



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Biorrefinería para la extracción de pectina en los diversos  
subproductos de residuos orgánicos para reducir la  
contaminación ambiental: Revisión sistemática**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Mayo Tapara, Celestino (orcid.org/0000-0002-5610-1746)  
Tarapaqui Sipauccar, Rita Mariela (orcid.org/0000-0002-1363-6687)

**ASESOR:**

Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald (orcid.org/0000-0003-4418-7009)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A nuestros padres, hermanos y demás familiares por su constante motivación y apoyo incondicional durante nuestra formación profesional, así como por la paciencia y el amor familiar que siempre nos ha acompañado.

Gracias a quienes siempre estuvieron a nuestro lado apoyándonos incondicionalmente y por ser los principales impulsores de nuestros sueños; a mis hermanos (a) sus palabras de aliento y compañía. Experiencia indispensable para nuestra formación profesional.

## **Agradecimiento**

### **A Dios:**

Por concedernos esta oportunidad de cumplir uno de nuestros sueños que hoy se hace realidad y por darnos salud, sabiduría, constancia, perseverancia y por su infinita gracia.

### **A nuestros Padres:**

Por su amor, trabajo, sacrificio y su ejemplo de auto superación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Agradecimiento .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Índice de gráficos .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Matriz de categoría, subcategoría y categorización .....	15
3.3. Escenario de estudio.....	16
3.4. Participantes .....	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.6. Procedimiento .....	17
3.7. Rigor científico .....	19
3.8. Método de análisis de la información .....	20
3.9. Aspectos éticos .....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
V. CONCLUSIONES .....	29
VI. RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS .....	40

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Métodos de extracción de pectinas</i>	21
<i>Tabla 2. Fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina</i>	24
<i>Tabla 3. Productos de fermentación obtenidos</i>	26

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Modelo esquemático de la estructura de la pectina</i>	9
<i>Figura 2. Gama de pectinas comerciales no amidificadas con algunas aplicaciones típicas</i>	12
<i>Figura 3. Diagrama de flujo del procedimiento de laboratorio que revela una vía simplificada de biorrefinería</i>	14

## Índice de gráficos

<i>Gráfico 1. Procedimiento de selección de artículos</i>	18
---	----

## Resumen

El objetivo de estudio fue determinar cuál es la importancia de la biorrefinería para la extracción de pectina en los diversos sub productos de residuos orgánicos para reducir la contaminación ambiental. La metodología fue de tipo aplicada de diseño sistemático; donde se recolectó 75 artículos científicos de las plataformas scipus, sciencedirect y scielo, donde pasando por un proceso de selección se añadieron al estudio 30.

Mediante los resultados se obtuvo que los métodos de extracción son la extracción asistida por ultrasonido (UAE) y la extracción asistida por enzimas (EAE), así como el uso de ácidos orgánicos e inorgánicos son los más usados. Las diversas fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina son los residuos agroalimentarios como la remolacha, zanahoria, entre otros son los más usados. Así mismo, la remolacha fue el material orgánico más usado, debido a que los subproductos de remolacha, muestran un alto contenido de hemicelulosa y bajo contenido de lignina, presentando un perfil completamente diferente de los subproductos de otros materiales como el mango, melón y plátano. Los productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los diversos procesos biotecnológicos son los biocombustibles; teniendo como principales y generalmente se producen por fermentación y digestión anaeróbica, respectivamente.

**Palabras clave:** biorrefinería, pectina, residuos, orgánicos, contaminación

## **Abstract**

The objective of the study was to determine the importance of biorefinery for the extraction of pectin in the various organic waste by-products to reduce environmental pollution. The methodology was of the applied type of systematic design; where 75 scientific articles were collected from the platforms scopus, sciencedirect and scielo, and 30 were added to the study through a selection process.

Through the results it was obtained that the extraction methods are ultrasound-assisted extraction (UAE) and enzyme-assisted extraction (EAE), as well as the use of organic and inorganic acids are the most used. The various sources of organic residues rich in pectin are agri-food residues such as beets, carrots, among others are the most used. Likewise, beet was the most used organic material, because beet by-products show a high hemicellulose content and low lignin content, presenting a completely different profile from the by-products of other materials such as mango, melon and banana. The fermentation products obtained by the application of the various biotechnological processes are biofuels; having as main and generally produced by fermentation and anaerobic digestion, respectively.

**Keywords:** biorefinery, pectin, waste, organic, contamination.

## I. INTRODUCCIÓN

A partir del siglo XX cuando se produce en Alemania la pectina derivada del orujo de manzana, esta presentó una gran revolución debido al aumento de la demanda de la industria alimentaria y la producción de alimentos funcionales (Sabater Carlos et al., 2022, p. 2).

Siendo la razón de la fe de los clientes en productos naturales que puedan consumir y percibir como saludables, donde la pectina es un producto de origen natural para los consumidores con variedad de usos (Zhang H. et al., 2020, p.1). La pectina exhibe excelentes características de retención de agua y formación de gel, incluso en bajas concentraciones, desde un punto de vista funcional (Ramos Andrés M. et al., 2022, p. 3).

Debido a esto, se utiliza con frecuencia en el sector alimentario como espesante y estabilizante, agente gelificante en mermeladas, dulces y rellenos de panadería, así como estabilizante en yogures y bebidas lácteas (Gerschenson Lian N. et al., 2021, p.2).

La pectina, por otro lado, está conectada a biopolímeros como la celulosa y la hemicelulosa y puede considerarse un componente clave de la pared celular de las plantas (Costa Kaiany P. et al., 2022, p.4). Por otro lado, existen otras formas de extraer la pectina, y el factor clave para una extracción exitosa a nivel industrial es el tiempo, junto con la temperatura y el uso de ácidos minerales, lo que genera grandes cantidades de efluentes. Manchas ácidas y grasas (Zarandona I. et al., 2021, p.3).

Además, un inconveniente del uso de métodos estándar para la extracción de pectina es el uso de ácidos minerales y altas temperaturas, que tienen consecuencias perjudiciales que incluyen reacciones de degradación, pérdida funcional y disminución del rendimiento (Valladares D. et al., 2022, p.2). Donde, los residuos que se generan provocan un incremento de contaminantes ambientales como un mayor aprovechamiento de costos por el tratamiento de los residuos ácidos y/o alcalinos que se generan en forma de efluentes (Moslemi M., 2021, p.3).

Por ello, se ha generado especial interés en la valorización de los recursos naturales como forma de generar insumos funcionales donde la sustentabilidad es el principal aporte hacia el aprovechamiento de la biomasa y que incluye la biorrefinería (Ren Wenqi et al., 2022, p. 5).

Así, para la biorrefinería, los residuos producidos en el procedimiento de agricultura alimentaria son considerados materia prima aprovechable y valiosa, porque se obtienen de forma más concentrada y menos variable (Clauser Nicolás M. et al., 2021, p.4).

Ante lo anterior, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es la importancia de la biorrefinería para la extracción de pectina en los diversos subproductos de los desechos orgánicos para disminuir la contaminación ambiental? para lo cual se planteó las siguientes preguntas:

**PE1:** ¿Cuáles son los métodos de extracción de pectina de los diversos sustratos utilizados para la reducción de la contaminación ambiental?

**PE2:** ¿Cuáles son las diversas fuentes de desechos orgánicos ricos en pectina para la reducción de la contaminación ambiental?

**PE3:** ¿Cuáles son los productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los distintos procesos biotecnológicos aplicados para reducir la contaminación ambiental?

Es así como se planteó el objetivo de estudio: Determinar la importancia de la biorrefinería para la extracción de pectina en los diversos subproductos de los desechos orgánicos para disminuir la contaminación ambiental. Dando así la generación de los siguientes objetivos específicos:

**OE1:** Clasificar los métodos de extracción de pectina de los distintos sustratos utilizados para reducir la contaminación ambiental

**OE2:** Analizar las diversas fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina para reducir la contaminación ambiental

**OE3:** Identificar los productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los distintos procesos biotecnológicos aplicados para reducir la contaminación ambiental

Este trabajo proporciona una base teórica para una investigación de numerosos estudios actualizados que se llevarán a cabo con el fin de desarrollar un análisis de pretratamientos rápidos y respetuosos con el medio ambiente para la extracción de pectina. El objetivo del trabajo es abrir interesantes posibilidades para el uso de estas biomoléculas en las industrias alimentaria y bioenergética, con vistas a futuros estudios.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel mundial se han realizado estudios sobre la aplicación de la biorrefinería como forma de extracción de pectina en los diversos subproductos de los residuos orgánicos, de los cuales a continuación se detallan los estudios más recientes.

Adiletta G. et al. (2020, p. 1) utilizaron residuos de remolacha en su estudio, utilizando pulpa de remolacha como una valiosa fuente de materia prima. La pectina se extrajo de forma natural y respetuosa con el medio ambiente utilizando ácido cítrico, y este fue el primer paso en el proceso de biorrefinería. El sólido que se produjo a partir de la pectina luego se trató con tostado para producir un biocombustible sólido comercial. El análisis fisicoquímico de la materia prima y de las pectinas aisladas fue la siguiente fase, que pretendía ser útil para determinar las mejores vías de aplicación.

Seguin Alexandri Maria et al, (2019, p.1), la pulpa de remolacha azucarera (SBP) se fraccionó con éxito en pectinas, compuestos fenólicos y un hidrolizado rico en azúcar que posteriormente se utilizó como materia prima de fermentación para la producción de ácido succínico. Los resultados muestran que las condiciones ideales de extracción fueron un valor de pH de 1,5, una T° de 90 °C y un tiempo de contacto de 4 h. Las pectinas se produjeron por tratamiento secuencial con HCl, NH<sub>3</sub> H<sub>2</sub>O y etanol, mientras que los compuestos fenólicos se separaron por extracción con etanol acuoso acidificado. En tamaños de laboratorio y piloto, se optimizó la hidrólisis de celulosa y hemicelulosa, obteniéndose 45 g/L de azúcares totales, predominando la glucosa y la arabinosa. *Actinobacillus succinogenes*, una cepa bacteriana cultivada en SBP, se utilizó en fermentaciones por lotes realizadas en el laboratorio. Estas fermentaciones produjeron 30 g/L de ácido succínico y un rendimiento de 0,8 g/g. También se lograron resultados similares cuando se cultivaron biorreactos, lo que llevó a una fermentación comparable. Por el contrario, los cristales de ácido succínico se limpiaron mediante un cultivo de caldo de fermentación que previamente había pasado por dos procesos de separación mediante hidrólisis de membrana bipolar, todo ello a escala semipiloto, con un rendimiento superior al 21% y una pureza del 79%. , y utilizando resinas de intercambio catiónico se obtuvo un rendimiento superior al 80% y una pureza del 95%. También se

lograron resultados similares cuando se cultivaron biorreactos, lo que llevó a una fermentación comparable. Por el contrario, los cristales de ácido succínico se limpiaron mediante un cultivo de caldo de fermentación que previamente había pasado por dos procesos de separación mediante hidrólisis de membrana bipolar, todo ello a escala semipiloto, con un rendimiento superior al 21% y una pureza del 79%. , y utilizando resinas de intercambio catiónico se obtuvo un rendimiento superior al 80% y una pureza del 95%. También se lograron resultados similares cuando se cultivaron biorreactos, lo que llevó a una fermentación comparable. Por el contrario, los cristales de ácido succínico se limpiaron mediante un cultivo de caldo de fermentación que previamente había pasado por dos procesos de separación mediante hidrólisis de membrana bipolar, todo ello a escala semipiloto, con un rendimiento superior al 21% y una pureza del 79%. , y utilizando resinas de intercambio catiónico se obtuvo un rendimiento superior al 80% y una pureza del 95%.

Según Banerjee J. et al., (2018, p. 1), la pectina se extraía mediante un proceso hidrotermal que no dañaba el medio ambiente (esta pectina se extraía de los desechos de la cáscara del mango). Los hallazgos demostraron que la pectina se extrajo de dos variedades de cáscaras de mango a temperatura ambiente, apareciendo Calypso 15,7% y Totapuri 27,2%. El nivel de esterificación y el peso molecular se utilizaron en el proceso de caracterización, el cual se realizó mediante la transformada de Fourier (FTIR). Después de la extracción de pectina, se produjo un coproducto sólido y se descubrió que era rico en celulosa (38%) y lignina (16%). En el proceso de hidrólisis se midió ácido gálico a una concentración de 1405,6 mg/l, mangiferina a una concentración de 162,2 mg/l, quercetina a 49,2 mg/l y ácido elágico a 69,3 mg/l; esto dio como resultado que se extrajera una proporción significativa de celulosa de la pectina en un 38% y un 16% de lignina.

En su estudio, Alves De Oliveira R. et al., (2020, p.1), sugiere un método para crear ácido láctico a partir de un flujo de desechos utilizando un modelo de biorrefinería basado en el negocio de la remolacha azucarera convencional (2020, p. 1). Donde la pulpa residual de la remolacha azucarera se usa como alimento para animales y la remolacha azucarera se usa para hacer azúcar y etanol. 3916,91 g de azúcares del hidrolizado de pulpa de remolacha fueron convertidos en 2781,01 g de ácido láctico utilizando *Bacillus*

coagulans en fermentación continua, con una productividad máxima de 18,06 g L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. En la biorrefinería se pueden producir pectinas y compuestos fenólicos sin afectar la producción de azúcar, etanol o ácido láctico. Se usó electrodiálisis de membrana bipolar para purificar el ácido láctico creado, y la tasa de recuperación fue de 788.

En su trabajo, Gonzales García S. et al. (2018, p. 1) utilizaron una metodología de evaluación del ciclo para evaluar el impacto ambiental de la producción de oligosacáridos derivados de pectina (POS) a partir de pulpa de remolacha azucarera (SBP) utilizando un enfoque de la cuna a la puerta. Se tomaron en consideración dos escenarios separados a escala piloto: el Escenario 1, basado en hidrólisis enzimática, y el Escenario 2, basado en autohidrólisis tradicional a alta temperatura. El rendimiento de producción de los compuestos objetivo (POS) y el enfoque de recuperación considerado tienen un impacto significativo en los hallazgos del estudio ambiental. En realidad, el rendimiento de POS del método de autohidrólisis es alrededor de un 20% mayor que el del método enzimático. Al observar una unidad funcional basada en la cantidad de material recuperado, el Escenario 1 parece reportar los peores resultados (100 kg de SBP secado al horno). Sin embargo, cuando está a cargo de una unidad basada en los ingresos económicos (1 €), el perfil cambia drásticamente. Por lo tanto, la elección de la unidad funcional debe considerarse cuidadosamente porque las estrategias de toma de decisiones deben depender en gran medida de ella.

Para una mayor eficacia y sostenibilidad, Encalada Alondra M. et al. (2019, p. 1) utilizaron en su investigación extracción asistida por enzimas ultrasónica (EE. UU.) de alta potencia. Se realizó un pretratamiento US (12,27 W/cm<sup>2</sup>: 20 kHz, 80 % de amplitud, 20 min) y una digestión postratamiento (5 h-40 °C) sin o con hemicelulasa o celulasa sobre polvo de zanahoria (CP) en tampón citrato (pH 5.20). El rendimiento máximo de PEF (27,1 %) y prácticamente todo el contenido de pectina de CP se lograron mediante hemicelulasa de EE. UU. Todos los PEF tuvieron mayores rendimientos de extracción después del pretratamiento con EE. UU., sin embargo, el hecho de que el paso posterior tuviera algún efecto beneficioso adicional dependía de la enzima elegida. Los PEF incluyeron MS baja (24 a 49,9 %) y antioxidantes coextraídos, que oscilaron entre 40 y 47 % de AU.

Según Ma Yicong et al. (2019, p. 1), el orujo de manzana se utilizó en su estudio como método para producir pectina y celulosa, aumentando el valor del orujo y fomentando su uso. El proceso se realizó con un tratamiento químico empleando un tiempo de 110 min. y una proporción del 10% (p/p) de ácido acético a 100°C, lográndose una eficiencia del 19,6% para la extracción de pectina en estas condiciones. Además, se utilizó la metodología de superficie de respuesta para identificar los parámetros principales que afectan la tasa de eliminación de lignina. Los resultados mostraron que las condiciones ideales para eliminar la lignina del orujo de manzana eran 70 °C, pH 4 y una concentración de NaClO del 6 % en el transcurso de dos horas. Esto permitió eliminar el 89,8% de la lignina presente en el orujo. Adicionalmente, se obtuvo celulosa con más del 80,7%. En consecuencia, una investigación a gran escala reveló que era capaz de producir 196 gramos de pectina y 243,9 gramos de celulosa a partir de 1000 gramos de orujo de manzana, lo que equivale a una pureza del 90,4 %.

La utilización de la cáscara de naranja para la fabricación de aceite esencial, biogás y pectina es estudiada desde un punto de vista energético y económico por Ortiz Sanchez M. et al. (2021, p.1), valorando el material naranja. Para lograr esto, primero se determinó la composición química de la cáscara de naranja, luego se extrajo el aceite y la pectina, y por último, utilizando el extra sólido, se creó el biogás. obteniendo como conclusión que el análisis energético y económico del sistema de biorrefinería se realizó utilizando los balances de masa y energía del estudio de prueba. También se emplearon indicadores de eficiencia másica y energética para analizar el desempeño de la biorrefinería. Dado que los residuos de la cáscara de los cítricos no tenían ningún propósito, Patsalou Maria et al(2020, .s p. 2) tuvo como objetivo principal fabricar ácido succínico y otros productos que agreguen valor gracias a la biorrefinería. El aceite esencial y el biogás arrojaron 0,61 % y 10,35 % de base húmeda, respectivamente. En donde los materiales fueron previamente tratados para que posteriormente se genere ácido succínico, permitiendo el uso de residuos de biorrefinería en reemplazo de los fertilizantes comerciales, la cáscara de cítricos fue sometida a un tratamiento fisicoquímico y biológico para seleccionar aceites esenciales en un porcentaje de 0.43% y pectina en un porcentaje del 30,53%. La celulosa, la hemicelulosa y la lignina de las cáscaras de cítricos constituyen el 22,45 %, el 8,05 % y el 0,66 % de ellas,

respectivamente. Por el contrario, los aceites recuperados de las conchas comprendían 17 compuestos diferentes, de los cuales el D-limoneno representaba el 96,7 %. La utilización de vitaminas y licor de maceración de maíz (CSL) en un biorreactor a escala de laboratorio condujo a una concentración y rendimiento del producto que alcanzó 18,5 g L<sup>-1</sup> y 0,62 g g<sup>-1</sup>, respectivamente, según varios ensayos por lotes. Mientras que la fermentación discontinua aumentó la concentración y el rendimiento de ácido succínico, generando 22,4 g L<sup>-1</sup> y 0,73 g g<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que aumentó la masa de la plataforma química formada en un 27 % con respecto a la fermentación discontinua, la producción de ácido succínico no mejoró con la sacarificación simultánea. y fermentación (SSF).

En la investigación de Rico Xiana et al. (2020, p. 1), los sólidos solubles en agua (SIA) de las cáscaras de melón se procesaron hidrotérmicamente para eliminar los azúcares libres. Se evaluó la composición de los licores producidos y su contenido fenólico total en relación con la temperatura. Adicionalmente, se describieron los residuos sólidos del tratamiento hidrotermal y se evaluaron sus posibles aplicaciones. La producción total de oligosacáridos fue de 15,24 g/100 g WIS en las condiciones ideales de 140 °C (gravedad 2,03), de los cuales 10,07 g/100 g WIS fueron oligogalacturónidos. La caracterización estructural verificó la presencia de oligogalacturónidos que estaban parcialmente esterificados con metilo y tenían una variedad de niveles de polimerización. Después de la precipitación se extrajeron 16,59 g/100 g WIS de pectina de elevada linealidad y concentración de ácido galacturónico del 55,41%. Se describieron los residuos sólidos del tratamiento hidrotermal y se evaluaron sus posibles usos. donde después de la precipitación se recuperaron 16,59 g/100 g WIS de pectina con una concentración de ácido galacturónico de 55,41% y buena linealidad. Se describieron los residuos sólidos del tratamiento hidrotermal y se evaluaron sus posibles usos.

La cuestión del estudio se aclara una vez revelados los antecedentes más pertinentes, destacando el uso de la pectina y señalando que se trata de un polímero natural común presente en las paredes principales de las células vegetales no leñosas (Zhang Hongbin et al., 2020, pág.28). Hay al menos tres dominios de polisacáridos en este polisacárido, que está formado por ácido poli-1,4-galacturónico e incluye homogalacturonano (el

componente principal de la pectina), ramnogalacturonano-I y ramnogalacturonano-II (Rehman Saleha et al., 2019, p. dos).

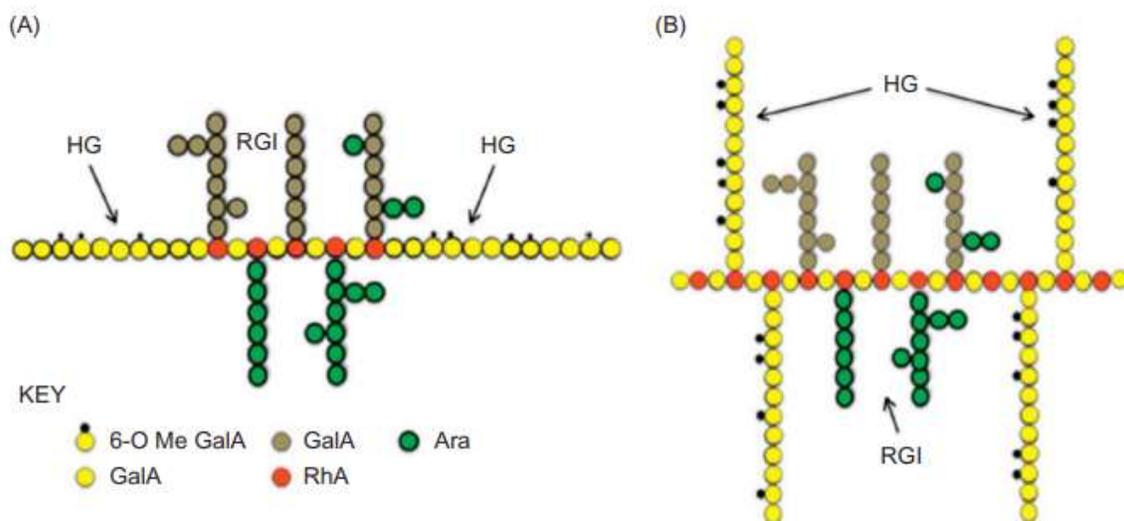
Los grupos carboxilo de las unidades de ácido galacturónico se esterifican con metanol y, en ocasiones, parcialmente con acetilo; la metoxi pectina se puede clasificar como alta (>50 % de grupos carboxilo esterificados) o baja (50 % de grupos carboxilo esterificados) según el grado de esterificación (Hoque Monjurul et al., 2021, p.3). Además, la masa molar, la esterificación del acetilo y el grado de esterificación se ven afectados por la fuente y las condiciones de extracción (Sanchez Gonzales L. et al., 2021, p.5).

Mientras que estos factores determinan las características de estabilidad, textura y gelificación de la pectina (Giri T., 2016, p.119).

Actualmente, la pectina es un copolímero en bloque hecho de ácido galacturónico con enlaces 1,4 y ramnosa con enlaces 1,2 con ramificaciones laterales que se obtiene principalmente de la cáscara de frutas cítricas y manzanas. D-galactosa que tiene enlaces 1,4 o L-arabinosa que tiene enlaces 1,5 (Naqash Farah et al., 2017, p.29).

Ver figura 1 donde se muestra la estructura esquemática de la pectina.

*Figura No. 1. Modelo esquemático de la estructura de la pectina*



*Extraído de: Naqash Farah et al., 2017*

La figura 1 proporciona una representación esquemática de las secciones de pectina de homogalacturonano (HG) y ramnogalacturonano (RGI): un modelo continuo; B un modelo de ramificación basado en una estructura RGI en el medio.

La pectina disuelta en agua tiene notables capacidades quelantes de metales porque algunos de los carboxilos C-6 del esqueleto del ácido galacturónico están esterificados con grupos metoxi mientras que otros están presentes como sal de ácido urónico (Shahabi G. et al. al., 2020, p.2 ). La capacidad de la pectina para asociarse fácilmente entre sí en el agua da como resultado la creación de una red tridimensional formada por largos segmentos de residuos de ácido galacturónico que se rompen mediante la inclusión de ramnosa y la ramificación de la cadena (Ray Somasree, 2019, p. 737).

El establecimiento de zonas de unión intermolecular entre dos o más cadenas homogalacturónicas normalmente da como resultado la asociación; En general, la alta cantidad de ácido galacturónico y el bajo grado de esterificación de metilo promueven la disponibilidad de grupos COO<sup>-</sup> que participan en el proceso de gelificación (Raddatz G. et al., 2020, p. 3).

La pectina es una sustancia que se utiliza en la industria de la belleza para estabilizar una variedad de productos, incluidas lociones, champús, geles y otros artículos para el cuidado de la piel y la higiene personal (Liu Na et al., 2022, p.4). La pectina es un componente de varios productos farmacéuticos utilizados en el campo de las ciencias de la salud, como los que se utilizan para tratar heridas (Ciriminna Rosaria et al., 201, p.2).

Funciona como un andamio de tejido para la ingeniería de tejidos, un transportador de ingredientes activos en los sistemas de administración de medicamentos, un aglutinante para sustancias radiactivas, un sorbente de metal (para medicamentos y purificación de agua) y un aglutinante para productos químicos radiactivos.

Además, el uso generalizado y en expansión del hidrocoloide en la industria alimentaria, una sustancia química que puede atrapar agua y generar geles en bajas concentraciones, se está extendiendo rápidamente a otros sectores industriales (Khrasani A. y Shojaosadati S., 2016, p.1) En el en el negocio de los alimentos, los usos tradicionales de la pectina como sustancia gelificante, espesante y estabilizadora han

comenzado a converger con sus nuevos usos emergentes como sustancia funcional que puede reemplazar la grasa y promover la salud (Ghibaudo F. et al., 2017, p. dos).

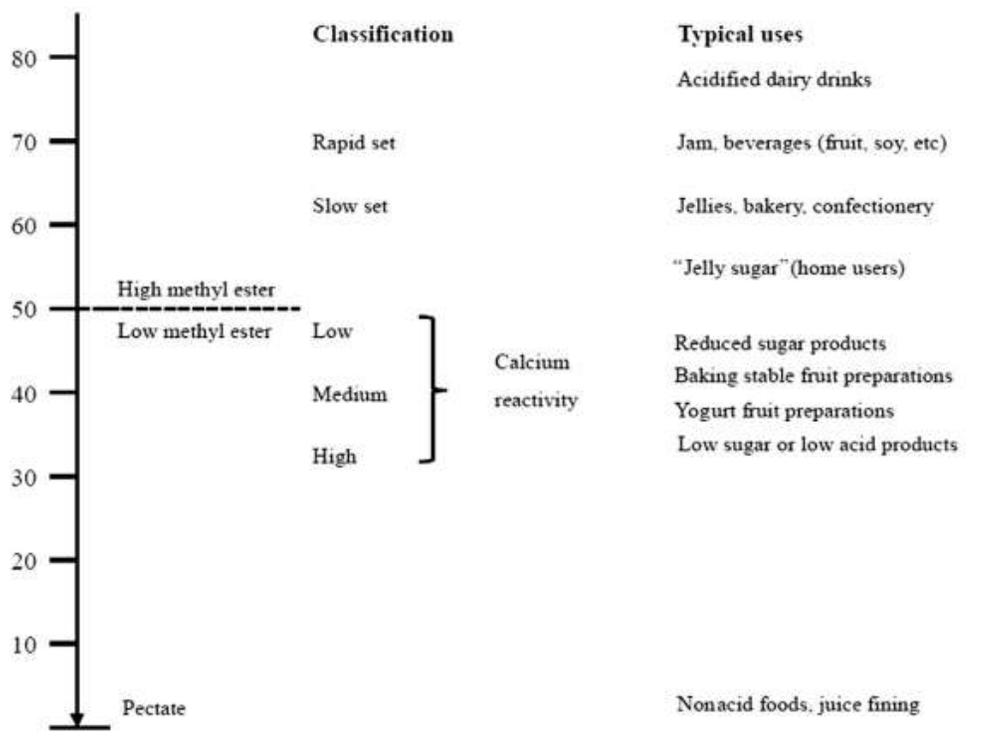
Debido a que se desarrolla una amplia variedad de pectinas de acuerdo con la composición específica del alimento, el proceso de producción y la textura de gel deseada, la pectina se usa principalmente en los alimentos como agente gelificante y estabilizador (Meng Fanfei et al., 2020, p. 6). Básicamente, la pectina ayuda a proporcionar la suavidad adecuada al regular el agua en los productos (Rtibi K. et al., 2018, p.2).

El uso principal y tradicional de la pectina es como agente gelificante en mermeladas y jaleas, donde se combina con pectina HM para crear geles de pH bajo y alto contenido de azúcar y pectina LM para crear geles bajos en azúcar cuando hay calcio presente (Vancauwenberghe V. et al., 2017, p.3).

Una de sus cualidades atractivas es que el pH en el que la pectina tiene la textura de gel adecuada y una excelente estabilidad coincide con el pH en el que se producen naturalmente las conservas de frutas (Li Kaidong et al., 2019, p. 2). Finalmente, la pectina ofrece una gran liberación de sabor debido a su peso molecular relativamente bajo en comparación con otros hidrocoloides, lo cual es otra ventaja. Otro beneficio está relacionado con una textura física y organolépticamente idónea (Prado Samir B. et al., 2020, p.2).

La Figura 2 ilustra algunos de los usos de la pectina en el negocio de alimentos.

Figura No. 2. Gama de pectinas comerciales no amidificadas con algunas aplicaciones típicas



Extraído de: Hernández Valencia C. et al., 2020

Debido a las amplias aplicaciones de la pectina, los métodos de extracción de pectina para las diversas industrias que la utilizan deben utilizar períodos de tiempo considerables, altos niveles de temperaturas para su extracción y diversos aditivos químicos que, entre proceso, generan efluentes contaminantes que son vertidos. sin tratamiento previo con altos niveles de acidez (Gerschenson Lia N. et al., 2021, p.1).

Por lo tanto, para llevar a cabo la extracción de pectina por cualquier método convencional, se utilizarán altos niveles de temperatura y el uso de aditivos químicos como los ácidos que traen consigo efectos secundarios como disminución del rendimiento y disminución de la funcionalidad (Galanakis Charis M. et al., 2021, p.1). Donde, los residuos que se generan provocan un incremento de contaminantes ambientales como un mayor aprovechamiento de costos por el tratamiento de los

residuos ácidos y/o alcalinos que se generan en forma de efluentes (Galanakis Charis M. et al., 2020, p. dos).

Aunque se conocen varios métodos para producir pectina, el término "química verde" ha sido revolucionario ya que utiliza ácidos orgánicos en su aplicación, pero todavía se lleva a cabo industrialmente bajo configuraciones estándar (Lopez Sanchez P. et al., 2020, p.1). Para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, la industria agroalimentaria necesita cambios significativos que mejoren la valorización de los residuos alimentarios, y la biorrefinería es la técnica de biomasa más sostenible que se pretende aplicar (Brachi P. et al., 2016, p.1).

Como resultado, al hablar de biorrefinería, se pretende hacer referencia a la transformación sostenible de biomasa o productos con un valor agregado mínimo en una mercancía o bien comercializable, como; productos químicos para biocombustibles, ingredientes para alimentos y piensos, fibras, biomateriales, calor y energía, entre otros (Zacharof M. et al., 2017, p.2). Además, se puede llevar a cabo una fabricación sostenible de productos químicos y biocombustibles de alto valor a partir de biomasa mediante la incorporación de tecnología y química verde con efectos ambientales negativos mínimos (Adiletta Giuseppina et al., 2020, p.2).

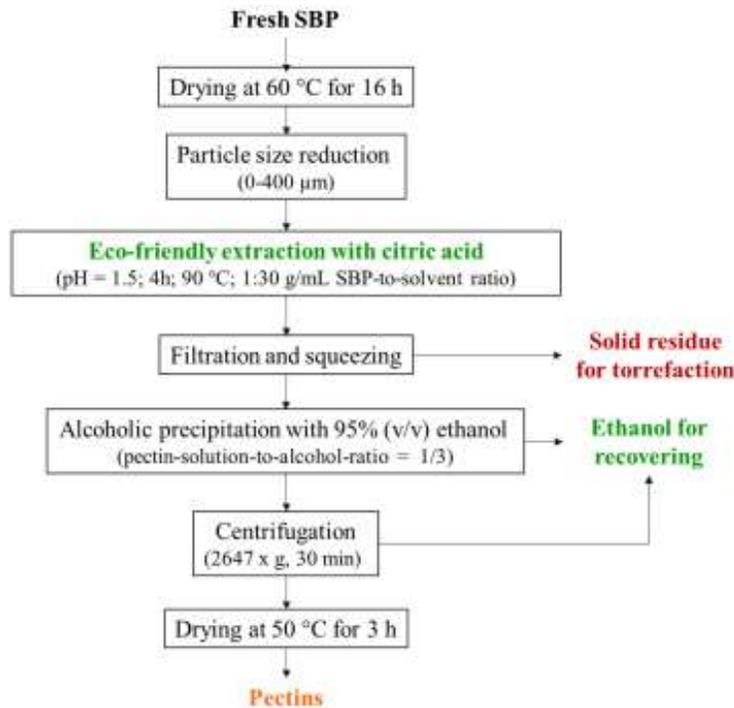
Casi todos los tipos de materias primas de biomasa se pueden transformar en una biorrefinería utilizando métodos de conversión utilizados en colaboración en varias clases de biocombustibles, productos bioquímicos y biomateriales (Sabater Carlos et al., 2022, p.2).

Por lo tanto, utilizando la idea de la biorrefinería, se investigó en el estudio de Brachi Paola et al. un enfoque de recuperación alternativo y más efectivo para un subproducto tan valioso del sector azucarero. Brachi Paola et al., (2017, pág. 4).

La Figura 3 muestra su estrategia sugerida, en la que los materiales de desecho se utilizan como materia prima en una reacción química a base de ácido para producir valiosos compuestos pécticos a partir de paredes celulares sin procesar. El proceso termoquímico en desarrollo, denominado tostado, convierte la pulpa de remolacha azucarera extraída de pectina (PE SBP), por ejemplo, en un combustible sólido de alta

calidad y compuestos potencialmente importantes (como d-limoneno, furfural y levoglucosano).

Figura N° 3. Diagrama de flujo del proceso de laboratorio que muestra un circuito de biorrefinería aerodinámico.



Extraído de: Brachi Paola et al., 2017

El proceso de varios pasos se representa en la figura 3, donde la primera fase implica tratamientos previos habituales (como procedimientos de secado y reducción de tamaño) para mejorar la idoneidad de la materia prima para el procesamiento posterior.

Dado lo anterior, es acertado afirmar que se requiere investigación adicional para abordar el desperdicio de productos industriales con el fin de producir formas a escala industrial (Cristóbal Jorge et al., 2018, p.1). Con la incorporación de la biorrefinería, la química verde debería ser un método aplicable en todas las empresas agroalimentarias, y debería verse como un desafío (Tsagkari Mirela et al., 2016 , p).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación que se aplicó fue básica, siendo este tipo de investigación la que se refiere a la investigación de los científicos sobre bases teóricas para adquirir conocimientos; Además, este conocimiento está constituido por hechos prácticos que reflejan la resolución de un problema y que a través de este conocimiento generado, los investigadores formularán preguntas de investigación y estrategias para comprender mejor el comportamiento humano (Jacobs Arthur M. y Ziegler Johannes C., 2016, p. 2).

Asimismo, Pomeroy C. et al., (2016, p.4), señala que la investigación básica utiliza el reconocimiento visual de palabras y el desarrollo de la lectura para crear nuevos conocimientos y tecnologías que forman la base para la comprensión fundamental de un problema social. Siendo aplicada la investigación básica, mediante la búsqueda de estudios científicos que se le realizarán a la biorrefinería para determinar su importancia como forma de extracción de pectina en los diversos subproductos de los desechos orgánicos para disminuir la contaminación ambiental.

Si bien utilizó un enfoque sistemático para buscar, seleccionar y evaluar la evidencia proporcionada, el diseño fue sistemático, según Mallett Richard et al. (2012, pág. 6). Mediante el uso de estrategias de búsqueda amplias, cadenas de búsqueda predefinidas y criterios uniformes de inclusión y exclusión, las revisiones sistemáticas también ayudan a reducir el sesgo implícito del investigador; Obligan con éxito a los investigadores a buscar estudios fuera de sus propias áreas temáticas y redes (Baloyi W. et al., 2016, p. 3).

#### **3.2. Matriz de categoría, subcategoría y categorización**

Las categorías y subcategorías propuestas en la matriz apriorística que se encuentra en el Anexo 1 presentaban un número limitado de opciones a desarrollar, con el fin de brindar resultados más precisos. Así mismo, las subcategorías fueron subdivisiones de las categorías y estas de los 3 problemas y objetivos específicos planteados para clasificar los métodos de extracción de pectina, analizar las diversas fuentes de residuos

orgánicos ricos en pectina e identificar los productos de fermentación obtenidos por la aplicación. de diversos procesos biotecnológicos.

### **3.3. Escenario de estudio**

El término "escenarios" no siempre significa lo mismo en todas las disciplinas y prácticas, ni siempre cumple la misma función ni implica un determinado modo de producción. En este documento, los "escenarios" se definen como un conjunto personalizado condensado de sistemas conceptuales que están estructurados y representan contextos futuros igualmente plausibles. Los escenarios se presentan con frecuencia como descripciones narrativas y se crean para una persona o propósito específico, por lo general para servir como información para futuras investigaciones (Ramirez R et al., 2016, p.2).

### **3.4. Participantes**

Los participantes involucrados y que fueron parte fundamental del estudio fueron plataformas virtuales como páginas web indexadas; entre los que se utilizaron Sciencedirect, Scopus y Pubmed.

Estas plataformas permitieron el acceso, búsqueda y uso de artículos científicos en inglés, portugués y español; y estos portales web tienen acceso gratuito para consultar y comprar revistas científicas electrónicas y datos de citas en todo el mundo.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica utilizada fue el análisis documental y el instrumento de recolección de datos fue la ficha de análisis de contenido que se muestra en el anexo 2.

Se elige el método de análisis documental ya que emplea el uso de documentos, entrevistas y/u observaciones que muchas veces se recogen en estudios de casos u otros formatos descriptivos. Asimismo, este método utiliza los documentos como documento objeto de análisis para construir una nueva realidad social.

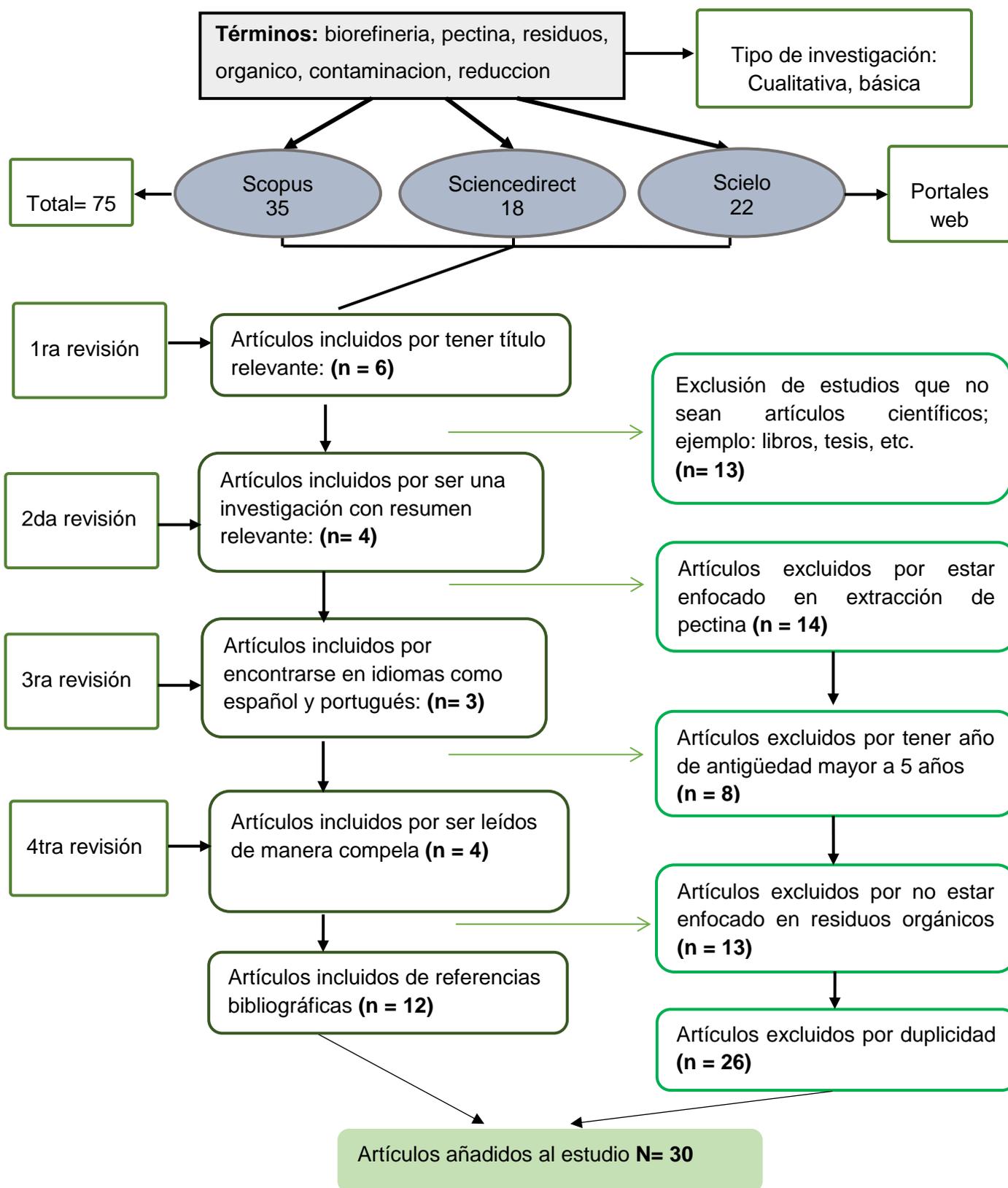
Así también según Margaret Z. et al., (2016, p.2); El análisis documental utiliza los hechos de los estudios para estudiar un documento para representarlos en un estudio.

Por otro lado, la ficha de análisis de contenido fue elaborada por el autor, permitiendo detallar en dicho documento información relevante e imprescindible del estudio original para un rápido y fácil acceso, brindando un resumen de lo que abarca el documento. Así, en el archivo del presente estudio se extrajo información como los datos del autor, información sobre la metodología del estudio, información sobre la resolución de los artículos y conclusiones.

### **3.6. Procedimiento**

El procedimiento utilizado en este trabajo de investigación consistió en la elaboración de 4 etapas, donde los estudios inicialmente seleccionados de los portales Sciencedirect, Scopus y Pubmed pasaron por procesos de exclusión e inclusión, tomando como criterio el tipo de investigación (año de antigüedad y portal web), datos de estudio e información de contenido como se muestra en el gráfico 1.

Gráfico N° 1. Procedimiento de selección de artículos



Elaboración propia

### 3.7. Rigor científico

El rigor presente en la investigación cualitativa hace del estudio un trabajo de calidad. Por ello, este trabajo aborda el rigor dentro de la investigación, detallando a continuación el concepto de confiabilidad, estableciendo la comprensión tradicional del término, así como una exploración similar de validez y finalmente dependencia y aplicabilidad (Cadena Iñiguez P. et al., 2017, p.4).

-La confiabilidad se puede definir como "la consistencia o constancia de un instrumento de medición", que se refiere a la consistencia con la cual los casos son asignados a la misma categoría por diferentes observadores o por el mismo observador en diferentes ocasiones, utilizando dos fuentes que son frecuentemente utilizado para la comprensión tradicional de la fiabilidad. Esto se puso en práctica a través del debate de resultados, en el que diversos investigadores presentaron sus hallazgos y se compararon en cuanto a semejanza o diferencia.

-Validez en un estudio cualitativo si captura con precisión los rasgos del fenómeno que intenta describir, explicar o teorizar. Esto se comprobó a través de los estudios que fueron extraídos de fuentes indexadas y confiables, así mismo, para brindar la certeza de la información, también se detalló el nombre del autor, la página y el año de publicación, la información descrita fue transcrita con total parcialidad. . sin dar puntos de vista subjetivos.

-La dependencia es la estabilidad de la información de estudio, donde es uno de los criterios que presenta mayores discrepancias ya que se dice que la estabilidad de la información no se puede lograr cuando los contextos estudiados son reales. Este criterio se buscó obtener aportando la mayor cantidad de información posible de los estudios utilizados.

-Aplicabilidad de los instrumentos, este criterio se considera como la medida en que un proceso de intervención podría implementarse en otro escenario, además, debe tenerse en cuenta al momento de decidir cómo traducir los hallazgos de un determinado estudio o revisión a un determinado población, intervención o entorno. específico. Este criterio está presente en el estudio porque se detalló a través de la metodología del estudio cómo

se llevó a cabo la investigación, para que futuros investigadores puedan aplicarlo a otros contextos y seguir desarrollándolo.

### **3.8. Método de análisis de la información**

Este estudio utilizó el método de triangulación como método de análisis de la información, ya que la triangulación opta por el uso de varias fuentes de datos así como diferentes métodos. Así, se utilizó como técnica de estudio el análisis documental y la matriz apriorística donde se generaron categorías y subcategorías para el desarrollo de los resultados; siendo los criterios propuestos:

C1: Métodos de extracción de pectina

C2: Fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina

C3: Productos de fermentación obtenidos por la aplicación de diversos procesos biotecnológicos

Sub C.1: Hidrotermal, Enzimático, Ultrasonido, Fermentación

Sub C.2: Rendimiento de pectina (%), azúcares neutros de pectina (%)

Sub C.3: Ácido láctico, Biogás, Etanol

### **3.9. Aspectos éticos**

Los aspectos éticos con los que cumplió este estudio fueron el respeto a la autoría, donde cada cita utilizada fue debidamente citada a través de la Norma ISO 690-2, así mismo, lo dispuesto en la resolución de investigación N° 110-2022-VI-UCV y con los rigores científicos que dio al estudio el cumplimiento de los principios básicos de la investigación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La importancia de la biorrefinería para la extracción de pectina en los diversos subproductos de los residuos orgánicos para reducir la contaminación ambiental se explica por los resultados obtenidos a través de la determinación de los productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los diversos procesos biotecnológicos aplicados para la reducción de la contaminación ambiental, así como las diversas fuentes de desechos orgánicos ricos en pectina y los métodos de extracción de pectina; mostrándose los resultados a través de las tablas 1, 2 y 3.

Utilizando la tabla 1, se clasificaron los métodos de extracción de pectina de los diversos sustratos utilizados para reducir la contaminación ambiental, teniendo como unidad de análisis el rendimiento de pectina.

*Cuadro No. 1. Métodos de extracción de pectina*

#	Autor(es)	Método de extracción de pectina/POS	Rendimiento de pectina (%)
1	Adiletta Giuseppina et al. (2020, pág. 1)	ácido orgánico	25,0
2	Alexandri María et al., (2019, p.1)	ácido inorgánico	30.3
3	Banerjee J. et al., (2018, p.1)	hidrotermal	27.2
4	Alves De Oliveira R. et al., (2020, p.1)	ácido orgánico	29.2
5	Gonzáles García S. et al., (2018, p.1)	hidrotermal	25.4
6	Gonzáles García S. et al., (2018, p.1)	enzimático	20.6
7	Whitewashed Lark M. et al., (2019, p.1)	Ultrasonido + enzimático	27.1
8	blanqueado Alondra et al., (2019, p.2)	Ultrasonido	35.4
9	blanqueado Alondra et al., (2019, p.2)	Alcalino	23.0
10	Ma Yicong et al., (2019, p.1)	ácido orgánico	19.6
11	Ortiz Sánchez M. et al., (2021, p.1)	ácido orgánico	10.4

12	Patsalou Maria et al., (2020, p.2)	ácido inorgánico	19.9
13	Rico Xiana et al., (2020, p.1)	hidrotermal	9.4
14	Satari Behzad et al. (2017, pág. 1)	ácido inorgánico	23.2
15	Sentit Juan José et al. (2019, pág. 1)	ácido inorgánico	19.6
16	Talekar Sachin et al. (2018, pág. 1)	Ultrasonido	24,8
17	Talekar Sachin et al. (2018, pág. 1)	ácido inorgánico	24.4
18	Talekar S. et al. (2018, pág. 2)	hidrotermal	20,9
19	Jahn Annika et al. (2020, pág. 1)	ácido inorgánico	24.6
20	Kundu Debajyoti et al. (2021, pág. 1)	enzimático	12.7
21	Pereira María Angélica F. et al. (2021, pág. 1)	ácido orgánico	8.0
22	Tsuko Erminta et al. (2020, pág. 1)	ácido orgánico	16.3
23	Váez Safoura et al. (2021, pág. 2)	ácido inorgánico	24.7
24	Wangtianfu et al. (2021, pág. 1)	Ultrasonido + enzimático	24,8
25	Yang Guojun et al. (2020, pág. 1)	Fermentación	26.1
26	Yang Guojun et al. (2020, pág. 1)	Fermentación	15.7
27	Hamley-Bennett C. et al. (2016, pág. 1)	hidrotermal	32,9
28	Kazemi Milad et al. (2019, pág. 1)	ácido orgánico	26.1
29	Kyriakou María et al. (2020, pág. 1)	ácido inorgánico	30.5
30	Ortiz-Sánchez M. et al. (2020, pág. 1)	ácido orgánico	15.9

Para obtener un rendimiento óptimo de la cantidad de GalA y la hidrólisis como resultado, se deben tener en cuenta los valores correctos de la pectina generada, por lo que el rendimiento generado y las propiedades gelificantes de la pectina deben ser los parámetros a tener en cuenta. observado; pero la toxicidad que genera y la corrosión

que provocan los efluentes que se producen son dos de sus principales problemas a tener en cuenta (Maric M. et al., 2018, p.2). Debido a esto, se requieren tratamientos especiales para eliminar los compuestos tóxicos generados en el proceso de extracción de pectina, aunque esto aumenta los costos.

Ante esto, a través de la Tabla 1 donde se compararon 30 estudios donde se encontró que los métodos de extracción de pectina de los diversos sustratos innovadores incluyen la extracción asistida por enzimas (EAE) y la extracción asistida por ultrasonidos (UAE), así como el uso de y los ácidos inorgánicos son los más utilizados.

Esto debido a que la EAU presenta múltiples ventajas de su aplicación; siendo considerado entre estos la reducción del consumo de energía, una reducción en el tiempo de proceso, la reducción en el uso de aditivos químicos y presenta un proceso más rápido; Además, se distingue que existe un mayor control en el proceso de extracción, por lo que aumenta la producción y aumenta el rendimiento, además de presentar un proceso amigable con el medio ambiente.

Y esto es corroborado por Wang tianfu et al. (2021, p.1), Talekar Sachin et al. (2018, p.1), Encalada Alondra et al., (2019, p.2), Encalada Alondra M. et al., (2019, p.1), quienes aplicando el método de extracción de pectina con EAU, obtuvieron rendimiento de pectina porcentajes por 24.8, 24.8, 35.4, 27.1 respectivamente.

Asimismo, el funcionamiento de la EAU consiste en el sobrellenado de las burbujas de cavitación, las paredes celulares añadidas por ultrasonidos (US) que provocan la ruptura de la célula, lo que contribuye a una mayor entrada de disolvente en las células. células y a la intensificación de la transferencia de masa (Chemat F. et al., 2017, p.2). Pero esto es refutado por (Maric Mirela et al., 2018, p.3); quien menciona que estos ácidos minerales son más efectivos y eficientes ya que la disociación es menor.

Pero también ácidos como el acético y el cítrico que tienen diversas sales suelen generar menos despolimerización de las pectinas, también afirma que estos son considerados ecológicos, por lo que son más adecuados para su aplicación (Kang J. et al., 2016, p. 1). Además, era uno de los métodos más utilizados a diferencia de los Emiratos Árabes Unidos y Estados Unidos.

los siguientes científicos, cuyo estudio da credibilidad al hallazgo antes mencionado: Adiletta Giuseppina et al. (2020, p. 1), Alves De Oliveira R. et al. et al. (2020, pág. 1), Ma Yicong et al. (2019, p. 1), Ortiz Sánchez M. et al. (2021, p. 1), Pereira María Angélica F. et al. (2021, p. 1), Tsuko Ermint (2020, p. 1).

Por otro lado, utilizando la Tabla 2, se analizaron las diversas fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina para la reducción de la contaminación ambiental, donde la unidad de análisis fue el tipo de residuo orgánico utilizado.

*Cuadro No. 2. Fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina*

#	Autor(es)	Fuente	Rendimiento de pectina (%)	Azúcares neutros de pectina (%)
1	Adiletta Giuseppina et al. (2020, pág. 1)	Raíz de remolacha	25,0	No mostrado
2	Alexandri María et al., (2019, p.1)	Raíz de remolacha	30.3	No mostrado
3	Banerjee J. et al., (2018, p.1)	Mango	27.2	No mostrado
4	Alves De Oliveira R. et al., (2020, p.1)	Raíz de remolacha	29.2	No mostrado
5	Gonzáles García S. et al., (2018, p.1)	Raíz de remolacha	25.4	No mostrado
6	Gonzáles García S. et al., (2018, p.1)	Raíz de remolacha	20.6	No mostrado
7	Whitewashed Lark M. et al., (2019, p.1)	Zanahoria	27.1	52.0
8	blanqueado Alondra et al., (2019, p.2)	Zanahoria	35.4	45,0
9	blanqueado Alondra et al., (2019, p.2)	Zanahoria	23.0	36,0
10	Ma Yicong et al., (2019, p.1)	Manzana	19.6	No mostrado
11	Ortiz Sánchez M. et al., (2021, p.1)	Agrios	10.4	No mostrado
12	Patsalou Maria et al., (2020, p.2)	Agrios	19.9	No mostrado
13	Rico Xiana et al., (2020, p.1)	Cantalupo	9.4	No mostrado
14	Satari Behzad et al. (2017, pág. 1)	Agrios	23.2	No mostrado
15	Sentit Juan José et al. (2019, pág. 1)	Agrios	19.6	31.0
16	Talekar Sachin et al. (2018, pág. 1)	Granada	24,8	No mostrado
17	Talekar Sachin et al. (2018, pág. 1)	Granada	24.4	No mostrado

18	Talekar S. et al. (2018, pág. 2)	Granada	20,9	No mostrado
19	Jahn Annika et al. (2020, pág. 1)	Raíz de remolacha	24.6	No mostrado
20	Kundu Debajyoti et al. (2021, pág. 1)	Agrios	12.7	No mostrado
21	Pereira María Angélica F. et al. (2021, pág. 1)	Banana	8.0	No mostrado
22	Tsuko Ermintha et al. (2020, pág. 1)	Agrios	16.3	No mostrado
23	Váez Safoura et al. (2021, pág. 2)	Agrios	24.7	No mostrado
24	Wangtianfu et al. (2021, pág. 1)	Granada	24,8	No mostrado
25	Yang Guojun et al. (2020, pág. 1)	Agrios	26.1	37.5
26	Yang Guojun et al. (2020, pág. 1)	Agrios	15.7	49.5
27	Hamley-Bennett C. et al. (2016, pág. 1)	Raíz de remolacha	32,9	No mostrado
28	Kazemi Milad et al. (2019, pág. 1)	Berenjena	26.1	No mostrado
29	Kyriakou María et al. (2020, pág. 1)	Agrios	30.5	No mostrado
30	Ortiz-Sánchez M. et al. (2020, pág. 1)	Agrios	15.9	No mostrado

El sector biotecnológico puede estar muy interesado en los residuos de extracción de pectina y los materiales pectináceos como materia prima, ya que son renovables y se pueden utilizar para fabricar bienes con valor agregado, preservando y reutilizando los recursos (Kundu Debajyoti et al. 2021, p.1).

Con el fin de reducir la contaminación ambiental, se evaluaron varias fuentes de residuos orgánicos con alto contenido de pectina a través de la tabla 2 y se descubrió que los residuos agroalimentarios, entre ellos la remolacha y la zanahoria, son los más utilizados.

El material orgánico más popular fue la remolacha, ya que sus subproductos tienen un perfil significativamente diferente al de otros materiales como mango, melón y plátano, mostrando un alto nivel de hemicelulosa y un bajo contenido de lignina. . Estudios de Adiletta Giuseppina et al. (2020, p.1), Alexandri Maria et al. (2019, p.1), y Alves De Oliveira R. lo sustentan. Gonzáles García S. et al., 2020, pág. Gonzales Garcia S. et al., (2018, p. Jahn Annika et al. (2020, p.1), et al. (2018, p.1), Hamley-Bennett C. et al. (2016, p. 1) (2016, p.1).

debido al hecho de que las propiedades estructurales del material de origen determinan los métodos de recuperación para la extracción de pectina. Pero también debe mencionarse que distintas fracciones del mismo subproducto agroalimentario se informan en una serie de investigaciones resumidas que se muestran en la tabla 2.

Así lo demuestran Gonzales García S. et al., (2018, p.1); quien aplicó remolacha en dos de sus estudios, obteniendo dos porcentajes diferentes de pectina, 25,4% y 20,6%; siendo tales resultados debido al método de extracción utilizado, ya que se aplicaron tratamientos hidrotermales y enzimáticos respectivamente.

Por otra parte, también Encalada Alondra et al., (2019, p.2), en sus estudios realizaron la comparación de un mismo residuo orgánico, siendo el de zanahoria el utilizado, donde para el primer caso utilizaron el método de extracción de pectina por Ultrasonido. + enzimático obteniendo un rendimiento de pectina de 17.1%, mientras que con la misma materia orgánica aplicando ultrasonido obtuvo 35.4 y por el método con tratamiento alcalino obtuvo un porcentaje de 23%.

Finalmente, identificaron los productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los diversos procesos biotecnológicos aplicados para reducir la contaminación ambiental utilizando la Tabla 3, donde la unidad de análisis fue el tipo de proceso biotecnológico.

*Cuadro No. 3. Productos de fermentación obtenidos*

#	Autor(es)	Microorganismo utilizado para la fermentación.	Tipo de proceso biotecnológico	productos de fermentación
1	Alexandri María et al., (2019, p.1)	<i>Actinobacillus succinogenes</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	ácido succínico
2	Ortiz Sánchez M. et al., (2021, p.1)	digestión anaeróbica	Fermentación	biocombustible/biogás
3	Patsalou Maria et al., (2020, p.2)	<i>Actinobacillus succinogenes</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	ácido succínico

4	Satari Behzad et al. (2017, pág. 1)	<i>índice de mucor</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	Etanol, biomasa fúngica
5	Talekar S. et al. (2018, pág. 2)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	Etanol
6	Kundu Debajyoti et al. (2021, pág. 1)	<i>Pichia kudriavzevii/Saccharomyces cerevisiae</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	Etanol
7	Tsuko Erminta et al. (2020, pág. 1)	<i>Sucrofermentantes Komagataeibacter</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	celulosa bacteriana
8	Váez Safoura et al. (2021, pág. 2)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Fermentación	Etanol
9	Wangtianfu et al. (2021, pág. 1)	<i>Clostridium tyrobutyricum</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	ácido butírico
10	Yang Guojun et al. (2020, pág. 1)	<i>Aspergillus niger</i> en <i>Pichia pastoris</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	Oligosacáridos pécticos (TPV)
11	Yang Guojun et al. (2020, pág. 1)	<i>Aspergillus niger</i> en <i>Pichia pastoris</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	Oligosacáridos pécticos (TPV)
12	Hamley-Bennett C. et al. (2016, pág. 1)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	Etanol
13	Kazemi Milad et al. (2019, pág. 1)	<i>aureobasidium pululanos</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	pululano
14	Kyriakou María et al. (2020, pág. 1)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Preparación de enzimas + Fermentación	Etanol
15	Ortiz-Sánchez M. et al. (2020, pág. 1)	<i>Trichoderma reesei</i>	Fermentación + Fermentación	Biocombustible/biogás, ácido mónico

La Tabla 3 muestra que los productos de fermentación obtenidos a través del uso de varias técnicas biotecnológicas utilizadas para disminuir la contaminación ambiental son biocombustibles, con la fermentación y la digestión anaerobia sirviendo como productores primarios y típicos, respectivamente.

Debido a la cantidad de azúcares fermentables y la baja concentración de lignina de los residuos de pectina, la fabricación de biocombustibles a partir de subproductos agroalimentarios ricos en pectina se ha convertido en una de las opciones de recuperación de mayor importancia estratégica (Wangtianfu et al. 2021, p. 5).

Como resultado, también se descubrió que la preparación enzimática con 100% de fermentación es el tipo de técnica biotecnológica utilizada en los experimentos.

Por lo tanto, el etanol es uno de los biocombustibles más disponibles en la Tabla 3, que está respaldado por Satari Behzad et al. (2017), Talekar S. et al. (2018, p. 2), Váez Safoura et al. (2021, pág. 2), Hamley-Bennett C. et al. (2021, pág. 1), Kundu Debajyoti et al. Mucor, Saccharomyces cerevisiae, Pichia kudriavzevii/Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces cerevisiae y Saccharomyces cerevisiae se utilizaron como microorganismos de fermentación en et al. (2016, p.1) y Kyriakou Maria et al. (2020, p.1). .

Por otro lado, los residuos que se utilicen presentarán diferentes tipos de pretratamientos, debido a que cada uno presenta un tipo de subproducto diferente, con lo cual el compuesto funcional de cada uno será diferente (Panwar D. et al., 2021, pág.2). En los biocombustibles, la fermentación microbiana o digestión anaeróbica es aquel proceso esencial que incide en su producción, encargándose del proceso microbiano, así como la adición de aceites esenciales y polifenoles que presentan una variación. (Zema D. et al., 2018, p.2).

## V. CONCLUSIONES

Según la fuente de los subproductos y las técnicas de extracción de pectina utilizadas, las biorrefinerías son importantes para extraer pectina de los diversos subproductos de desechos orgánicos para reducir la contaminación ambiental. Como ya se dijo, los CW han sido objeto de una investigación más profunda en los procesos de biorrefinería. Teniendo en cuenta las variaciones, la investigación realizada sobre estos subproductos puede ayudar en la explotación efectiva de otros desechos agroalimentarios.

Las técnicas de extracción de pectina más populares para los diversos sustratos utilizados para reducir la contaminación ambiental incluyen la extracción asistida por enzimas y ultrasonidos (EAE), así como el uso de ácidos orgánicos e inorgánicos. Esto se debe a que, en comparación con los métodos convencionales, ofrece numerosas ventajas en términos de aplicación, incluido un menor consumo de energía, tiempos de tratamiento más cortos, menor uso de solventes, mejor mezcla, transferencia de energía y masa más rápida, equipos más pequeños y tiempos de reacción más rápidos para control de extracción del proceso.

Los desechos agroalimentarios, como los de la remolacha y la zanahoria, son una de las muchas formas de desechos orgánicos con alto contenido de pectina que pueden utilizarse para disminuir la contaminación ambiental. La remolacha también fue el material orgánico más utilizado ya que sus subproductos tienen un perfil significativamente diferente al de otros materiales como el mango, el melón y el banano, mostrando un alto nivel de hemicelulosa y un bajo contenido de lignina.

Los biocombustibles son los subproductos de la fermentación adquiridos mediante el uso de diversos procesos biotecnológicos utilizados para reducir la contaminación ambiental, siendo la fermentación el principal método de producción y la digestión anaeróbica los principales métodos de producción, respectivamente. Debido a la cantidad de azúcares fermentables y la baja concentración de lignina de los residuos de pectina, la fabricación de biocombustibles a partir de subproductos agroalimentarios ricos en pectina se ha convertido en una de las opciones de valorización estratégicamente más significativas.

## VI. RECOMENDACIONES

La revisión de varios artículos científicos reveló la importancia de la valorización de la biomasa residual y la optimización de procesos enzimáticos para las plataformas de biorrefinería, pero también reveló la escasez de estudios disponibles actualmente. Ante esto, se da el siguiente consejo :

- a) Para crear procedimientos más efectivos, la investigación futura intentará cubrir un espectro más amplio de sustratos, recomendando más estudios experimentales científicos a nivel internacional y nacional.
  
- b) Los estudios futuros también pueden contribuir a la comprensión del metabolismo microbiano para construir procesos ecológicos más especializados basados en los metabolitos posiblemente producidos, maximizar la utilización de cada subproducto, y
  
- c) Finalmente, a través de los resultados mostrados conociendo información como las diversas fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina, se espera que futuros investigadores puedan utilizarlos como plantillas para estudios experimentales.

## REFERENCIAS:

- ADILETTA, Giuseppina, et al. A simplified biorefinery concept for the valorization of sugar beet pulp: Ecofriendly isolation of pectin as a step preceding torrefaction. *Waste and Biomass Valorization*, 2020, vol. 11, no 6, p. 2721-2733. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00582-4>
- ALEXANDRI, Maria, et al. Restructuring the conventional sugar beet industry into a novel biorefinery: fractionation and bioconversion of sugar beet pulp into succinic acid and value-added coproducts. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2019, vol. 7, no 7, p. 6569-6579. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b04874>
- ALVES DE OLIVEIRA, Regiane, et al. A simple biorefinery concept to produce 2G-lactic acid from sugar beet pulp (SBP): A high-value target approach to valorize a waste stream. *Molecules*, 2020, vol. 25, no 9, p. 2113. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules25092113>
- BALOYI, Wilma ten Ham. Systematic review as a research method in postgraduate nursing education. *health sa gesondheid*, 2016, vol. 21, no 1, p. 120-128. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hsag.2015.08.002>
- BANERJEE, Jhumur, et al. A hydrocolloid based biorefinery approach to the valorisation of mango peel waste. *Food Hydrocolloids*, 2018, vol. 77, p. 142-151. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.029>
- BRACHI, Paola, et al. Torrefaction of tomato peel residues in a fluidized bed of inert particles and a fixed-bed reactor. *Energy & Fuels*, 2016, vol. 30, no 6, p. 4858-4868. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.6b00328>
- BRACHI, Paola, et al. Valorization of sugar beet pulp via torrefaction with a focus on the effect of the preliminary extraction of pectins. *Energy & Fuels*, 2017, vol. 31, no 9, p. 9595-9604. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b01766>

- CADENA-IÑIGUEZ, Pedro, et al. Quantitative methods, qualitative methods or combination of research: an approach in the social sciences. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2017, vol. 8, no 7, p. 1603-1617. Disponible en: ISSN 2007-0934
- CHEMAT, Farid, et al. Review of green food processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2017, vol. 41, p. 357-377. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.016>
- CLAUSER, Nicolás M., et al. A framework for the design and analysis of integrated multi-product biorefineries from agricultural and forestry wastes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, vol. 139, p. 110687. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110687>
- COSTA, Kaiany Padilha Bras; REICHEMBACH, Luis Henrique; DE OLIVEIRA PETKOWICZ, Carmen Lucia. Pectins with commercial features and gelling ability from peels of *Hylocereus* spp. *Food Hydrocolloids*, 2022, vol. 128, p. 107583. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107583>
- CRISTÓBAL, Jorge, et al. Techno-economic and profitability analysis of food waste biorefineries at European level. *Bioresource Technology*, 2018, vol. 259, p. 244-252. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.016>
- ENCALADA, Alondra M. Idrovo, et al. Antioxidant pectin enriched fractions obtained from discarded carrots (*Daucus carota* L.) by ultrasound-enzyme assisted extraction. *Food chemistry*, 2019, vol. 289, p. 453-460. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.078>
- ENCALADA, Alondra M. Idrovo, et al. High-power ultrasound pretreatment for efficient extraction of fractions enriched in pectins and antioxidants from discarded carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Engineering*, 2019, vol. 256, p. 28-36. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.007>
- GALANAKIS, Charis M. Functionality of food components and emerging technologies. *Foods*, 2021, vol. 10, no 1, p. 128. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods10010128>

- GALANAKIS, Charis M. The food systems in the era of the coronavirus (COVID-19) pandemic crisis. *Foods*, 2020, vol. 9, no 4, p. 523. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods9040523>
- GERSCHENSON, Lia Noemi, et al. Pectins obtained by ultrasound from agroindustrial by-products. *Food Hydrocolloids*, 2021, vol. 118, p. 106799. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106799>
- GHIBAUDO, Florencia, et al. Pectin-iron capsules: Novel system to stabilise and deliver lactic acid bacteria. *Journal of Functional Foods*, 2017, vol. 39, p. 299-305. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.10.028>
- GIRI, T. Nanoarchitected Polysaccharide-Based Drug Carrier for Ocular. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, 2016. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=LkqLCwAAQBAJ&pg=PA119&ots=K8m-Lbl-qd&dq=Nanoarchitected%20Polysaccharide-Based%20Drug%20Carrier%20for%20Ocular%20Therapeutics&lr&hl=es&pg=PA119#v=onepage&q=Nanoarchitected%20Polysaccharide-Based%20Drug%20Carrier%20for%20Ocular%20Therapeutics&f=false>
- GONZALEZ-GARCIA, Sara; GULLÓN, Beatriz; MOREIRA, Maria Teresa. Environmental assessment of biorefinery processes for the valorization of lignocellulosic wastes into oligosaccharides. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 172, p. 4066-4073. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.164>
- HAMLEY-BENNETT, C.; LYE, G. J.; LEAK, D. J. Selective fractionation of sugar beet pulp for release of fermentation and chemical feedstocks; optimisation of thermochemical pre-treatment. *Bioresource Technology*, 2016, vol. 209, p. 259-264. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.131>
- HERNÁNDEZ-VALENCIA, Carmen Guadalupe, et al. Probiotic-containing edible films and coatings of biopolymers. En *Biopolymer Membranes and Films*. Elsevier, 2020. p. 589-615. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818134-8.00025-0>

- HOQUE, Monjurul, et al. Biopolymer-based edible films and coatings for food applications. En Food, Medical, and Environmental Applications of Polysaccharides. Elsevier, 2021. p. 81-107. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819239-9.00013-0>
- JAHN, Annika, et al. Utilization of Hemicelluloses as Example for Holistic Recovery of Agricultural Residues. *Chemie Ingenieur Technik*, 2020, vol. 92, no 11, p. 1764-1771. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/cite.202000080>
- KANG, Jiaqi, et al. Characterization of natural low-methoxyl pectin from sunflower head extracted by sodium citrate and purified by ultrafiltration. *Food chemistry*, 2015, vol. 180, p. 98-105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.037>
- KAZEMI, Milad, et al. An integrated valorization of industrial waste of eggplant: Simultaneous recovery of pectin, phenolics and sequential production of pullulan. *Waste Management*, 2019, vol. 100, p. 101-111. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.013>
- KHORASANI, Alireza Chackoshian; SHOJAOSADATI, Seyed Abbas. Bacterial nanocellulose-pectin bionanocomposites as prebiotics against drying and gastrointestinal condition. *International journal of biological macromolecules*, 2016, vol. 83, p. 9-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.041>
- KYRIAKOU, Maria, et al. Enhancing bioproduction and thermotolerance in *Saccharomyces cerevisiae* via cell immobilization on biochar: Application in a citrus peel waste biorefinery. *Renewable Energy*, 2020, vol. 155, p. 53-64. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.03.087>
- KUNDU, Debajyoti, et al. Valorization of citrus lemon wastes through biorefinery approach: An industrial symbiosis. *Bioresource Technology Reports*, 2021, vol. 15, p. 100717. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100717>
- LI, Kaidong, et al. Structural characterization and rheological properties of a pectin with anti-constipation activity from the roots of *Arctium lappa* L. *Carbohydrate polymers*,

2019, vol. 215, p. 119-129. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.051>

LIU, Na, et al. Comparison of characterization and antioxidant activity of different citrus peel pectins. *Food Chemistry*, 2022, vol. 386, p. 132683. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132683>

LOPEZ-SANCHEZ, Patricia, et al. Nanostructure and poroviscoelasticity in cell wall materials from onion, carrot and apple: roles of pectin. *Food Hydrocolloids*, 2020, vol. 98, p. 105253. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105253>

MA, Yicong; LUO, Jing; XU, Yong. Co-preparation of pectin and cellulose from apple pomace by a sequential process. *Journal of food science and technology*, 2019, vol. 56, no 9, p. 4091-4100. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03877-5>

MALLET, Richard, et al. The benefits and challenges of using systematic reviews in international development research. *Journal of development effectiveness*, 2012, vol. 4, no 3, p. 445-455. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1080/19439342.2012.711342>

MARIĆ, Mirela, et al. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, vol. 76, p. 28-37. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.022>

MENG, Fanfei, et al. Immunoactive drug carriers in cancer therapy. En *Biomaterials for Cancer Therapeutics*. Woodhead Publishing, 2020. p. 53-94. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102983-1.00003-X>

MOSLEMI, Masoumeh. Reviewing the recent advances in application of pectin for technical and health promotion purposes: From laboratory to market. *Carbohydrate Polymers*, 2021, vol. 254, p. 117324. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117324>

- NAQASH, Farah, et al. Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A Review. *Carbohydrate polymers*, 2017, vol. 168, p. 227-239. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.03.058>
- ORTIZ-SANCHEZ, M., et al. Integral use of orange peel waste through the biorefinery concept: an experimental, technical, energy, and economic assessment. *Biomass conversion and Biorefinery*, 2021, vol. 11, no 2, p. 645-659. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00627-y>
- ORTIZ-SANCHEZ, Mariana, et al. Pre-feasibility analysis of the production of mucic acid from orange peel waste under the biorefinery concept. *Biochemical Engineering Journal*, 2020, vol. 161, p. 107680. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2020.107680>
- PANWAR, Divyani; PANESAR, Parmjit S.; CHOPRA, Harish K. Recent trends on the valorization strategies for the management of citrus by-products. *Food Reviews International*, 2021, vol. 37, no 1, p. 91-120. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1695834>
- PATSALOU, Maria, et al. A biorefinery for conversion of citrus peel waste into essential oils, pectin, fertilizer and succinic acid via different fermentation strategies. *Waste Management*, 2020, vol. 113, p. 469-477. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.020>
- PEREIRA, Maria Angélica F., et al. Deconstruction of banana peel for carbohydrate fractionation. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2021, vol. 44, no 2, p. 297-306. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00449-020-02442-1>
- POMEROY, Claire; SANFILIPPO, Fred. How research can and should inform public policy. En *The transformation of academic health centers*. Academic Press, 2015. p. 179-191. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800762-4.00018-9>
- PRADO, Samira BR, et al. Pectin interaction with immune receptors is modulated by ripening process in papayas. *Scientific reports*, 2020, vol. 10, no 1, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58311-0>

- RADDATZ, Greice Carine, et al. Use of prebiotic sources to increase probiotic viability in pectin microparticles obtained by emulsification/internal gelation followed by freeze-drying. *Food Research International*, 2020, vol. 130, p. 108902. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108902>
- RAMIREZ, Rafael, et al. Scenarios as a scholarly methodology to produce “interesting research”. *Futures*, 2016, vol. 71, p. 70-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.06.006>
- RAMOS-ANDRÉS, Marta, et al. Pilot-scale biorefinery for the production of purified biopolymers based on hydrothermal treatment in flow-through reactor cycles. *Chemical Engineering Journal*, 2022, vol. 437, p. 135123. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.135123>
- RAY, Somasree. Advanced colon-specific delivery systems for treating local disorders. En *Polysaccharide carriers for drug delivery*. Woodhead Publishing, 2019. p. 737-762. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102553-6.00025-8>
- REHMAN, Saleha, et al. Polysaccharide-based amorphous solid dispersions (ASDs) for improving solubility and bioavailability of drugs. En *Polysaccharide Carriers for Drug Delivery*. Woodhead Publishing, 2019. p. 271-317. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102553-6.00010-6>
- REN, Wenqi; QIANG, Taotao; CHEN, Liang. Recyclable and biodegradable pectin-based film with high mechanical strength. *Food Hydrocolloids*, 2022, p. 107643. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107643>
- RICO, Xiana; GULLÓN, Beatriz; YÁÑEZ, Remedios. Environmentally friendly hydrothermal processing of melon by-products for the recovery of bioactive pectic-oligosaccharides. *Foods*, 2020, vol. 9, no 11, p. 1702. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods9111702>
- RTIBI, K., et al. Laxative and anti-purgative bioactive compounds in prevention and treatment of functional gastrointestinal disorders, constipation and diarrhea. *Journal*

of Nutritional Health & Food Engineering, 2018, vol. 8, no 6, p. 472-473. ISSN: 2373-4310

SABATER, Carlos; VILLAMIEL, Mar; MONTILLA, Antonia. Integral use of pectin-rich by-products in a biorefinery context: A holistic approach. *Food Hydrocolloids*, 2022, p. 107564. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107564>

SANCHEZ-GONZALEZ, Laura, et al. Composite hydrogels of pectin and alginate. En *Plant and Algal Hydrogels for Drug Delivery and Regenerative Medicine*. Woodhead Publishing, 2021. p. 507-533. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821649-1.00012-X>

SATARI, Behzad, et al. Process optimization for citrus waste biorefinery via simultaneous pectin extraction and pretreatment. *BioResources*, 2017, vol. 12, no 1, p. 1706-1722. Disponible en: <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.1706-1722>

SENIT, Juan Jose, et al. Orange peel waste upstream integrated processing to terpenes, phenolics, pectin and monosaccharides: Optimization approaches. *Industrial Crops and Products*, 2019, vol. 134, p. 370-381. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.03.060>

SHAHABI-GHAHFARROKHI, Iman; ALMASI, Hadi; BABAEI-GHAZVINI, Amin. Characteristics of biopolymers from natural resources. En *Processing and development of polysaccharide-based biopolymers for packaging applications*. Elsevier, 2020. p. 49-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818795-1.00003-4>

TALEKAR, Sachin, et al. Complete utilization of waste pomegranate peels to produce a hydrocolloid, punicalagin rich phenolics, and a hard carbon electrode. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2018, vol. 6, no 12, p. 16363-16374. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b03452>

TALEKAR, Sachin, et al. An integrated green biorefinery approach towards simultaneous recovery of pectin and polyphenols coupled with bioethanol production from waste

pomegranate peels. *Bioresource technology*, 2018, vol. 266, p. 322-334. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.072>

TSAGKARI, Mirela, et al. Early-stage capital cost estimation of biorefinery processes: a comparative study of heuristic techniques. *ChemSusChem*, 2016, vol. 9, no 17, p. 2284-2297. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/cssc.201600309>

TSOUKO, Erminta, et al. Integrated biorefinery development for the extraction of value-added components and bacterial cellulose production from orange peel waste streams. *Renewable Energy*, 2020, vol. 160, p. 944-954. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.108>

VAEZ, Safoura, et al. An optimal biorefinery development for pectin and biofuels production from orange wastes without enzyme consumption. *Process Safety and Environmental Protection*, 2021, vol. 152, p. 513-526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.013>

VALLADARES-DIESTRA, Kim Kley; DE SOUZA VANDENBERGHE, Luciana Porto; SOCCOL, Carlos Ricardo. A biorefinery approach for pectin extraction and second-generation bioethanol production from cocoa pod husk. *Bioresource Technology*, 2022, vol. 346, p. 126635. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126635>

VANCAUWENBERGHE, Valérie, et al. Pectin based food-ink formulations for 3-D printing of customizable porous food simulants. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2017, vol. 42, p. 138-150. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.06.011>

WANG, Tianfu, et al. Integrating chemical and biological catalysis for simultaneous production of polyphenolics and butyric acid from waste pomegranate peels. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 778, p. 146095. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146095>

- YANG, Guojun, et al. Application of engineered yeast strain fermentation for oligogalacturonides production from pectin-rich waste biomass. *Bioresource Technology*, 2020, vol. 300, p. 122645. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122645>
- ZACHAROF, Myrto-Panagiota. Grape winery waste as feedstock for bioconversions: applying the biorefinery concept. *Waste and biomass valorization*, 2017, vol. 8, no 4, p. 1011-1025. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9674-2>
- ZARANDONA, Iratxe, et al. 3D Printed Chitosan-Pectin Hydrogels: From Rheological Characterization to Scaffold Development and Assessment. *Gels*, 2021, vol. 7, no 4, p. 175. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/gels7040175>
- ZEMA, D. A., et al. Valorisation of citrus processing waste: A review. *Waste management*, 2018, vol. 80, p. 252-273. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.024>
- ZHANG, Hongbin; ZHANG, Fei; YUAN, Ronnie. Applications of natural polymer-based hydrogels in the food industry. En *Hydrogels based on natural polymers*. Elsevier, 2020. p. 357-410. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816421-1.00015-X>

## ANEXOS

*Anexo 1. Tabla de matriz de Categorización Apriorística*

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
Clasificar los métodos de extracción de pectina de los diversos sustratos usados para la Reducción de Contaminación Ambiental	¿Cuáles son los métodos de extracción de pectina de los diversos sustratos usados para la Reducción de Contaminación Ambiental?	Métodos de extracción de pectina (Meng Fanfei et al., 2020, p.6).	Hidrotermal Enzimático Ultrasonido Fermentación  (Gerschenson Lia N. et al., 2021, p.1).	De acuerdo al rendimiento de pectina (%)
Analizar las diversas fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina para la reducción de contaminación ambiental	¿Cuáles son las diversas fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina para la reducción de contaminación ambiental?	Fuentes de residuos orgánicos ricos en pectina (Liu Na et al., 2022, p.4).	Rendimiento de pectina (%)  Azúcares neutros de pectina (%)  (Sabater Carlos et al., 2022, p.2).	De acuerdo al tipo de residuo orgánico usado
Identificar los productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los diversos procesos biotecnológicos aplicados para la reducción de contaminación ambiental	¿Cuáles son los productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los diversos procesos biotecnológicos aplicados para la reducción de contaminación ambiental?	Productos de fermentación obtenidos por la aplicación de los diversos procesos biotecnológicos	Ácido láctico Biogás Etanol (Adiletta Giuseppina et al., 2020, p.2).	De acuerdo al tipo de proceso biotecnológico

*Elaboración propia*

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

 Universidad César Vallejo	<b>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</b>
---	---

**TITULO:**

<b>DATOS DEL AUTOR: NOMBRE(S)</b>		
<b>PAGINAS UTILIZADAS</b>	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>
<b>TIPO DE INVESTIGACION:</b>		
<b>CÓDIGO:</b>		
<b>PALABRAS CLAVES:</b>		
<b>MÉTODOS DE EXTRACCIÓN:</b>		
<b>RESIDUOS ORGÁNICO:</b>		
<b>PRODUCTOS FERMENTACIÓN:</b>	<b>DE</b>	
<b>RESULTADOS:</b>		
<b>CONCLUSIONES:</b>		



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ESPINOZA FARFAN EDUARDO RONALD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Biorrefinería Para la Extracción de Pectina en los Diversos Subproductos de Residuos Orgánicos para Reducir la Contaminación Ambiental: Revisión sistemática", cuyos autores son MAYO TAPARA CELESTINO, TARAPAQUI SIPAUCCAR RITA MARIELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 30 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ESPINOZA FARFAN EDUARDO RONALD <b>DNI:</b> 40231227 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4418-7009	Firmado electrónicamente por: ERESPINOZAF el 10- 01-2023 21:58:39

Código documento Trilce: TRI - 0505638