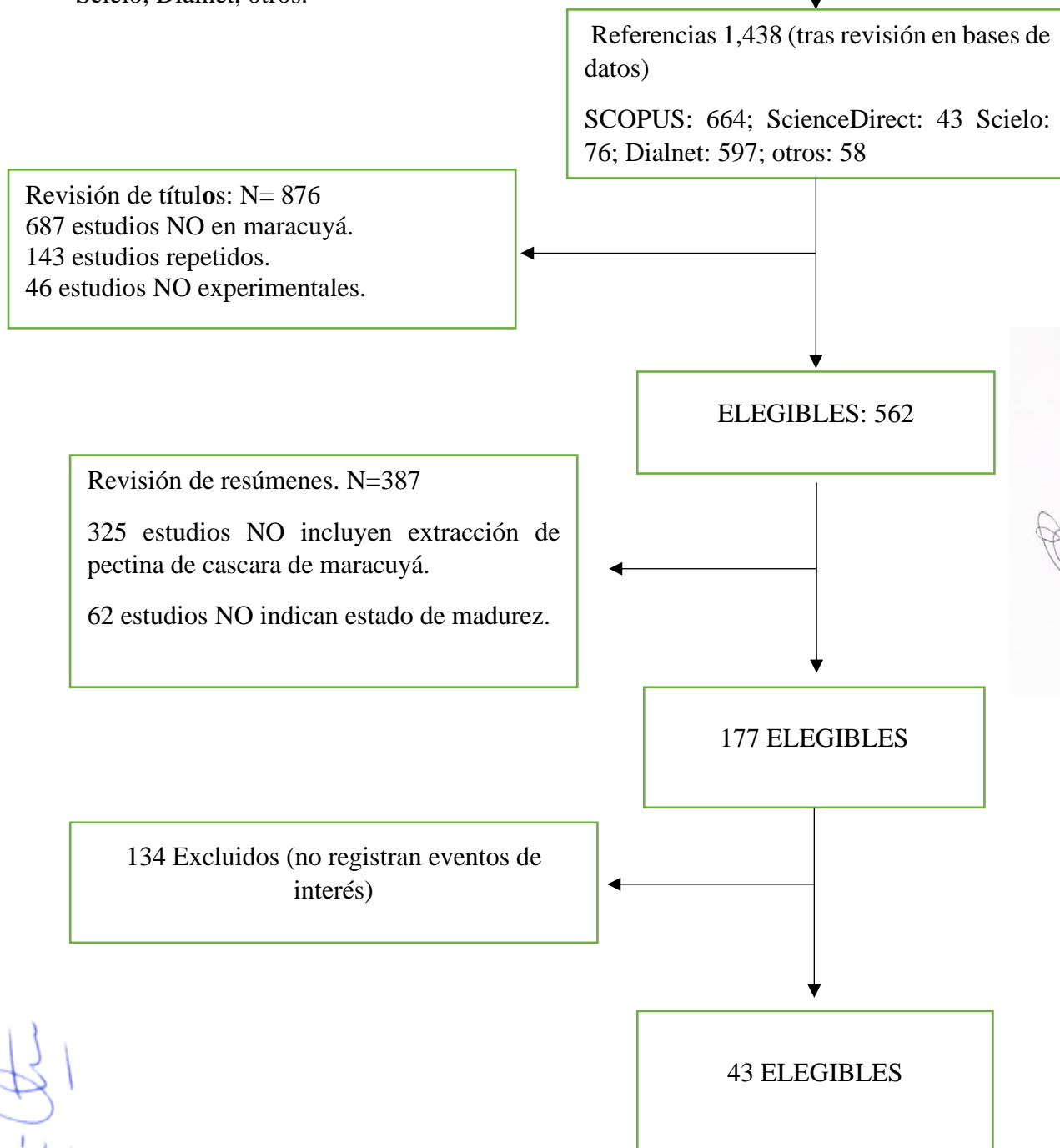
**Figura 5:** Ejemplo de la hoja con preguntas para selección de artículos potenciales.

**Fuente:** elaboración propia

Una vez realizado las preguntas para seleccionar los artículos potenciales, se siguió con el esquema que muestra la Figura 6, quien detalla el proceso de selección de documentos.

## BÚSQUEDA INICIAL

SCOPUS, ScienceDirect, Scielo, Dialnet, otros.



**Figura 6.** *Proceso de selección de estudios*

**Fuente:** Elaboración propia

Aparte de los criterios de inclusión y exclusión, también se mencionó la relevancia que existe entre la información seleccionada y los objetivos planteados en la investigación.

- **Extracción de datos de los estudios primarios:**

Los datos primarios seleccionados que responden a la pregunta de investigación permitieron que la información escogida facilite el proceso de extracción de datos, con ayuda del software Microsoft Excel se pudo realizar el proceso de mapeo.

La hoja de extracción de datos incluyó:

- ✓ Información sobre la materia prima de interés (maracuyá), información sobre el estado de madurez de la materia prima, método de extracción como intervención de interés y diseño experimental.
- ✓ Información sobre los resultados obtenidos.
- ✓ Información sobre la calidad metodológica.

En la información escogida existió una máxima fiabilidad, es por ello por lo que en primer apartado se hace referencia a todos los estudios de potencial impacto. En esta RS, no será lo mismo una investigación con materia prima diferente al maracuyá, con diferente método de extracción e inclusive diferente estado de madurez, todas estas diferencias podrían explicar que la magnitud del efecto de la intervención varíe de un estudio a otro. Es por eso por lo que lo ideal fue conseguir un equilibrio en la búsqueda de información, evitando al mismo tiempo un exceso de información que podría ser innecesaria.

En el segundo apartado se hizo referencia a los resultados, se eligieron los documentos en los cuales estuvieron bien definidos los eventos de interés. En este caso los resultados están dados por el rendimiento y la caracterización de la pectina (calidad), además que esta última estaba dada no necesariamente por todos los indicadores que indiquen caracterización pero si en su mayoría.

Por último la hoja de extracción de datos incluyó información sobre la calidad metodológica, el tipo de investigación experimental puesto que estuvo relacionado con la magnitud de los eventos de interés.



### 3.2.3. *Discusión de resultados (Reporte).*

- **Esquema de caracterización:**

Se hizo un esquema donde se muestran los resultados de los documentos encontrados, donde se observan los métodos de extracción de pectina, parámetros de extracción, rendimiento de pectina, caracterización de pectina, contexto, área de conocimiento, etc. Esto nos permitió responder a la pregunta de interés de la investigación.

- **Análisis de los resultados:**

Se realizó una discusión por cada criterio que se definió en el esquema de caracterización, donde se observó la cantidad de investigaciones por año, su aporte e importancia en la búsqueda de la evidencia.

- **Interpretación de los resultados:**

Se incluyó una discusión sobre las limitaciones del estudio, y también se realizó una discusión sobre la consistencia de los potenciales hallazgos y su aplicabilidad.



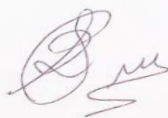

#### IV. RESULTADOS

Como resultado de este proceso se tienen 43 artículos elegibles, de los cuales solo 9 fueron nacionales y 34 internacionales, en cuanto al idioma 19 artículos estuvieron publicados en lengua castellano y 24 en lengua inglesa, el diseño de los estudios primarios más significativos fueron experimentales.

##### 4.1. Estudios primarios de calidad por año.

Esta revisión recopila 43 documentos que desarrollaron diferentes métodos y diferentes parámetros para extracción de pectinas, por ende diferentes resultados en cuanto a rendimiento y caracterización. Se tuvieron en cuenta como materia prima para extraer pectinas a la cáscara del maracuyá (*Passiflora edulis*) de diferentes variedades. La literatura recopilada se agrupó según el año de publicación y en ella se puede observar las tendencias de investigación relacionado con los métodos y parámetros de extracción de pectina de cáscara de maracuyá, desde los años 2001 hasta 2021 (20 años), en el año 2004 hubo una investigación, coincidente con el año siguiente, para el 2008 y 2009 hubieron cuatro investigaciones, dos por cada año, para el año 2010 las pectinas fueron cobrando mayor importancia, puesto que el número de investigaciones aumentó hasta 3, los años 2012 y 2013 coincidieron con la cantidad de investigaciones, pues se realizaron 2 por año, en el año 2014, fue el boom de investigaciones de pectinas, pues realizaron nada más que 8 investigaciones, para los 2015, 2016 y 2017 descendieron a 4, 5 y 5 respectivamente, en el 2018 descendieron hasta 3 para luego en 2019 y 2020 disminuyeron una más, siendo así 2 las investigaciones en un año, finalmente para el 2021 solamente hubo un investigación.

En la Figura 7 se resume más a detalle la tendencia de las investigaciones de calidad seleccionadas por año.

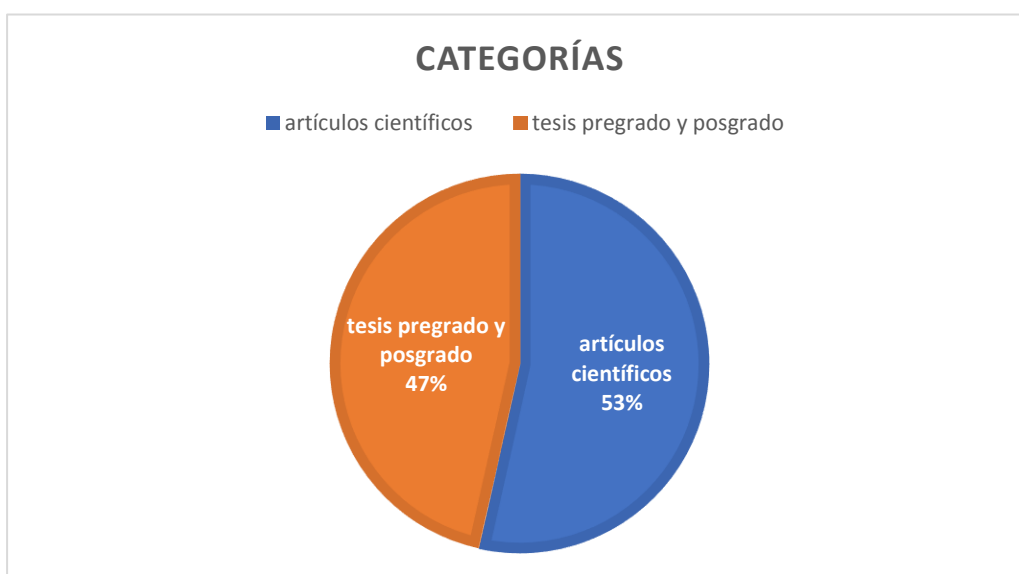




**Figura 7:** *Tendencia de investigaciones de calidad sobre extracción de pectinas de cáscara de maracuyá publicadas por año.*

*Categorías de investigación de estudios primarios.*

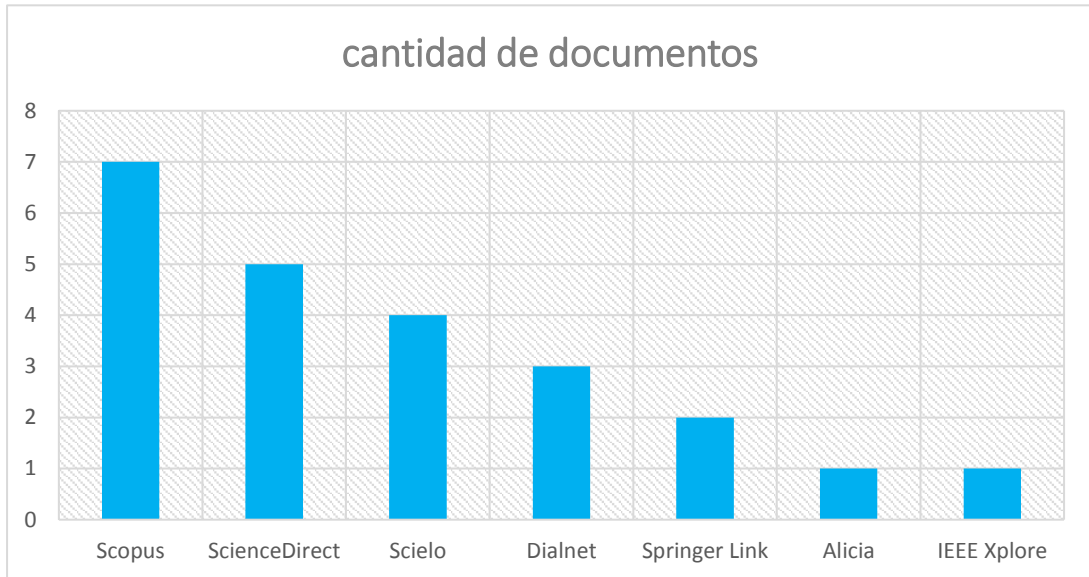
Los tipos de publicaciones que se encontraron fueron; artículos científicos y tesis de postgrado publicadas en revistas de tecnología de alimentos. 23 fueron artículos científicos y 20 fueron informes de tesis de pregrado y postgrado, de las cuales 8 fueron publicadas en revistas tecnológicas de alimentos y 12 como repositorios en las páginas virtuales del centro de elaboración y ejecución del proyecto, estos dos últimos encontrados en bases de datos de Google Académico. En la figura 8 se resume la distribución de los documentos encontrados.



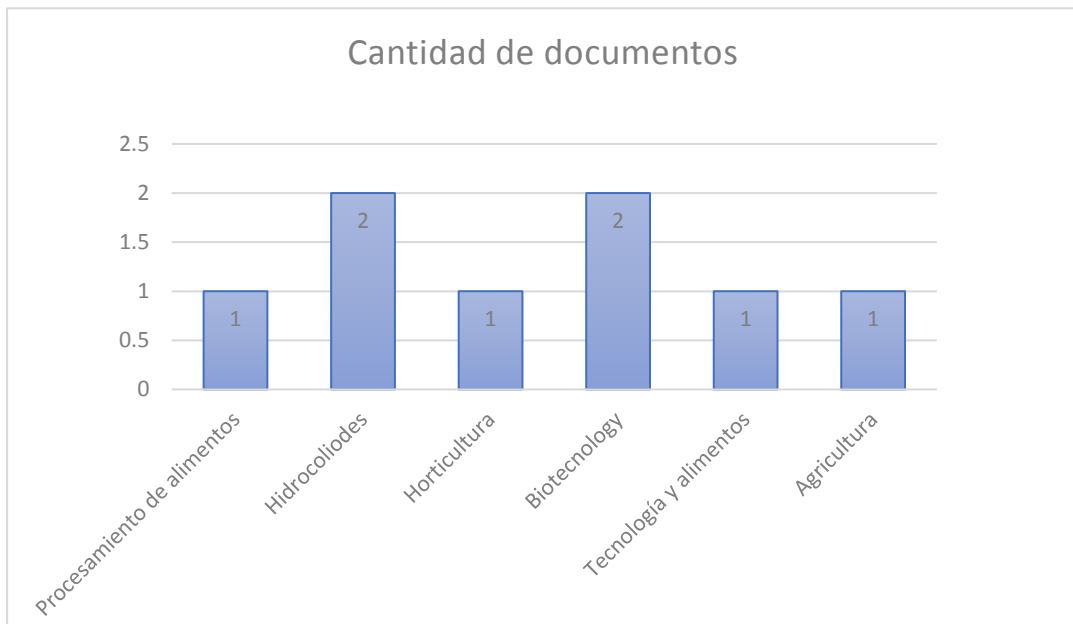
**Figura 8:** *Distribución de tipos de publicaciones.*

*[Handwritten signatures and stamps]*

En la Figura 9, Figura 10 y Figura 11, se mostrará el número de artículos científicos seleccionados y el número de tesis de grado y postgrado, que a su vez están distribuidos en publicaciones de revistas de tecnología de alimentos y páginas virtuales de los centros de investigación (universidades, institutos, etc.). Además de mostrarse el nombre de las bases de datos de donde se obtiene la información.



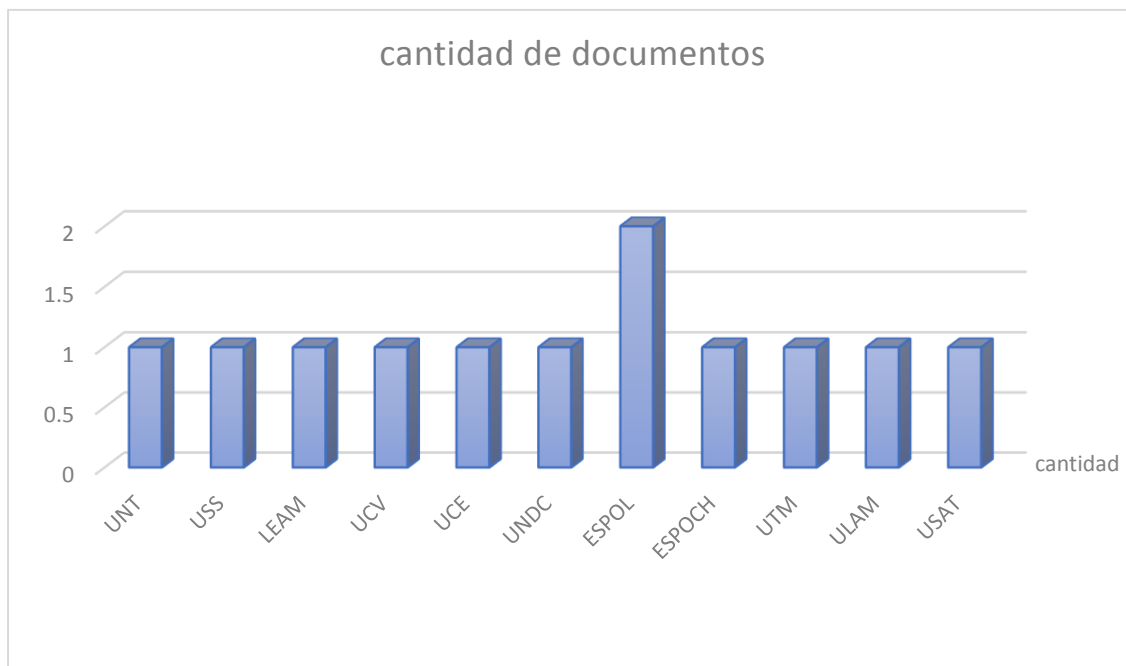
**Figura 9:** *Distribución de publicaciones de artículos seleccionados*



**Figura 10:** *Distribución de las publicaciones seleccionadas publicadas en revistas de tecnología de alimentos.*

Two handwritten signatures in blue ink are displayed on a white background. The signature on the left is more stylized and appears to be "Luis..." followed by a surname. The signature on the right is more compact and appears to be "D. S..." followed by a surname.





**Figura 11.** Distribución de las publicaciones de tesis de postgrado seleccionadas y publicadas en las páginas de instituciones.

#### 4.2. Parámetros principales y secundarios que intervienen en el proceso de extracción de pectina.

Según la información encontrada después de leer los resúmenes, los materiales y métodos de los 43 estudios primarios encontrados, se presentaron diversos parámetros que intervienen en el proceso de extracción de pectina, estos se ven afectados y manipulados según el método de extracción, en la Tabla 5 se presenta lo encontrado.

**Tabla 5:** Descripción de los parámetros primarios y secundarios.

PARÁMETRO	NOMBRE DEL PARÁMETRO
PRIMARIO	Tiempo
	Temperatura
	pH
	Agente extrayente
	Potencia
SECUNDARIO	Relación agente extrayente: materia prima.
	Concentración de agente extrayente.
	Presión

**Fuente:** Elaboración propia

### **4.3. Efectos de los parámetros de extracción, métodos de extracción e índices de madurez sobre el rendimiento y caracterización de pectina.**

Se realiza un esquema de caracterización en el cual se resume la información encontrada en los estudios potenciales o primarios que forman parte de esta RS, en este esquema se respondió a la pregunta de interés y en parte a los objetivos de esta investigación. Todos estos artículos estudian a la pectina proveniente del maracuyá como materia prima, en los resúmenes, la metodología, los resultados y métodos y en algunos casos las conclusiones, permitieron el acceso a información como los métodos de extracción, variación de parámetros de extracción, índices de madurez, que emplearon cada autor en su investigación, de ahí se conoce el efecto de lo anterior en la caracterización de la pectina obtenida junto con su rendimiento. En la Tabla 6 se pueden preciar al menos más de un punto importante y relevante que forman parte de esta revisión sistemática de literatura que responden a la pregunta de interés.

Además con la ayuda del esquema de caracterización permite que se conozcan los resultados en cuanto a rendimiento (porcentajes) y características (calidad) de la pectina, es decir descubrir los resultados más favorables el cual facilitan la efectividad de un mayor rendimiento y mejor caracterización.



**Tabla 6:** Esquema de caracterización de datos

Título ( <i>Passiflora edulis</i> )	Estado de madurez	Método de extracción	Parámetro de extracción						Rendimiento	Caracterización (calidad)			Documento (autor)	
			°T	Tiempo	Presión o Potencia	PH	Ag. Extrayente	Concen.		Peso Eq.	Cont. de metoxilos	Ácido galacturónico		Grado esterificación
Extracción de pectina de cáscara de maracuyá asistida por ultrasonido	-	Hidrolisis ácida asistida por ultrasonido	85°C	10 min	644 W/cm <sup>2</sup> con 20 KHz a 50°C	2	Ácido nítrico	-	12.67%	-	-	66.65%	60.36%	Freitas, et al. 2016
			45°C		132.8 W/cm <sup>2</sup>				7.53%			76.29%	79.59%	
Influencia de la concentración de ácido cítrico en la calidad de pectinas obtenidas de cáscara de maracuyá	-	Hidrolisis Ácida	100°C	60 min	-	-	Ácido cítrico	0.2% p/v	10.56%	-	5%	48.17%	88.64%	Rodríguez y Hurtado, 2018
								1.2% P/v	10.90%		4.81%	46.57%	49.97%	
								2.2% p/v	11.75%		4.67%	52.17%	39.86%	
Comparación del estado de coloración y agente de extracción en la obtención de pectina de maracuyá	-	Hidrolisis Ácida	85°C	80 min.	-	2.8	Ácido cítrico	50%	2.36%	-	-	-	69.6%	Zambrano, 2014
						2.9	Ácido fosfórico	0.5%	1.13%		-	74.8%		
						3	Ácido Clorhídrico	0.1%	1.60%		-	82.8%		
Comparación de las técnicas de extracción de pectina a partir de cascara de Parchita amarilla.	amarillo	Hidrodestilación	100°C	1440 min.	-	-	Agua	-	32%	-	-	-	57%	Alvares y Burgos, 2012
		microondas	-	44 seg.	100 vatios	-	-	Etanol	-	16%	-	-	64%	
		Tipo Soxhlet	78°C	180 min.	-	-	-	Etanol	-	44%	-	-	52%	
		Hidrólisis ácida	90°C	90 min.	-	2.5	-	Ácido Sulfúrico	-	29%	-	-	41%	

Influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina a partir de maracuyá.	verde	Hidrólisis ácida	90°C	60 min	-	2	Ácido Fosfórico y Ácido Cítrico	-	4.82%	5.44%	-	-	-	50.6%	51.1%	Cuenca, et al. 2017		
	verde								6.58%	7.26%				81.3%	84.96%			
	amarillo								6.28%	6.24%				59.30%	60.20%			
Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscara de maracuyá.	amarillo	Hidrólisis ácida	90°C	90 min	-	2	Ácido Clorhídrico	-	15.38%	-	-	-	-	-	-	Charchalac, 2008		
				y 120 min					12.71%								6.90%	
				min					16.80%								8.2%	
Efecto de dos fases de maduración sobre la cantidad de pectina obtenida en dos variedades de parchita.	verde	Hidrólisis ácida	95°C y 98°C	35 min	-	2	Ácido Clorhídrico y ácido Fosfórico	-	12.07%	-	-	-	-	-	-	Sindoni, et al. 2013		
	amarillo								10.66%									
	amarillo								10.91%									
	amarillo								9.82%									
Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina en el albedo del maracuyá	..	Hidrólisis ácida asistida por ultrasonido	80°C	30 min	-	2	Ácido Clorhídrico	-	17%	25%	-	3096	-	10.49%	-	91.28%	Campo et al. 2016	
									30, 45 y 60°C/10 y 20min	19%	34%	-	2288	-	8.72%	-		86.55%
										13%	26%	2631.5	-	9.84%	-	89.30%		-

Extracción de pectina de cáscara de maracuyá	-	Hidrólisis ácida	98°C	90 min	-	-	Ácido clorhídrico	0.2%	30.8%	-	-	-	-	Inayati, et al. 2018
Uso Integral del maracuyá en la extracción de pectina y formulación de mermeladas	-	Hidrólisis ácida	85°C	80 min	-	2	Ácido cítrico	-	4.25%	1566.25	1.30%	18.61%	39.62%	Saavedra, 2015
Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá empleando microondas	-	uso de microondas	-	100 seg.	1000 vatios	1.9	Ácido Clorhídrico	0.24% p/v	31.24%	-	6.86%	-	-	Urango, et al. 2017
Extracción y caracterización de pectinas de la cáscara del maracuyá, granadilla y tumbo serrano	semi maduro	Hidrólisis ácida (extracción química)	95°C	90 min	-	2	Ácido Clorhídrico	1%	21.18%	680.15	9.05%	80.81%	63.59%	León y Riveros, 2014
			95°C	60 min		3			10.60%	1203.84	11.10%	81.22%	77.60%	
			80°C	90 min		2			16.32%	697.16	9.75%	84.15%	65.77%	
Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de maracuyá y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia	amarillo maduro	Hidrolisis ácida	90°C	80 min	-	3	Ácido Cítrico	-	-	-	7.8%	22.3%	50%	Rivadeneira y Cáceres, 2014

Obtención de pectina en polvo a partir de la cáscara de maracuyá	-	Hidrólisis ácida	98°C 60 min	-	3.05	Ácido cítrico	2%	6.86%	-	-	31.52%	68.18%	Duran et al., 2012				
Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita.	verde blanco	Hidrólisis ácida	90°C 90 min	-	3	HCL y H3PO4 (NaPO3)6	-	14.06%	13.35%	1802.2	9.9%	8.02%	78%	70.26%	72.05%	66.50%	RD'Addosio, et al. 2005
	verde amarillo							12.44%	17.96%	1543.2	9.2%	7.8%	74.02%	68.24%	70.58%	65.12%	
	amarillo							11.11%	18.45%	1063.5	8.62%	6.4%	70.43%	60.15%	69.75%	60.55%	
Extracción de pectina a partir de la corteza de maracuyá	..	Hidrólisis ácida	60°C 60 min	-	2	Ácido clorhídrico	-	10.0%			9.90%		77.20%		73	Cuesta y Muñoz, 2015	
					3			8.8%		13.40%		83.60%		90.9			
					4			6.5%		12.50%		72.80%		97.3			
Caracterización de fracciones de pericarpio de maracuyá amarilla.	verde	Hidrólisis ácida	80°C 40 min	-	2.5	Ácido nítrico	1%	17.03%							52.75%	Vilela, et al. 2019	
	intermedio							14.90%						54.70%			
	maduro							13.61%						65.20%			
Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá mediante hidrólisis ácida	-	Hidrólisis ácida	50°C 10 min	-	-	Ácido cítrico	0.45%	8.59%	-	-	40%	20%	Guidi y Arandia, 2008				
Determinación del poder gelificante de la pectina extraída de la cáscara de maracuyá.	-	Hidrólisis ácida.	80°C 18 min	-	2	Ácido clorhídrico	-	14.09%	-	-	-	68%	Rea, 2014				

Procesamiento de frutas de maracuyá para obtención de pectina.	-	Hidrólisis ácida	85°C 10 min	-	1	Ácido cítrico	-	7.60%	-	-	-	-	Rentería, 2014
El nivel de producción de pectina a partir de 1 Kg de cáscara de maracuyá	maduro	Hidrólisis ácida	90°C 80 min	-	3	ácido cítrico	-	36.51%	-	7.80%	38.10%	50%	Cedeño, 2016
Valorización de la cáscara de maracuyá como subproducto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ácido cítrico	-	Hidrólisis ácida	80°C 80 min	-	3.5	Ácido cítrico	-	16%	-	-	65.63%	76.87%	Escobedo, 2014
Caracterización fisicoquímica de la pectina de cáscara de maracuyá extraída mediante hidrólisis ácida y evaluada con el diseño de BOX BEHNKEN	-	Hidrólisis ácida (BOX BEHNKEN)	71°C 85 min	-	1.27	Ácido clorhídrico	-	19.89%	-	14.50%	88.60%	89%	Flores y Tenorio, 2014
Características bioquímicas y capacidad gelificante de la pectina de la cáscara del maracuyá amarilla afectada por la naturaleza ácida de extracción	-	Hidrolisis ácida	75°C 60 min	-	1.8	ácido cítrico	0.30%	5.6%	-	-	70.60%	64%	Yapo, 2009
						ácido nítrico		13.9%			71.90%	53%	
						ácido sulfúrico		10.2%			77.30%	52.00%	

Optimización de la extracción de ácido pectínico de cáscara de maracuyá utilizando metodología de superficie de respuesta	-	Hidrólisis ácida y superficie de respuesta	80°C	10 min	-	1	ácido cítrico	-	7%	-	-	68.70%	45.94%	Kliemann et al., 2009
Extracción de pectina de la cáscara de maracuyá mediante un campo eléctrico moderado y métodos de extracción convencional	-	Campo eléctrico moderado.	50°C	40 min	100 voltios	5	ácido nítrico	-	7.86%	-	-	72.49%	87.78%	De Oliveira et al., 2015
		Extracción convencional	85°C	60 min	-	2		-	10.90%			70.4%	86.75%	
Extracción de pectina de cáscara de maracuyá mediante calentamiento inducido por microondas	maduro	Hidrólisis ácida inducido por microondas	90°C	40 min	628W/9min.	2	ácido nítrico	-	13%	1109.3		82.30%	64.15%	Seixas et al., 2014
							ácido acético	-	12.90%	1430.8	-	62.50%	64.56%	
							ácido tartárico	-	18.20%	874.32		44.60%	51%	
Optimización de la extracción de pectina del cascara de la fruta maracuyá morada	sazón	Hidrolisis ácida	95°C	60min	-	2	ácido clorhídrico	-	14.2%	-	-	-	-	Presa y Nguyen 2013



Estudio comparativo de la pectina extraída de las harinas de cáscara de maracuyá	amarillo	Hidrolisis ácida	80°C 90 min	-	2	ácido nítrico	0.50%	11.60%	1134.6	-	80%	80%	Canteri et al., 2010
Composición fisicoquímica de las fracciones del pericarpio del maracuyá amarillo y sus respectivas sustancias pépticas	-	Hidrólisis ácida	85°C 80 min	-	3	Ácido clorhídrico	..	13.60%	-	-	65%	79%	Canteri et al., 2010
Efecto de las condiciones de extracción sobre las características de calidad de la pectina de la cáscara de maracuyá	-	Deshidratación con aire caliente	98.7°C 60min	-	2	Ácido cítrico	0.10%	14.80%	804	9.60%	82.20%	-	Kulkarni y Vijayanand. 2010
Caracterización y propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de subproductos agroindustriales	-	Hidrólisis ácida	95°C 45 min	-	3.2	Ácido clorhídrico (0.05N)	-	15.71%	-	9.08%	23.21%	84.17%	De Moura et al. 2017

Extracción enzimática de pectina de cáscara de maracuyá a escala de laboratorio y de mesa	-	Extracción enzimática	37°C	100 min	150 rpm	3	protopectinasa 30 U/mL	17%	-	-	85.4%	67.5%	Vasco y Zapata 2017
Rendimiento de pectina de la cáscara de maracuyá. ¿con agitador o ultrasonido? Comparación	-	Ultrasonido	27°C	90 min	500 W/cm <sup>2</sup>	-	Ácido cítrico 0.75%	54.69%	-	-	-	30%	Dos Santos et al., 2017
	-	Agitador	50°C	30 min	-	-	-	30.22%	-	-	-	18%	
Comparación de la extracción de pectina ácida y enzimática de las cáscaras de maracuyá y sus propiedades de gel	-	Hidrólisis ácida	75°C	102 min	-	-	ácido cítrico 0.19%	7.16%	-	-	-	78.57%	Liew et al. 2015
	-	Enzimática	61.11°C	-	-	-	celluclast 1.67%	7.12%	-	-	-	85.45%	
Efecto combinado del calentamiento convencional y de alta presión sobre la extracción de pectina de la cáscara de maracuyá	-	Alta presión	50°C	20 min	300 MPa	-	-	6.39%	-	-	71.94%	81.04%	Freitas et al. 2016
	-	Convencional con pretratamiento (alta presión)	100°C	17 min	300 MPa	2	ácido nítrico	-	14.34%	-	-	65.96%	64.66%
	-	Convencional	100°C	57 min	..	-	-	8.97%	-	-	65%	50%	

Compuestos bioactivos y pectina de residuos del procesamiento de la maracuyá: extracción mediante tecnología verde y caracterización	amarillo	Líquido a presión (PLE) o extracción con solvente	100°C	1 hr	50bar. Caudal= 0.5mL/min	-	agua	95%	27.67%	-	-	-	89.32%	Moia et al. 2019
Caracterización de las pectinas extraídas de la cáscara del maracuyá y de la gulupa como agentes estabilizantes en néctares de fruta	Amarillo	Deshidratación con aire caliente	50°C	10 hr					15.40%	1300			68%	Sánchez, 2016
	Gulupa (morada)		60°C	10 hr					21.72%	1400			59%	
Extracción secuencial de flavonoides y pectina de la cáscara de maracuyá amarilla utilizando solvente presurizado o ultrasonido	..	solvente presurizado (PSE) o ultrasonido (EAU)	80°C	10 min	40 KHz a 135 W	-	ácido tartárico	1%	16.50%	-	4.67%	-	78.59%	De Souza et al. 2018
Optimización de la extracción de pectina de cáscaras de frutas mediante el método de superficie de respuesta: convencional vs asistido por microondas	..	calentamiento convencional	76°C	99 min	-	2		1%	13.18%	-	-	78.09%	61.98%	Dao et al., 2021
		asistido por microondas	75°C	22 min	218 W	2.9			-	18.73%	-	-	71.39%	

Extracción de pectina de <i>Passiflora edulis</i> por sistema acuoso de dos fases	-	sistema acuoso de dos fases	30°C 80 min	-	-	carbonato de potasio	19.95%	29.09%	-	-	-	-	Vo y otros 2020
						etanol	28.77%						
						agua	51.30%						
Optimización de la extracción instantánea de pectina soluble a baja temperatura de la cáscara de maracuyá y sus propiedades de gelificación	amarillo	Equipo flash extractor	50°C 9 min	-	3	ácido cítrico	-	7.52%	-	-	68.5%	57.02%	Lin y otros 2020
Extracción de ácido cítrico de pectina de cáscaras de frutas tropicales de maracuyá, fruta del dragón y guanábana.	amarillo	Hidrólisis ácida	90°C 64.67 min	-	2.37	ácido cítrico	-	14.24%	-	-	-	54.78%	Liew, et al., 2015

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.4. Efectividad del mayor rendimiento y mejor caracterización.**

El esquema de caracterización permite que se conozcan los resultados en cuanto a rendimiento (porcentajes) y características (calidad) de la pectina, es decir descubrir los resultados más favorables el cual indican la efectividad de un mayor rendimiento y mejor caracterización. La efectividad de mejores y mayores resultados se muestran de acuerdo con el mayor resultado o número y estos como se ven afectados según su método de extracción y parámetros de extracción.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Luis Otero".A handwritten signature in black ink on a white rectangular background, appearing to read "Luis Otero".


## V. DISCUSIONES

La presente revisión tenía como objetivo analizar de qué manera los parámetros de extracción, métodos de extracción y estados de madurez del maracuyá, influyen sobre el rendimiento y caracterización de la pectina obtenida. A parte de que los parámetros de extracción son diferentes, pues también son variantes y a su vez marcan diferencias significativas respecto a la pectina que se obtiene. A su vez se mostraron las fuentes de donde se recopiló la información, bases de datos de artículos científicos, tesis doctorales y revistas de investigación.


### *Análisis de los estudios primarios de calidad.*

Al utilizar la metodología de revisión sistemática de literatura descrita en el desarrollo de todo este documento, se encontraron alrededor de 1438 estudios (artículos y tesis de postgrado presentados en revistas e instituciones), y se seleccionaron finalmente 43 artículos, de los cuales, la temática estaba centrado en “la extracción de pectina de cáscara de maracuyá”, además de cumplir con los limitantes que forman parte de una revisión sistemática. Los intervalos de los años de publicación de los estudios seleccionados estaban dados entre 2001-2021. En un primer filtro, se descartaron 876 estudios, pues al revisar sus títulos, 687 eran estudios no realizados en maracuyá, 143 estudios repetidos publicados en diferentes bases de datos, 46 estudios no experimentales, quedando 562 como elegibles. En un segundo filtro, se descartaron 387 estudios, al revisar los resúmenes, 325 no incluyen extracción de pectina de cáscara de maracuyá y 62 de ellos no indican estado de maduración, quedando 177 estudios elegibles. Como último filtro, 143 estudios no registraron eventos de interés al revisar su metodología, resultados y conclusiones, quedando así 43 estudios primarios de calidad.

De estos 43 estudios primarios y según la Figura 7 se ha descrito la distribución de las investigaciones que los autores han realizado por año, siendo el 2014 el año con mayor cantidad de investigaciones (8), relacionadas con la extracción de pectina de cascara de maracuyá. En otro caso se presentó que en el año 2019 encontraron 9 artículos de interés, siendo este año el que mayor enfoque tuvo sobre la extracción de pectina de residuos industriales, según una revisión sistemática de literatura (Mantilla, 2020). Por otro lado, en la Figura 8 se describe las categorías de las investigaciones, según el tipo de publicación de cada artículo, ocupando un mayor



porcentaje de 53% (23) los artículos científicos, seguido de las tesis de pregrado y posgrado 47% (20), dentro de estas encontramos a las publicaciones en las revistas de alimentos 19% (8) y las publicaciones en repositorio de instituciones 28% (12). Según la Figura 9, las publicaciones en revistas de alimentos tuvieron lugar en “procesamiento de alimentos, hidrocoloides, horticultura, biotecnología, tecnología de alimentos y agricultura”, enfocando los autores sus investigaciones en hidrocoloides y biotecnología. En la Figura 10, las publicaciones de los artículos científicos se encontraron en mayor cantidad en la base de datos de Scopus (7), seguido de ScienceDirect (5), Scielo (4), Dialnet (3), Springer Link (2), Alicia (1) e IEEE Xplore (1), haciendo un total de 23 artículos. Finalmente en la Figura 11, las publicaciones de las tesis de pregrado y posgrado tuvieron lugar en las instituciones donde realizó el estudio el investigador (autor), en instituciones nacionales se mencionó a la Universidad Señor de Sipán (USS), Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Universidad César Vallejo (UCV), Universidad Nacional de Cañete (UNDC) y la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), en instituciones internacionales mencionamos a la Universidad Central de Ecuador (UCE), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Escuela Politécnica Superior de Chimborazo (ESPOCH), Universidad Técnica de Manabí (UTM) y la Universidad de las Américas (ULAM). Lo anterior en comparación con la revisión sistemática realizada por (Mantilla, 2020), quién solo empleó documentos de bases de datos como ScienceDirect (18), Springer Link (3), Wiley (3), .2 (3) y Scopus (3), teniendo un total 30 artículos seleccionados para su investigación.



*Análisis de los parámetros principales y secundarios que intervienen en el proceso de extracción.*

El método de extracción más común usado por la mayoría de los investigadores es el de hidrólisis ácida, pues de acuerdo con el esquema de caracterización, de las 43 investigaciones seleccionadas, 25 artículos usaron, luego 4 publicaciones de autores que han empleado microondas y ultrasonidos, seguido del método calentamiento convencional con 3 publicaciones, los siguientes métodos extracción enzimática y deshidratación con aire caliente, ocupan el cuarto lugar, pues cada uno de estos fueron usadas por dos investigadores en diferentes documentos de investigación, hidrodestilación, extracción con líquido a presión, extracción en campo eléctrico

moderado, extracción con agitador, extracción con solvente presurizado, extracción en sistema acuoso de dos fases los métodos y extracción en superficie de respuesta, fueron los métodos que se usaron en una sola investigación, todo lo anterior según el esquema de caracterización, similares resultados fueron encontrados por Mantilla (2020), en 27 documentos encontrados usaron el método de hidrólisis ácida, considerandolo como el más usado, seguido 10 documentos en los que usaron el método de extracción con solvente (agua), en 7 documentos emplearon el método de extracción asistida por microondas y finalmente en 1 documento, el método de extracción enzimática.

El análisis de los parámetros de extracción, van de acuerdo con el método de extracción, para el método por hidrólisis ácida variaron:

- Temperatura:

De las 25 investigaciones, la mayoría de los autores usaron temperaturas elevadas con este proceso de extracción, no menores de 80 °C y no mayores de 100 °C, a excepción de Guidi y Arandia (2008) quienes emplearon una temperatura de 50 °C y por su parte Cuesta y Muñoz (2015) 60 °C.

- Tiempo:

Los tiempos que mayormente fueron utilizados estaban por encima de los 60 minutos y por debajo de los 120 minutos, en este parámetro, los autores Guidi y Arandia (2008) junto a Rentería (2014) emplearon un tiempo de 10 minutos, considerado como inferior junto al empleado por Rea (2014) que fue de 18 minutos, otro fue el caso de Sindoni, *et al.* (2013) que emplearon 35 minutos y por último Vilela, *et al.* (2019) 40 minutos.

- Agente extrayente:

Los agentes extrayentes marcaron diferencias importantes en los resultados de las investigaciones encontrados para esta revisión sistemática, los ácidos como agentes extraentes que usaron fueron los siguientes: ácido cítrico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y ácido fosfórico. Algunos autores optaron por usar hexametáfosfato de sodio ( $H_3PO_4(NaPO_3)_6$ ) a pH 3, es el caso de RD' Addosio, *et al.* (2005), el ácido nítrico a pH 2.5 con un 1% y 0.3% de concentración, también fue una peculiaridad empleado por Vilela, *et al.* (2019) y Yapó (2009) respectivamente.



- pH:

Este parámetro varía de entre 1, 2, 3 y 4 de pH. Cabe mencionar que algunos autores en sus investigaciones variaron este parámetro con valores poco comunes, es el caso de Duran, *et al.* (2012) usaron ácido cítrico a 3.05 de pH, el mismo agente extraente fue empleado por Liew *et al.* (2015) con un pH de 2.37, en el caso de De Moura *et al.*, (2017) quienes usaron ácido clorhídrico a 0.05 N y con una solución de 3.2 pH, por su parte Flores y Tenorio (2014) emplearon también ácido clorhídrico a 1.27 de pH.

- Concentración de ácido:

No fue muy relevante en las investigaciones, pero algunos autores si lo consideraron, como es el caso de Zambrano (2014) empleó ácido cítrico, ácido fosfórico y ácido clorhídrico en diferentes concentraciones 50%, 0.5% y 0.1% respectivamente, Inyati, *et al.* (2018), emplearon ácido clorhídrico con 0.2% de concentración, Por su parte León y Riveros (2014) emplearon ácido clorhídrico con 1% de concentración, también fue el caso de Duran *et al.* (2012) quienes emplearon ácido cítrico con 2% de concentración, Vilela *et al.* (2019) junto a Guidi y Arandia (2008), con ácido nítrico y ácido cítrico con 1% y 0.45% de concentración respectivamente, también es el caso de Yapó (2009), empleó ácido cítrico, ácido nítrico y ácido sulfúrico a 0.3%, Canteri *et al.* (2010), usaron ácido cítrico con 0.7% de concentración, finalmente Liew *et al.* (2016) emplearon ácido cítrico al 0.19%.

Para la extracción de pectina asistida por ultrasonido, los parámetros que los autores variaron fueron:

- Tiempo:

Freitas, *et al.* (2016), emplearon 10 minutos para extraer pectina, por su parte Campo, *et al.* (2016), emplearon 30 minutos, Dos Santos *et al.* (2017), fueron quienes emplearon el tiempo de 90 minutos, siendo este el más alto para extracción por este método, finalmente De Souza *et al.* (2018), optaron por emplear solamente 10 minutos.

- Temperatura:

Considerado un parámetro importante a variar, pues Freitas *et al.* (2016), emplearon 85 °C y 45 °C, Campo *et al.* (2016), emplearon 80 °C, en el caso de Dos Santos *et al.* (2017), solamente en el proceso permitieron una temperatura hasta los 27 °C, finalmente De Souza *et al.* (2018), creyeron conveniente la aplicación de 80 °C de temperatura en el proceso de extracción.

- Agente extrayente:

En 2016 Freitas, *et al.* emplearon ácido nítrico como agente extrayente, para Campo *et al.* (2016), creyeron conveniente usar ácido clorhídrico, por su parte Dos Santos *et al.* (2017), emplearon ácido cítrico, y para el (2018), De Souza *et al.* tomaron la decisión de usar ácido tartárico como solvente para extracción de pectina en lugar de un ácido.

- pH:

Es relevante mencionar que este parámetro es opcional, puesto que en caso de no mostrarse el pH, se emplea el porcentaje de concentración ya sea del ácido o solvente extrayente, en el caso de Freitas, *et al.* (2016), emplearon un pH de 2, en ese mismo año, Campos *et al.* (2016), también usaron una solución con 2 de pH, caso diferente sucedió con Dos Santos *et al.* (2017) y De Souza *et al.* (2018) quienes tuvieron la iniciativa de regirse por la cantidad de concentración del agente extrayente, de 0.75% a 1% respectivamente.

- Potencia:

Este parámetro está relacionado no solo con la potencia en un determinado espacio o área, sino también con la intensidad de potencia, la temperatura aplicada por un lapso de tiempo, es el caso de Freitas, *et al.* (2016), quien a una potencia de 644  $W/cm^2$  y 132.8  $W/cm^2$ , le aplicaron una intensidad de potencia de 20 KHz con 50°C, por otro lado Campo *et al.* (2016), se concentraron en la aplicación de una intensidad de potencia 40 KHz monitoreando las temperaturas con 30, 45 y 60 °C por un lapso de tiempo de 10 y 20 min para cada una de las temperaturas, el caso de Santos y otros (2017), solamente decidieron aplicarle una potencia de 500  $W/cm^2$  no variar con demás parámetros que forman parte de esta.

Para extracción asistido por microondas, variaron lo siguiente:

- Tiempo:

En (2012) Alvares y Burgos, usaron microondas para extraer pectina, este parámetro osciló en 44 segundos, por otro lado Urango *et al.* (2017) decidieron monitorear el tratamiento durante 100 segundos, en el caso de Dao *et al.* (2021), emplearon 2 minutos, notándose así que fueron tiempos reducidos, caso muy contrario ocurrió con Seixas *et al.* (2014), quienes se inclinaron por el lado extremo en cuanto a este parámetro, pues fueron 40 minutos.

- Temperatura:

Este parámetro en este método no fue indispensable, algunos autores lo tomaron en cuenta y este es el caso de Seixas *et al.* (2014), quienes en el tratamiento usaron una temperatura de 90 °C, por su parte Dao *et al.* (2021), también decidieron tener en cuenta esta parámetro que fue de 75 °C.

- Potencia:

Para el año 2012, Alvares y Burgos, en su investigación decidieron emplear 1000 vatios para extraer pectina, misma potencia aplicada por Urango *et al.* (2017), Dao *et al.* (2021), le aplicaron a su tratamiento 1500 voltios.

- Agente extrayente:

Para Urango *et al.* 2017, se les hizo conveniente la aplicación de ácido clorhídrico como agente extrayente, en el caso de Seixas *et al.* (2014), decidieron usar tres agentes extrayentes, ácido nítrico, ácido acético y ácido tartárico, y por su parte Dao *et al.* (2021), al igual que Urango, *et al.* (2017), emplearon ácido clorhídrico.

- pH:

El pH osciló entre 1 a 3, en el caso de Urango *et al.* (2017), emplearon 1.9, en el caso de Seixas *et al.* (2014), los tres agentes que usó mantenían 3 pH, el ácido clorhídrico empleado por Dao *et al.* (2021), fue de 2.

- Concentración:

Parámetro considerado opcional, pues lo aplicaron solamente Urango, *et al.* (2017), 0.24% de concentración de ácido clorhídrico.

Para el método de extracción enzimática, se varió:

- Tiempo:
- Temperatura:
- pH:
- Agente extrayente:
- Concentración:
  - ✓ Vasco y Zapata 2017, usaron este método de extracción enzimática, empleando una enzima llamada protopectinasa 30 U/ ml, un tiempo de 100 minutos a 37 °C en un medio ácido de 3 pH, con una velocidad de agitación de 150 rpm.
  - ✓ Liew *et al.* 2015, usaron como agente extrayente celluclast en concentración de 1.76% en un lapso de 102 minutos a 61.11 °C de temperatura.

Según el método de extracción convencional:


- Tiempo
- Temperatura
- Agente extrayente
- pH
  - ✓ De Oliveira *et al.* (2015), emplearon como agente extrayente ácido nítrico, en una solución de 2 de pH, el tratamiento tardó 60 minutos con una temperatura de 85 °C.
  - ✓ Freitas *et al.* (2016), emplearon ácido nítrico en solución de 2 pH tanto para extracción convencional como con efecto de un pretratamiento con alta presión, para la primera la temperatura fue de 100 °C y un tiempo de 57 minutos, para la segunda, una temperatura de 100 °C, tiempo de 17 minutos y el pretratamiento con una presión de 300 MPa.
  - ✓ Dao *et al.* 2021, usaron como agente extrayente ácido cítrico (1%) en solución de pH 2, a 76 °C durante 99 minutos.

Con el método de extracción con líquido a presión:

- Temperatura.
- Agente extrayente.
- Tiempo.

- ✓ Freitas *et al.* 2016, emplearon como agente extrayente ácido nítrico con 2 pH a presión de 300 MPa, en una solución con 50 °C por 20 minutos.
- ✓ Moia *et al.* 2019, emplearon agua (95%) a presión de 50 bar con un caudal de 0.5 mL/min con 100 °C por un lapso de 1 hora.

Con el método de deshidratado con aire caliente, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:


- 
- Temperatura.
  - Tiempo.
  - pH
  - Agente extrayente.
    - ✓ Sánchez (2016), empleó aire caliente a 50 °C por 10 horas para deshidratar albedo de maracuyá para obtener pectina.
    - ✓ Kulkarni y Vijayanand (2010), emplearon ácido cítrico al 0.1%, aire caliente a 98.7 °C por un lapso de 60 minutos y un pH de 2.

Para el método de hidrodestilación, Alvares y Burgos (2012), emplearon los siguientes parámetros:

- Temperatura.
- Tiempo.

A su vez usó como agente extrayente agua a 100 °C por un tiempo de extracción de 1440 minutos.

Para la extracción con agitador, Dos Santos *et al.* (2017), monitorearon los parámetros que se presentan a continuación:

- 
- Temperatura de 50 °C.
  - Tiempo de 30 minutos.
  - Agente extrayente ácido cítrico.
  - Concentración de 0.75%.

Con extracción en un campo eléctrico moderado, De Oliveira *et al.* (2015), los parámetros que monitorearon fueron:

- Temperatura de 50 °C.

- Tiempo de 40 minutos.
- Potencia a 100 voltios/metro.

Con solvente presurizado, De Souza *et al.* (2018), monitorearon los parámetros siguientes:

- Temperatura de 80 °C.
- Tiempo de 10 minutos.
- Agente extrayente ácido tartárico.
- Concentración de 1%.
- Potencia 4 KHz a 135 W.

El sistema acuoso de dos fases como método de extracción usado por Vo *et al.* (2020), variaron los siguientes parámetros:

- Temperatura de 30 °C.
- Tiempo de 80 minutos.
- Agentes extrayentes, carbonato de potasio, etanol y agua.
- En concentraciones de 19.95%, 28.77% y 51.3% respectivamente.

Finalmente para el último método, extracción en superficie de respuesta usado por Lin, *et al.* (2020), monitorearon los siguientes parámetros de extracción:

- Temperatura de 50 °C.
- Tiempo de 9 minutos.
- Agente extrayente ácido cítrico.
- pH 3.

Lo anterior expuesto sobre los parámetros de extracción en comparación con lo encontrado en la revisión sistemática de literatura sobre pectinas, realizada por Mantilla (2020), donde los parámetros de extracción para el método de hidrólisis ácida que los autores variaron fueron temperatura, pH, agente extraente y tiempo de extracción, la temperatura empleada por encima de los 70 °C y por debajo de 95 °C, el pH solamente variaron 1, 2, 2,2 y 3, los agentes extraentes ácido cítrico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico y hexametáfosfato de sodio, finalmente el tiempo de extracción desde los 60 y 90 minutos. Para el método de extracción

asistida por microondas, variaron potencia, temperatura, tiempo, pH y agente extraente, Kute 2019 empleó 2450 MHz y 900 W, a 80 °C por un periodo de extracción de 50 minutos. El método de extracción con solvente diferenciado precisamente por el solvente que se usó como agente extraente, Kost'álová 2012 empleó agua caliente, EDTA y HCL diluido, lo mismo ocurrió con Lefsih 2015. Finalmente el método de extracción enzimática aplicado según la RSL por Perussello 2017, empleó celluclast como agente extraente al igual que en nuestra RSL encontrada que se aplicó por Liew *et al.* 2016, aplicada en diferentes concentraciones por ambos autores, temperatura de 72 °C, por un tiempo de 120 minutos (p. 36 – 40).

#### *Análisis del rendimiento de la pectina:*

Recalcar que los rendimientos obtenidos variaron de acuerdo con los parámetros de extracción, método de extracción e inclusive los índices de madurez de la materia prima.

- Dos Santos *et al.* (2017) realizaron la extracción de pectina de cáscara de maracuyá empleando dos métodos de extracción; extracción asistida con ultrasonido y extracción con agitador, en donde comparó el rendimiento obtenido con ambos métodos, comprobó que la mayor cantidad de pectina se consiguió con el método de extracción asistida con ultrasonido, que fue de un 55% mientras que con agitador solo de 5.1%, para ambos métodos aplicó las mismas condiciones de extracción, temperatura de 27 °C por 90 minutos con potencia de 500 W/cm<sup>2</sup>, ácido cítrico como agente extraente a 0.75% de concentración. En comparación con las cantidades de pectina obtenidos por Campo *et al.* 2016, quienes emplearon la extracción por hidrólisis ácida pero asistida por ultrasonido, en condiciones de extracción; temperatura de 80°C, tiempo de 30 minutos, ácido clorhídrico como agente extraente, donde buscaron el efecto en la pectina obtenida mediante el pretratamiento con ultrasonido, 17% y 25% fueron los rendimientos obtenidos con pretratamiento de 40 KHz, temperatura de 30°C en tiempos de 10 y 20 minutos respectivamente, 19% y 34%, los rendimientos obtenidos con las mismas condiciones de pretratamiento que el anterior, solamente varió la temperatura (45 °C), al igual que 13% y 26%, rendimientos obtenidos a 60 °C, recalando que con el segundo pretratamiento con ultrasonido con tiempo de 20 minutos, obtuvieron una mayor cantidad de pectina.

- Cedeño, (2016), optó ver el nivel de producción de pectina a partir de un kilogramo de cáscara de maracuyá, aplicando el método de hidrólisis ácida en condiciones de 90 °C de temperatura, 80 minutos, usando ácido cítrico como agente extrayente a 3 de pH, obteniendo un rendimiento de 36.51%. Por otro lado, Inayati *et al.* (2018), obtuvo similares resultados en cuanto a rendimiento de 30.8%, con igual método de extracción, temperatura de 98 °C, tiempo de 90 minutos, con ácido clorhídrico como agente extrayente en concentración de 0.2%. Otro caso similar es el de Alvares y Burgos (2012, p. 40) quienes compararon técnicas de extracción de pectina, hidrodestilación, microondas tipo soxhlet e hidrólisis ácida, con este último tuvieron un rendimiento de 29%, con temperatura de 90 °C, tiempo de 90 minutos, ácido sulfúrico como agente extrayente de 2.5 pH, igual resultado encontraron Vo *et al.* (2020) que fue de 29.09%, empleando un sistema acuoso de dos fases (carbonato de potasio, etanol y agua). Estos resultados anteriores sobre el rendimiento, en comparación con los obtenidos por León y Riveros (2014), quienes con el método de hidrólisis ácida y parámetros de extracción temperatura de 95 °C, 90 minutos, ácido clorhídrico en concentración de 1%, como agente extrayente a pH 2, obtuvieron un rendimiento de 21.18%, por su parte Flores y Tenorio (2014), con parámetros de extracción; temperatura de 71 °C, 85 minutos y ácido clorhídrico como agente extrayente con pH 1.27, obtuvo un rendimiento de 19.87%. En 2008, Charchalac, también empleó hidrólisis ácida, con dos agentes extrayentes, con 2 pH, temperatura de 90 °C, los rendimientos obtenidos fueron de 15.38% y 12.71% con ácido clorhídrico como agente extrayente, con tiempos de extracción de 90 y 120 minutos respectivamente, con ácido cítrico los rendimientos fueron de 16.80% y 21.25%, y tiempos de 90 y 120 minutos respectivamente, muestran variación, puesto que son resultados menores. De Moura *et al.* (2017), obtuvieron un rendimiento de 15.71%, con una temperatura de 95 °C, un tiempo de 75 minutos, ácido clorhídrico como agente extrayente a 3.2 pH, caso parecido también ocurrió con RD´Addosio, *et al.* (2004), obtuvieron rendimientos de 14.06%, 13.35%, 12.44%, 17.96%, 11.11% y 18.45%, empleando agentes extrayentes, ácido clorhídrico y hexametáfosfato de sodio, con 3 pH, tiempo de 90 minutos y temperatura de 90 °C, también es el caso de Vilela, *et al.* (2019), obtuvieron rendimientos de 17.03%, 14.90% y 13.61%, con ácido nítrico como agente extrayente, en concentración de



1%, temperatura de 80 °C, tiempo 40 minutos y pH 2.5, los tres resultados los encontraron gracias a que se emplearon materia prima en estado verde, intermedio y maduro. Por otro lado, Presa y Nguyen (2013) y (Canteri *et al.*, 2010), obtuvieron resultados muy parecidos, 13.50% y 13.60% de rendimiento, con tratamientos de 96 °C y 85 °C, 83.5 minutos y 80 minutos, ácido clorhídrico como agente extrayente a pH 1.96 y 3 respectivamente.

Otros autores aplicando este mismo método de extracción, obtuvieron resultados de rendimiento muy por debajo de los mencionados, es el caso de Guidi y Aranda (2008, p. 9), con 8.59%, Rentería (2014, p. 44), obtuvo un 7.60%, por su parte en 2015, Cuenca y Muñoz, obtuvieron tres resultados; 10%, 8.8% y 6.5%, estos resultados variaron por los diferentes pH de extracción de 2, 3 y 4 respectivamente, Duran *et al.* (2012), obtuvieron un 6.86%, Saavedra Lenin (2015), obtuvo un 4.25%, Navares, *et al.* (2017), presentaron los resultados en rendimiento de 4.82%, 5.44%, 6.58%, 7.26%, 6.28% y 6.24%, estos variaron por los tres estados de madurez de la materia prima (verde, verde amarillo y amarillo) y por los dos agentes extrayentes (ácido fosfórico y ácido cítrico) que se emplearon y finalmente Zambrano (2014, p. 72), obtuvo los menores resultados que fueron de 2.36%, 1.13% y 1.6%.

- En 2017, Urango, *et al.* realizó la extracción rápida de pectina mediante el uso de microondas, consiguiendo un rendimiento de 31.24%, potencia de 1000 vatios por un lapso de 100 segundos, ácido clorhídrico como agente extrayente con 0.24% de concentración y 1.9 pH de la solución, mismo método fue empleado por Seixas *et al.* (2014), quienes con 86 °C de temperatura, durante 70 minutos y empleando como agentes extrayentes ácido nítrico, ácido acético y ácido tartárico a 3 pH, presentaron resultados de rendimientos de 13%, 12.90% y 18.20% respectivamente, este último se compara con el rendimiento obtenido por (Dao *et al.*, 2021), de 18.73%, en condiciones de 40 °C, 1500 voltios de potencia del microondas por un lapso de 2 minutos, ácido clorhídrico como agente extrayente a 2 pH.
- En el año 2017, Vasco y Zapata mediante extracción enzimática, encontró un 17% en rendimiento, con 37°C de temperatura, 100 minutos de extracción, velocidad de agitación de 150 rpm, usando protopectinasa, en una solución de pH 3, a diferencia de Liew *et al.* (2016), con extracción enzimática al igual, obtuvieron un rendimiento de 7.12%, en condiciones de 61.11 °C, empleando la enzima

celluclast, en concentración de 1.67%, con un tiempo de extracción de 102 minutos.

- Existen otros métodos de extracción que fueron aplicados por algunos autores quienes obtuvieron resultados muy significativos en cuanto a rendimiento, es el caso de Alvares y Burgos, (2012, p. 112), que aplicaron extracción tipo soxhlet e hidrodestilación, resultando 44% y 32% los rendimientos para cada método respectivamente, para la extracción tipo soxhlet emplearon etanol como agente extrayente a 78 °C y 180 minutos de extracción, para hidrodestilación, utilizaron agua a 100 °C, con 1440 minutos. Por otro lado, la extracción con líquido a presión o extracción con solvente, empleado por Moia *et al.* (2019), presentaron un rendimiento de 27.67%, llevada a cabo con agua a presión de 50 bar, con un caudal de 0.5 mL/min., a una temperatura de 100 °C, proceso que duró 1 hora. Finalmente, Vo *et al.* (2020), obtuvieron un rendimiento de 29.09%, con extracción en un sistema acuoso de dos fases, el mismo resultado obtuvieron al emplear carbonato de potasio en concentración de 19.95%, etanol en concentración de 28.77% y agua, a 30 °C de temperatura de extracción durante 80 minutos.

*Análisis de la caracterización de la pectina.*

***Peso equivalente.***

En la comparación entre la pectina extraída por un método y a la vez asistido con pretratamientos (hidrólisis ácida, calentamiento inducido por microondas e hidrólisis ácida con ultrasonido como pretratamiento), algunos autores aseguran que el peso equivalente se muestra variado, puesto que depende del pretratamiento o tratamiento adicional o proceso de hidrólisis, pues al exponer la materia prima (albedo de maracuyá) a calentamientos adicionales y prologarlos por más tiempo pueden degradar parcialmente la calidad de la pectina extraída. Es de esperar que la pectina extraída usando ultrasonido como pretratamiento tenga mayor peso equivalente que la pectina extraída por hidrólisis ácida (ácido clorhídrico y ácido cítrico), y esta a su vez mayor que la extraída por calentamiento inducido por microondas (potencia 628 W por 9 minutos). El proceso de hidrólisis también afectó a la pectina extraída por León y Riveros (680.15), pues según su investigación, afirman que el ácido clorhídrico utilizado como medio de extracción en condiciones de 95 °C, 90 minutos y pH 2 la degradó. En esa misma investigación obtuvieron otro resultado de

1203.84%, se vió variada por la disminución en el tiempo (60 min.) de extracción y el pH (3) de la solución (León y Riveros, 2014, p. 162).

Dentro de esta investigación, el mayor peso equivalente fue de 3096, con 40 KHz de potencia, temperatura 30 °C a 20 minutos, que fueron las condiciones del pretratamiento de ultrasonido, con ácido clorhídrico, temperatura de 80 °C, tiempo de 30 minutos y pH 2 como condiciones de extracción de hidrólisis ácida, la misma que se aplicó después del pretratamiento con ultrasonido, seguido del peso equivalente 2631.5 que se obtuvo con las mismas condiciones de extracción que el anterior, solamente varió el pretratamiento que fue 60 °C por 10 minutos (Campo *et al.*, 2016). Mientras que con el método de hidrólisis ácida presentó el mayor peso equivalente de 1566.25 obtenido en condiciones 85 °C, 80 minutos y ácido cítrico con 2 pH de solución (Saavedra, 2015, p.3), seguido del peso equivalente 1203.84, con ácido clorhídrico en concentración de 1% como agente extrayente, 95 °C durante 60 minutos a 3 pH (León y Riveros, 2014, p. 162), un resultado significativo en cuanto a peso equivalente mediante este método de extracción, también fue encontrado por RD´Addosio y colaboradores (2005), quienes obtuvieron (1802.2, 1543.2 y 1063.5%), estos gracias a que durante su investigación experimental optaron por usar material vegetal en tres estados de madurez (verde blanco, verde amarillo y amarillo) y variación del agente de extracción (ácido clorhídrico y hexametáfosfato de sodio) . Por otro lado con el metodo de calentamiento inducido por microondas el mayor peso molecular fue de 1430.8 con condiciones de 90 °C por 40 minutos, ácido acético como agente extrayente y 3 pH, seguido del peso equivalente 1109.3 que se obtuvo con condiciones iguales a la anterior, empleando como agente extrayente ácido nítrico (Seixas *et al.*, 2014). En la tabla 7 se resume la información.



**Tabla 7:** Descripción de las cantidades de peso equivalente.

Referencia	Método de extracción	Parámetros de extracción	Peso equivalente
		<b>Pretratamiento:</b> 40 KHz, 30 °C, 20 min.	
		<b>Hidrólisis ácida:</b> 80 °C, 30 min., ácido clorhídrico, 2 pH.	3096
Campo y otros (2016)	Hidrólisis ácida con pretratamiento (Ultrasonido)	<b>Pretratamiento:</b> 40 KHz, 60°C, 10 min.	
		<b>Hidrólisis ácida:</b> 80 °C, 30 min., ácido clorhídrico, 2 pH.	2631.5
Saavedra (2015)		85 °C, 80 min., 2 pH, ácido cítrico.	1566.25
León y Riveros (2014)		95 °C, 90 min., 2 pH, ácido clorhídrico (1%).	680.15
		95 °C, 60 min., 3 pH, ácido clorhídrico (1%).	1203.84
		80 °C, 60 min., 2 pH, ácido clorhídrico (1%).	697.16
	Hidrólisis ácida	Verde blanco: HCl, 90 min., 90 °C y 3 pH	1802.2
RD´Addosio y otros (2005)		Verde amarillo: H3PO4 (NaPO3)6, 90 min., 90 °C y 3 pH	1543.02
		Amarillo: HCl, 90 min., 90 °C y 3 pH	1063.5
		90 °C, 40 min., 2 pH, ácido acético.	1430.8
Seixas y otros (2014)	Hidrólisis ácida inducida por microondas	628 W/9 min. 90 °C, 40 min., 2 pH, ácido nítrico.	1109.3

**Fuente:** elaboración propia

***Cantidad de metoxilos.***

La literatura reporta que la pectina comercial contiene alrededor de 7.4% de contenido de metoxilo, además valores inferiores a 7% son considerados de bajo metoxilo, mientras que los superiores a 7% de alto metoxilo (Mantilla, 2020, p. 57). Si comparamos esta cantidad de metoxilo de pectina comercial con la extraída por hidrólisis ácida, es evidentemente inferior puesto que esta última es de 14.50%. La variación en ciertos resultados dependen necesariamente de los parámetros de extracción (agente extraente, temperatura, pH y tiempo), estos pueden mejorar o degradar la pectina (Flores y Tenorio, 2014, p. 2).

En esta RS, el contenido de pectina extraída varía entre 0,2% a 14.5%, todo esto dependió de los métodos de extracción y variación de los parámetros de extracción, al extraer pectina mediante tres métodos de extracción (hidrólisis ácida, hidrolisis inducida por microondas e hidrólisis ácida con pretratamiento de ultrasonido), con hidrolisis ácida, se obtuvieron las más altas y a su vez las más bajas cantidades de metoxilos, después de Flores y Tenorio (14.5%), los autores Cuesta y Muñoz (2015, p. 94) presentaron tres resultados (9.90%, 13.40% y 12.50%) de cantidades de metoxilo, pues en mismas condiciones de extracción de 60°C durante un lapso de 60 minutos y ácido clorhídrico como agente extrayente, variaron el pH (2, 3 y 4) respectivamente, es por ello que obtuvieron diferentes porcentajes de metoxilo, con este mismo método de extracción mostraron resultados de 9.05%, 11.10% y 9.75%, con tres condiciones de extracción 95 °C, 90 minutos y 2 pH, seguido de 95 °C, 60 minutos y 3 pH, finalmente 80 °C, 90 minutos y 2 pH para los tres resultados respectivamente (León y Riveros, 2014, p. 167). En comparación con los obtenidos por RD' Addosio y otros (9,9%, 8.05%, 9.2%, 7.8%, 8.62% y 6.4%) son muy similares a las obtenidas por los autores expuestos anteriormente, pues las condiciones de extracción son de 90 °C, 90 minutos y 3 pH, la variedad de resultados obtenidos se debe a que contaban con materia prima en tres estados de madurez (verde blanco, verde amarillo y amarillo) y además de emplear dos agentes extrayentes (ácido clorhídrico y hexametáfosfato de sodio), catalogadas como pectinas de alto metoxilo (RD'Addosio *et al.*, 2005). Otro resultado relevante es el obtenido por Kulkarni y Vijayanand (2010, p. 2) de 9.6%, en condiciones de

extracción de 60 °C, tiempo de 80 minutos, agente extraente ácido cítrico con 0.1% de concentración, solución con pH 2, dentro de las pectinas de alto metoxilo. Con el método de hidrólisis ácida, también hubieron autores que encontraron pectinas con cantidad de metoxilo inferiores a 7%, fue el caso de Aguilar y Hurtado que encontraron la cantidad de metoxilo de 5%, 4.81% y 4.67%, parámetros de extracción de 100 °C, 60 minutos con ácido cítrico en concentraciones de 0.2%, 1.2% y 2.2%, ocurrió similar cuando se obtuvo 2.71% y 3.1% en condiciones de 90 °C, 90 y 120 minutos, ácido clorhídrico y ácido cítrico con 2 pH, estas anteriores consideradas de bajo metoxilo (Charchalac, 2008, p. 3). En la tabla 8 se resume lo anterior explicado.

El pretratamiento con ultrasonido en hidrólisis ácida, arrojó cantidades de metoxilo de 10.49%, 8.72% y 9.84%, para la obtención de estos resultados dependió mucho de los parámetros del pretratamiento con ultrasonido; potencia de 40 KHz con temperaturas de 30, 45 y 60 °C y tiempos de 10 y 20 minutos (Campo *et al.*, 2016). Esto, comparado con el contenido de la pectina extraída con el mismo método de extracción (asistido por ultrasonido), que fue de 4.67% (de Souza *et al.*, 2018), siendo evidentemente inferior, pues esto debido a que emplearon etanol como agente extraente en concentración de 1.5%, temperatura de 70 °C por un lapso de 15 minutos. Por otro lado, la extracción inducida por microondas, método empleado por Urango y otros que obtuvieron 6.86%, las condiciones empleadas; 100 segundos, 1000 vatios, ácido clorhídrico en concentración de 0.24% con 1.9 pH para la solución, estas mismas que intervinieron para encontrar una pectina de bajo metoxilo (Urango *et al.*, 2017). Ver tabla 9.

**Tabla 8:** Descripción de las cantidades de metoxilo (%) por hidrólisis ácida.

Clasificación de pectina	Referencia	Parámetro de extracción	Cantidad de metoxilo
Alto metoxilo	Flores y Tenorio (2014)	71 °C, 85 min., 1.27 pH, HCL.	14.5
		60 °C, 60 min., 2 pH, HCL	9.9
	Cuesta y Muñoz (2015)	60 °C, 60 min., 3 pH, HCL	13.4
		60 °C, 60 min., 4 pH, HCL	12.5
		95 °C, 90 min., 2 pH, ácido clorhídrico (1%).	9.05
	León y Riveros (2014)	95 °C, 60 min., 3 pH, ácido clorhídrico (1%).	11.1
		80 °C, 90 min., 2 pH, ácido clorhídrico (1%).	9.75
		Estado de madurez (verde blanco), 90 °C, 90 min., 3 pH, HCL y $H_3PO_4 - (NaPO_3)_6$	9.9 y 8.02
	RD'Addosio y otros (2005)	Estado de madurez (verde amarillo), 90 °C, 90 min., 3 pH, HCL y $H_3PO_4 - (NaPO_3)_6$	9.2 y 7.8
		Estado de madurez (amarillo), 90 °C, 90 min., 3 pH, HCL.	8.62
	Kulkarni y Vijayanand (2010)	60 °C, 80 min., 2 pH, ácido cítrico (0.1%).	9.6
	RD'Addosio y otros (2005)	amarillo, 90 °C, 90 min., 3 pH, $H_3PO_4 - (NaPO_3)_6$	6.4
		100 °C, 60 min., ácido cítrico (0.2%).	5
Bajo metoxilo.	Aguilar y Hurtado (2018)	100 °C, 60 min., ácido cítrico (1.2%).	4.81
		100 °C, 60 min., ácido cítrico (2.2%).	4.67
	Charchalac (2008)	90 °C, 120 min., 2 pH, HCL.	2.71

90 °C, 90 min., 2 pH, ácido cítrico. 3.1

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 9:** Descripción de las cantidades de metoxilo (%) por hidrólisis ácida inducida por microondas y pretratamiento con ultrasonido.


Método	Referencia	Clasificación de pectina	Parámetros de extracción	Cantidad de metoxilo
Inducido por microondas	Urango y otros (2017).	Bajo metoxilo	100 seg., 1.9 pH, ácido clorhídrico (0.24%). <b>Potencia:</b> 1000 vatios 40 KHz, 30 °C, 20 min.	6.86
			<b>Hidrólisis:</b> 80 °C, 30 min., 2 pH, ácido clorhídrico. 40 KHz, 45 °C, 20 min.	10.49
Pretratamiento (ultrasonido)	Campo y otros (2016).	Alto metoxilo	<b>Hidrólisis:</b> 80 °C, 30 min., 2 pH, ácido clorhídrico. 40 KHz, 60 °C, 10 min.	8.72
			<b>Hidrólisis:</b> 80 °C, 30 min., 2 pH, ácido clorhídrico.	9.84
	De Souza y otros (2018).	Bajo metoxilo	70 °C, 15 min., etanol (1.5%).	4.67

**Fuente:** elaboración propia.


#### **Ácido galacturónico (GALA).**

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (1998), una pectina se cataloga como comercial si su contenido de ácido galacturónico es mayor al 65% (Mantilla, 2020, p. 54). Teniendo en cuenta el dato anterior, la pectina extraída por Flores y Tenorio, mediante hidrólisis ácida y metodología de BOX BEHNKEN, puede catalogarse como pectina comercial, pues registró un contenido de ácido galacturónico de 88.6%, sus condiciones de extracción fueron de 71 °C, 85 minutos, 1.27 pH, ácido clorhídrico (HCL) (Flores y Tenorio, 2014, p. 3). Además, mencionar que fueron varios autores que empleando el método de hidrólisis ácida consiguieron una pectina con contenido de ácido galacturónico superior a 65%, es el caso de León





y Riveros (2014), (80.81%, 81.22% y 84.15%), sus condiciones de extracción; temperatura de 80 °C y 95 °C, tiempo de 60 y 90 minutos, pH 2 y 3, ácido clorhídrico (1%). Al extraer pectina en condiciones de temperatura de 60 °C, tiempo de 60 minutos, 3 pH y ácido clorhídrico, obtuvieron 83.6% de ácido galacturónico (Cuesta y Muñoz, 2015, p. 94). En la investigación realizada por Kulkarni y Vijayanand, el contenido de ácido galacturónico encontrado fue de 82.2%, emplearon ácido cítrico (0.1%), 60 °C, 80 minutos y 2 pH como condiciones de extracción de pectina. Por otro lado, demás investigaciones realizadas por otros autores, también encontraron resultados similares a los anteriores, ejemplo de esto es Canteri y otros (80% y 65%), Presa y Nguyen, (2013, p. 2) (79.4%), RD'Addosio y otros (78%, 70.26%, 74.02%, 68.24%, 70.43% y 60.15%), por su parte Escobedo (2014, p. 36) (65.63%), mientras que (Aranda y Guidi, 2016, p. 97) encontraron solo un 40%, a igual que Aguilar y Hurtado (48.17%, 46.57% y 52.17%), y a la vez un 31.52%, obtenido por (Duran *et al.*, 2012). Los datos presentados en la tabla 10 explican a detalle esta información.



La extracción enzimática de pectina, arrojó un contenido de ácido galacturónico de 85.4%, para el cual emplearon 30 U/mL de carga de protopectinasa-SE, medio de extracción expuesto a 37 °C, por un lapso de tiempo de 100 minutos y 3 pH (Vasco y Zapata, 2017, p. 2). Al extraer pectina por hidrólisis ácida inducido por microondas, se tiene como resultado un 82.3% de contenido, es decir, pectina comercial y además buen agente gelificante, este resultado se debió a que en el tratamiento para la extracción de pectina usaron ácido nítrico, esto explicaría el porque, en los dos tratamientos siguientes el contenido de ácido galacturónico (GalA) fue de 62.5% y 44.6%, si, las condiciones de extracción fueron las mismas para los tres tratamientos, pues para estos últimos usaron ácido acético y ácido tártrico respectivamente (Seixas *et al.*, 2014). Cuando la pectina es extraída a alta presión (calefacción) y por extracción convencional, se muestran reportes que una temperatura muy elevada y agente extraente (ácido clorhídrico) empleados en un tratamiento, degradan de manera parcial el contenido de ácido galacturónico (65%). A diferencia con la extracción mediante un campo eléctrico moderado, que usan condiciones bajas, tanto de tiempo (40 minutos) como temperatura (50 °C), si aplican potencia (100 voltios), esta podría ser la causal de que con este método, el contenido de GalA sea igual al obtenido por los dos métodos anteriores (65%), por lo que conlleva a que

escasamente ambas sean catalogadas como pectinas comerciales (Oliveira *et al.*, 2016).

Se tiene registro que el contenido de ácido galacturónico se ve afectado al someter la materia prima (fuente de extracción de pectina) a un pretratamiento físico o mecánico (Mantilla, 2020, p. 54). Durante una investigación, residuos de maracuyá (*Passiflora edulis*) (extracción por hidrólisis ácida), fue sometida a un pretratamiento (ultrasonido) antes del proceso de extracción de pectina, para ello tuvieron en cuenta el contenido de ácido galacturónico en pectina sin pretratamiento alguno, las muestras de maracuyá (con ultrasonido y sin ultrasonido), están consideradas dentro de las pectinas comerciales (GalA > 65%), sin embargo, la pectina extraída con pretratamiento con ultrasonido, presentó un contenido de GalA ligeramente menor (66.65%), pues las condiciones de pretratamiento fueron  $644 W/cm^2$  con 20 KHz a 50 °C (Freitas *et al.*, 2016).

**Tabla 10:** Descripción del contenido de ácido galacturónico (GalA) por hidrólisis ácida.

Referencia	Condiciones de extracción	Contenido de GalA (%)	Denominación
Flores y Tenorio (2014)	71 °C, 85 min., 1.27 pH, HCL.	88.6%	
	95 °C, 90 min., 2 pH, HCL(1%)	80.81%	
León y Riveros (2014)	95 °C, 60 min., 3 pH, HCL(1%)	81.22%	
	80 °C, 90 min., 2 pH, HCL(1%)	84.15%	
Cuesta y Muñoz (2015)	60 °C, 60 min., 3 pH, HCL	83.6%	
Kulkarni y Vijayanand (2010)	60 °C, 80 min, 2 pH, ácido cítrico (0.1%).	82.2%	Comercial > 65%
Canteri y otros (2010)	80 °C, 90 min., 2 pH, ácido nítrico(0.7%)	80%	
Presa y Nguyen (2013)	96 °C, 83.5 min., 1.96 pH, HCL.	79.4%	
RD´Addosio y otros (2005)	Verde blanco: 90 °C, 90 min., 3pH, HCL y $H_3PO_4 - (NaPO_3)_6$	78% y 70.26	

	Verde amarillo: 90 °C, 90 min., 3pH,	74.02% y	
	HCL y $H_3PO_4 - (NaPO_3)_6$	68.24%	
	Amarillo: 90 °C, 90 min., 3pH, HCL.	70.43%	
Escobedo (2014)	80 °C, 80 min., 3.5 pH, ácido cítrico.	76.87%	
Canteri y otros (2010)	85 °C, 80 min., 3 pH, HCL	65%	
RD´Addosio y otros (2005)	Amarillo: 90 °C, 90 min., 3pH, $H_3PO_4 - (NaPO_3)_6$	60.15%	
Aranda y Guidi (2008)	50 °C, 10 min., ácido cítrico (0.45%).	40%	
	100 °C, 60 min., ácido cítrico (0.2%)	48.17%	No comercial ≤ 65%
Aguilar y Hurtado (2018)	100 °C, 60 min., ácido cítrico (1.2%)	46.57%	
	100 °C, 60 min., ácido cítrico (2.2%)	52.17%	
Duran y otros (2012)	98 °C, 60 min., 3.05 pH, ácido cítrico (2%)	31.52%	

**Fuente:** Elaboración propia

#### **Grado de esterificación (DE).**

El grado de esterificación junto al contenido de metoxilo de la pectina, son indicativos para catalogarla de alto o bajo metoxilo, cuando el DE es superior a 50%, se considera pectina de alto metoxilo, cuando esta es inferior a 50%, llamada pectina de bajo metoxilo (Rascón *et al.*, 2016). En los estudios realizados en la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*), el grado de esterificación mediante titulación de 73%, 90.9% y 97.3%, fueron encontrados cuando emplearon el método de hidrólisis ácida para extracción de pectina (Cuesta y Muñoz, 2015, p. 95). Otro resultado relevante y significativo a comparación con los anteriores fue el de 88.64%, uno de los obtenidos por hidrólisis ácida y titulación, los otros resultados restantes fueron 49.97% y 39.86% (Rodríguez y Hurtado, 2018, p. 41). Para el año 2017, Cuenca y colaboradres obtuvieron 50.56%, 51.06%, 81.3%, 84.96%, 59.3% y 60.2%, los resultados variaron debido a que la materia prima que emplearon mantenían tres estados de coloración (verde, verde amarillo y amarillo) y a los dos agente extraentes (ácido fosfórico y ácido cítrico) que se emplearon en el proceso de hidrólisis (Cuenca *et al.*, 2017). Por su parte Zambrano (2014, p. 62) encontró tres grados de esterificación (69.6%, 74.8% y 82.8%), estos dependieron del ácido (cítrico, fosfórico y clorhídrico) y concentración (50%, 0.5% y 0.1%) del mismo, que empleó para extraer la pectina,

siendo estos resultados muy coherentes a los encontrados por RD'Addosio *et al.* (2005) quien sus resultados (DE) mediante titulación fueron 72.05%, 70.58% y 69.75%. En este caso, dos muestras de pectina obtenidas de la misma fuente (maracuyá), sometidas a tratamiento por hidrólisis ácida, condiciones de extracción similares, y diferente agente extrayente (ácido nítrico y ácido clorhídrico) presentaron un grado de esterificación de 79% y 80% respectivamente, mencionar que ambos resultados se presentaron en investigaciones por separado, realizadas por los mismos autores (Canteri *et al.*, 2010). Todos estos resultados no se muestran muy ajenos a los obtenidos por Escobedo, (2014) (76.87%). En ese mismo año, Rea (2014, p. 75), obtuvo 68% de grado de esterificación, justamente el primer resultado (68%, 52% y 47.9%), fue también obtenido por (Yapo, 2009, p. 2). En el caso de Vilela *et al.* (2019), encontraron resultados de 52.75%, 54.7% y 65.2%, al igual que Cuenca y colaboradores, también variaron el estado de coloración (verde, intermedio y maduro) de la materia prima. En particular, Saavedra, (2015) obtuvo 39.62% de DE, muy por debajo del obtenido por (Duran *et al.*, 2012) (68.18%). Las pectinas mencionadas en este apartado, contienen un alto grado de esterificación, así como otras bajo grado de esterificación en comparación a la pectina comercial rápida quien presenta 81.5% de DE (Chasquibol *et al.*, 2008). La tabla 11 resume la información del párrafo.



**Tabla 11:** Descripción del grado de esterificación mediante titulación y extracción por hidrólisis ácida.

Referencia	Parámetro de extracción	Grado de esterificación (DE)	Denominación	Clasificación
Cuesta y Muñoz (2015)	60 °C, 60 min., HCL, pH (3 y 4)	90.9%		
Rodríguez y Hurtado (2018)	100 °C, 60 min., ácido cítrico (0.2%)	88.84%	Comercial	(extra rápidas)
Cuenca y otros (2017)	Verde amarillo: 90 °C, 60 min., ácido cítrico, pH 2	84.96%		
Zambrano (2014)	85 °C, 80 min., HCL (0.1%), 3 pH	82.8%		
Cuenca y otros (2017)	Verde amarillo: 90 °C, 60 min., ácido fosfórico, pH 2	81.3%		
Canteri y otros (2010)	Amarillo: 80 °C, 90 min., ácido nítrico (0.7%), 2 pH	80%		
	85 °C, 80 min., HCL, pH 3	79%	Comercial	(rápida)
Escobedo (2014)	80 °C, 80 min., ácido cítrico, pH 3.5	76.87%		
Zambrano (2014)	85 °C, 80 min., ácido fosfórico (0.5%), 2.9 pH	74.8%		
Cuesta y Muñoz (2015)	60 °C, 60 min., HCL, 2 pH	73%		
RD´Addosio y otros (2005)	Verde blanco: 90 °C, 90 min., HCL	72.05%		

---

	Verde amarillo: 90 °C, 90 min., HCL, 3 pH	70.58%	
RD´Addosio y otros (2005)	Amarillo: 90 °C, 90 min., HCL	69.75%	Comercial
Zambrano (2014)	85 °C, 80 min., ácido cítrico (50%), 2.8 pH	69.6%	(intermedia)
Duran y otros (2018)	98 °C, 60 min., ácido cítrico (2%), pH 3.05	68.18%	
Rea (2014)	80 °C, 18 min., HCL, pH 2	68%	
Yapo (2009)	85 °C, 60 min., ácido cítrico (0.3%), pH 3	68%	
	Verde amarillo: 90 °C, 90 min, $H_3PO_4$ –	65.12%	Comercial
RD´Addosio y otros (2005)	$(NaPO_3)_6$ , pH 3 Verde blanco: 90 °C, 90 min., $H_3PO_4$ –	60.55%	(lenta)
	$(NaPO_3)_6$ , 3 pH		
Vilela y otros (2019)	Maduro: 80 °C, 40 min., ácido nítrico (1%), pH 2.5	65.2%	
RD´Addosio y otros (2005)	Amarillo: 90 °C, 90 min., $H_3PO_4$ –	60.55%	
	$(NaPO_3)_6$ , 3 pH		
	Verde: 90 °C, 60 min., ácido fosfórico y	50.56% y 51.06%	
Cuenca y otros (2017)	cítrico, pH 2 Amarillo: 90 °C, 60 min., ácido cítrico, pH	59.3% y 60.2%	

---

Vilela y otros (2019)	Intermedio: 80 °C, 40 min., ácido nítrico (1%), pH 2.5	54.70%	No comercial
	Verde: 80 °C, 40 min., ácido nítrico (1%), pH 2.5	52.75%	
Yapo (2009)	85 °C, 60 min., ácido nítrico (0.3%), pH 2.5	52%	
	85 °C, 60 min., ácido sulfúrico (0.3%), pH 2.5	47.90%	Bajo metoxilo
Rodríguez y Hurtado (2018)	100 °C, 60 min., ácido cítrico (1.2%) y (2.2%)	49.97%	
Saavedra (2015)	85 °C, 80 min., ácido cítrico, pH 2	39.86%	
		39.62%	

**Fuente:** Elaboración propia.

De la misma fuente (cáscara de maracuyá), también se recuperó pectina mediante extracción de hidrólisis ácida con pretratamiento de ultrasonido (40 KHz a 30, 45 y 60°C/10 y 20 minutos), fue registrada como pectina de alta metoxilación, al tener un grado de esterificación de 91.28%, 86.55% y 98.3%, estos tres resultados, son debido a la variación en el pretratamiento (Campo *et al.*, 2016). De la misma manera ocurrió mediante la extracción con líquido a presión o extracción con solvente, dando como resultado una pectina de alta metoxilación (89.32%) (Moia *et al.*, 2019). En una investigación, se comparó las características de la pectina extraída por hidrólisis ácida y extracción enzimática, a temperaturas (75 °C y 61.11 °C) y agentes extrayentes (ácido cítrico y celluclast) en concentraciones (0.19% y 1.67%) respectivamente, los grados de esterificación presentados para cada método fue de 78.57% y 85.45% respectivamente (Liew *et al.*, 2016), este último resultado de DE obtenido mediante extracción enzimática frente al encontrado por (Vasco y Zapata, 2017, p.2 ), quienes emplearon el mismo método de extracción, fue de 68%. Al determinar el grado de esterificación mediante titulación (NaOH) y utilizando la ecuación 5, y la extracción de pectina mediante la inducción de un campo eléctrico

moderado, se obtiene un 87.78%, en condiciones de 50 °C, por un lapso de 40 minutos, aplicando una potencia de 100 voltios (De Oliveira *et al.*, 2015, p. 8), se afirma que es muy similar frente al DE (86.75%) obtenido por calentamiento convencional por el mismo (De Oliveira *et al.*, 2015, p. 8), mientras que (Dao *et al.*, 2021) obtuvo 61.98% con este mismo método. Por otro lado, la extracción mediante inducción de microondas, dió como resultados no mayores a 65% y no menores a 50%, por ejemplo Dao *et al.* (2021), con este método encontró 61.4% de DE, frente a 64.15%, 64.56% y 51%, fueron los encontrados por (Seixas *et al.*, 2014). Finalmente, siguiendo la ecuación anterior, y aplicando la deshidratación con aire caliente para obtención de pectina, encontró un 68%, pues con el inconveniente que demanda de tiempo considerable (10 hr) a comparación de la extracción con otros métodos (Sanchez, 2016, p. 71), mientras que de Souza *et al.* (2018), con extracción con solvente presurizado (etanol), obtuvieron un 70%, por su parte Lin *et al.* (2020), encontraron 57.02%, empleando un equipo de Flash extractor. En la tabla 8, se detalla la información de esta sección.

**Tabla 12:** Descripción del grado de esterificación (DE), con diferentes métodos de extracción.

Método de extracción	Referencia	Parámetro de extracción	Grado de esterificación (DE)
Pretratamiento con ultrasonido	Campo y otros (2016)	80 °C, 30 min., HCL, pH 2. <b>Pretratamiento:</b> 40 KHz, 30 °C, 20 min.	91.28%
		80 °C, 30 min., HCL, pH 2. <b>Pretratamiento:</b> 40 KHz, 45 °C, 20 min.	86.55%
		80 °C, 30 min., HCL, pH 2. <b>Pretratamiento:</b> 40 KHz, 60 °C, 10 min.	89.3%
Extracción con líquido a presión	Moia y otros (2019)	<b>Tratamiento:</b> agua a 50 bar, caudal: 0.5 mL/min., 100 °C	89.32%
Extracción con solvente presurizado	De Souza y otros (2018)	70 °C, 15 min., etanol	70%
	Dao y otros (2021)	40 °C, 2 min., 1500 voltios, HCL, 2 pH	61.40%




Extracción con inducción de microondas	Seixas y otros (2014)	90 °C, 40 min., ácido nítrico, acético y tartárico, 2 pH, 628 W/9min.	54.15% 64.56% 51%
Deshidratación con aire caliente	Sánchez (2016)	90 °C, 10 horas, aire caliente	68%
Campo eléctrico moderado	De Oliveira y otros (2015)	50 °C, 40 min., 100 voltios, ácido nítrico, 5 pH	87.78%
Calentamiento convencional	De Oliveira y otros (2015)	85 °C, 60 min., ácido nítrico, 2 pH	86.75%
Extracción enzimática	Dao y otros (2021)	76 °C, 99 min., ácido cítrico (1%), 2 pH	61.98%
	Liew y otros (2015)	61.11 °C, 102 min., celluclast (1.67%)	85.45%
	Vasco y Zapata (2017)	37 °C, 100 min., 3 pH, protopectinasa (30 U/mL)	68%
Extracción por Flash extractor	Lin y otros (2020)	50 °C, 9 min., ácido cítrico, 3 pH	57.02%

**Fuente:** elaboración propia


*Análisis de la efectividad del rendimiento y caracterización de pectina.*

En la búsqueda de la optimización de un método, parámetro de extracción para obtener un mayor rendimiento y mejor calidad de pectina, varios autores han realizado una gran cantidad de investigaciones experimentales según se muestra en el esquema de caracterización mostrado en la Tabla 6.


Según este esquema, el mayor rendimiento es de 54.69%, con el método de ultrasonido, según menciona el autor, este resultado dependió de las condiciones experimentales, para esto, mantuvo un pH entre 1.5 y 2.2 para todas las concentraciones de ácido cítrico, un bajo pH estimula la hidrólisis de protopectinasa, es por ello por lo que consideran al pH como el parámetro más crucial si de rendimiento se habla. También mencionaron que las diferencias de rendimiento pueden existir debido a que se utilizan distintos métodos de extracción y que entre estos puede variar la energía utilizada en el proceso de extracción pues no todos siguen el mismo procedimiento, además aclaran que con ultrasonidos se presenta un mayor rendimiento y este efecto puede deberse a los cambios que se producen en los tejidos vegetales, es el caso de la ruptura de las células parenquimáticas del material



vegetal, siempre y cuando el tiempo de extracción sea superior a 30 minutos (Dos Santos *et al.*, 2017). Mientras que por otro lado, (Lin *et al.*, 2020), mencionan que de la velocidad de rotación depende mucho el rendimiento, al emplear un equipo flash extractor para obtener pectina, el rendimiento de la pectina aumenta con el incremento de la velocidad de rotación, pues la velocidad del rotor produce un mayor cizallamiento, turbulencia y una mayor presión negativa en la superficie de las partículas, lo que favorece la liberación de las partículas de pectina, sin embargo, mencionan que la pectina se ve afectada por el tiempo, pues al aumentarlo se tiene una menor cantidad de pectina (7.52%) que fue la encontrada por estos autores.



En cuanto a caracterización, el mayor peso equivalente fue de 3096, obtenido por método de ultrasonido, según los autores mencionan que esto se debe a que la energía que se emplea en la extracción por este método mejora el proceso de extracción de cadenas de ácidos galacturónicos más largas y con mayor peso molecular, que además el pH mayor contribuye a mayor cantidad de peso equivalente siempre y cuando el tratamiento dure menos tiempo y sea a menor temperatura (Campo *et al.*, 2016). Por otra parte Kulkarni y Vijayanand (2010), encontraron 804 de peso equivalente, empleando la deshidratación con aire caliente, mencionan que este se vio afectado por la dilución, es decir la relación entre la cáscara y el extractor, además del número de extracciones, mientras que una suficiente cantidad de medio extrayente permite una mejor solubilización de pectina, también indicaron que la máxima pectina de cáscaras de maracuyá no podía recuperarse en una sola extracción y que era necesaria una segunda extracción indicando una mayor cantidad de pectina y mejor calidad, en cuanto al pH, mientras mayor es este, mayor es peso equivalente, una disminución de pH degradaría parcialmente la pectina y por ende disminuiría la calidad, la temperatura influyó en la pectina, mientras menor esta sea, mayor es el peso equivalente y contenido de metoxilos, esto podría deberse a la degradación parcial de pectina, es por ello que la temperatura óptima es la de 98.7 °C, en cuanto al tiempo, este no tuvo mayor relevancia. El mayor contenido de metoxilos (14.5%), encontrado mediante la aplicación del método de hidrólisis ácida, mencionan los autores que este fue elevado puesto que el tiempo de extracción iba de la mano con la temperatura, mientras que el pH era considerablemente menor (Flores y Tenorio, 2014, p.5).




El mayor contenido de ácido galacturónico fue encontrado en la investigación de Flores y Tenorio (2014), este fue de 88.6%, manifiestan que esta característica se ve afectada por el pH puesto que mientras mayor sea este, menor es el contenido de ácido galacturónico, además de que la temperatura y el tiempo por lo general son muy elevados cuando se emplea el método de hidrólisis ácida, por ende la pectina tiende a degradarse y mas con el aumento del pH. Similar resultado de 85.4% encontrado mediante en método de extracción enzimática, en donde los autores explican que este resultado se ve afectado por la velocidad de agitación en el bioreactor y del tiempo que en este caso fue de casi 2 horas (Vasco y Zapata, 2017, p.14).

En cuanto al grado de esterificación, el mayor fue de 97.3%, se vio afectada por el pH, pues mientras mayor es este parámetro, mayor es el grado de esterificación, esto se debe a que al emplear el método de hidrólisis ácida combinaron tiempo y temperatura de 60 minutos y 60 °C respectivamente, considerados menores como para degradar la pectina (Cuesta y Muñoz, 2015, p. 95). Caso similar ocurrió con el grado de esterificación de 87.78%, este resultado se vió afectado por el tiempo de extracción y la cantidad de voltaje, según la extracción mediante un campo eléctrico moderado, y a la vez mencionaron que mediante la extracción convencional se tiene resultados similares de 86.75%, siendo este afectado por el tiempo y el pH (De Oliveira *et al.*, 2015).


A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Luis - Otero', written on a light blue background.A handwritten signature in red ink, appearing to be 'D. Ruiz', written on a light gray background.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES


### Conclusiones:




Los estudios primarios seleccionados fueron 43 (artículos y documentos de tesis de postgrado). Mediante la utilización de las palabras claves (extracción, pectina, cáscara de maracuyá, rendimiento, caracterización, estado de madurez, método de extracción, parámetros de extracción) y la metodología expuesta por Kitchenham sobre una revisión sistemática de literatura (la pregunta de interés, los criterios de inclusión y exclusión, eventos de interés, etc.) se ha podido seguir con el esquema que indica el proceso continuo para una RS, en la cual como punto de partida se buscaron bases de datos científicos de fuentes confiables (Scopus, ScienceDirect, Scielo, Alicia, Dialnet, Springer Link, IEEE Xplore, etc.), publicados desde los años 2001 hasta el año vigente 2021, en dos idiomas (Castello e inglés) tanto a nivel nacional como internacional. Las bases de datos de las cuales se extrajo la información adjuntan que cada estudio es de alta calidad y válidos, están certificadas y publicadas en la página virtual del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC).




Siguiendo con la revisión sistemática de literatura, dentro de los eventos de interés descubiertos durante la lectura de los 43 artículos potenciales (resumen, metodología, resultados y conclusiones), tenían un registro de los diferentes parámetros de extracción de pectina, cada uno dependió y se modificó de acuerdo con el método de extracción que el autor siguió para obtener tanto un mayor rendimiento como una mejor caracterización. Dentro de los parámetros primarios se encontró al tiempo, temperatura, agente extrayente, pH de la solución o medio de extracción y Potencia y dentro de los parámetros secundarios al grado de concentración del agente extrayente y en algunos estudios la frecuencia, independientemente de los valores que a cada parámetro se le haya asignado, cada uno actúa y modifica al producto final obtenido, algunos colaboraron con el rendimiento de la pectina y a su vez perjudicaron su calidad (peso equivalente, contenido de metoxilos, ácido galacturónico y grado de esterificación), sucede lo contrario cuando el rendimiento es pobre, la calidad de la pectina es buena, e inclusive algunos obtuvieron bajos resultados y resultados favorables en ambas categorías (rendimiento y caracterización).



Se ha descrito el efecto de los diferentes parámetros de extracción (temperatura, tiempo, pH, agente extrayente, concentración de agente extrayente, potencia y frecuencia), métodos de extracción (hidrólisis ácida, extracción por inducción de microondas, extracción con pretratamiento con ultrasonido, extracción convencional, extracción enzimática, etc.) y los estados de madurez (verde, pintón y maduro) de la pectina obtenida, tal es así que, cuando emplearon el método de hidrólisis ácida con parámetros de extracción que oscilan a temperatura por encima de los 90 °C, con un tiempo por encima de los 90 minutos, ácidos fuertes (HCl, ácido cítrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico y ácido fosfórico) como agentes de extracción, con pH de las soluciones que van por encima de 2.5, con participación de al menos un estado de madurez (verde, pintón y maduro) y con concentraciones de ácido que van desde 1% a 3%, los rendimientos superaron al 15%, inclusive reportaron de hasta 30.8% según el estudio de Inayati para el año 2018, las altas condiciones rompieron las paredes de las células pépticas y permitieron su mejor extracción. En cuanto a la calidad, se vio en su mayoría afectada, el peso equivalente no fue registrado por casi la mayoría de los autores, solo registraron 3 datos (1802.2, 1543.2 y 1063.5), resultados favorables en estas condiciones, el contenido de metoxilos escasamente se presentó por encima de los 7.5%, el contenido de ácido galacturónico de los autores que lo registraron estaban dados por rangos de entre 50 y 70% y el grado de esterificación 40 y 70%. Cuando disminuyeron alguno de los parámetros, el rendimiento mostró cierta descendencia mientras el grado de esterificación y ácido galacturónico aumentaban en pequeñas cantidades, la pectina se degradó al ser sometida a altas temperaturas por bastante tiempo, el agente extraente suele ser muy fuerte dependiendo de la concentración del mismo dando lugar a la presencia de impurezas. Ocurrió similar con los demás métodos de extracción y la manipulación de los parámetros de extracción que dieron lugar tanto a rendimientos favorables como no tan favorables, recalcando que los tiempos de extracción fueron inferiores, temperaturas bajas, potencia no superior a los 700 W, 1000 V y se emplearon agentes extrayentes no corrosivos (agua, vapor de aire, ácido acético, etanol, ácido tartárico), presentándose así pectinas con rendimientos más aceptables, peso equivalente superior a los 3000, contenido de metoxilo superior a 10%, ácido galacturónico por encima de los 60% y un grado de esterificación de hasta 90%, además de ser condiciones y métodos de extracción amigables con el medio ambiente.





Los 43 estudios realizados por 39 autores, han presentado parámetros de extracción, métodos de extracción y estados de madurez diferentes, en su búsqueda para la obtención de un método óptimo, parámetros óptimos, estados de madurez óptima para la extracción de pectina de cáscaras de maracuyá (*Passifloras*) y que además indiquen resultados favorables en cuanto a rendimiento y caracterización, se ha explicado mediante la ayuda de un esquema de caracterización, en el cual se puede notar cuales son los rendimientos que obtuvieron cada autor, el mismo que para algunos es el óptimo por las condiciones de extracción que aplicaron y el análisis de datos que usaron para encontrar la optimización y para otros son resultados de sus diferentes pruebas debido a la manipulación de parámetros de extracción, para dar a conocer como esta se ve afectada, además también se describe cada uno de los factores de calidad que catalogan a una buena pectina, tal es el caso del peso equivalente, contenido de metoxilos, ácido galacturónico y grado de esterificación. En el esquema de caracterización, el mayor rendimiento, el mayor grado de esterificación, el mayor peso equivalente, un contenido de metoxilos por encima de 9% y un contenido de ácido galacturónico que supera a la pectina comercial se obtuvo usando el método de extracción asistida con ultrasonido, y con parámetros de extracción moderados.



### **Recomendaciones.**

Se recomienda a los investigadores interesados en realizar una revisión sistemática de literatura, tener en cuenta los estudios o antecedentes que provienen de bases de datos confiables, como las que mencionamos en esta investigación, puesto que acreditan una buena investigación enriquecida de información importante y a la vez garantizan un estudio que pueda tomarse como ejemplo para realizar otros.

Se recomienda a los estudiantes, egresados, personal investigador de escuelas o casas superiores de estudios que si va a realizar una revisión sistemática de literatura, tenga en cuenta a las palabras claves del estudio, pues permite la selección adecuada de información, además leer no solo el resumen sino las partes más relevantes de cada artículo, como la metodología, los resultados y las conclusiones, y no solo para una RS sino para cualquier otra investigación de un tema en específico.

En vista de la información encontrada, se recomienda a las entidades (industrias procesadoras de compuestos bioactivos) que al realizar un estudio para extraer pectinas, se escoja un método que no implique daño para el medio ambiente, no

consume de mucha energía, se obtenga un buen rendimiento y buena caracterización, por ejemplo el método de extracción con ultrasonido, el campo eléctrico moderado y la enzimática, los métodos de extracción que se mencionaron, no demandan de condiciones de extracción elevadas.

De acuerdo con los resultados obtenidos por los diferentes autores, y en vista de que se conoce cuál es el método que permite la obtención de una mejor pectina, se recomienda ampliar el uso de tecnologías innovadoras (nuevos métodos de extracción) a nivel industrial, puesto que se conoce que solamente la extracción por hidrólisis ácida es la más reconocida.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Luis Alvarado'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Luis Alvarado'.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, E., Moreira, S., Castro, L., Pintado, M., & Saraiva, J. (2018). Emerging technologies to extract high value-added compounds from fruit residues: sub/supercritical, ultrasound and enzyme-assisted extractions. *Scopus*, 35. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85047222185&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=12e4062e9e57cbe9b85ff1e07a56c599&sot=b&sdt=sisr&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28emerging+technologies+to+extract%29&ref=%28%28high+added%29%29+>
- Alvares, A., & Burgos, F. (2012). *Comparación de las técnicas de extracción de pectina a partir de cáscara de Parchita amarilla*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Amaya, J. (2010). *Cultivo de maracuyá (Passiflora edulis Sims.)*. Trujillo: Gerencia Regional Agraria. Obtenido de [http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20MARACUYA\\_0.pdf](http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20MARACUYA_0.pdf)
- Aranda, M. Z., & Guidi, A. (2016). *Péctina a partir de la cáscara de maracuyá por hidrólisis ácida*. Piura: Adverture Works. Recuperado el 18 de Mayo de 2019
- Arellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z., Paéz, G., Mazzarri, C., & Rincón. (2012). *Caracterización y obtención de pectina a partir de la cascara de cambur manzano (Mussa AAB)*. Zulia: LUZ. Obtenido de <http://produccioncientifaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26899>
- Aviña, I., Contreras, C., Corona, E., & Carranza, J. (2016). *DETERMINACIÓN DE PECTINA TOTAL (ACIDO GALACTURÓNICO) EN PEPINO DE TIPO HOLANDES*. Zacatecas: Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Obtenido de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/59.pdf>
- Cabarcas, E., Guerra, A. F., & Henao, C. A. (2012). *Extracción y caracterización de pectina de cascaras de plátano para desarrollar un proceso de productivo*. Cartagena: Universidad de Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.com>



Campo, Y., Villada, D., & Meneses, J. (2016). *Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el allbedo de maracuya (Passiflora edulis)*. Brasilia: Biotecnología en el sector agropecuario a agroindustrial.

Canteri, M., Scheer, A., Wosiacki, G., Ginies, C., Reich, M., & Renard, C. (2010). *Estudio comparativo de la pectina extraída de las harinas de cáscara de maracuyá*. Ponta Grossa: ELSIEVER. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78650075777&origin=resultslist&sort=plf&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=b570da06ea5d374f1d70868604b2a414&so t=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=38&citeCnt=16&searchTerm>

Cedeño, L. (2016). *El nivel de producción de pectina a partir de 1 Kg de cáscara de maracuyá*. Manabí: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone. Obtenido de <https://1library.co/document/eqo64wmq-nivel-produccion-pectina-partir-kilo-cascara-maracuya.html>

Chaiwarit, T., Masavang, S., Mahe, J., Sommano, S., Ruksiriwanich, W., Brachais, C., . . . Jantrawut, P. (2020). Mango (cv. Nam Dokmai) peel as a source of pectin and its potential use as a film-forming polymer. *ScienceDirect*, 16. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X19314675?via%3Dihub>

Charchalac, L. (2008). *Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscara de maracuyá*. Zamorano: Bdigital. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5401/1/AGI-2008-T011.pdf>

Chasquibol, N., Arroyo, E., & Morales, J. C. (2008). *Extracción y caracterización de pectinas usando los frutos de la biodiversidad peruana*. Universidad Privada, Departamento de Ingeniería Industrial. Lima: Universidad de Lima. Obtenido de [http://fresno.ulima.edu.pe/sf%5Csf\\_bdfde.nsf/imagenes/105977FBB1325E100525756D004EA62A/\\$file/09-26-chasquibol.pdf](http://fresno.ulima.edu.pe/sf%5Csf_bdfde.nsf/imagenes/105977FBB1325E100525756D004EA62A/$file/09-26-chasquibol.pdf)



Chen, R., Meng, F., Zhang, S., & Liu, Z. (2009). Effects of ultrahigh pressure extraction conditions on yields and antioxidant activity of ginsenoside from ginseng. *Sciencedirect*, 4. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S138358660800525X?via%3Dihub>

Cuenca, G., Intriago, F., Talledo, V., & Rivera, J. (2017). Influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina partir de maracuyá. *Dialnet*, 40.

Cuesta, M., & Muñoz, R. (2015). *Extracción de pectina a partir de la corteza de maracuyá*. Quito: Departamento de Ciencias Nucleares.

Culquimboz, Y., & Salazar, S. (2010). *Extracción de pectina mediante hidrolisis ácida en frutos de Maushan en dos índices de madurez*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

Dao, J., Webb, H., & Malherbe, F. (2021). Optimización de la extracción de pectina de cáscaras de frutas mediante el método de superficie de respuesta: convencional vs asistido por microondas. *Scopus*, 2. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85097871204&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=fafec9c062ff7a06a65c1b0baa7f75f3&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=1&citeCnt=9&searchTerm=>

De Moura, F., Teixeira, F., Rodrigues, L., Bizzani, M., de Oliveira, C., & Picolli, L. (2017). Characterization and physicochemical properties of pectins extracted from agroindustrial by-products. *Springer Link*, 1, 5 y 7.

De Oliveira, C., Giordani, D., Deyse, P., Cladera, F., & Damasceno, L. (2015). Extracción de pectina de la cáscara de maracuyá mediante un campo eléctrico moderado y metodos de extracción convencional. *Scopus*, 2. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84929501577&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=fafec9c062ff7a06a65c1b0baa7f75f3&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS->

KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=30&citeCnt=70&searchTerm

de Souza, G., Rodrigues, T., e Silva, L., & Riveiro, P. (2018). Extracción secuencial de flavonoides y pectina de la cáscara de maracuyá amarilla utilizando solvente presurizado o ultrasonido. *Scopus*, 6. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85029759140&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=c87dc353c87c58e143f68d9eac0592ce&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS->

KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=11&citeCnt=14&searchTerm=

Dos Santos, E., Azoubel, P., & Gouveia, E. (2017). Rendimiento de pectina de la cáscara de maracuyá. ¿con agitador o ultrasonido?. Comparación. *Scopus*, 4. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85001837304&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=fafec9c062ff7a06a65c1b0baa7f75f3&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS->

KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=20&citeCnt=1&searchTerm=

Duran, V., Honores, M., & Cáceres, P. (2012). Obtención de pectina en polvo a partir de la cáscara de maracuyá. *Scielo*, 4.

Escobedo, G. (2014). *Valorización de la cáscara de maracuyá como subproducto para obtener pectina usando como agente hidrolizante ácido cítrico*. Chiclayo: Repositorio Dspace. Obtenido de [http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/491/TL\\_Escobedo\\_Soberon\\_GilbertoMartin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/491/TL_Escobedo_Soberon_GilbertoMartin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ferreira, I., Urrutia, G., Coello, & Alonso, P. (2011). *Revisiones sistemáticas y meta análisis: bases conceptuales e interpretación*. Unidad de epidemiología. Barcelona: Rev. Esp Cardiol.

Flores, F., & Tenorio, M. (2014). *Caracterización fisicoquímica de la pectina de cáscara de maracuyá extraída mediante hidrólisis ácida y evaluada con el diseño de BOX BEHNKEN*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.



Freitas, C., Cladera, F., Deyse, P., Damasceno, L., & Mukund, K. (2016). Efecto combinado del calentamiento convencional y de alta presión sobre la extracción de pectina de la cáscara de maracuyá. *Scopus*, 2. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84958757319&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=0e76805ff48da0d7de2a44bcf0043dd5&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=25&citeCnt=9&searchTerm=>

Freitas, C., Giordani, D., Lutckemier, R., Deyse, P., Cladera, F., & Ferreira, L. (2016). Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. *Scopus*, 2. Obtenido de journal homepage: [www.elsevier.com/locate/lwt](http://www.elsevier.com/locate/lwt)


Gama, B., Silva, C., Da Silva, L., & Abud, A. (2015). Extraction and Characterization of pectin from Citric Waste. (R. Guidetti, Ed.) *Scopus*, 2. doi:10.3303/CET1544044

Gerencia Regional de Agricultura. (2017). *reporte de inteligencia de mercados (Maracuyá peruana, producto bandera del Perú)*. Trujillo: Gerencia Regional de Agricultura. Obtenido de [http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/informe\\_inteligencia\\_de\\_mercado\\_maracuya.pdf](http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/informe_inteligencia_de_mercado_maracuya.pdf)

Iglesias, C. (2014). *Efecto de la temperatura y tiempo de extracción, en el rendimiento y fuerza del gel de pectina extraída de borraras desechadas en el proceso de clarificación durante la elaboración de vino blanco*. Universidad César Vallejo, La Libertad. Trujillo: Publicaciones el chira. Recuperado el 23 de Mayo de 2019

Inayati, Intan, R., & Latifiana, V. (2018). Extracción de pectina de cáscara de maracuyá. *Scopus*, 4. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85042099017&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=fafec9c062ff7a06a65c1b0baa7f75f3&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=12&citeCnt=2&searchTerm=>






Jafarzadeh, M., Shaddel, R., & Hadi, S. (2020). Sugar beet pectin extracted by ultrasound or conventional heating: a comparison. *Scopus*, 3. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85090161565&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=efec1fda03798d487292df223d4774ab&sot=b&sdt=b&sl=52&s=TITLE-ABS-KEY%28pectin+extraction+Ultrasound-assisted%29&relpos=3&citeCnt=1&searchTerm=>

Kulkarni, S., & Vijayanand, P. (2010). *Efecto de las condiciones de extracción sobre las características de calidad de la pectina de la cáscara de maracuyá*. Mysore: Scopus.

Kute, A., Mohapatra, D., Kotwaliwale, N., Giri, K. S., & Sawant, B. (2020). Characterization of pectin extracted from orange peel powder by acid and microwave-assisted extraction methods. *Springer Link*, 4. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40003-019-00419-5>

León, D., & Riveros, J. (2014). Extracción y caracterización de pectinas de la cáscaras del maracuyá, granadilla y tumbo serrano. *Alicia*, 25, 114, 134, 148 y 184.



Liew, S., Chin, N. Y., & Sowndhararajan, K. (2016). Comparación de la extracción de pectina ácida y enzimática de las cáscaras de maracuyá y sus propiedades de gel. *Scopus*, 3.

Lin, Y., Él, H., Huang, Q., Una, F., & Canción, H. (2020). Optimización de la extracción instantánea de pectina soluble a baja temperatura de la cáscara de maracuyá y sus propiedades de gelificación. *Scopus*, 1.

Lliuyacc, R. (2018). *efecto de la temperatura, tiempo y PH en el rendimiento de extracción de pectina en cáscara de tumbo serrano (Passiflora Tripartita L.)*. Huancavelica.: Universidad Nacional de Huancavelica.

Maldonado, Y. S., Millones, C. T., & Vasquez, E. (2011). 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. *Scielo*, 3. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/as/v3n2/a05v3n2>

Mantilla, M. (2020). *Caracterización de pectina extraída a partir de residuos de fruta*. Bogotá: Universidad de los Andes.

Mendoza, L., Jimenez, J., & Ramirez, M. (2017). *Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente de las cáscaras del fruto del cacao (Theobroma Cacao L.)*. Universidad. Villavicencio: Universidad de los Llanos. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n1/v20n1a15.pdf>

Moia, T., Pimentel, T., Barao, C., Feihrmann, A., Favareto, R., Reis, A., & Cardozo, L. (2019). Compuestos bioactivos y pectina de residuos del procesamiento de la maracuyá: extracción mediante tecnología verde y caracterización. *Scopus*, 6. Obtenido de <https://www.aidic.it/cet/19/75/027.pdf>

Muñoz, A. (2016). *Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/176559/1/LabradorTFMpectinasfresas.pdf>

Muñoz, J. F. (2011). *Extracción y caracterización de la pectina obtenida del fruto de dos ecotipos de cocona (Solanum sessiliflorum), en diferentes estados de madurez; a nivel de miniplanta*. Santa fé de Bogota: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7607>

Perusello, C., Zhang, Z., Marzocchella, A., & Tiwari, B. (2017). Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable Compounds. *Comprehensive reviews*, 7. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12290>

Presa, S., & Nguyen, D. (2013). *Optimización de la extracción de pectina del cascara de la fruta maracuyá morada*. Ho Chi Minh: ELSIEVER. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84880323931&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=0e76805ff48da0d7de2a44bcf0043dd5&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=35&citeCnt=0&searchTerm=>

Rascón, A., Martínez, A. L., Carvajal, E., Martínez, C., & Campa, A. (2016). Gelificación iónica de pectina de bajo grado de esterificación extraída de manzanas inmaduras de raleo. *Scielo*, 4. Obtenido de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802016000100005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000100005)

RD'Addosio, Páez, G., Marin, M., Marmol, S., & Ferrer, J. (2005). *Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita*. Caracas: Revista de Facultad de Agronomía.

Rea, L. (2014). *Determinación del poder gelificante de la pectina extraída de la cáscara de maracuyá*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimboroso. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9814/1/84T00306.pdf>

Rodriguez, S., & Hurtado, S. (2018). Influencia de la concentración de ácido cítrico en la calidad de pectinas obtenidas de cáscara de maracuyá. *UNT*, 41.

Saavedra, L. (2015). *Uso Integral del maracuyá en la extracción de pectina y formulación de mermeladas*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4774/1/T-UCE-0017-135.pdf>

Sanchez, D. (2016). Caracterización de las pectinas extraídas de la cáscara del maracuyá y de la gulupa como agentes estabilizantes en néctares de fruta. *Maosabo*, 71. Obtenido de [https://issuu.com/maosabo/docs/caracterizaci\\_n\\_de\\_las\\_pectinas\\_ex](https://issuu.com/maosabo/docs/caracterizaci_n_de_las_pectinas_ex)

Seixas, F., Fukuda, D., Turbiani, F., García, P., Petkowics, Jagadevan, S., & Gimenes, M. (2014). *Extracción de pectina de la cáscara de maracuyá mediante calentamiento inducido por microondas*. Colombo: ELSEVIER.

Serrat, M., De la Fé, A., De la Fé, J. A., & Montero, C. (2018). *Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad robusta*. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba: Rev. Cubana de Química. Recuperado el 23 de Mayo de 2019

Thirugnanasambandham, K., & Sivakumar, V. (2014). Application of D-optimal design to extract the pectin from lime bagasse using microwave green irradiation. *ScienceDirect*, 23. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813014006679>

Urango, K., Ortega, F., Velez, G., & Perez, O. (2017). *Extracción Rápida de Pectina provenientes de la Cáscara de Maracuyá (Passiflora edulis flavicarpa)*

*empleando Microondas*. Cordova - Colombia: Universidad de Cordova - Programa de Ingeniería de Alimentos. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642018000100129](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000100129)



Vasco, J., & Zapata, A. (2017). Extracción enzimática de pectina de cáscara de maracuyá a escala de laboratorio y de mesa. *Scopus*, 1. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013780985&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=fafec9c062ff7a06a65c1b0baa7f75f3&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28extraction+pectin+passion+fruit%29&relpos=19&citeCnt=29&searchTerm>

Vasquez, R., Ruesga, L., D'adossio, R., Paéz, G., & Marin, M. (2008). *Extracción de pectina obtenida de la cáscara de plátano (Musa AAB, sub-group plantain) peel, Harton Clone*. Zulia: Rev. Fac. Agron. (LUZ). Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182008000200008#:~:text=Es%20posible%20obtener%20pectina%20con,de%20hidr%C3%B3lisis%20de%2060%20minutos](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200008#:~:text=Es%20posible%20obtener%20pectina%20con,de%20hidr%C3%B3lisis%20de%2060%20minutos).



Vilela, S., Alvarenga, S., Rodrigues, P., Mellinger, C., & Dutra de Resende, E. (2019). Caracterización de fracciones de pericarpio de maracuyá amarilla. *Food Science and Technology*, 685.

Vo, N., Cao, T., & Hoang, M. (2020). Extracción de pectina de *Passiflora edulis* por sistema acuoso de dos fases. *Scopus*, 2.

Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, h., Ding, T., . . . Liu, D. (2015). Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. *ScienceDirect*, 6. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615000916?via%3Dihub>

Yapo, B. (2009). Características bioquímicas y capacidad gelificante de la pectina de la cáscara del maracuyá amarilla afectada por la naturaleza ácida de extracción. *Scopus*, 2.



Zegada, V. (2014). *Extracción de pectina de los residuos industriales de cáscara de naranja usando el metodo de hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO)*. Artículo científico, Universidad Privada, Centro de investigaciones de procesos industriales, La paz. Obtenido de [www.scielo.org.bo@s251844312015000100007](http://www.scielo.org.bo@s251844312015000100007)

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Zegada'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Zegada'.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a mis padres Elmer Coronel y Carmen Soto, por haberme inculcado buenos valores y principios, por permitirme estudiar una carrera profesional, por ser unos padres ejemplares.

Al ser más importante en mi vida, mi hija Carmen Elena, por ser ella mi motivación, mis ganas de querer superarme, mi siguiente paso, mi deseo de lograr el objetivo.

Hacer mención a mis amistades de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias por haber compartido el tiempo de educación en la Universidad Nacional de Jaén.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Elmer Coronel', written in a cursive style.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Carmen Soto', written in a cursive style.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradecer a Dios por permitirme la dicha de vivir, despertar un día más y de mantenerme sana y salva sin ninguna enfermedad, protegerme a mí y a mi familia.

Agradezco a mis padres por el apoyo moral y económico que me han brindado, y por darme la oportunidad de nacer, crecer y concluir una carrera profesional y sobre todo haberme inculcado valores de respeto, empatía, solidaridad y liderazgo.

Agradecer a mi asesor, el Magister Lenin Quiñones Huatangari por guiarme y prestarme ayuda y tiempo durante la elaboración, ejecución y conclusión de este trabajo de investigación.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Lenin Quiñones'.A handwritten signature in red ink, appearing to be 'Lenin Quiñones'.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Principales aplicaciones de las pectinas comerciales de bajo metoxilo

Tipo (% de esterificación)	utilización	Condiciones de empleo
28-39	Confituras y mermeladas gelificantes	SS= 45-55%; pH= 3-3.3; textura bien gelificada
26-36	Confituras clásicas, espesas Confituras modernas y mermeladas de frutas, jaleas de fantasía Productos dietéticos e hipoglucídicos, confituras para diabéticos.	SS= 63-65%; pH= 3.2-3.5 SS= 35-55%; pH= 3.3-3.8; textura espesa rígida SS= 20-55%; pH= 3.3-3.8; soporta pasteurización rápida.
18-30	Frutas espesas o en suspensión Leche gelificada aromatizada, flanes, postres, yogurts naturales o aromatizados	SS= 35-50%; pH= 3.3-3.8 SS= 18-35%; pH= 6.4-6.8; textura fundente sin sinéresis.
26-36	Recubrimiento en caliente para pasteles con fruta. Rellenos para pastelería industrial.	SS= 65%; pH= 3.4-3.7; gel reversible, aspecto brillante, textura gelificada fundente
26-26	Confitura gelificada recubierta por aromas no ácidos. Interiores de dulces rellenos.	SS= 78%-82%; pH= 3.9-4.2; textura gelificada fundente

Donde SS= solidos solubles (totales).

**ANEXO 2:** Principales aplicaciones de las pectinas comerciales de alto metoxilo

<b>Tipo (% de esterificación)</b>	<b>Utilización</b>	<b>Condiciones de empleo</b>
URS 150°	Confituras de frutas enteras (bayas, ciruelas, albaricoques), jaleas (cortezas en suspensión)	SS= 63 - 66%; pH= 3.1 - 3.4; gelificación muy rápida (menos de 3 minutos)
RS 150°	Confituras rápidas, cocidas al aire libre, rellenos para pastelería industrial (ricos en pulpa)	SS= 63 - 66%; pH= 2.9 - 3.1; gelificación rápida (4-8 minutos)
MRS 150°	Confituras clásicas cocidas a presión reducida. Confituras de frutas ácidas cocidas al aire libre, jaleas ácidas	SS= 70 - 72%; pH= 3.2 - 3.6; gelificación muy rápida
SS 150°	Confituras de frutas ácidas cocidas a presión reducida. Jaleas muy ácidas	SS= 63-66%; pH= 2.6-2.9; gelificación muy lenta (30 - 120 minutos)

**ANEXO 3:** Análisis composicional de la pectina

<b>Análisis composicional de la pectina extraída</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Descripción del parámetro</b>	<b>Método de extracción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Artículo</b>
<b>Contenido de ácido galacturónico (%)</b>	Se determinó por el método m-hidroxidifenilo, utilizaron soluciones de ácido galacturónico (2-100 µ/mL), para construir la curva estándar	campo eléctrico moderado (50 °C, 40 min., 100 voltios, ácido nítrico, 5 pH)	72,49%	De Oliveira et al., 2015
		Convencional (85 °C, 60 min., ácido nítrico, 2 pH)	70.40%	
	Usaron el método de m-hidroxydifenilo con muestra de pectina (200 µl) y 1.2 mL de tetraaborato de Sodio (0.125 mol)	Pretratamiento con Ultrasonido 644 W y 132.8 W/cm <sup>2</sup> con 20 KHz a 50 °C	65.56% y 76.29%	Freitas, et al. 2016
	Método calorimétrico, la reacción de ácido galacturónico con carbazol en presencia de ácido sulfúrico y medición de absorbancia a 525 nm	Hidrólisis ácida (100 °C, 60 min., y ácido cítrico)	46.57% 48.17% y 52.17%	Rodriguez y Hurtado 2018
		Empleo de ecuación 9, con datos de peso equivalente y contenido de metoxilos.	Hidrólisis ácida (85 °C, 80 min., y ácido cítrico)	18.61%
Método modificado de Lefevre y Tollens, HCl (19%), NaOH (0.25 N), Cloruro de Bario (10%), fenolftaleína y valoración con NaOH (0.1 N), titrimetría-cally	Hidrólisis ácida (75 °C, 60 min., 1.8 pH, ácido cítrico, nítrico y sulfúrico (0.3%))	70.6%, 71.9% y 77.3%	Yapo, 2009	

	Método de titulación con NaOH (0.25 N), HCl (0.25 N) y NaOH (0.1 N).	Hidrólisis ácida (100 °C, 60 min., Ácido cítrico en diferentes concentraciones	5.1%, 4.81% y 4.87%	Rodriguez y Hurtado. 2018
<b>Contenido de metoxilos (%)</b>	Necesita de una solución neutra, que proviene de la titulación para encontrar el peso equivalente, se le agrega NaOH (0.25 N), se mezcla con 25 mL de HCl (0.25 N), titular con NaOH (0.1 N), los datos obtenidos aplicar en ecuación.	Hidrolisis ácida asistida por ultrasonido (40 KHz a 30, 45 y 60 °C/10 y 20 min.)	10.49%, 8.72% y 9.84%. dependieron de los parámetros de pretratamiento por ultrasonido	Campo et al., 2016
	FTIR, se aplica calculando la relación entre la intensidad de los picos a 1744/cm y 1613/cm, correspondientes a las fracciones del grado de esterificación	Extracción enzimática (30 U/mL de protopectinasa)	67.50%	Vasco y Zapata 2017
<b>Grado de esterificación (%)</b>	valoración potenciométrica con etanol y NaOH (0.1 N), para la cual se toman 0.2 g de pectina en un matraz, agua calentada a 40 °C, finalmente se aplica ecuación con datos obtenidos.	Ultrasonido (500 W/cm <sup>2</sup> )	30%	Dos Santos et al., 2017
	Uso del método titrimétrico, se humedece 0.2 g de muestra con etanol, valoración con fenolftaleína y NaOH (0.1 N) y añadir 10 mL de HCl.	Hidrólisis ácida (75 °C, 102 min., ácido cítrico (0.19%)).	78.57%	Liew et al., 2015
		Enzimática (celluclast (1.67%), 61.11 °C)	85.45%	

	Cuantificación mediante método titrimétrico, con agua y etanol mezclar 50mg de muestra, valorar con NaOH y HCl (0.5M), aplicar ecuación.	Alta presión convencional pretratamiento convencional	81.04% con 64.66% 50%		Freitas, et al. 2016
	Mediante titulación con NaOH (0.1N), tomando una muestra de 0.5g, agua destilada y 1g NaCl	Deshidratación con aire caliente (50°C, 10hr y aire caliente)	1300 mg NaOH	pectina/meq	Sanchez 2016
<b>Peso equivalente</b>	Mediante titulación con NaOH (0.1N), la muestra se mezcla con etanol, NaCl, agua destilada e indicador rojo fenol	Hidrólisis ácida asistida por ultrasonido (40KHz a 30, 45 y 60°C/10 y 20min)	3096, 2288 y 2631.5.	dependieron de los parámetros de pretratamiento	Campo et al., 2016
	Las muestras (tres estados de madurez) de pectina, se realiza titulación por separado para cada una con NaOH (0.1N), NaCl y fenolftaleína.	Hidrólisis ácida (90min, 90°C y agentes de extracción (HCl y hexametafosfato sodio))	1802.2, 1543,2 y 1063.5.	Dependen del estado de maduración y agente extraente	RD´Addosio et al., 2005

Fuente: Elaboración propia