



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales: Una Revisión Sistemática

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Cornejo Badillo, Ruth Noemi (orcid.org/0000-0002-5630-8130)

Huaranga Benavides, Brenda Pamela (orcid.org/0000-0001-6107-7878)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: [0000-0003-1485-5854](https://orcid.org/0000-0003-1485-5854))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos Sólidos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA– PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi esposo e hija: Renzo Huayllasco y Hefziba, que están dándome fuerzas en cada momento de mi vida. A mis abuelos: Gerardo Bonilla y Ana Chávez que me impulsaron a seguir con los estudios superiores y a mi mamá: Ana Badillo, por sus oraciones.

Ruth Noemi Cornejo Badillo

Dedicatoria

A mi padre y madre: Milton Huaranga y Natividad Benavides, por motivarme, aconsejarme, guiarme y estar conmigo en todo momento. A mi abuela, tíos, hermanas, primos, sobrino y amigos por sus palabras y compañía, en especial a mi tía Mayra Benavides que desde el cielo sé que siempre me cuida y guía por el buen camino.

Agradecimiento

A Dios por sobre todas las cosas.

A nuestros padres.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.....	18
3.3. Escenario de estudio.....	20
3.4. Participantes.....	20
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.6. Procedimiento.....	20
3.8. Método de análisis de datos.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
V. CONCLUSIONES.....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS	

Índice de tablas

TABLA 1: Compuestos bioactivos de origen vegetal	10
TABLA 2: Principales fluidos supercríticos	12
TABLA 3: La solubilidad de los componentes bioactivos en CO ₂	14
TABLA 4: Resumen de los artículos empleados en la revisión sistemática acerca de la aplicación del CO ₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos. agroindustriales: una revisión sistemática.....	26
TABLA 5: compuestos bioactivos aplicando CO ₂ supercrítico en residuos agroindustriales.....	35
TABLA 6: Tipo de extracción.....	50
TABLA 7: Beneficios.....	57

Índice de figuras

FIGURA 1: Diagrama de fases del CO ₂	12
FIGURA 2: Diagrama de flujo de la extracción supercrítica con CO ₂	14

Resumen

Los compuestos bioactivos son sustancias químicas presentes en los residuos de frutas y hortalizas provenientes de la agroindustria en los últimos años han habido diferentes investigaciones donde demostraron la aplicación del dióxido de carbono supercrítico para la extracción y aprovechamiento de los residuos agroindustriales. El objetivo de la presente revisión sistemática es describir la aplicación del dióxido de carbono supercrítico en la extracción de sustancias de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales con respecto a la metodología se realizó una búsqueda de artículos de revistas indexadas tales como Science Direct, Researchgate, MDPI, Scielo, Scopus, PubMed, Redalyc. Por lo tanto se escogieron 51 investigaciones sin rango de fecha y sin distinción de idioma. Concluyendo que los ácidos carboxílicos, ácidos grasos, los polifenoles, flavonoides y los carotenoides son los compuestos de más interés para la industria alimentaria y farmacéutica por lo que influyen de manera positiva en el aprovechamiento de los residuos agroindustriales para la obtención de subproductos de valor significativo. También se demuestra que el impacto ambiental en el proceso de extracción, aplicando CO₂ supercrítico como solvente, es mínimo.

Palabras clave: Dióxido de carbono, extracción supercrítica, residuos agroindustriales.

Abstract

Bioactive compounds are chemical substances present in fruit and vegetable residues from agroindustry. In recent years there have been different investigations where they demonstrated the application of supercritical carbon dioxide for the extraction and use of agroindustrial residues. The objective of this systematic review is to describe the application of supercritical carbon dioxide in the extraction of substances from bioactive compounds of commercial interest from agro-industrial waste. Regarding the methodology, a search was made for articles in indexed journals such as Science Direct, Researchgate , MDPI, Scielo, Scopus, PubMed, Redalyc. Therefore, 51 investigations without date range and without distinction of language were chosen. Concluding that carboxylic acids, fatty acids, polyphenols, flavonoids and carotenoids are the compounds of most interest to the food and pharmaceutical industry, therefore they positively influence the use of agro-industrial residues to obtain by-products of significant value. . It is also shown that the environmental impact in the extraction process, applying supercritical CO₂ as solvent, is minimal.

Keywords: Carbon dioxide, supercritical extraction, agroindustrial waste.

I. INTRODUCCIÓN

América latina posee una gran diversidad biológica, por ende tiene una gran producción y consumo de alimentos (Díaz, 2021) así generando residuos, que en su mayoría son de naturaleza orgánica (Aguilar et al., 2021). En las últimas décadas la demanda de productos agroalimentarios se ha incrementado debido al crecimiento de la población, ya que estos productos son las necesidades alimentarias del hombre (González et al.,2019). La manufactura de frutas y hortalizas en las empresas agroindustriales generan cantidades significativas de residuos consideradas un problema ambiental (Restrepo et al., 2011 citado por Vargas y Pérez, 2018), y se agrava por no establecer estrategias y medidas eficaces de gestión de residuos para dar un tratamiento adecuado, aprovechando esos residuos llenos de compuestos bioactivos presentes (Leite et al., 2021).

El sector agropecuario tuvo un crecimiento de 3.7% con respecto al primer trimestre del año 2021 (MIDAGRI), a nivel de exportaciones, el sector agroindustrial tuvo un incremento de 0.4 % que, en enero del 2021, siendo el que concentra mayor número de empresas a nivel nacional (CIEN-ADEX). En el Perú los principales productos elaborados son los aceites y grasa (aceites oliva, limón y otros, manteca y margarina), alimentos balanceados (carne de aves, res, porcino, pavo, pato y otros), avena, cereales y gramíneas, azúcar, derivados de cacao, espárragos, derivados de lácteos, embutidos, fideos, maltería, trigo, leche (MIDAGRI,2022)

Es aquí donde radica la importancia de las tecnologías que puedan contribuir con el cuidado del ambiente y usar estos residuos como materia prima para obtener subproductos de interés económico y comercial (Castro, 2022), estas sustancias pueden ser compuestos fenólicos, carotenoides, aceites fijos y esenciales, flavonoides, limonoides, proteínas, carbohidratos, fibra y entre otros (González et al., 2019), con el propósito de proporcionar una fuente de ingresos alternativa para las agroindustrias o las comunidades, pudiendo contribuir a la preservación del medio ambiente y, por tanto, la promoción del desarrollo sostenible. (Hess de Azevedo et al., 2020).

Los métodos de extracción han mejorado con el tiempo por su afinidad con la protección del medio ambiente y se le ha dado un valor significativo porque mejoran la gestión de los residuos agroindustriales. Estas tecnologías se pueden realizar desde una escala piloto en laboratorio hasta escala industrial (Cornejo, M et al, 2020). Existe el modelo de negocio para aprovechamiento actual de residuos, principalmente es el de comercializador de materiales reciclados (Avella, 2016) La tecnología de extracción usando CO₂ en estado crítico es una técnica de separación caracterizada primordialmente, por ser no tóxico, preservación de la muestra natural (semillas, piel, tallos, material vegetal, entre otros), los altos rendimientos absolutos y su afinidad con el ambiente (Tornero, 2015).

Por lo tanto, la presente investigación planteó como problema general la siguiente pregunta: ¿Cómo se aplica el CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales? , y como problemas específicos: ¿Qué compuestos bioactivos son extraídos de los residuos agroindustriales aplicando el CO₂ supercrítico ?, ¿Qué tipos de extracción del CO₂ supercrítico se aplica para obtener compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales? y ¿Qué beneficios genera la aplicación de CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales?

Se justifica teóricamente porque se relaciona con la inquietud del investigador por ahondar en los enfoques teóricos del problema que se está explicando, con el fin de avanzar en el conocimiento del campo de estudio. Por lo que el propósito de la investigación es reflexionar y discutir académicamente el conocimiento existente (Fernandez, 2020, p. 70) ya que es importante identificar los compuestos bioactivos con fines comerciales obtenidos de los residuos del sector agroindustrial. Conociendo los beneficios comerciales de los subproductos generados en la agroindustria. Conociendo los beneficios comerciales de los subproductos generados en la agroindustria. Así mismo impulsando a la creación de emprendimientos o startup ligados a la recuperación de subproductos de los residuos de la agroindustria.

De tal manera el objetivo general de esta investigación es: Describir la aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial

de residuos agroindustriales, y con respecto a los objetivos específicos tenemos: Describir los compuestos bioactivos que se extraen de los residuos agroindustriales aplicando el CO₂ supercrítico, Describir los tipos de extracción del CO₂ supercrítico para obtener de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales y Estimar los beneficios que genera la aplicación de CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales.

II. MARCO TEÓRICO

Esta sección comprende la descripción de recientes trabajos de investigaciones sobre la aplicación del CO₂ supercrítico (DCS) en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial contenidos en residuos agroindustriales. Asimismo, se discute sobre las condiciones críticas de una sustancia, y cómo estas propiedades críticas se utilizan en los procesos de extracción de productos usando solventes inertes como el dióxido de carbono. Además, se identifican los residuos agroindustriales que contienen compuestos bioactivos de enorme atractivo comercial y que su extracción y pueda crear alternativas de procesos limpios, o con mínimo impacto al medio ambiente.

Las recientes investigaciones internacionales se presentan:

De Azevedo (2021). Estudió la extracción del aceite de las semillas y cáscaras de tomate que formaban parte del residuo agroindustrial. La extracción fue caracterizada en términos de rendimientos, ya que fue comparado con diferentes procesos basados en la calidad de las propiedades bioactivas. Los procesos de comparación incluyeron la técnica de extracción con Soxhlet con dos solventes por separado hexano y éter, siendo el mejor proceso para obtener el aceite, con lo cual se obtuvieron rendimientos al 10,0% aproximadamente. A diferencia usando SC-CO₂, se obtuvo un rendimiento de 0.90%, a 230 bar de presión, 75°C de temperatura y en 300 minutos de extracción. El aceite extraído presentó una gran cantidad de licopeno fitoquímico bioactivo, que es un compuesto que tiene propiedades antioxidantes, convirtiendo a los residuos de tomate como una fuente para obtener licopeno fitoquímico bioactivo.

Crisosto (2020), desarrolló una propuesta para valorar los biocompuestos que se extrajeron de la granada (*Punica granatum*) usando como solvente DCS, aprovechando la cáscara. La determinación de parámetros para la obtención de biocompuestos. El autor utilizó como muestra los residuos agroindustriales de la de la granada (*Punica granatum*), desechados del proceso de elaboración de zumo, realizando un estudio no-experimental con la técnica de recopilación de datos y cuadros estadísticos del método de extracción supercrítica y varias referencias bibliográficas, para lograr un diagnóstico sobre el manejo de los residuos de la

granada. Como resultado del estudio se identificó que el ácido púnic es el principal bio compuesto principal extraído, propone distintos tratamientos a los residuos con la tecnología supercrítica con CO₂ y de su impacto ambiental. Asimismo, recomendó el uso de tecnologías limpias con respecto a la generación de residuos y también concienciar con el gobierno para crear programas de tecnologías y valorización.

González et al., (2019) utilizaron CO₂ supercrítico para la extracción de componente graso, cafeína y teobromina de los residuos del procesamiento del cacao. Utilizaron como muestra 80 kg de la cascarilla de cacao, realizando un estudio experimental con un diseño factorial de 2 a la 2 con 5 puntos centrales, en condiciones estáticas, teniendo como parámetros de estudio, presión (2 000 psi - 6 000 psi) y temperatura (318 K - 333 K). Como resultado del estudio se obtuvo un rendimiento entre 1.72 % a 9.57 %, 61.31 % a 94.54 % de grasa y 38.52 % a 78.38 % de cafeína, La teobromina se encuentra en la cascarilla a un 90 %. Las variables de temperatura y presión para la obtención de grasa se evaluaron mediante un polinomio de primer orden, así cafeína o teobromina por lo tanto el método de extracción concluyó que la extracción supercrítica con CO₂ fue eficiente para remover grasa y cafeína.

Awolu y Manohar (2019) caracterizaron el aceite extraído de la semilla de mango usando DCS y comparado con otras técnicas de extracción con solventes convencionales. Utilizaron como muestra las semillas de pepas de mango se obtuvieron del mercado principal, Mysore, India, realizando un estudio experimental de extracción con solventes convencionales (hexano, éter de petróleo, etanol y acetona) se llevaron a cabo la caracterización de compuestos mediante barrido diferencial calorimetría (DSC), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), espectroscopia de masas por cromatografía de gases (GC-MS) y microscopio de fluorescencia. Como resultado del estudio que la extracción con solventes tuvo rendimientos más altos (8.02-19.88%) mientras que SC-CO₂ tuvo un rendimiento menor (2,5-3,6%); los parámetros usados para la extracción con DCS fueron de 60°C y 50 °C de separador, y la presión varió de 35 - 40 MPa. A pesar de que la extracción supercrítica tuvo bajo rendimiento según los análisis de microscopía se obtuvo mayor concentración de aceites.

Tita (2021), utilizó como muestra residuos de la industria tabacalera, la extracción de solanesol y nicotina con DCS. El estudio de difusión de los componentes durante la extracción ayudó a obtener sus coeficientes de solubilidad y transferencia de masa. Los componentes extraídos son ricos en proteínas y azúcares. Como resultado, los máximos rendimientos de la extracción de solanesol y nicotina fueron de 33 g / kg (40°C y 15 Mpa) y 2 g / kg (58°C y 37 Mpa) de materia prima respectivamente, se concluye que la presión es clave para el rendimiento y la selección del extracto, se demuestra que los residuos de tabaco son fuentes de compuesto bioactivos de valor.

Campalani et al. (2020), describe el uso de DCS para extraer ácidos grasos (AG) de orujos de los residuos de la industria de conservas, comparando el resultado con el obtenido utilizando hexano como solvente. Como resultado del estudio los ácidos grasos extraídos de las semillas y cáscaras de frambuesa, arándano, fresa silvestre, granada, mora y de residuos grosella negra con DCS como solvente resultaron en componentes de mayor pureza y ricos en ácidos grasos esenciales comparados con los mismos obtenidos usando como solvente hexano. Los ácidos grasos obtenidos de orujo de fresa silvestre con DCS mostró una selectividad del 26% en peso, y es mayor al obtenido usando hexano que alcanzó baja selectividad, 1,4%. Otros extractos obtenidos fueron 145,8 mg/mL⁻¹ poliinsaturados, 64,0 mg/mL⁻¹ monoinsaturados y 46,8 mg/mL⁻¹ Ácidos grasos saturados (vs. 14,3 mg/mL⁻¹ ácidos grasos totales con hexano).

Emanuele (2020). Recomendó que en la economía circular, debe recuperarse, re procesarse, reutilizar y reciclar como sea posible los materiales usados y residuos. Los orujos de desecho agroalimentario obtenidos de las industrias de conservas de frutas y jugos representan una clase de desechos poco explorados que son una fuente para AG, potencialmente de interés para aplicaciones mayormente en industria de cosméticos.

Barriga, et al. (2018), obtuvieron condiciones óptimas en el proceso de extracción de aceite contenido en semillas de uva utilizando DCS, y los contenido de POV(peróxidos) y anisina fueron indicadores para la calidad del aceite. El contenido de ácidos grasos fue determinado por cromatografía de gases y la actividad antioxidante por reducción del radical (DPPH). El estudio demostró el efecto de la

presión, temperatura, y el flujo volumétrico de CO₂, y las interacciones entre las variables sobre el rendimiento de la extracción de aceite. Como resultado se obtuvo en mayor porcentaje el ácido linoleico con 67 g de AG / 100 g de aceite, siguiendo por el ácido oleico con 20 g AG / 100 g. Las condiciones óptimas de extracción fueron 188 bar, 33.5°C y 5 g/min. Se demuestra que, por la actividad antioxidante que se obtiene, es motivo para valorar los residuos.

Ramirez (2017), utilizó DCS para procesar los residuos del proceso del café y obtener aceites vegetales de cocina. El estudio experimental y cuantitativo de la extracción se llevó a cabo usando diferentes solventes. El resultado del estudio demostró que se obtuvo 4.2% de rendimiento usando DCS con el cosolvente etanol al 5%. El cosolvente permitió obtener el mayor porcentaje de extracción del aceite. Recomendó realizar un estudio comparativo con otras técnicas convencionales de extracción y análisis adicionales a los extractos de epicarpio de café con la finalidad de identificar algunos componentes antioxidantes del mismo.

Pantoja, et al. (2016), evaluaron las condiciones de operación de los fluidos supercríticos utilizados para extraer el aceite contenido en las semillas de maracuyá, *Passiflora edulis Sims*. Determinaron el efecto de la temperatura y presión, como parámetros de extracción, en el rendimiento del aceite extraído. La presencia de los componentes campesterol, lanosterol β-sitosterol, estigmasterol y en mayor concentración escualeno, fueron determinados usando técnica de cromatografía de gas. Además, realizaron estudios de las propiedades antioxidantes e inhibitoras en la formación de radicales libres del producto obtenido. Como resultado se obtuvo un 22.23% de rendimiento a temperatura y presión constante de 50°C y 275 bar respectivamente en un tiempo de 450 minutos de extracción. Según las estadísticas los parámetros óptimos para la extracción fueron 350 bar y 60°C de presión y temperatura proyectando un rendimiento del 16%, y el aceite extraído tiene la calidad según las normas colombianas, las cuales son utilizadas para uso comestible y comercial; poseyendo alto nivel de antioxidantes atractivos para la industria nutracéutica y cosmética.

Diaz (2015). Con el objetivo de evaluar las tecnologías de bajo impacto ambiental, de bajo presupuesto y de valorar los residuos agroindustriales y forestales, se utilizaron dos equipos tecnológicos de extracción modelo SFF de Iberfluid (Madrid,

España) y un equipo de extracción modelo SFE-1000F-2-C10 de Thar Technology Inc. (Pittsburgh, EEUU). Como resultado se obtuvieron mejores rendimientos de extracción y una selectividad superior de compuestos mediante el uso de DCS, en los compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes de los residuos agroindustriales y mostró evidencia de compuestos fenólicos en residuos forestales. Las fracciones solubles en acetato de etilo procedentes de las distintas membranas mostraron sus comportamientos antioxidantes y resultaron comparables a la de antioxidantes producidos químicamente. Estos resultados confirman que se pueden obtener materiales valiosos de residuos bio-orgánicos y que estos productos pueden reemplazar a aquellos sintéticos.

Saavedra (2015). En la su investigación sobre la utilización de los residuos agroindustriales de tomate de aliño para la obtención de un extracto de licopeno obtenido por fluidos supercríticos SC-CO₂, el cual fue empleado en la formulación de sistemas micro y nano estructurados que permitieron ofrecer una posible aplicación en la industria nutracéutica y/o farmacéutica. Utilizó como muestra los residuos agroindustriales de tomate de aliño para la obtención de licopeno, un compuesto bioactivo con características funcionales interesantes para la industria nutracéutica y cosmética, realizando un estudio experimental mediante el método analítico por HPLC-DAD, el desarrollo de formulaciones mediante la elaboración de liposomas y secado por aspersion y el estudio correspondiente de su estabilidad y perfil de liberación. Como resultado del estudio permitieron verificar la validación del método cromatográfico en la identificación y cuantificación de licopeno extraído por fluidos supercríticos, establecer el tiempo y condiciones óptimas para su extracción (75°C y 25MPa), identificar los mejores agentes encapsulantes por secado por aspersion (goma arábica y maltodextrina), los mejores fosfolípidos para la elaboración de liposomas (DPPC y HEL) así como estudiar la estabilidad de los sistemas de encapsulación en el tiempo, bajo un tratamiento térmico y analizar el perfil de liberación de licopeno provenientes de estos sistemas con diferentes valores de pH. Esto indica que, incorporando tecnología de extracción supercrítica, se pueden obtener beneficios económicos sorprendentes, y ofrecer a la comunidad materiales sofisticados como el licopeno a un costo razonable para diferentes usos.

Idárraga (2015). Estudio la obtención de extractos con capacidad antioxidante a partir de *Carica papaya*, *Cucurbita máxima* y *Renealmia alpinia*. Utilizó como muestra residuos de frutos colombianos, realizando un estudio experimental se evaluaron parámetros de operación para realizar la extracción de los compuestos con actividad antioxidante mediante la tecnología de fluidos supercríticos utilizando el CO₂ como solvente y el requerimiento de co-solvente; lo anterior basado en la termodinámica del sistema siendo realizado el cálculo de la solubilidad de los compuestos de interés. Como resultado del estudio obtuvieron extractos mediante la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, el producto resultante son extractos ricos en compuestos con capacidad antioxidante. Dichos productos pueden ser usados como ingredientes activos de productos cosméticos. Recomendó se puede lograr la obtención de diferentes productos aplicando procedimientos experimentales, lo que permitiría determinar rendimientos específicos de los procesos propuestos en la biorrefinería. Así, obtener resultados experimentales que se puedan comparar con los procesos simulados.

Por consiguiente realizamos la conceptualización de los términos más relevantes:

Los residuos agroindustriales, son generados por la producción de actividades agroindustriales, pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos; ya sean desde el nivel más bajo en la agricultura hasta el procesamiento de la materia prima (Cury et al., 2017).

Se puede aprovechar los residuos de las agroindustrias, obteniendo compuestos bioactivos presentes de los alimentos de origen vegetal, Como se observa en la tabla 1; los polifenoles, son los compuestos más conocidos con numerosos beneficios para la salud que se encuentran naturalmente en vegetales, especias, frutas, chocolate negro, entre otros, mostrando sutilmente las diversas estructuras y más de 500 moléculas diferentes en los alimentos (Kheirvari, et al. 2021). Los carotenoides, son compuestos de isoprenos, una estructura cíclica en los extremos, son los que dan la pigmentación a las plantas y los protegen de la luz solar, estos son solubles a compuestos apolares (Idárraga, 2015). Lípidos vegetales, estos aceites son la principal fuente de consumo en el mundo, se extraen del endospermo de semillas oleaginosas o de la cáscara de frutas, incluidas las palmas, las aceitunas, aguacates, etc., (Vivero, et al. 2019). Compuestos organosulfurados,

pueden potenciar las respuestas inmunitarias en procesos infecciosos crónicos o en inmunodeficiencias al inhibir la producción de citocinas pro-inflamatorias o al aumentar la producción de anticuerpos o inmunoglobulinas (Guillamon, 2018, p.187). Fitoestrógeno, son un grupo de no esteroides compuestos naturales o derivados de plantas con estructura y función similares al β -estradiol (es una hormona esteroidea sexual femenina) (Morissette et al., 2018, p. 12). y alcaloides, son compuestos naturales que presentan un átomo de nitrógeno básico en cualquier posición de la molécula, pero no incluye en un enlace amida o péptido entre otros, existe un interés comercial para uso terapéuticos, farmacéuticos, alimentario y cosméticos (Vargas et al., 2019; Ali et al., 2015).

Tabla 1 Compuestos bioactivos de origen vegetal.

Polifenoles	Fenoles ácidos, flavonoides.
Carotenoides	β - caroteno, licopeno
Fitoestrógeno	Isoflavonas, Cumestanos, Lignanós, flavanonas.
Lípidos vegetales	Isoprenoides: Terpenos, Esteroides, isoprenoides mixtos. Ácidos grasos esenciales: poli insaturados, beta glucano.
Compuestos organosulfurados	S-alilcisteína (SAC) y el S-alilmercaptocisteína (SAMC), Alicina, Isotiocianatos,
Alcaloides	Caffeine, Quinine, Strychnine, etc
Vitaminas	α -tocoferol, γ - tocoferol

Fuente: Drago et al. (2006, p. 58), Bıibi (2018 p.2) ,

Los efectos beneficiosos en humanos se atribuyen a los carotenoides, En este aspecto la salud: ya que presenta potenciación de la respuesta inmunitaria y reducción del riesgo de enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, cataratas y degeneración cardiovascular (Tsitsagi et al., 2018). Otros estudios han demostrado que los flavonoides cítricos juegan un papel importante en la prevención de enfermedades degenerativas e infecciosas. Por sus propiedades anticancerígenas, antibacterianas y antiinflamatorias (Molino et al., 2020). Se tiene también subproductos que constituyen una fuente muy económica para extraer antioxidantes o producir fitoquímicos con propiedades potenciales para promover la salud y prevenir enfermedades, proporcionando considerables ventajas económicas (Perez et al., 2015). A su vez los polifenoles, son importantes para la dieta humana por su capacidad antioxidante (Randhir et al., 2004, citado por Gil, 2012)

La extracción con FSC, las sustancias pueden transformarse en fluidos supercríticos luego de absorber energía en forma de calor que eleva su temperatura sobre las condiciones de temperatura crítica (Zhou et al., 2021).

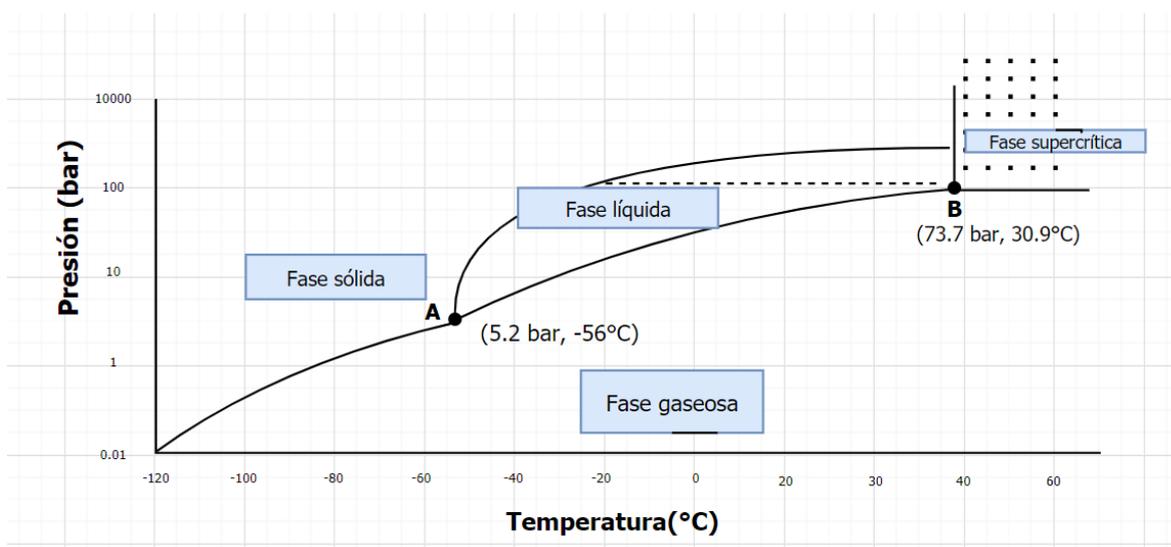
En las extracciones con FSC, las condiciones críticas para una sustancia están fijadas por su temperatura crítica a la cual le corresponde una presión crítica (Figura 1) la temperatura crítica de una sustancia es la temperatura más alta a la cual existe la fase líquida, sobre la cual es imposible licuarse por compresión. Si las condiciones de temperatura y presión del componente puro adoptan valores mayores a las críticas, entonces el fluido actual es supercrítico (Giraud et al., 2014). Las propiedades más importantes de los fluidos supercríticos es que sus densidades y viscosidades adoptan valores intermedios entre la de líquido y la de gas, esto permite que muchas sustancias sean miscibles con componentes puros que se encuentran en sus condiciones supercríticas. Además, bajo condiciones supercríticas algunos gases son no químicamente reactivos por lo que son considerados para uso en procesos de extracción (Pinto et al., 2020; Fornereto et al., 2021; Sabio et al, 2003; Kitrytmi et al., 2020). Como principio básico para la extracción de sustancias con fluidos en estado supercrítico se basa en el cambio

de propiedades de transporte y solubilidad, como se observa en la tabla 3; que presentan los materiales en los solventes en estado crítico (Cáceres, 2014).

El gas más utilizado en la extracción por FSC es el dióxido de carbono, por sus propiedades ideales en estado crítico, ver figura 1 (Pantoja et al., 2016) porque es químicamente inerte, naturalmente abundante y con poco impacto en el agua, poco tóxico al ambiente y potencialmente reciclable. Cómo se observa en la tabla 1 su baja temperatura y presión crítica permiten preservar la integridad química de las sustancias extraídas (Santerre et al., 2019). Debido a la variabilidad de sus condiciones de presión y temperatura se pueden rescatar sustancias de diferentes composiciones (Pantoja et al., 2016)

Figura 1:

Diagrama de fases del CO₂



Fuente: Elaborada con datos de Mazzoldi, Hill y Colls, 2007

Tabla 2 Principales fluidos supercríticos.

Compuesto	T _c (°C)	P _c (bar)	D _c (g/cm ³)	V(Pa*s)
Dióxido de carbono	30.9	73.7	0.469	2.88 x 10 ⁻⁵

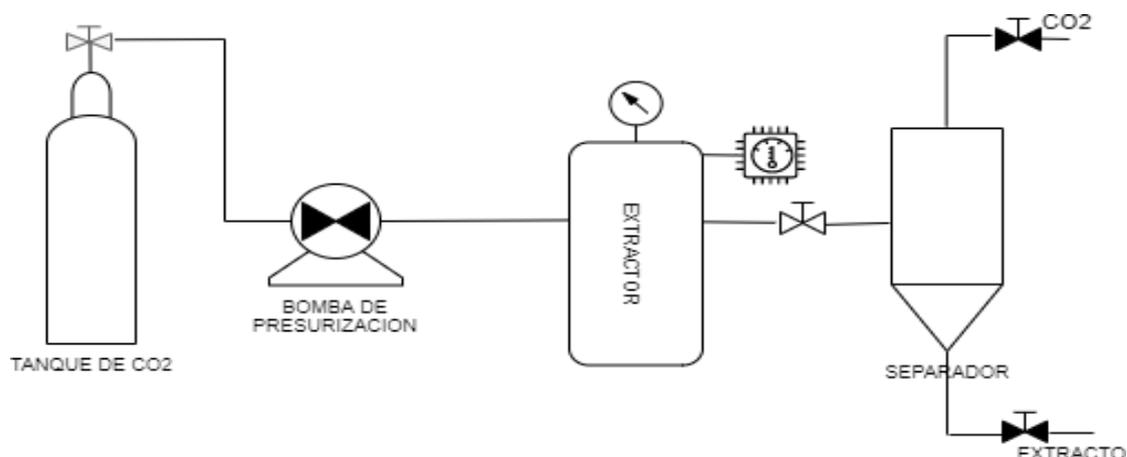
Agua	373.9	220.6	0.323	3.26×10^{-5}
Etanol	243.4	72	0.276	2.85×10^{-5}
Metano	-82.6	46	0.169	1.13×10^{-5}
óxido de nitrógeno	36.37	72.45	0.452	2.57×10^{-5}

Fuente: NIST (2021), Diaz (2015), Kim y Seek (2002).

El proceso de extracción por fluidos supercríticos varía según los equipos utilizados, ya que constan de un sistema de regulación y control de presión, temperatura y flujo de CO₂ que pueden ser manipulados por softwares o manualmente (Dorado et al, 2016). Como se muestra en la figura 2 se constituye básicamente en la extracción del dominio líquido (supercrítico) y la separación en el dominio gaseoso, el CO₂ se licua por enfriamiento y se comprime para alcanzar la presión de extracción, luego se inyecta en el extractor que contienen la muestra, el líquido se relaja para ser convertido en gas y es conducido hacia un separador donde se separa el solvente y el extracto, también este método puede realizarse reciclando el gas (Giraud et al, 2014).

Figura 2:

Diagrama de flujo de la extracción supercrítica con CO₂



Fuente: González et al. (2019, p. 131)

Tabla 3 La solubilidad de los componentes bioactivos en CO₂

Componente	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Solubilidad (Kg/Kg)
<i>Aceites esenciales</i>			
Limoneno	39.8-59.8	70.4-112	4000-17400
Citral	41.85	47-95.8	58-10300
<i>Compuestos fenólicos</i>			
Ácido Protocatequico	39.8-59.8	100-500	0.0438–2.945
Éster metílico del ácido gálico	39.8-59.8	100-500	0.12–4.2397
<i>Ácidos carboxílicos</i>			
Ácido caproico	39.8–49.85	75–140	350–10830

Ácido cafeico	39.8-59.8	150–500	0.0008– 0.0472
Ácido ferúlico	27.8–59.8	120–280	2.13–11.8
Ácido mirístico	34.8	80-396.4	333-4777
Ácido palmítico	34.8	99.1-413.1	148-648
Ácido oleico	34.8	995.7-200	500-2555
Ácido esteárico	34.8	90-235	27.2-118
<i>Carotenoides</i>			
Beta caroteno	39.8-59.8	120-274	0.003–0.627
licopeno	39.8-59.8	211-403	0.3–1.5
<i>Alcaloides</i>			
Teobromina	39.8-59.8	213-785	0.88-4.71
Cafeína	39.8-59.8	199-279	295-1130
Diazepam	34.8-74.8	122-355	180-1110
Atropina	34.8-74.8	122-355	60-1670
<i>Vitaminas</i>			
Vitamina A (retinol)	39.8-79.8	200-350	1600-4340
Vitamina E (α-tocoferol)	39.8-79.8	199-349	640-357

Vitamina E (γ -tocoferol)	39.8-79.8	199-349	870-4560
Vitamina D3	39.8-79.8	200-350	460-5210
Vitamina K1	39.8-79.8	199-349	290-3560

Fuente: Antonie y Pereira. (2019, p.133)

Se conoce dos técnicas de extracción supercrítica, la estática, donde se mantiene controlada temperatura y presión por un determinado tiempo, en esta no hay flujo de fluido supercrítico. La segunda técnica es la dinámica, se realiza con un flujo constante de fluido supercrítico (Miller et al., 1993 citado por González et al., 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

- Tipo de investigación:

La investigación que se realizó es de tipo aplicada ya que la investigación se basa particularmente en ampliar los conocimientos, interpretar los datos en base a la realidad, utilizando una serie de procesos metódicos aplicados a la investigación (Federico et al, 2019) y con todo lo recopilado conocer cuáles serían los pasos a seguir en la aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales.

- Diseño de investigación:

Este es un diseño bibliográfico documental no experimental, puesto que se centra en una revisión sistemática, no se está modificando las variables, sino se orienta a la recopilación de experiencias, sucesos de material documental de cualquier clase (Hernandez et al., 2014).

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.

Problemas específicos	Objetivos específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
¿Cuáles son los compuestos bioactivos presentes en los materiales agroindustriales residuales de interés comercial?	Describir los compuestos bioactivos que se extraen de los residuos agroindustriales aplicando el CO ₂ supercrítico	Compuestos bioactivos (Borges et al., 2019, p. 82)	Polifenoles (Kheirvari, et al. 2021) Fitoestrógeno (Morissette et al., 2018, p. 12) Lípidos vegetales (Vivero et al., 2019) Compuestos órgano sulfurados (Guillamon, 2018, p. 187)	De acuerdo a la especie del residuo (Barriga et al., 2018) (Crisosto et al., 2020)	De acuerdo al uso del compuesto bioactivo (Medrano y Fernández, 2020)
¿Qué tipos de extracción del CO ₂ supercrítico se utilizan para obtener compuestos bioactivos contenidos en residuos agroindustriales?	Describir los tipos de extracción del CO ₂ supercrítico para obtener de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales	Tipo de extracción (Madani et al., 2022 p. 1023)	Estática (González et al., 2019. p. 130) Dinámica (González et	(De acuerdo al rendimiento de la extracción (Luque de Castro et al., 1994 citado por Radenkovs et al., 2021 p.18)	De acuerdo al modelo de extractor (Hincapié, 2016)

al., 2019. p. 130)

Estatica y Dinamica (González et al., 2019. p. 130)

¿Qué beneficios genera la extracción de compuestos bioactivos con interés comercial de residuos agroindustriales aplicando el CO2 supercrítico?	Estimar los beneficios que genera la extracción de compuestos bioactivos con interés comercial de residuos agroindustriales aplicando el CO2 supercrítico	Beneficio Del Proceso	Ambiental (Molino, 2020, p. 197) Económico (Perez, 2015, p. 2607)	De acuerdo a la especie	De acuerdo a las condiciones ambientales
		Beneficio Del Producto (Tsitsagi, 2018, p. 237)	Social (Uwineza, 2020, p. 6) Económico (Perez, 2015, p. 2607)		De acuerdo a las propiedades del compuesto bioactivo (Medrano y Fernández, 2020)

3.3. Escenario de estudio

(Farrel S., 2016) indica que el área de estudio es una actividad de investigación que tiene lugar en un segmento de los conocimientos. De acuerdo a ello el presente estudio tuvo como escenario a toda investigación que esté relacionada con la aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial contenidos en residuos agroindustriales.

3.4. Participantes

En la investigación se escogieron artículos científicos indexados en distintas bases de datos internacionales Redalyc, Researchgate, PubMed, Scielo, Scient Direct y MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) estas fuentes son la base de referencias que sustentan esta investigación.

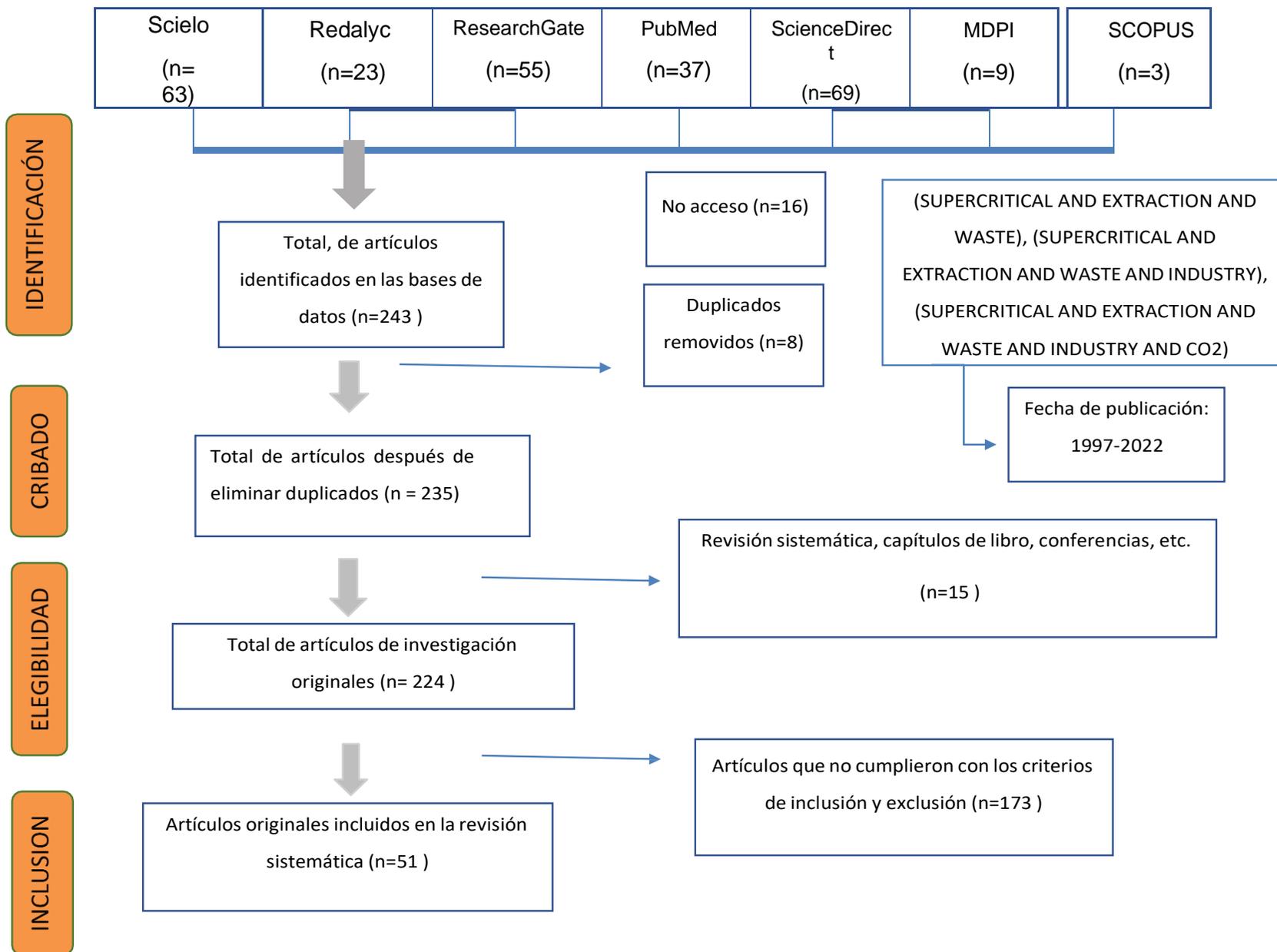
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó la técnica de análisis documental, la cual es un conjunto de herramientas para la recolección de datos a través de la consulta bibliográfica y otro tipo de materiales, que se emplean de forma especial con el fin de completar la investigación (Sanchez et. al 2018).

Páginas de Excel fueron editadas para organizar la información y se denominan los instrumentos para la recolección de datos. Esta herramienta permite el rápido desarrollo de la matriz apriorística.

Así pues, (Moreira et. al 2019) indica que el análisis documental se especifica como un conjunto de operaciones cuyo propósito es representar los documentos y sus contenidos de manera diferente al original; para facilitar su revisión y referencia a lo largo del tiempo.

3.6. Procedimiento



La identificación de información y su organización se efectuó en dos fases: (1) búsqueda de información con términos básicos relacionados con extracción supercrítica; (2) clasificación de la información para agrupar aquellas que se relacionan con los objetivos, y eliminar las restantes, de modo que el trabajo fue sistemáticamente elaborado. La base de datos usada se reportó en la Sección 3.4, donde las fechas de edición no fueron limitadas, pero sí relacionados con el uso de dióxido de carbono para extracción de compuestos bioactivos de residuos agroindustriales.

El enfoque metodológico para la revisión de la literatura es brevemente descrito. Se eligieron varias palabras clave para obtener una amplia gama de artículos para ser analizados. Los términos utilizados se conectan mediante el operador de búsqueda "AND": (SUPERCritical AND EXTRACTION AND WASTE), (SUPERCritical AND EXTRACTION AND WASTE AND INDUSTRY), (SUPERCritical AND EXTRACTION AND WASTE AND INDUSTRY AND CO₂), para incluir en la búsqueda de la información todos los términos.

Se escogieron estudios primarios y secundarios en español, inglés, portugués, italiano, francés entre otros. Se consideró sólo la literatura que contenía como muestra a residuos de industrias alimentarias.

Se excluyeron revisiones bibliográficas, investigaciones, tesis sobre uso de materias primas y residuos domésticos. Una vez concluida la recolección de información, se realizó una clasificación primaria, tomando como base los títulos y los correspondientes resúmenes de las publicaciones recopiladas.

3.7. Rigor científico

La presente revisión sistemática es de enfoque cualitativo, concluyentemente relacionada con el rigor científico se refiere a la cuestión de validez en la investigación (Nuñez, 2016) y se basa en las doctrinas de reducción, trazabilidad de la fiabilidad por su alto grado de coherencia en la relación con la realidad, y se caracteriza por una aplicación impecable o perfecta, no a la competencia de métodos (Fernandez et al., 2020), por lo cual, la dependencia consiste en investigadores que tienden a recopilar datos sobre un mismo tema, que a su vez se está realizando sobre el mismo tema, por lo que el análisis utilizado difunde

resultados similares de esta manera (Rojas y Osoria 2017). Por ello, se deben utilizar procedimientos como las comparaciones de encuestas a revisar (Noreña et., al 2012). Alcanzando así una orientación científica al interpretar la información, es decir, sin confundir las percepciones, pensamientos y opiniones del investigador (Hernandez et., al 2014).

En este sentido, conocer el tema de investigación es decisivo, elegir meticulosamente, no confiar en un solo dato, siempre teniendo en cuenta la similitud de los temas, de modo que, conseguir referencias de artículos de revistas científicas originales sobre la aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales.

La credibilidad a través de la observación y el diálogo profundo con otros miembros del estudio (Varela, 2016), este criterio determina la credibilidad del estudio, reúne toda la información que respalda el descubrimiento, ya analizados e investigados por los informantes y acceder a los detalles (Diaz, 2019). En este entendimiento, la credibilidad es el resultado del proceso de investigación, se basa en la relación de los descubrimientos con la realidad, tiene alta consistencia y destaca la confiabilidad de los investigadores posteriores, a través del uso de documentos y artículos científicos (Brunod et. al 2020).

Por esta razón, se indaga en base de datos confiables como ScienceDirect, Scielo, ResearchGate, Scopus y entre otros, logrando obtener artículos de investigación originales, dicho de esta manera, documentos verídicos y respaldados.

La transferibilidad representa la posibilidad de sustituir la investigación realizada por otra investigación con otro método, esto se da a la examinación del método (Arias et. al 2011), tiempos recolección de datos, muestras en el trabajo científico, por lo tanto, se buscará vincular similitudes con otras investigaciones (Noreña et. al 2012). De esta manera, la averiguación de información y reunir productos científicos a través de criterios y análisis variados, trabajos vinculados con temas de investigación, por lo tanto, la aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales, se analizarán las características y propiedades que se tomarán en cuenta como tal en cada artículo científico elegido.

La conformabilidad, está relacionado con la confiabilidad de los resultados publicados por los investigadores y los revisores que aprueban las publicaciones (Espinoza, 2020), pues es a través del cual se justifican las decisiones sobre los métodos y principios aplicados en la investigación, así como la ética y moral que tiene el investigador al momento de la investigación (Geng y Wharton, 2019).

Basado en este principio, este estudio científico utiliza solo materiales que el autor merece reconocer. Por medio de la publicación en revistas científicas, así como en revistas internacionales sobre el tema de aplicación del CO₂ en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales.

3.8. Método de análisis de datos

De acuerdo con la revisión de la información obtenida, se determinaron las siguientes categorías para cumplir con los objetivos: i) Compuestos bioactivos, ii) Tipos de extracción. y iii) Beneficios

La primera categoría, compuestos bioactivos, se desarrolló considerando la importancia de los componentes de utilidad comercial contenidos en residuos agroindustriales. Estos compuestos mayormente son polifenoles, carotenoides, alcaloides, fitoestrógeno, lípidos vegetales y ácidos carboxílicos.

La segunda categoría: es el proceso de extracción de los agentes activos usando DCS, este proceso tiene dos modos estático y dinámico; el proceso tiene la enorme ventaja de operar a temperaturas moderadas de modo que existe muy poca probabilidad que ocurra la descomposición de los agentes extraídos.

La tercera categoría son los beneficios, y están relacionados tanto con el producto como con el proceso. Los beneficios deben resultar atractivos para que el desarrollo del proceso pueda obtener un producto competitivo en calidad y costo, de modo que este producto sea accesible a la comunidad, partiendo de un proceso limpio.

3.9. Aspectos éticos

Por lo tanto, en los aspectos éticos de la presente investigación se consideró el uso formal de los estudios obtenidos en: artículos científicos, libros, los cuales sirvieron de ayuda para el desarrollo de la investigación.

Considerando el Manual de Referencia de Estilo ISO 690, Fondo editorial UCV, la presente investigación siguió el código nacional de la integridad científica CONCYTEC, el código de ética de la universidad César Vallejo con resolución de consejo universitario N° 0126-2017/UCV, el reglamento de investigación, como también fue autenticado por medio del software Turnitin. Asimismo, se respetó los derechos de autoría para la elaboración del trabajo expuesto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se encontraron 243 artículos en las distintas bases de datos, de las cuales 16 no se obtuvo acceso, 8 fueron duplicados, 16 no fueron artículos científicos y 173 fueron excluidos, finalmente quedaron 51 artículos científicos, como se observa en la **Tabla 4**, para la revisión sistemática, según los criterios de inclusión, las cuales fueron netamente residuos provenientes de la agroindustria, la base de datos más abundante relacionada con la extracción utilizando dióxido de carbono en condiciones supercríticas, fue Sciencedirect, que contribuye con 14 publicaciones, mientras que Researchgate contribuyó con 12 publicaciones

Tabla 4

Resumen de los artículos empleados en la revisión sistemática acerca de la aplicación del CO₂ supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales: una revisión sistemática.

Nº	Autor(es)	Base de datos	Título
1	Radenkovs et al., 2021	MDPI	Enzimas degradantes de lignocelulosa: una plataforma biotecnológica para la producción de ácido ferúlico a partir de corrientes secundarias agroindustriales
2	Cerón et al., 2021	MDPI	Una extracción de dióxido de carbono supercrítico a escala piloto para Valorize Semilla de Mango Colombiano
3	De Souza et al., 2020	MDPI	Efecto de los Parámetros Experimentales en la Extracción de Aceite de Semilla de Uva Obtenido por Extracción a Baja Presión y Fluido Supercrítico

4	Costa et al., 2021	MDPI	Evaluación de la presencia de extractos de tomate enriquecidos con licopeno en emulsiones tópicas: caracterización fisicoquímica y análisis sensorial
5	Nobre et al., 2012	MDPI	Supercrítico Extracción de Licopeno de Residuos Industriales de Tomate con Etano
6	Gao et al., 2020	PUBMED	Una estrategia de biorrefinería para los residuos industriales de jengibre gastado
7	Nobili et al., 2019	PUBMED	Los extractos de cáscara de trigo sarraceno inhiben el crecimiento de aspergillus flavus y la biosíntesis de AFB1
8	Molnar et al., 2017	PUBMED	Comparación de varias técnicas para la extracción de umbeliferona y herniarina en fracciones de procesamiento de Matricaria chamomilla
9	Roselló-Soto et al., 2018	PUBMED	Perfil fenólico de aceites obtenidos a partir de subproductos de la horchata asistidos por CO ₂ supercrítico y su relación con parámetros antioxidantes y de oxidación lipídica: Caracterización triple TOF-LC-MS-MS
10	Guan et al., 2014	PUBMED	Preparación de antioxidantes a partir de melaza de caña de azúcar

11	Semilin et al., 2021	PUBMED	Recuperación de aceite de efluentes de molinos de aceite de palma utilizando micro/nanofibra de polipropileno
12	Louli et al., 2004	PUBMED	Recuperación de antioxidantes fenólicos a partir de subproductos de la industria vitivinícola
13	Kayathi et al., 2020	PUBMED	Extracción selectiva de lípidos polares de semilla de mango mediante extracción con dióxido de carbono supercrítico (SC-CO ₂): optimización del proceso de rendimiento del extracto/contenido de fósforo y evaluación económica
14	Dorado et al., 2018	PUBMED	Estudio de la extracción con CO ₂ supercrítico de aceite de semilla de tamarillo (<i>Cyphomandra Betacea</i>) que contiene compuestos de alto valor agregado
15	Baysal et al, 2000	PUBMED	Extracción con CO ₂ supercrítico de α -caroteno y licopeno a partir de residuos de pasta de tomate
16	García et al., 2012	REDALYC	Dióxido de carbono supercrítico y etanol presurizado como solventes en la extracción de compuestos antioxidantes presentes en la piel de mango (<i>Mangifera indica</i> L.)

17	González et al., 2019	REDALYC	Extracción de compuestos solubles de la cascarilla de cacao con CO2 supercrítico. Caso de metilxantinas y grasa
18	Akay et al., 2015	SCIENCEDIRECT	The Journal of Supercritical Fluids Un enfoque de ingeniería holística para la utilización del orujo de aceituna
19	Alvarez et al., 2019	SCIENCEDIRECT	Valorización de un residuo agroindustrial de soja mediante extracción con fluido supercrítico de compuestos fitoquímicos
20	Cavalcanti et al., 2016	SCIENCEDIRECT	Extracción con CO2 supercrítico de manteca de cupuasú a partir de residuos de semillas desgrasadas: datos experimentales, modelado matemático y costo de fabricación
21	Fornereito et al, 2021	SCIENCEDIRECT	Extracción con fluido supercrítico de oleoresina a partir de residuos industriales de <i>Capsicum annum</i>
22	Vagi et al., 2020	SCIENCEDIRECT	Fraccionamiento de fitocannabinoides a partir de residuos de cáñamo industrial con tecnologías de alta presión
23	Garcia et al., 2015	SCIENCEDIRECT	Extractos de subproductos de cáscara de mango obtenidos por CO2 supercrítico y procesos de solventes presurizados

24	Mazzutti et al., 2018	SCIENCEDIRECT	Procesos ecológicos integrados que utilizan CO ₂ supercrítico y etanol presurizado aplicados para recuperar compuestos antioxidantes de la cáscara de los granos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)
25	Derrien et al., 2018	SCIENCEDIRECT	Optimización de la extracción de dióxido de carbono supercrítico de luteína y clorofila a partir de subproductos de espinacas utilizando la metodología de superficie de respuesta
26	Kitryte et al., 2020	SCIENCEDIRECT	Modelado y optimización de la extracción de dióxido de carbono supercrítico para el aislamiento de constituyentes lipofílicos valiosos de la baya del saúco (<i>Sambucus nigra L.</i>)
27	Mesquita et al., 2021	SCIENCEDIRECT	Proceso de extracción intensificado de base verde como enfoque de economía circular para recuperar compuestos bioactivos de semillas de guanábana (<i>Annona muricata L.</i>)
28	Alexandre et al., 2020	SCIENCEDIRECT	Extracción con fluido supercrítico de residuos de destilados de <i>Arbutus unedo</i> : impacto de las condiciones del proceso en la respuesta antiproliferativa de los extractos
29	Pinto et al., 2020	SCIENCEDIRECT	Valorización de compuestos bioactivos de cáscaras de <i>Castanea sativa</i> subexplotados recuperados mediante extracción con fluido supercrítico con CO ₂ : un enfoque de metodología de superficie de respuesta

30	Narváez et al., 2020	SCIENCEDIRECT	Journal of Food Composition and Analysis Los compuestos fenólicos , tocoferoles y fitoesteroles en el aceite comestible de semillas de guayaba (<i>Psidium guayaba</i>) obtenido por extracción supercrítica con CO 2
31	Kitryté et al., 2017	SCIENCEDIRECT	Biorrefinación de residuos de trilla de cáñamo industrial (<i>Cannabis sativa L.</i>) en fracciones de cannabinoides y antioxidantes mediante dióxido de carbono supercrítico, líquido presurizado y extracciones asistidas por enzimas
32	Ferrentino et al.,2020	SCIENCEDIRECT	Extracción con fluido supercrítico de aceites de semillas de manzana: Proceso optimización, caracterización química y comparación con un extracción por solvente convencional
33	Ubeyitogullari et al., 2022	RESEARCHGATE	Investigación actual en ciencia de los alimentos Mejora de la bioaccesibilidad del licopeno de los subproductos del procesamiento del tomate a través de la extracción supercrítica de dióxido de carbono
34	Bitencourt et al., 2020	RESEARCHGATE	Fraccionamiento a alta presión de aceite de posos de café usando solventes verdes
35	Shah et al., 2020	RESEARCHGATE	Aislamiento de una fracción de fosfolípidos de huevo no comestible

36	Lisichkov et al., 2011	RESEARCHGATE	Aislamiento de aceite de semilla de tomate a partir de residuos de tomate mediante la aplicación de extracción de CO ₂ con fluido supercrítico
37	Inostroza et al., 2018	RESEARCHGATE	Lignans en huesos de oliva descartados de la industria del aceite. Comparación de tres métodos de extracción seguidos por hplc-dad-ms/ms y determinación de la capacidad antioxidante.
38	Delvar et al, 2019	RESEARCHGATE	Aceites semisecantes y fracciones bioactivas aisladas de coproductos de frutas de Isla Reunión: dos estudios de caso
39	Vági et al., 2007	RESEARCHGATE	Extracción con dióxido de carbono supercrítico de carotenoides, tocoferoles y sitoesteroles a partir de subproductos industriales del tomate
40	Campalani et al., 2020	RESEARCHGATE	CO ₂ supercrítico como disolvente verde para la economía circular: Extracción de ácidos grasos a partir de orujos de frutas
41	Nobre et al., 2009	RESEARCHGATE	Extracción con CO ₂ supercrítico de licopeno trans a partir de residuos industriales de tomate portugueses
42	Benedetta et al., 2019	RESEARCHGATE	Extracción con CO ₂ supercrítico de residuos de semillas de cítricos: composición química, propiedades nutricionales y biológicas de los aceites fijos comestibles

43	Paini et al., 2020	RESEARCHGATE	Conversión termoquímica de semillas de manzana antes y después de la extracción con CO2 supercrítico: una evaluación a través del análisis de gases evolucionados
44	Ceron et al., 2016	SCIELO	Efecto de la presión y la temperatura de extracción con CO2 supercrítico sobre el rendimiento y composición de guayaba (<i>Psidium guajava</i>)
45	Dorado et al., 2016	SCIELO	Extracción con CO2 Supercrítico de aceite de semillas de guanábana (<i>Annona muricata</i>): Cinética, perfil de ácidos grasos y esteroides
46	Francia et al., 1997	SCIELO	Efecto de la presión y la temperatura de extracción con CO2 supercrítico sobre el rendimiento y composición de guayaba (<i>Psidium guajava</i>)
47	Soares et al., 2018	SCIELO	Extracción de aceite de salvado de arroz mediante CO2 supercrítico combinado con ultrasonidos
48	Barriga et al., 2018	SCIELO	Optimización del rendimiento de la extracción de aceite de semillas de <i>vitis vinifera</i> con CO2 Supercrítico

49	Pellicano et al., 2020	SCIELO	Optimización del proceso de extracción de fluidos supercríticos de compuestos bioactivos a partir de subproductos procesados de piel de tomate
50	Pico et al., 2019	SCIELO	Extracción supercrítica de compuestos bioactivos de la cáscara de cacao: estudio de los principales parámetros.
51	Sarmento et al., 2006	SCIELO	Extracción con fluido supercrítico (SFE) de aceite de salvado de arroz para obtener fracciones enriquecidas con tocoferoles y tocotrienoles

Tabla 5: Compuestos bioactivos aplicando CO2 supercrítico en residuos agroindustriales

Extracción de Ácidos carboxílicos y lípidos vegetales usando DCS

Especie	Residuo	Compuesto	Uso	Autor
<i>Centeno</i> (<i>Secale cereále</i> <i>L.</i>), trigo (<i>Triticum</i>) y avena (<i>Avena</i> <i>sativa L</i>)	salvado	Ácido ferúlico	alimento para ganado	Radenkovs et al., 2021
<i>Mango:</i> <i>Mangifera</i> <i>indica L</i>	semilla	Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico	aceite vegetal o aditivo en la industria de la confitería para chocolates y productos de panadería emulsionante en la industria nutricional, cosmética y sanitaria	Cerón et al., 2021 Kayathi et al., 2020
<i>Tomate:</i> <i>Solanum</i> <i>lycopersicum</i>	semilla y cáscara	Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico	productos cosméticos fuente de aceites y antioxidantes	Costa et al., 2021 Lisichkov et al., 2011

<i>Palma aceitera africana: Elaeis guineensis</i>	fibra	Ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico	industria alimentaria, cosmética o farmacéutica	Semilin et al., 2021
<i>Jengibre: Zingiber officinale</i>	desechos industriales	6- gingerol, 6- shogaol	aplicaciones alimentarias y no alimentarias (productos farmacéuticos y cosmética	Gao et al., 2020
<i>Tamarillo: Cyphomandra Betacea</i>	semilla	Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico	prevenir enfermedades cardíacas, cáncer y contribuir a mantener una piel saludable	Dorado et al., 2018
<i>Saúco: Sambucus nigra L</i>	orujo	Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico	compuestos alimenticios beneficioso para la salud	Kitryte et al., 2020
<i>Guayaba psidium</i>	semillas	Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico	industria alimentaria	Narváez et al., 2020 Ceron et al., 2016
<i>Manzana: Malus pumila</i>	semillas	Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. Linoleico	Nutrición	Ferrentino et al.,2020
<i>Malus domestica</i>	semillas	aceite	Uso medicinal y antiinflamatorio	Paini et al., 2020

<p>Maracuyá morado</p> <p><i>(Passiflora edulis edulis)</i> y</p> <p>Guayaba fresa</p> <p><i>(Psidium cattleianum Sabine)</i></p>	<p>semillas con cáscara y pulpas residuales</p>	<p>Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico</p>	<p>Alimentos, cosméticos, pintura ecológica.</p>	<p>Delvar et al, 2019</p>
<p>frambuesa, arándano, fresa silvestre, granada, mora y grosella negra</p>	<p>semillas y epicarpio</p>	<p>Ácidos grasos totales</p>	<p>Cosméticos, complementos alimenticios y productos farmacéuticos</p>	<p>Campalani et al., 2020</p>
<p>Limón: <i>C. limon</i>, mandarina: <i>C. reticulata</i>, pomelo o toronja: <i>Citrus paradisi</i></p>	<p>semillas</p>	<p>Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico</p>	<p>Farmacéutica</p>	<p>Benedetta et al., 2019</p>
<p>Guanábana: <i>Annona muricata L.</i></p>	<p>semillas</p>	<p>Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico</p>	<p>industrias como la alimentaria, farmacéutica o cosmética.</p>	<p>Dorado et al., 2016</p> <p>Mesquita et al., 2021</p>
<p>Uva: <i>Vitis vinifera</i></p>	<p>orujo</p>	<p>Ác. palmítico, ac esteárico, Ác. oleico, Ác. linoleico</p>	<p>Reducción de enfermedades cardiovasculares,</p>	<p>Barriga et al., 2018</p>

				diabetes, riesgo de cáncer, alimento para ganado etc
Arroz: <i>Oryza sativa L.</i>	salvado de arroz	Ác. palmítico, Ác. oleico, Ác. linoleico	utilizado por la industria para la extracción de aceite	Soares et al., 2018
<i>Copoazú: Theobroma grandiflorum</i>	semillas	Ác. palmítico, Ác. oleico, Ác. linoleico	Ingredientes para la industria alimentaria	Cavalcanti et al., 2016
<i>Chufa: Cyperus esculentus</i>	subproductos de la elaboración de horchata (bebida)	Ác. Cafeico	Suplemento alimenticio y cosmética	Roselló-Soto et al., 2018
ceituna (<i>Olea europaea</i>)	orujo	aceite	Para obtención de licor que se puede convertir en biocombustible	Akay et al., 2015
Extracción de polifenoles usando DCS				
<i>Manzanilla: Matricaria chamomilla</i>	fibra	cumarinas: umbeliferona y herniarina	farmacéuticos y cosméticos	Molnar et al., 2017

<i>Cacao:</i> <i>Theobroma cacao L</i>	cáscara del grano	Fenoles	suministros a las industrias cosmética y alimentaria Reducción de enfermedades cardiovasculares	Mazzutti et al., 2018 Pico et a. 2019
<i>Mango:</i> <i>Mangifera indica L</i>	cáscaras	Flavonoides, fenoles	Suplemento alimenticio	García et al., 2012 Garcia et al., 2015
<i>Soya: Glycine max</i>	fibra	Fenoles, Flavonoides	farmacéutica	Alvarez et al., 2019
<i>Copoazú:</i> <i>Theobroma grandiflorum</i>	semillas	Fenoles, Flavonoides	alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos	Cavalcanti et al., 2016
<i>Guanábana:</i> <i>Annona muricata L</i>	semillas	compuestos fenólicos totales	alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos	Mesquita et al., 2021
<i>Jalapeño:</i> <i>Capsicum annuum peper</i>	cáscara y semillas	Fenoles, Flavonoides	prevención de cáncer, diabetes y actividad antiinflamatoria	Fornereño et al., 2021
<i>Caña de azúcar:</i> <i>Saccharum officinarum</i>	melaza	ácido isovanílico (derivado del ácido benzoico)	antioxidante	Guan et al., 2014

<i>Trigo</i> <i>Sarraceno:</i> <i>Fagopyrum</i> <i>esculentum</i>	cáscaras	Fenoles: vitexina, hiperósido y rutina	inhibidor el crecimiento fúngico y la biosíntesis de aflatoxinas	Nobili et al., 2019
<i>Madroño:</i> <i>Arbutus unedo</i>	orujo	Fenoles: Acido gálico, pirogalol, catecol, Ác. protocatechuico	actividad antiproliferativa en células de cáncer colorrectal	Alexandre et al., 2020
<i>Cáñamo:</i> <i>Cannabis</i> <i>sativa L.</i>	trilla	Canabidol	industria cosmética o alimentaria, tratamiento de varios trastornos (enfermedades de Alzheimer y Parkinson, epilepsia, depresión, trastorno bipolar, etc)	Vagi et al., 2020
			Analgésico, antibacteriano, antidiabético, antiemético, antiepiléptico, antiinflamatorio, anti proliferativo, antipsicótico, antiespasmódico, etc	Kitryté et al., 2017
<i>Castaño:</i> <i>Castanea</i> <i>sativa</i>	cáscara	Fenoles, flavonoides	industria nutricional farmacéutica	Pinto et al., 2020
<i>Uva: Vitis</i> <i>vinífera</i>	Orujo	compuestos fenólicos totales	cosmético, farmacéutico	Louli et al., 2004

Limón: <i>C. limon</i> , mandarina: <i>C. reticulata</i> , Pomelo o toronja: <i>Citrus</i> <i>paradisi</i>	Semillas	compuestos fenólicos totales	Farmacéutica	Benedetta et al., 2019
---	----------	---------------------------------	--------------	---------------------------

Saúco: <i>Sambucus</i> <i>nigra L</i>	orujo	compuestos fenólicos totales	compuestos alimenticios beneficioso para la salud	Kitryte et al., 2020
---	-------	---------------------------------	--	-------------------------

Café: <i>Coffea</i> <i>arabica y coffea</i> <i>canephora</i>	cáscara	compuestos fenólicos totales	Alimentación animal, fertilizantes, producción de combustible, biodiesel	Bitencourt et al., 2020
--	---------	---------------------------------	--	----------------------------

Aceituna: <i>Olea</i> <i>europaea</i>	semilla	Fenoles	Utilización en enfermedades crónicas y protección contra ciertos tipos de cáncer	Inostroza et al., 2018
--	---------	---------	---	---------------------------

Extracción de vitaminas usando DCS

<i>Uva: Vitis</i> <i>vinifera</i>	Semillas	Tocoferol	suplemento alimenticio	De Souza et al., 2020
--------------------------------------	----------	-----------	------------------------	--------------------------

Arroz: <i>Oryza</i> <i>sativa</i>	cascarilla	Tocoferol	Nutrición, farmacéuticas, cosméticas	Sarmento et al., 2006
--------------------------------------	------------	-----------	---	--------------------------

<i>Guayaba:</i> <i>Guayaba</i> <i>psidium</i>	semillas	Tocoferol	aplicaciones en industria de alimentos, directos o mezclarlos como aderezo para ensaladas, pero no para cocinar	Narváez et al., 2020
<i>Tomate:</i> <i>Solanum</i> <i>lycopersicum</i>	piel y semillas	Tocoferol		Ubeyitogullari et al., 2022
Tomate (<i>Solanum</i> <i>lycpersicum</i>)	Semillas y cáscaras	Tocoferol	Mejora de calidad alimentaria que permite la incorporación de oleorresinas en alimentos funcionales	Vági et al., 2007
<i>Copoazú:</i> <i>Theobroma</i> <i>grandiflorum</i>	semillas	Tocoferol	alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos	Cavalcanti et al., 2016
Maracuyá morado (<i>Passiflora</i> <i>edulis edulis</i>) y Guayaba fresa (<i>Psidium</i> <i>cattleianum</i> <i>Sabine</i>)	Semillas con cáscara y pulpas residuales	Tocoferol	Alimentos, cosméticos, pintura ecológica.	Delvar et al, 2019

Extracción de Carotenoides usando DCS

Palma: <i>Elaeis</i> <i>guineensis</i>	fibra	alfa-caroteno, beta-caroteno	retrasa el crecimiento de tumores, el a-caroteno es activo en la prevención del desarrollo de cáncer	Francia et al., 1997
---	-------	---------------------------------	--	----------------------

<i>Tomate:</i> <i>Solanum lycopersicum</i>	cáscara y semillas	Licopeno, Beta caroteno	Pigmentos naturales	Nobre et al., 2012
			Suplemento alimenticio, Cosmética y farmacéutica	Baysal et al, 2000
			Mejora de calidad alimentaria que permite la incorporación de oleorresinas en alimentos funcionales	Ubeyitogullari et al., 2022
			oxidación del colesterol	Pellicanò et al 2020
			antioxidante y fotoprotector	Vági et al., 2007
				Costa et al., 2021
<i>Espinaca:</i> <i>Spinacia oleracea</i>		luteína	moléculas funcionales para la salud	Derrien et al., 2018
<i>Mango:</i> <i>Mangifera indica L</i>	cáscaras	Carotenoides totales	Suplemento alimenticio	García et al., 2012
				Garcia et al., 2015
<i>Jalapeño:</i> <i>Capsicum annuum peper</i>	Cáscara y semillas	Licopeno, beta - caroteno	prevención de cáncer, diabetes y actividad antiinflamatoria	Fornereeto et al, 2021

Maracuyá morado <i>(Passiflora edulis edulis)</i> y Guayaba fresa <i>(Psidium cattleianum Sabine)</i>	Semillas con cáscara y pulpas residuales	Beta-caroteno	Alimentos, cosméticos, pintura ecológica.	Delvar et al, 2019
--	--	---------------	---	--------------------

Extracción de Alcaloides usando DCS

Cacao: <i>Theobroma cacao</i>	cascarilla	cafeína, teobromina	tratamiento de enfermedades respiratorias, además son vasodilatadoras, mejorando así la circulación sanguínea, y se ha demostrado su efecto diurético	González et al., 2019
----------------------------------	------------	---------------------	---	-----------------------

Extracción de Fitoestrógeno usando DCS

Aceituna (<i>Olea europaea</i>)	semilla	pinosinol	Utilización en enfermedades crónicas y protección contra ciertos tipos de cáncer	Inostroza et al., 2018
-----------------------------------	---------	-----------	--	------------------------

<i>Chufa: Cyperus esculentus</i>	subproducto s de la elaboración de horchata (bebida)	Lignano: hidroximatairesino I	Suplemento alimenticio y cosmética	Roselló-Soto et al., 2018
--------------------------------------	--	-------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------

La obtención de la vitamina E contenida en el tocoferol es de mucho interés en los diferentes autores, como se denota en la tabla 5; esta se encuentra en grandes cantidades en las semillas de copoazú siendo una concentración de 432 mg por gramo de semilla (Cavalcanti et al., 2016), como también el epicarpio del arroz con una concentración de 235 mg por 100 g (Sarmiento et al., 2006). La guayaba también contiene tocoferol cuyo contenido es 102 g por cada 100 g de aceite extraído Narváez 2020. De los residuos de la uva se puede extraer 68 mg por 100 g de aceite, De Souza et al., 2020. Para el caso de las semillas de tomate, se recupera con DCS 17 mg por 100 g de aceite, a una temperatura de extracción de 60 °C, y complementado con el cosolvente etanol, Vagi et al., 2007; en comparación con Ubeyitogullari et al., 2022, quien extrajo el tocoferol a la temperatura de 80°C y obtuvo 214 mg por 100 g de aceite. Con estos resultados se deduce que a mayor temperatura de extracción mayor es la cantidad extraída de tocoferoles.

La actividad antioxidante del beta-caroteno y su coloración natural, son atractivos para extraerlos de residuos agroindustriales. Uno de los residuos más utilizados fueron los de tomate, en los cuales están contenidos el licopeno y betacaroteno como los predominantes, Las concentraciones de licopeno fueron 0.86 mg 2.4 mg, 3.2 mg, 50 mg y 106 mg por 100 g de aceite, Pellicano et al 2020, Baysal et al., 2000 , Vagi et al., 2007, Costa et al., 2021 y Ubeyitogullari et al., 2022 respectivamente, ya que se extrajeron con DCS a distintos parámetros de presión y temperatura de 300 a 550 bar y de 60 a 80 °C; también las concentraciones de obtenidas de betacaroteno fueron 1.5 mg por 100 g de aceite Vagi et al., 2007 y Pellicano et al 2020, ambas investigaciones tuvieron parámetros de extracción cercanas de 460 a 500 bar de presión y 60°C de temperatura, en otras extracciones realizada se obtuvo 9.5 mg por 100 g de aceite y 106 mg por 100 g de aceite (Baysal et al., 2000 y Ubeyitogullari et al., 2022), en los residuos de Guayaba y Maracuyá se encuentran en pocas concentraciones a diferencia del tomate, el

betacaroteno extraído por Delvar et al., 2019 fueron de 2.6 mg/ kg y 3.2 mg/ kg de semillas, para la Guayaba y maracuyá respectivamente. Los betacarotenos se encuentran en los residuos industriales en bajas concentraciones. En la espinaca se obtuvo luteína como un carotenoide en una concentración de 7 mg / 100 g de sólido residual extraído a 56 °C (Derrien et al. 2018).

En la fibra de palma encontramos carotenoides totales 9 mg/g de aceite (Francia et al.), también en los residuos de mango, García 2012 y García 2015. El total de carotenoides se encuentra desde 6 a 18 mg /g de extracto a las mismas condiciones de extracción para el dióxido de carbono supercrítico, en el segundo caso el incremento se atribuye al cosolvente etanol utilizado en la extracción.

Los fenoles son compuestos bioactivos abundantes contenidos en los residuos agroindustriales, García et al., 2012. De los residuos de epicarpio de mango pudo extraer agentes fenólicos a una razón de 2.4 g/100 g de extracto, expresados en ácido gálico pero no encontró flavonoides; a diferencia, García et al., 2015 extrajo 50 mg de fenoles por cada 100 g de aceite y 25 mg de flavonoides por cada 100 gramos de aceite. Ambas investigaciones utilizaron los mismos parámetros de presión y temperatura usados para la extracción con DCS la diferencia radica en que García et al.,2012 utilizó un cosolvente (etanol) , dando así una mayor concentración de compuestos fenólicos en relación al extracto. En cambio, Bitencourt et al., 2020, extrajeron fenoles del extracto de café es 0.24 mg GAE/g Benedetta et al., 2019 también se obtuvo 0.30, 0.38, 0.41 mg GAE/g de aceite en total de fenoles dentro de las semillas de limón, toronja y mandarina respectivamente siendo los de menor concentración con respecto a Kitryte et al., 2020 recuperando 17 mg GAE/g de extracto de sauco.

Otros residuos contenido polifenoles en gran cantidad en alrededor de 249 mg por gramo de extracto expresados en Cannabidol (Vagi et al., 2020) en cambio otro estudio se extrajeron 64 mg por gramo de extracto del mismo componente ambos (Kitryt et al., 2017) provenientes de residuos de cáñamo.

Sin embargo los polifenoles totales encontrado en la cáscara de trigo sarraceno es de 4,89 mg/g peso seco (Nobili et al.,2019), en la soya (Alvarez et al.2019) se obtuvo 16 mg GAE/g pero en mayor cantidad se presenta en el cacao (Pico et al.,

2019) 35 mg GAE/g, superando en concentración, los residuos de la uva (Louli et al., 2004) se recuperó 18 g GAE/g de fenoles totales.

De la familia de polifenoles, los flavonoides es uno de los componentes bioactivos más importantes, se pueden encontrar en muchos residuos industriales tal como se muestra en la Tabla 5. Las actividades antioxidantes de los flavonoides, son buscadas en tratamientos médicos, y por tanto resultan en agentes naturales que se pueden usar en fármacos como alternativa a los agentes activos procesados químicamente, En el castaño existe poca cantidad de flavonoides llamado catequina y epicatequina Pinto et al., 2020 de igual manera en los residuos de jalapeño 0.7 mg/g siendo rutina el compuesto mayoritario del extracto y el Copoazú (Ferrereto et al.,2021 y Cavalcanti et al.,2016)

El uso de DCS en la extracción de los alcaloides, el compuesto bioactivo más soluble es la cafeína, se extrajo 57 mg/ g de ácido cafeico de los subproductos del envasado de café instantáneo, 0.54 mg/g.de cafeína y 17 mg/g de teobromina de las cascarillas del cacao (Gonzalez et al., 2019), es el único residuo de cacao que se evaluaron estos alcaloides, para su aprovechamiento.

Los estrógenos vegetales son extremadamente valiosos por su actividad antioxidante, estos se encuentran en residuos de semillas de aceituna, se obtiene en forma de aceite y se conoce como pinosinol, se extrae en cantidades apreciables, 308 mg de pinosinol por 100 g de extracto seco., en comparación la horchata contiene más fitoestrógeno Roselló Soto et al., 2019, teniendo una concentración de iso hydroxy matairesinol 1331 mg/ 100 g de extracto.

El ácido palmítico (C16:0) extraídos a 200 bar y 60 °C, en residuos de guayaba por Cerón et al., 2016 es 12 g/ 100 g extracto, en el caso del maracuyá y la guayaba fresa (Delvar et al.,2019) Comparando con el mismo ácido es menor, 7 g/ 100 g de residuo de Guayaba fresa y 9 g/100 g de residuo de maracuyá, se observa que existe una disminución de ácido palmítico a pesar de tener las mismas condiciones. El ácido esteárico (C 18:0) extraído de los diferentes frutos Una temperatura de 60 °C y una presión de 200 bar dorado et al., 2016 residuos de la guanábana 8 G/ 100 g de residuo y la guayaba fresa se obtuvieron 3 G/ 100 g de residuos y 4 G/ 100 g de residuos respectivamente Se observa que existe poca diferencia en la

concentración de este ácido en los distintos, En cambio Cerón et al., 2016 en los recibos de guayaba se extraen un ácido esteárico pero a 350 bar y a la misma temperatura de las anteriores se extrajo 4 g/ 100 g de residuo en este caso observamos que la presión no intervino mucho en el rendimiento del ácido esteárico.

El ácido oleico (C 18:1) extraídos a 200 bar y 60 °C en la guayaba por Cerón et al., 2016 es 8 g/ 100 g en comparación con el ácido oleico presentes en la guayaba fresca que es 10 g de ácido / 100 g de residuos y en la maracuyá 17 g/ 100 g de residuo en la mismas condiciones observamos que en el estudio Delvar et al.,2019 las concentraciones son mayores, y si comparamos con Dorado et al., 2016 en el ácido palmítico en las mismas condiciones anteriores se tiene una mayor cantidad 43 g/ 100 g de residuo se puede suponer que se debe la diferencia de frutos y en cambio el ácido oleico aumenta a 46 g/ 100 g de ácido, podemos suponer que se debe a la subida de la presión (350 bar) el cual es directamente proporcional con el rendimiento del ácido oleico .

Por último el ácido linoleico (C 18:2) extraído a 60 °C de temperatura y 200 bar de presión Delvar et al.,2019, Presentó un mayor rendimiento en la guayaba fresca y la maracuyá siendo 78 g y 71 g/ 100 g de residuos respectivamente y por Costa et al., 2021 en la extracción a 60 °C de temperatura pero a 500 bar de presión de compuestos bioactivos del tomate se obtuvo el ácido linoleico en 6 g/ 100 g de residuo y en el ácido oleico 3 g/ 100 g de residuo del ácido palmítico 1.4 g/ 100 g de residuo. Se demuestra que el ácido linoleico tiene buenos rendimientos a 60 °C Celsius de temperatura y 200 bar de presión.

La extracción del aceite de residuos de jengibre se obtuvo dos componentes 6 gingerol con 16 g/ 100 g de ácidos grasos totales y 6 shogaol con el co solvente etanol a 17 g/ 100 g de ácido grasos, con parámetros de extracción de DCS (350 bar y 35°C), siendo estos los componentes mayoritarios del aceite comercial de jengibre (Gao et al., 2020).

En comparación con las extracciones con mayor concentración en rango (50 - 63 °C). de temperatura y diferentes presiones. Kayathi et al., 2020, Caracteriza los ácidos carboxílicos de residuos de mango, a una presión de 500 bar el ácido palmítico 12 g/ 100 g de residuo, Ferrentino et al., 2020, residuos de manzana a

240 bar, ácido palmítico 13 g por 100 g de aceite, estas dos investigaciones obtienen los mismo compuesto , Kayathi et al., 2020 el ácido esteárico tiene una concentración de 26 g/ 100 g de residuos, Ferrentino et al., 2020 muestra que el ácido esteárico 8 g/ 100 g de aceite, Semilin et al., 2021 en residuos de fibra de palma, el ácido esteárico extraído a 80 bar es mucho menor siendo 2 g/ 100 g de residuos Kayathi et al., 2020, ácido oleico 42 g/ 100 g , Semilin et al., 2021 el ácido oleico a 120 bar está cerca a la concentración del autor anterior siendo 30 g/ 100 g de residuo, Ferrentino et al., 2020 ácido oleico 35 g/ 100 g de aceite y En cambio en Soares et al., 2018, del epicarpio de arroz extraído a 250 bar el ácido oleico es el que tiene mayor presentación con 39 g/100 g de extracto.

Kayathi et al., 2020 el ácido linoleico 14 g/ 100 g , Cerón et al., 2016, de residuos de la guayaba a una presión de 275 bar el ácido linoleico presenta un aumento significativo siendo 80 g/ 100 g de residuo y Ferrentino et al., 2020 , ácido linoleico 64 g/100 g de aceite presente en las semillas de manzana.

Solo en Mesquita et al.,2021 en los residuos de guanábana, se extrae a una presión de 300 bar hay una influencia de la presión donde el ácido linoleico es menor comparado con Dorado et al 2016 en los residuos de guanabana, donde la presión de extracción es de 350 bar , sin embargo el ácido oleico es mayor por el aumento de la temperatura y presión.

Cavalcanti 2016, en la extracción de ácidos grasos de residuos de copoazú, a 50 °C y 400 bar, se obtuvo el ácido esteárico en 33 g/100 g , a 200 bar 43 g/100 g ácido oleico. Narváez 2020 a 52 °C 357 bar obtuvo ácido linoleico en 78.5 g/ 100 g de aceite, Kytrite 2020, de residuos de saúco a 350 bar se obtuvo ácido linoleico 42 g/ 100 g de residuos y ácido oleico 13 g/ 100 g de residuos, este último se obtuvo de menor cantidad a comparación de los autores anteriores.

El (C-18) ácido linoleico no puede sintetizarse en el organismo humano por cualquier metabolismo, este ácido en el organismo humano cumple el rol protector de la piel, ayuda a la actividad cardiovascular, regula el nivel de colesterol en la sangre y promueve el crecimiento celular saludable para que ocurra la mitosis celular (Campalani et al., 2020). Debido a esta importancia es que se buscan aislar los ácidos grasos de alta calidad para beneficio de la sociedad.

Según se muestra en la Tabla 6, los equipos de extracción fueron diferentes para cada grupo de investigación, en el modo estático los datos son muy limitados al igual que en el modo dinámico.

Tabla 6: **Tipo de extracción**

Combinado estático - dinámico		
Rendimiento	Modelo extractor	Referencia
3.7mg FA/g centeno, 0.7mg FA/g trigo y 3.3mg FA/g avena.	Nexera UC SFE-SFC-LC	Radenkovs et al., 202
12,3 %	Extractor de fluidos supercríticos SFT-110	De Souza et al., 2020
3.38% a 40°C, 50 MPa y 30 gmin ⁻¹	Cromatógrafo de gases Agilent 6890 que se ensambló con un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar (DB-225; 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm)	Kayathi et al., 2020
1.72 % a 9.57 %	Extractor supercrítico SFE-150	González et al., 2019
Los ácidos grasos saturados son: esteárico, araquídico y palmítico con valores de (31.55-32.97)%, (9.34-11.36)% y (7.12-8.74)%, respectivamente. Ácidos grasos insaturados son: oleico y linoleico con (42.05-43.01)% y (3.80-4.47)%, respectivamente.	Spe-ed SFE Laboratory System, 7071, Applied Separations, Allentown, EE. UU.	Cavalcanti et al., 2016

9.38 y 10.08%	Unidad autoensamblada a escala de laboratorio.	Fornere et al, 2021
0,1 g/100 g - 14,7 g/100 g	Helix Separación aplicada, Allentown, PA, EE. UU.	Kitryte et al., 2020
2,49 % (p/p) para la mejor extracción usando solo CO ₂ como solvente en contraposición a un rendimiento total de 9,41 % (p/ p) cuando se usa 20 % wt de etano.	Thar SFE-500F-2-C50	Alexandre et al., 2020
8,3 g/100 g DW SFC	Helix (Separación Aplicada, Allentown, PA)	Kitryte et al., 2017
4.12 %	Extractor de fluido supercrítico SFE221-50-06 (An- hai Huada, China).	Guan et al., 2014
Tipo de extracción: dinámico		
0.083 kg	SFE 500, que es un aparato automatizado de extracción de fluidos supercríticos de la línea Waters® de sistemas a escala piloto (Waters adquiere Thar Instruments, Milford, CT, EE. UU.) 83 g/kg.	Cerón et al., 2021
10,9 g extracto/100 g de residuos secos	La SFE de residuos de tomate se llevó a cabo en un aparato de alta presión. Se comprime la presión mediante un neumático bomba (Williams P250V300), se utilizó también una cinta calefactora, medidor de flujo másico (Rheonik RHM 007). También una válvula reguladora de contrapresión, BPR, (Tescom Europe, modelo 26-1700, Selmsdorf, Alemania) y un separador de alta presión (Swagelok 316L-HDF4-500)	Costa et al., 2012

80 a 90 %	Las mediciones supercríticas se realizaron con un aparato de tipo flujo. En este aparato tenemos la la bomba dosificadora, válvula de tres vías	Nobre et al., 2012
4.12 %	Escala de laboratorio (SciMed, Stockport,UK)	Gao et al., 2020
90.8 %	Bomba de jeringa ISCO 260D, un extractor de fluido supercrítico ISCO SFX 2–10, un controlador de bomba ISCO serie D, un restrictor, un controlador de temperatura para el restrictor y una trampa fría.	Molnar et al., 2017
4.8%	Sistema SFE 100 (Thar Instruments, Inc., Reino Unido, 2006)	Akay et al., 2015
2,5 g/100 g	planta piloto con dos separadores	Vagi et al., 2020
3.15 (mg/100 g) rendimiento total	Unidad de extracción experimental	Garcia et al., 2015
ácido linoleico (78,5 %,p/p),seguida por la del ácido oleico (13,8 %,p/p)	SFE-500 (Milford, Connecticut, EE. UU.)	Narváz et al., 2020
Rendimiento total de 52,19 mg	SFE. depósito de CO2 y el extractor consta de un cilindro revestido de acero inoxidable 316L, 140 cm ³ (Suprilab, Campinas, SP), con temperaturas de 25 y 40°C controlado por un baño termostático (Modelo MQBTZ 99-20, Microquímica, precisión ±0.1oC, São José, SC). La presión de extracción se mantuvo mediante una bomba de alta presión (Modelo 3200 P/F, Thermo Separation Products, Riviera Beach, EE.UU.). Un manómetro analógico	Sarmento et al., 2006

(Header, 400bar, precisión) ± 5 bar) y una válvula micrométrica (Modelo SS31RS4 Swagelok, 5000 psi, 100 oF).

Rendimiento global del 19 %.	La unidad consta de un extractor (Ex) de 500 mL, cuatro separadores (S1 a S4) (acero inoxidable de 200 mL AISI 316, Maq'nagua, Brasil). Válvulas de contrapresión (Modelo Milroyal MD93(112) S(F) 4M500/Z, Milton Roy Europe, Francia) y una bomba neumática P2 (Maq'agua, Brasil), un sistema de bombeo de disolventes líquidos en condiciones atmosféricas P3 (Modelo Optos 2SM, Eldex Laboratories Inc., USA), un medidor de flujo másico coriolis (MF) (Modelo RHMO15NT+CMM01, Metroval, Brasil).	Bitencourt et al., 2020
41.17%	JASCO BP-2080-81	Semilin et al., 2021
0,6 %	SFE-500 (SEP- AREX, Francia)	Louli et al., 2004
21,07%	SFE-500 (Waters, USA/estudio cinético del proceso de extracción	Dorado et al., 2018
53,93%	Planta piloto polivalente (Sitec Sieber Engineering AG, Zúrich, Suiza) Motion, Boulder, CO) para la medición continua del caudal de dióxido de carbono	Baysal et al, 2000
10,5%	HPU500, Eurotechnica GmbH, Alemania	Alvarez et al., 2019
4,5 %	Un aparato personalizado multitarea para realizar extracciones con fluidos supercríticos (SFE) y extracciones con líquidos presurizados - etanol (PLE).	Mazzutti et al., 2018

72 % luteína y 50 % clorofila	Varios aparatos de Thar Technologie	Derrien et al., 2018
0,55% a 1,12 %	Extractor de fluido supercrítico (Waters Prep Supercritical Fluid Extraction System SC-100, Milford, MA, EE. UU.) Equipado con bombas de CO ₂ y codisolvente (modelo P-50)	Pinto et al., 2020
SC-CO ₂ (69%) licopeno	Sistema de extracción SC-CO ₂ a escala de laboratorio hecho a medida	Ubeyitogullari et al., 2022
7.5 %	Planta piloto semi industrial. El tipo de aparato GC fue "GL Science GC-353, FID" y la columna de sílice tipo "Chrompack WCOT FFAP-CB	Lisichkov et al., 2011
Pinoresinol 308,3 ± 2,8 y Polifenoles totales 2,4 ± 1,21	extractor de fluido supercrítico de CO ₂ Applied Separations, modelo Spe-ed™ SFE-2 (Allentown, PA, USA)	Inostroza et al., 2018
Guayaba de fresa 9.6% y maracuyá 21.6%	Unidad de fluido supercrítico que consta de un recipiente de extracción, una bomba neumática y dos baños termostáticos.	Delvar et al, 2019
Licopeno 90,1%	Aparato de alta presión equipado con un recipiente extractor de volumen de 5 L	Vági et al., 2007
Fresa silvestre 26.0 %, arandano 23.5%, granada 13%, mora 29,5%, mora 29.5%, frambuesa 30.3.% y grosella negra 16.5%	SFE-CO ₂ (jasco PU-2080-CO ₂ Bomba de suministro Plus y un regulador de contrapresión automático Jasco 2080 Plus utilizado para el control de presión. Los tubos de conexión de acero inoxidable y los diferentes reactores se calentaron mediante un horno Chrompack CP-9003)	Campalani et al., 2020
Proteínas 34% y lípidos 28%	Un extractor de fluido supercrítico a escala piloto (Superfluidi s.r.l., Padua, Italia), una bomba de diafragma de alta presión (Lewa LDC-M- 9XXV1, Milán, Italia)	Paini et al., 2020

Aceite de guayaba 13,44%	Equipo Waters-Thar SFE-500 (USA),	Ceron et al., 2016
Rendimiento óptimo del 12,9%	CO2 SC equipo de extracción de 500 mL de capacidad TharSFE-500 (Waters, USA),	Dorado et al., 2016
Triglicéridos 88.7%, ácido graso libre 3.5% y 700 ppm	Modificación de una planta de extracción a escala piloto con un compresor de membrana CO2-SFE (HOFER, Alemania)	Francia et al., 1997
El mayor rendimiento obtenido fue de 12,65%	SFE-CO2 sistema de ultrasonido (Unique Group, DES500, Campinas, Brasil)	Soares et al., 2018
Acido Linoleico 66,45%, ácido oleico 20,05	CO2 - SC extractor Multisolvente Proyecto 315- PNICP –EC-2014,	Barriga et al., 2018
79.00%	SC-CO2 Speed SFE system, Applied Separations, Allentown, PA, EE. UU.)	Pellicanò et al 2020

Tipo de extracción: estático

Rendimiento	Modelo extractor	Referencia
Ácido linoleico 35,42 Y 41%,	Semi-batch, aparato de laboratorio equipado con un recipiente de extracción de 320 cm ³	Benedetta et al., 2019
Ácido linoleico (63,76 g/ 100 g) 64%	Sistema piloto semi-batch (Superfluidi s.r.l., Padua, Italia).	Ferrentino et al.,2020

En la tabla 6 muestra los tipos de extracción del CO₂ supercrítico los cuales son; combinado estático - dinámico, dinámico y estático.

En el proceso combinado estático - dinámico, se encontró que el modelo extractor Helix Applied Separation Allentown, PA, EE. UU. permite alcanzar los mayores rendimientos en la extracción de compuestos fenólicos totales de los residuos agroindustriales de saúco, de 0.1 g a 14,7 g de fenoles por 100 g de residuo (*Sambucus nigra L*) Kitryte et al., 2020, en comparación con la extracción de polifenol con un rendimiento de 8.3 g polifenoles por 100 g DW de fracción lipofílica (*Cannabidiol*) de los residuos de cáñamo, Kitryté et al., 2017.

En el proceso dinámico, el tipo de modelo extractor más empleado es SFE-500. Los residuos agroindustriales de guayaba (*Psidium guajava*) fueron utilizados para extraer ácido linoleico (78,5 %,p/p), seguida por la del ácido oleico (13,8 %,p/p) Narváez et al., 2020, en comparación con la extracción de lípidos vegetales con un rendimiento de 21,07% (*Cyphomandra Betacea*) de los residuos de tamarillo, Dorado et al., 2018. De igual forma en el proceso dinámico, se sostiene que algunos autores, los cuales elaboraron plantas piloto para la extracción de aceites con CO₂ supercrítico, de esta manera tenemos una escala de laboratorio (SciMed, Stockport, UK) donde se obtuvo un rendimiento de 4.12 % de lípidos vegetales Gao et al., 2020, en comparación con la Planta piloto polivalente (Sitec Sieber Engineering AG, Zúrich, Suiza) Motion, Boulder, CO) para la medición continua del caudal de dióxido de carbono del cual se obtuvo de rendimiento 53,93% de licopeno Baysal et al, 2000.

Samillin et al., 2021, Pellicanó et al., 2020, Pinto et al., 2020 e Inostroza et al., 2018 para el proceso de extracción utilizaron modelos comerciales de extractores de DCS a mediana escala, las cuales se caracterizan por su proceso dinámico, obtención de aceites esenciales de *Elaeis guineensis*, *Solanum lycopersicum*, *Castanea sativa* y *Olea europaea*, respectivamente.

En el proceso estático, tenemos a dos artículos donde utilizaron el modelo de extracción Semi-batch en el cual da como mayor rendimiento al ácido linoleico 64% de los residuos agroindustriales de manzana (*Malus domestica*) Ferrentino et al., 2020, en comparación con la extracción de lípidos vegetales con un rendimiento en ácido linoleico 41, 31 y 36% (*Citrus limon*, *Citrus reticulata* y *Citrus maxima*) de los residuos de limón, mandarina y pomelo, Benedetta et al., 2019.

Los beneficios que generan los compuestos bioactivos extraídos mediante CO₂ supercrítico evaluados por sus propiedades y el impacto que genera su aprovechamiento

Tabla 7: **Beneficios**

Proceso de extracción DCS				
Especie	Ambiental	Económico	Condiciones	Autor
<i>Uva: Vitis vinífera</i>	Tecnología limpia	-	Proceso que usa CO ₂ como solvente de bajo impacto ambiental, ideal para la extracción de compuestos térmicamente sensibles, operaciones a 50 °C, 500 bar	De Souza et al., 2020
	Aprovechamiento de los desechos industriales	-	Reduce la masa de residuos agroindustriales operando en proceso de 45 °C y a presiones de 100, 150 y 250 bar	Louli et al., 2004
<i>Guayaba: Guayaba psidium</i>	Los rendimientos obtenidos muestran una mitigación de la contaminación ambiental.	-	Impacto positivo en el medio ambiente, operando en un proceso dinámico a 40 °C	Ceron et al., 2016

y de 200 a 350
bar de presión

<i>Arroz: Oryza sativa</i>	Tecnología verde	-	Impacto positivo para el medio ambiente, operando en un proceso dinámico de 25 a 60 °C y a 150 a 250 bar de presión.	Sarmiento et al., 2006
	tecnología limpia	-	Reducción de la masa de los desechos sólidos, operando a 40, 60 y 80 °C y con presiones de 120, 200 y 300 bar.	Nobre et al., 2012
<i>Tomate: Solanum lycopersicum</i>			<hr/>	
	Este enfoque es una alternativa limpia y simple a los enfoques de <u>isomerización</u> (Z) convencionales	-	SC-CO ₂ no es solo un procedimiento de extracción verde, sino que reduce los problemas de contaminación ambiental, cuando el proceso opera a 80 °C y a 60 bar de presión.	Ubeyitogullari et al., 2022

	Representa un método de perspectiva especialmente en la obtención de extractos ecológicos a partir de materias primas vegetales y animales.	-	Impacto positivo para el medio ambiente, cuando el proceso opera a 130 °C y 500 bar de presión.	Lisichkov et al., 2011
	Amigable con el medio ambiente	-	Recuperación de agentes fitoquímicos o bioactivos presentes en el extracto, bajo condiciones de 60 °C y 350, 450 y 550 bar de presión..	Pellicanò et al 2020
<i>Espinaca: Spinacia oleracea</i>	Extracción ecológica, fuente renovable, no inflamable y no tóxica	-	Se alcanzan altas eficiencias en la extracción de luteína y clorofila con reducción del impacto ambiental bajo condiciones de 40, 50 y 60 °C; con presiones de 100, 300 y 500 bar	Derrien et al., 2018
<i>Manzanilla: Matricaria chamomilla</i>	Tecnología verde	-	Impacto ambiental positivo, en procesos a 40 °C y presión de 300 bar.	Molnar et al., 2017

<i>Mango:</i> <i>Mangifera indica</i> L	Aprovechamiento de los residuos	-	uso de CO2 no tóxico y seguro, así como no inflamable.	Uso de residuos poco aprovechados en procesos a 40 °C y 300 bar de presión.	García et al., 2012
	Tecnología respetuosa con el medio ambiente	-		Recuperación de compuestos de alto valor en procesos a 40 °C y 300 bar de presión	García et al., 2015
	Enfoque hacia una economía circular	-		52, 55, 63 , 70 y 73 °C con presiones de 250, 350, 230, 300 y 370 bar de presión	Cerón et al., 2021
	Alternativa ecológica	-		Reducción de la contaminación ambiental cuando el proceso opera a 40 y 60 °C con presiones de 300 y 500 bar.	Kayathi et al., 2020
<i>Soya: Glycine max</i>	Tecnologías ecológicas y seguras	-		Reúso de la masa de residuos agroindustriales con operaciones a 35 y 40 °C y 400 bar de presión.	Álvarez et al., 2019
<i>Copoazú: Theobroma grandiflorum</i>	Producto libre de solventes	-		Aprovechamiento de los residuos agroindustriales en proceso a 50 °C , de 300 a 350 bar en presión.	Cavalcanti et al., 2016

<i>Jalapeño:</i> <i>Capsicum</i> <i>annuum peper</i>	Método de producción limpia e inocuo	Proceso rentable	Desarrollo de procesos limpios para el aprovechamiento de los residuos de las agroindustrias en procesos a 40 y 60 °C con presiones 200 y 250 bar.	Fornere et al, 2021
<i>Caña de azúcar:</i> <i>Saccharum officinarum</i>	Reducir el desperdicio de energía	-	Mejora el valor adicional en la industria azucarera y reduce la contaminación ambiental en procesos a 43 °C y a 330 bar de presión.	Guan et al., 2014
<i>Cáñamo:</i> <i>Cannabis sativa L.</i>	Solvente amigable con el ambiente	-	Uso de residuos agroindustriales en procesos a 27 °C y 80 y 450 bar de presión.	Vagi et al., 2020
	tecnología ecológica	-	proceso de las fibras residuales de <i>Cáñamo</i> para obtener aceites de manera más eficiente en procesos de 35 a 70 °C y con 100 a 500 bar de presión.	Kitryt et al., 2017
<i>Trigo Sarraceno:</i> <i>Fagopyrum esculentum</i>	Extracción ecológica, reciclaje de materias primas	-	Uso CO ₂ es de bajo impacto ambiental en procesos a 40 °C y 300 bar de presión.	Nobili et al., 2019

<i>Chufa: Cyperus esculentus</i>	Tecnología respetuosa con el ambiente	-	Mejora en los procesos productivos de aceites en procesos a 40 °C y 100, 200, 300 y 400 bar de presión.	Roselló-Soto et al., 2018
	metodo ecologico	-	Reduce los problemas ambientales en procesos operando a 40, 50 y 60 °C a presiones de 200 y 300 bar de presión	Mazzutti et al., 2018
<i>Cacao: Theobroma cacao L</i>	El uso de este recurso natural proporciona beneficios ambientales	-	Impacto positivo en el medio ambiente cuando el proceso ocurre a 45 °C y 100, 150 y 200 bar de presión	Pico et al. 2019
	Aprovechamiento de residuos agroindustriales como fuente de materia prima vegetal, tecnología ecológica.	-	Aprovechamiento de los componentes valiosos provenientes de los residuos en procesos a 45 y 60 °C con presiones de 137 a 413 bar de presión	González et al., 2019
<i>Aceituna (Olea europaea)</i>	CO ₂ solvente verde	-	incremento en la valoración de la biomasa de los residuos agroindustriales procesando en condiciones de 30 a 80 °C y 120	Akay et al., 2015

a 300 bar de
presión

<i>Centeno (Secale cereále L.), trigo (Triticum) y avena (Avena sativa L)</i>	Tecnología alternativa, selectiva y limpia, que permite la extracción de compuestos termolábiles y poco o ningún uso de solventes derivados del petróleo	-	Reduccion de emisiones tóxicas industriales en los ecosistemas, crea una demanda adicional para el desarrollo de tecnologías verdes para la producción de productos químicos a partir de fuentes renovables procesadas en condiciones de 40, 45, 50 y 60 °C y 100, 150 250 y 500 bar de presión	Radenkovs et al., 2021
<i>Palma aceitera africana: Elaeis guineensis</i>	Tecnología verde	-	Reduce el impacto ambiental por la presencia de efluentes en el prensado del fruto de palma en procesos a 40, 60 y 80 °C y 200 bar de presión.	Semilin et al., 2021

<i>Jengibre:</i> <i>Zingiber</i> <i>officinale</i>	Tecnología verde	-	Reducción de la masa de los desechos sólidos procesados a 35 °C y 350 bar de presión	Gao et al., 2020
<i>Tamarillo:</i> <i>Cyphomandra</i> <i>Betacea</i>	Tecnología alternativa y verde	-	uso eficiente de los residuos de la agroindustria del Tamarillo y procesados a 40 y 64 °C y de 200 a 380 bar de presión	Dorado et al., 2018
Saúco: <i>Sambucus nigra</i> <i>L</i>	fluidos ecológicos y no tóxicos	-	Operaciones de 40 a 70°C y presiones de 150 a 500 bar	Kitryte et al., 2020
Manzana (<i>Malus domestica</i>)	Se producen productos naturales amigables con el medio ambiente.	-	Recuperación y valorización de varios compuestos adecuados contenidos en la semilla de la manzana en procesos a 45 °C y 300 bar de presión	Paini et al., 2020
Maracuyá morado (<i>Passiflora edulis</i>) y Guayaba fresa (<i>Psidium cattleianum</i> Sabine)	El uso eficaz de los subproductos agroindustriales disponibles para la producción de emulsiones funcionales de aceite de origen vegetal puede contribuir a que el proceso de recubrimiento sea rentable y respetuoso con	-	Es un proceso de extracción limpio para procesar residuos de semillas y de pulpas, cuando se procesan de 40 a 60 °C y presiones 150 a 200 bar.	Delvar et al, 2019

el medio.
ambiente

Frambuesa, arándano, fresa silvestre, granada, mora y grosella negra	Los productos resultantes son más “verdes”, “más sostenibles”, “renovable”.	-	Impacto positivo para el medio ambiente cuando el proceso opera a 70 °C y 300 bar de presión	Campalani et al., 2020
Limón: <i>C. limon</i> y mandarina: <i>C. reticulata</i>	Respetuoso con el medio ambiente	-	Impacto positivo para el medio ambiente en procesos a 40 °C y 300 bar de presión	Benedetta et al., 2019
Guanábana: <i>Annona muricata</i>	Amigable con el medio ambiente.	-	Impacto positivo para el medio ambiente cuando el proceso opera de 40 a 60°C y de 200 a 350 bar de presión	Dorado et al., 2016
	Sostenible y verde		En procesos a 40, 50 y 55 °C y con presiones de 150, 200, 250 y 300 bar	Mesquita et al., 2021
El madroño: <i>arbutus unedo</i>	Fomentar la sostenibilidad, solvente verdes.	bio economía circular	Impacto positivo para el medio ambiente 35, 45 y 55 °C con 100, 200 y 300 bar de presión	Alexandre et al., 2020
<i>Castaño: Castanea sativa</i>	Extracción ecológica	-	Fomentar la valorización de los residuos de la agroindustria usando procesos a 40, 50 y 60 °C con 150, 250 y 350 bar de presión	Pinto et al., 2020

<i>Café: Coffea arabica y coffea canephora</i>	Se aplican disolventes producidos a partir de materias primas renovables llamados "disolventes verdes"	El CO2 es de bajo costo, inerte, no tóxico y adecuado para la extracción de compuestos termosensibles	Reducir el uso de disolventes orgánicos no ecológicos y fomentar el uso de nuevas técnicas de extracción respetuosas con el medio ambiente operando a 60 °C y 400 bar de presión	Bitencourt et al., 2020
--	--	---	--	-------------------------

Beneficios del producto

Especie	Social	Económico	Propiedades	Autor
		Menor costos de producción	Nutricional por la presencia de Tocoferoles	De Souza et al., 2020
<i>Uva: Vitis vinífera</i>	Salud	Bajo costo de la materia prima, el alto valor agregado de los compuestos fenólicos recuperados.	Cosmética o farmacéutica, por la presencia de aceite, y por la vitamina E.	Louli et al., 2004
	Salud	-	Físico químicas, medicinales: antiinflamatorias por la presencia de tocoferoles y fitoesteroles.	Narváez et al., 2020

<i>Guayaba: Guayaba psidium</i>	Los ácidos grasos son beneficiosos para la salud.	Aprovechamiento de residuos agroindustriales es un área con gran potencial económico, debido a la posibilidad de obtener nuevos productos industriales con un alto valor agregado que permitan incrementar un desarrollo regional.	Nutricional, medicinal por la presencia de Vitamina E y tocoferoles.	Ceron et al., 2016
---	---	--	--	--------------------

<i>Arroz: Oryza sativa</i>	Los ácidos grasos son beneficiosos para la salud	-	Nutricional , medicinal por la presencia de tocoferoles	Soares et al., 2018
----------------------------	--	---	---	---------------------

Salud	Materia prima abundante y de bajo costo,	Mayor cantidad de tocotrienoles	Sarmiento et al., 2006
-------	--	---------------------------------	------------------------

Salud	Valor añadido	Biológicas (agente antioxidante y anticancerígeno)	Nobre et al., 2012
-------	---------------	--	--------------------

	Salud	Alto costo de inversión, tecnología selectiva y alto rendimiento, fuente natural de compuesto bioactivo y de bajo valor.	Medicinales: antioxidantes, comercial y cosmético, tinte natural	Baysal et al, 2000	
<i>Tomate: Solanum lycopersicum</i>		Las propiedades del licopeno que promueven la salud y el bienestar al mejorar su biodisponibilidad.	-	.Nutricional por la presencia de carotenoides como suplemento de beta caroteno.	Ubeyitogullari et al., 2022
		Salud	-	Medicinal	Lisichkov et al., 2011
		El licopeno contiene propiedades saludables	-	Medicinal por la presencia de carotenoides y nutricional y tocoferoles.	Pellicanò et al 2020
		Salud	Valor añadido	Nutricional por la presencia de Vitamina E. cosmético/cuidado personal por la presencia ácidos grasos,	Costa et al., 2021

	El tomate es rico en licopeno, carotenoides y/o aceite natural los cuales son beneficios para la salud	El CO ₂ también está disponible a bajo costo y alta pureza	Nutricional por la presencia de aceites complementarios para alimentos.	Vági et al., 2007
	Beneficioso para la salud humana ya que aporta nutrientes al organismo.	-	Nutricional por presencia de aceites complementarios para el cuerpo	Nobre et al., 2009
<i>Espinaca: Spinacia oleracea</i>	Aumento de la conciencia sobre productos naturales.	-	Medicinales y farmacéuticas: antiinflamatorio, anti mutagénicas, antioxidante. Nutricionales, por la presencia de luteína y carotenoides.	Derrien et al., 2018
<i>Manzanilla: Matricaria chamomilla</i>	Salud	Materia prima son desechos del procesamiento	Medicinales: antimicrobianas y antiinflamatorias, por la presencia de polifenoles y cumarinas.	Molnar et al., 2017
		Bajo costo	Medicinales: antioxidantes por la presencia de polifenoles y flavonoides	García et al., 2012

<i>Mango:</i> <i>Mangifera indica</i> L.	Salud	-	Biológicas, medicinales, nutricionales, farmacéuticas por la presencia de flavonoides y polifenoles	Garcia et al., 2015
		CO ₂ a nivel industrial es de bajo costo, la tecnología es de alto costo	Nutricionales por la presencia de ácidos carboxílicos.	Cerón et al., 2021
		rentable a escala industrial	cosméticas por la presencia de ácidos grasos y emulsionantes.	Kayathi et al., 2020
<i>Soya: Glycine</i> <i>max</i>	Salud	-	Nutricionales por la presencia de polifenoles.	Álvarez et al., 2019
<i>Copoazú:</i> <i>Theobroma</i> <i>grandiflorum</i>	Potencial alimento	Bajo costo	Nutricionales, farmacéuticos, cosméticos por la presencia de polifenoles y flavonoides.	Cavalcanti et al., 2016
<i>Cáñamo:</i> <i>Cannabis sativa</i> L.	Salud	-	Medicinales y farmacéuticas: Analgesicas, antibacterianas, antiinflamatorias, antisicóticas, por la presencia de polifenoles,	Vagi et al., 2020

canabinoides y
fenoles.

		-	Medicinales, terapéuticas: analgesico, antibacteriano, antidiabetico, antisicótico, por la presencia de polifenoles y cannabinoides.	Kitryt et al., 2017
<i>Trigo Sarraceno:</i> <i>Fagopyrum</i> <i>esculentum</i>	Contrarrestar la contaminación fúngica nivel de campo o almacenamiento	Bajo costo de moléculas	Nutracéuticas Biocidas, por la presencia de polifenoles y vitexina e hiperósido	Nobili et al., 2019
<i>Chufa: Cyperus</i> <i>esculentus</i>	Salud (activación de la circulación sanguínea, prevención de enfermedades cardíacas y trombosis)	Reducción de los costes de producción	Medicinales: antimicrobianas y antiinflamatorias por la presencia de fitoestrógenos e hidroximatai resinol	Roselló-Soto et al., 2018
	Uso de solvente no tóxico para la salud	bajo costo de procesamiento	farmaceuticas, cosmeticas, nutricionales	Mazzutti et al., 2018

<i>Cacao: Theobroma cacao L</i>	El cacao contiene efectos positivos para la salud.	Existen beneficios económicos	Medicinal, nutricional por la presencia de teobromina y polifenoles.	Pico et a. 2019
	Salud	Valor económico	Medicinales, farmacológicos, por la presencia de alcaloides, y cafeína.	González et al., 2019
<i>Aceituna (Olea europaea)</i>	Beneficioso para la salud.	Los compuestos fenólicos pueden tener interés económico.	Medicinal por la presencia de fitoestrógeno e hidroximatai resinol	Inostroza et al., 2018
<i>Centeno (Secale cereále L.), trigo (Triticum) y avena (Avena sativa L)</i>	Salud	Bajo costo de la materia prima.	Medicinales por la presencia de ácidos carboxílicos y compuestos ferulicos antioxidantes	Radenkovs et al., 2021
<i>Jengibre: Zingiber officinale</i>	Salud	De alto valor comercial	Medicinales Biotecnología por la presencia acidos grasos que incluyen aceites	Gao et al., 2020
<i>Tamarillo: Cyphomandra Betacea</i>	Salud	-	Medicinales y cosméticas: antiinflamatorias y antioxidantes por la presencia de Ácidos grasos	Dorado et al., 2018

Saúco: <i>Sambucus nigra</i> L	Salud	-	Nutricionales y farmacéuticas por la presencia de ácidos grasos	Kitryte et al., 2020
Manzana (<i>Malus doméstica</i>)	Salud	-	Nutricional y adecuado para aplicaciones alimentarias por la presencia de ácidos grasos.	Ferrentino et al., 2020
	El compuesto extraído de la manzana contiene propiedades interesantes para la salud.	-	Medicinal por la presencia de lípidos vegetales antioxidantes.	Paini et al., 2020
Maracuyá morado (<i>Passiflora edulis</i>) y Guayaba fresa (<i>Psidium cattleianum</i> Sabine)	Beneficioso para la salud.	-	Nutricional, cosméticos por la presencia de ácidos grasos.	Delvar et al, 2019
Frambuesa, arándano, fresa silvestre, granada, mora y grosella negra	Beneficioso para la salud	-	Nutricional, medicinal, cosméticos por la presencia de lípidos vegetales.	Campalani et al., 2020
Limón: <i>C. limon</i> y mandarina: <i>C. reticulata</i>	Potencialmente beneficioso para la salud	-	Farmacéutica, nutricional debido a la presencia de ácidos grasos antioxidantes.	Benedetta et al., 2019

Guanábana: <i>Annona muricata</i>	Los ácidos grasos son beneficiosos para la salud.		Nutricional, medicinal, cosmética, por la presencia de ácidos grasos antioxidantes.	Dorado et al., 2016
	Salud	Alto potencial económico.	Nutricionales, cosmética, farmacéuticas.	Mesquita et al., 2021
Castaño: <i>Castanea sativa</i>	Salud	-	Promover la salud	Pinto et al., 2020

En la Tabla 7 se muestra que para residuos mezclados de uvas se pueden extraer agentes bioactivos como los tocoferoles, y las condiciones de operación del proceso aparecen razonablemente adecuadas a temperaturas entre 45 y 50 °C y con presión de 250 bar, De Souza et al., 2020 Louli et al., 2004. Los residuos agroindustriales mezclados de tomate son uno de los más abundantes, y las mejores condiciones de extracción de sus agentes bioactivos ocurren a 80 °C y a 60 bar de presión, de modo que el impacto al medio ambiente es mínimo Ubeyitogullari et al., 2022. grandes masas de residuos del proceso del cacao usualmente son dispuestas como abono o fuente de carbono en los suelos, esta práctica puede continuar luego de extraer sus agentes activos, reduciendo la posible formación de metano por el proceso anaeróbico. Las mejores condiciones de extracción en estos residuos 40 °C y 100 bar, Mazzutti et al., 2018; Pico et a. 2019. Otro residuo importante proviene de residuos del proceso de granos del café, de cuyos granos solo se aprovecha el 5% en masa; luego de extraer sus agentes bioactivos es posible reducir los problemas ambientales fitosanitarios, las mejores condiciones de extracción son a 60°C y una presión razonablemente alta de 400 bar y usando como cosolvente el etanol. Bitencourt et al., 2020. para el caso de residuos de palma aceitera, el proceso de extracción ocurre bajo condiciones razonables a 40 °C y 200 bar de presión, haciendo atractivo la extracción supercrítica con bajo impacto al medio ambiente, Semilin et al., 2021,

Los tocoferoles que corresponde al complejo de Vitamina E cuando se ingiere contribuye a mejorar la actividad muscular, previene la formación de coágulos sanguíneos, y fortalece el sistema inmunológico. Por esta razón se hicieron trabajos de investigación para obtener el agente de residuos industriales usando DCS. Como estos tocoferoles se obtienen de residuos, los costos comerciales del producto resultan menor comparado a los productos provenientes de procesos químicos, tal como se resumen en las cuatro primeras filas de la Tabla 7 de beneficios del producto, De Souza et al., 2020, Louli et al., 2004, Narváez et al., 2020, Ceron et al., 2016, Soares et al., 2018, Sarmiento et al., 2006, Pellicanò et al 2020

En los ácidos grasos contenidos en residuos industriales, el mayor componente es el ácido (18-C) linoleico que al consumirse permite la reducción de colesterol en el organismo humano. La demanda mayor es en la producción de resinas para recubridores naturales, humectantes para pigmentos y en la producción de jabones y emulsificantes. Estos atractivos de sus aplicaciones, hacen que se explore su extracción de residuos agroindustriales provenientes de diferentes semillas, Painsi et al., 2020, Delvar et al, 2019, Barriga et al., 2018.

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que, los ácidos grasos y los ácidos carboxílicos, son los compuestos que están presentes en la mayoría de los residuos de la agroindustria, los más representativos son el ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico y finalmente el ácido linoleico siendo este último uno de los más importantes para la salud humana. Prosiguiendo con los polifenoles y flavonoides, los carotenoides, como el licopeno y beta caroteno; las vitaminas, entre ellas el tocoferol y sus isómeros, están presentes en las semillas, epicarpios, entre otras partes de la planta y pueden estar presentes en los extractos en distintas concentraciones. Estos compuestos son extraídos con DCS en condiciones operacionales de bajas temperaturas y altas presiones.
- Se concluye que el proceso dinámico es el que tiene mayor afinidad con los investigadores o puesto que se tiene mejores rendimientos. Así también las plantas a escala de laboratorio son utilizadas para extraer compuestos bioactivos en menor cantidad, al contrario de los equipos a escala industrial que son utilizados para generar una rentabilidad sobre el subproducto.
- Se concluye que, el impacto ambiental en el proceso de extracción, aplicando CO₂ supercrítico como solvente, es mínimo. También un residuo importante es el proceso de granos del café, que luego de extraer sus agentes bioactivos es posible reducir los problemas ambientales fitosanitarios. Asimismo, se tiene que diferentes autores afirman que los productos obtenidos de la aplicación con CO₂ supercrítico son beneficiosos para la salud.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda comparar los rendimientos de las extracciones y las concentraciones de los compuestos bioactivos con cosolventes en la extracción con dióxido de carbono supercrítico, puesto que hay investigaciones que utilizan etanol, hexano para obtener un mejor rendimiento. Y también investigar el pretratamiento de la muestra, ya que se observó investigaciones donde se aplica ultrasonido a las muestras secas antes de la extracción.
- Se recomienda utilizar la información de esta revisión como punto de partida en invertir en plantas de extracción a escala industrial logrando así obtener un beneficio a partir de los residuos agroindustriales
- Se recomienda evaluar la rentabilidad, con respecto al valor del compuesto bioactivo y el proceso de extracción con DCS, para demostrar y promover el uso de esta tecnología a escalas industriales. Ya que en algunas investigaciones mencionan que las maquinarias extractoras de fluidos supercríticos tienen un costo elevado.

REFERENCIAS

1. AGUDELO RAMÍREZ, P.A., *EL EPICARPIO DE CAFÉ (Coffea arabica L.) COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES NATURALES OBTENIDOS EMPLEANDO EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS: EXPLORACIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE USO DEL RESIDUO Y REDUCCIÓN DE SU IMPACTO AMBIENTAL*. [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10365>.
2. AGUIAR, S., ARBOLEDA, L. y UVIDIA, H., Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Alfa* [en línea], vol. 5, no. 15, pp. 649-660, 2021. DOI 10.33996/revistaalfa.v5i15.145. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-09022021000300266&script=sci_arttext.
3. AKAY, F., KAZAN, A., CELIKTAS, M.S. y YESIL-CELIKTAS, O., A holistic engineering approach for utilization of olive pomace. *Journal of Supercritical Fluids* [en línea], vol. 99, pp. 1-7, 2015. DOI 10.1016/j.supflu.2015.01.025. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2015.01.025> ISSN 08968446. .
4. ALEXANDRE, A.M.R.C., SERRA, A.T., MATIAS, A.A., DUARTE, C.M.M. y BRONZE, M.R., Supercritical fluid extraction of Arbutus unedo distillate residues – Impact of process conditions on antiproliferative response of extracts. *Journal of CO2 Utilization* [en línea] 2020. S.l.: Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.11.002>.
5. ALVAREZ, M. V., CABRED, S., RAMIREZ, C.L. y FANOVICH, M.A., Valorization of an agroindustrial soybean residue by supercritical fluid extraction of phytochemical compounds. *Journal of Supercritical Fluids* [en línea], vol. 143, no. August 2018, pp. 90-96, 2019. DOI 10.1016/j.supflu.2018.07.012. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.07.012> ISSN 08968446. .
6. ANTONIE, P. y PEREIRA, C.G., Solubility of functional compounds in supercritical CO2: Data evaluation and modelling. *Journal of Food*

- Engineering* [en línea] 2019. S.I.: Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.012>.
7. ARIAS, María y GIRALDO, Clara. El rigor científico en la investigación cualitativa. *Investigación y Educación en Enfermería* [en línea]. 2011, n° 3, vol. 29. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105222406020> ISSN: 0120-5307
 8. AVELLA ARÉVALO, D. Modelos de negocio para el para el aprovechamiento de residuos sólidos en Boyacá: Hacia una perspectiva de cero desechos. Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2016.
 9. AWOLU, O.O. y MANOHAR, B., Quantitative and qualitative characterization of mango kernel seed oil extracted using supercritical CO₂ and solvent extraction techniques. *Heliyon* [en línea], vol. 5, no. 12, pp. e03068, 2019. DOI 10.1016/j.heliyon.2019.e03068. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03068> ISSN 24058440. .
 10. BARRIGA, M., CHURATA, A., TINOCO, Ó., BARRIGA SÁNCHEZ, M., CHURATA HUANCA, A. y TINOCO GÓMEZ, Ó., OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE *Vitis vinifera* CON CO₂ SUPERCRÍTICO. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], vol. 84, no. 2, pp. 217-227, 2018. DOI 10.37761/rsqp.v84i2.143. Disponible en: http://dev.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000200006 ISSN 1810-634X. .
 11. BAYSAL, T., ERSUS, S. y STARMANS, D.A.J., Supercritical CO₂ Extraction of beta -Carotene and Lycopene from Tomato Paste Waste Supercritical CO₂ Extraction of -Carotene and Lycopene from. April 2018, 2000. DOI 10.1021/jf000311t.
 12. BITENCOURT, R.G., MELLO, F.M.P.A., CABRAL, F.A. y MEIRELLES, A.J.A., High-pressure fractionation of spent coffee grounds oil using green solvents. *Journal of Supercritical Fluids* [en línea], vol. 157, pp. 104689, 2020. DOI 10.1016/j.supflu.2019.104689. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104689> ISSN 08968446.
 13. BORGES CUNHA, V.M., PAIVA DA SILVA, M., BRABO DE SOUSA, S.H., DO BEZERRA NASCIMENTO, P., GAMA ORTIZ MENEZES, E., NEVES DA SILVA, N.J., SILVA, D. da, BANNA, D.A., EMMI ARAÚJO, M. y NUNES DE CARVALHO JUNIOR, R., Bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus* Mart.) oil

- extraction using supercritical CO₂ and bioactive compounds determination in the residual pulp. *Journal of Supercritical Fluids* [en línea], vol. 144, pp. 81-90, 2019. DOI 10.1016/j.supflu.2018.10.010. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.10.010> ISSN 08968446.
14. BRUNOD, I., RESSÉGUIER, N. y FABRE, A., Medical thesis publication and academic productivity of pediatric residents at the Medical University of Marseille: Associated factors and evolution over 20 years. *Archives de Pédiatrie*, vol. 27, no. 8, pp. 408-415, 2020. DOI 10.1016/j.arcped.2020.09.007. ISSN 1769664X.
 15. CÁCERES, L.M., Implementacion de herramientas de gestion de calidad para el estudio del efecto del solvente en la obtencion de Terpeneol por hidratacion catalitica del limoneno. *Universidad Tecnológica Nacional*, pp. 75, 2014.
 16. CAMPALANI, C., AMADIO, E., ZANINI, S., DALL'ACQUA, S., PANOZZO, M., FERRARI, S., DE NADAI, G., FRANCESCATO, S., SELVA, M., PEROSA, A., DALL, S., PANOZZO, M., FERRARI, S., NADAI, G. De, FRANCESCATO, S., SELVA, M., PEROSA, A., DALL'ACQUA, S., PANOZZO, M., FERRARI, S., DE NADAI, G., FRANCESCATO, S., SELVA, M. y PEROSA, A., Supercritical CO₂ as a green solvent for the circular economy: Extraction of fatty acids from fruit pomace. *Journal of CO₂ Utilization* [en línea], vol. 41, no. May, pp. 101259, 2020. DOI 10.1016/j.jcou.2020.101259. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2020.101259> ISSN 22129820.
 17. CAROLINA, A., SOLDAN, F., ARVELOS, S., WATANABE, O., HORI, C.E., FORNERETO SOLDAN, A.C., ARVELOS, S., WATANABE, É.O. y HORI, C.E., Supercritical fluid extraction of oleoresin from *Capsicum annum* industrial waste. *Journal of Cleaner Production*, vol. 297, 2021. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.126593. ISSN 09596526.
 18. CAVALCANTI, R.N., ALBUQUERQUE, C.L.C. y MEIRELES, M.A.A., Supercritical CO₂ extraction of cupuassu butter from defatted seed residue: Experimental data, mathematical modeling and cost of manufacturing. *Food and Bioproducts Processing* [en línea], vol. 97, pp. 48-62, 2016. DOI

- 10.1016/j.fbp.2015.10.004. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2015.10.004> ISSN 09603085.
19. CERÓN-MARTÍNEZ, L.J., HURTADO-BENAVIDES, A.M., AYALA-APONTE, A., SERNA-COCK, L. y TIRADO, D.F., A pilot-scale supercritical carbon dioxide extraction to valorize colombian mango seed kernel. *Molecules*, vol. 26, no. 8, 2021. DOI 10.3390/molecules26082279. ISSN 14203049.
20. COSTA, A., MARQUES, M., CONGIU, F., PAIVA, A., SIMÕES, P., FERREIRA, A., BRONZE, M.R., MARTO, J., RIBEIRO, H.M. y SIMÕES, S., Evaluating the presence of lycopene-enriched extracts from tomato on topical emulsions: Physico-chemical characterization and sensory analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 11, pp. 1-20, 2021. DOI 10.3390/app11115120. ISSN 20763417.
21. CRISOSTO FUSTER, A. del R., *Valoración de los residuos agroindustriales de la granada (Punica granatum) mediante la aplicación de tecnología supercrítica con CO2* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4101/284_2020_crisosto_fuster_adr_espg_mae_stria_gestion_ambiental_y_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4101/284_2020_crisosto_fuster_adr_espg_mae_stria_gestion_ambiental_y_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
22. CURY R, K., AGUAS M, Y., MARTINEZ M, A., OLIVERO V, R. y CHAMSCHE, L., Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA* [en línea], vol. 9, no. S1, pp. 122-132, 2017. DOI 10.24188/recia.v9.nS.2017.530. Disponible en: <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf> ISSN 2027-4297.
23. DA PORTO, C., NATOLINO, A. y DECORTI, D., The combined extraction of polyphenols from grape marc: Ultrasound assisted extraction followed by supercritical CO2 extraction of ultrasound-raffinate. *LWT* [en línea], vol. 61, no. 1, pp. 98-104, 2015. DOI 10.1016/j.lwt.2014.11.027. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.027>ISSN 00236438.
24. MELEIRO, C.H. de A., MELEIRO, L.A. da C., MENDES, M.F., NASCIMENTO, M.R.F. y TEIXEIRA, B.A., Caracterização de óleo rico em

- compostos bioativos extraído do descarte da agroindústrias de tomate / Characterization of oil rich in bioactive compounds extracted from the disposal of tomato agroindustries. *Brazilian Journal of Health Review* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 646-660, 2021. DOI 10.34119/bjhrv4n1-055. Disponible en: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/22824/1830> 4 ISSN 25956825. .
25. DE SOUZA, R. de C., SOUZA MACHADO, B.A., DE ABREU BARRETO, G., LEAL, I.L., DOS ANJOS, J.P. y UMSZA-GUEZ, M.A., Effect of experimental parameters on the extraction of grape seed oil obtained by low pressure and supercritical fluid extraction. *Molecules*, vol. 25, no. 7, 2020. DOI 10.3390/molecules25071634. ISSN 14203049. .
26. DA PORTO, C., NATOLINO, A. y DECORTI, D., The combined extraction of polyphenols from grape marc: Ultrasound assisted extraction followed by supercritical CO2 extraction of ultrasound-raffinate. *LWT* [en línea], vol. 61, no. 1, pp. 98-104, 2015. DOI 10.1016/j.lwt.2014.11.027. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.027> ISSN 00236438.
27. DEL P. GARCÍA M., M., CABRAL, F.A. y MARTÍNEZ-CORREA, H.A., Dióxido de carbono supercrítico y etanol presurizado como solventes en la extracción de compuestos antioxidantes presentes en la piel de mango (*Mangifera indica* L.). *Acta Agronomica* [en línea], vol. 61, no. SPL.ISS., pp. 85-86, 2012. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169959497040.pdf> ISSN 01202812. .
28. DERRIEN, M., AGHABARARNEJAD, M., GOSSELIN, A., DESJARDINS, Y., ANGERS, P. y BOUMGHAR, Y., Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of lutein and chlorophyll from spinach by-products using response surface methodology. *LWT* [en línea], vol. 93, pp. 79-87, 2018. DOI 10.1016/j.lwt.2018.03.016. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.016> ISSN 00236438. .
29. DEVANI, B.M., JANI, B.L., BALANI, P.C. y AKBARI, S.H., Optimization of supercritical CO2 extraction process for oleoresin from rotten onion waste. *Food and Bioproducts Processing* [en línea], vol. 119, pp. 287-295, 2020. DOI 10.1016/j.fbp.2019.11.014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.11.014> ISSN 09603085. .

30. DIAZ-BAZO, C., Strategies to ensure the quality of qualitative research. The case of articles published in Education journals. *Revista Lusofona de Educacao*, vol. 44, no. 44, pp. 29-45, 2019. DOI 10.24140/issn.1645-7250.rle44.02. ISSN 1646401X.
31. DÍAZ REINOSO, B., *RECUPERACIÓN DE ANTIOXIDANTES POR TECNOLOGÍAS EMERGENTES A PARTIR DE EFLUENTES INDUSTRIALES Y RESIDUOS FORESTALES* [en línea]. S.I.: Universidad de Vigo. Disponible en: <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/732>.
32. DIAZ ZAVALA, P.T., Aprovechamiento de los residuos agroindustriales como prebióticos. [en línea], pp. 1-38, 2021. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/17084>.
33. DORADO ACHICANOY, D., HURTADO BENAVIDES, A. y MARTÍNEZ-CORREA, H.A., Study of supercritical CO₂ extraction of tamarillo (*Cyphomandra Betacea*) seed oil containing high added value compounds. *Electrophoresis*, vol. 39, no. 15, pp. 1917-1925, 2018. DOI 10.1002/elps.201700430. ISSN 15222683.
34. ESPINOZA, Eudaldo. La investigación cualitativa, una herramienta ética en el ámbito pedagógico. *Conrado* [en línea]. Agosto del 2020, vol. 16, n° 75, p. 103-110. Disponible en: (http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000400103&lang=es#B11) ISSN: 2519-7320
35. Fernandez (2020) <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
36. FERRENTINO, G., GIAMPICCOLO, S., MOROZOVA, K. et al., HAMAN, N., SPILIMBERGO, S. y SCAMPICCHIO, M., Supercritical fluid extraction of oils from apple seeds: Process optimization, chemical characterization and comparison with a conventional solvent extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* [en línea], vol. 64, pp. 102428, 2020. DOI 10.1016/j.ifset.2020.102428. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102428> ISSN 14668564. .
37. GAO, Y., OZEL, M.Z., DUGMORE, T., SULAEMAN, A. y MATHARU, A.S., A biorefinery strategy for spent industrial ginger waste. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 401, pp. 123400, 2021. DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.123400. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123400> ISSN 18733336. .

38. GARCIA-MENDOZA, M.P., PAULA, J.T., PAVIANI, L.C., CABRAL, F.A. y MARTINEZ-CORREA, H.A., Extracts from mango peel by-product obtained by supercritical CO₂ and pressurized solvent processes. *LWT* [en línea], vol. 62, no. 1, pp. 131-137, 2015. DOI 10.1016/j.lwt.2015.01.026. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.026> ISSN 00236438. .
39. GENG, Y. y WHARTON, S., How do thesis writers evaluate their own and others' findings? An appraisal analysis and a pedagogical intervention. *English for Specific Purposes* [en línea], vol. 56, pp. 3-17, 2019. DOI 10.1016/j.esp.2019.06.002. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esp.2019.06.002> ISSN 08894906. .
40. GIL CHÁVEZ, J.G., *Identificación, cuantificación y capacidad antioxidante de compuestos fenólicos extraídos con CO₂ supercrítico a partir de residuos de berenjena* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/256/1/GilChavezGilda_2012_MC.pdf.
41. GONZÁLEZ-ALEJO, F.A., BARAJAS-FERNÁNDEZ, J. y GARCÍA-ALAMILLA, P., Extracción de compuestos solubles de la cascarilla de cacao con CO₂ supercrítico. Caso de metilxantinas y grasa. *CienciaUAT* [en línea], vol. 13, no. 2, pp. 128, 2019. DOI 10.29059/cienciauat.v13i2.1073. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441960176010> ISSN 2007-7521. .
42. GOYENECHÉ, R., DI SCALA, K., RAMÍREZ, C.L. y FANOVICH, M.A., Recovery of bioactive compounds from beetroot leaves by supercritical CO₂ extraction as a promising bioresource. *Journal of Supercritical Fluids*, vol. 155, pp. 1-5, 2020. DOI 10.1016/j.supflu.2019.104658. ISSN 08968446. .
43. GUAN, Y., TANG, Q., FU, X., YU, S., WU, S. y CHEN, M., Preparation of antioxidants from sugarcane molasses. *Food Chemistry* [en línea], vol. 152, pp. 552-557, 2014. DOI 10.1016/j.foodchem.2013.12.016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.016> ISSN 18737072.
44. GUILLAMON, E., *Efecto de compuestos fitoquímicos del género Allium sobre el sistema inmune y la respuesta inflamatoria* [en línea]. 2018. S.l.: s.n. Disponible en: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/article/view/7479/6905> ISSN 0004-2927.

45. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.a ed. México: McGRAW-HILL, 2014. 600 pp. Disponible en https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf ISBN: 9781456223960
46. Hincapié Avila, S. (2016). Parámetros fenomenológicos, modelo y escalado de la extracción de beta-caroteno mediante la tecnología de fluidos supercríticos. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57477>
47. <https://agraria.pe/noticias/adex-agroindustria-concentra-el-mayor-numero-de-empresas-exp-27402>
48. IDÁRRAGA VÉLEZ, Á.M.I., *PRODUCCIÓN DE BIOMOLÉCULAS CON APLICACIONES COSMÉTICAS A PARTIR DE RESIDUOS DE FRUTAS* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Colombia Facultad. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55434>.
49. KAYATHI, A., CHAKRABARTI, P.P., BONFIM-ROCHA, L., CARDOZO-FILHO, L. y JEGATHEESAN, V., Selective extraction of polar lipids of mango kernel using Supercritical Carbon dioxide (SC-CO₂) extraction: Process optimization of extract yield/phosphorous content and economic evaluation. *Chemosphere* [en línea], vol. 260, pp. 127639, 2020. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.127639. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127639> ISSN 18791298. .
50. KHEIRVARI, Milad (et al). Polyphenol-rich diet, an efficient strategy after bariatric surgery. Septiembre del 2021, vol. 26, p. 1-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2021.100365>
51. KIM, W. y CHAIR, T.S., A calculation for the viscosity of fluid at the critical point. *Bulletin of the Korean Chemical Society* [en línea], vol. 23, no. 11, pp. 1524-1526, 2002. DOI 10.5012/bkcs.2002.23.11.1524. Disponible en: koreascience.kr/article/JAKO200202727182606.pdf ISSN 02532964. .
52. KITRYTE, V., LAURINAVIČIENE, A., SYRPAS, M., PUKALSKAS, A. y VENSKUTONIS, P.R., Modeling and optimization of supercritical carbon dioxide extraction for isolation of valuable lipophilic constituents from elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace. *Journal of CO₂ Utilization* [en línea], vol. 35, no. September 2019, pp. 225-235, 2020. DOI 10.1016/j.jcou.2019.09.020. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221298201930705X> ISSN 22129820.
53. KITRYTĖ, V., KAVALIAUSKAITĖ, A., TAMKUTĖ, L., PUKALSKIENĖ, M., SYRPAS, M. y RIMANTAS VENSKUTONIS, P., Zero waste biorefining of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) pomace into functional ingredients by consecutive high pressure and enzyme assisted extractions with green solvents. *Food Chemistry* [en línea], vol. 322, pp. 126767, 2020. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.126767. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126767> ISSN 18737072. .

54. LEITE, P., BELO, I., SALGADO J., Co-management of agro-industrial wastes by solid-state fermentation for. *Industrial Crops & Products*, vol. 172, p. 1-9, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113990>
55. the production of bioactive compounds
56. LOULI, V., RAGOSSIS, N. y MAGOULAS, K., Recovery of phenolic antioxidants from wine industry by-products. *Bioresource Technology*, vol. 92, no. 2, pp. 201-208, 2004. DOI 10.1016/j.biortech.2003.06.002. ISSN 09608524. .
57. LUQUE DE CASTRO, M, VALCÁRCEL, M y TENA VAZQUEZ DE LA TORRE, M. Extracción con fluidos supercríticos en el proceso analítico. Barcelona: Reverté, 1993.
58. Luz María Paucar-Menacho* ; Rebeca Salvador-Reyes; Jhoseline Guillén-Sánchez; Juan Capa-Robles; Cesar Moreno-Rojo Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado Comparative study of physical-chemical features of sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.), olive oil (*Olea europaea*) and fish oil file:///C:/Users/RUTH/Downloads/Dialnet-ComparativeStudyOfPhysicalchemicalFeaturesOfSachal-5298337.pdf
59. MADANI, Leila (et al). Experimental and mathematical modelling data of green process of essential oil extraction: Supercritical CO2 extraction. 2020, vol. 49, p. 1023-1029. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.125>
60. MARINI, Federico, Beata Walczak. (2019). Proyección de objetivo ANOVA (ANOVA-TP), Datos diseñados y el análisis de varianza, *Comprehensive Chemometrics 2da edición: Análisis de datos químicos y bioquímicos*, Universidad de Roma La Sapienza, Roma, Italia. <https://dialnet.unirioja.es>
61. MAZZOLDI, A., HILL, T. y COLLS, J.J., CO2 transportation for carbon capture and storage: Sublimation of carbon dioxide from a dry ice bank. *International Journal of Greenhouse Gas Control* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 210-218, 2008. DOI 10.1016/S1750-5836(07)00118-1. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222943606_CO2_transportation_for_carbon_capture_and_storage_Sublimation_of_carbon_dioxide_from_a_dry_ice_bank ISSN 17505836.
62. MAZZUTTI, S., RODRIGUES, L.G.G., MEZZOMO, N., VENTURI, V. y FERREIRA, S.R.S., Integrated green-based processes using supercritical CO2 and pressurized ethanol applied to recover antioxidant compounds from cocoa (*Theobroma cacao*) bean hulls. *Journal of Supercritical Fluids* [en línea], vol. 135, no. October 2017, pp. 52-59, 2018. DOI 10.1016/j.supflu.2017.12.039. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.12.039> ISSN 08968446.
63. Medrano y Fernandez, 2020 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27568/1/uy24-19935.pdf>

64. MELEIRO, C.H. de A., MELEIRO, L.A. da C., MENDES, M.F., NASCIMENTO, M.R.F. y TEIXEIRA, B.A., Caracterização de óleo rico em compostos bioativos extraído do descarte da agroindústrias de tomate / Characterization of oil rich in bioactive compounds extracted from the disposal of tomato agroindustries. *Brazilian Journal of Health Review* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 646-660, 2021. DOI 10.34119/bjhrv4n1-055. Disponible en: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/22824/18304> ISSN 25956825.
65. MESQUITA, P.C., RODRIGUES, L.G.G., MAZZUTTI, S., DA SILVA, M., VITALI, L. y LANZA, M., Intensified green-based extraction process as a circular economy approach to recover bioactive compounds from soursop seeds (*Annona muricata* L.). *Food Chemistry: X* [en línea], vol. 12, pp. 100164, 2021. DOI 10.1016/j.fochx.2021.100164. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100164> ISSN 25901575.
66. MIDAGRI, 2022 [https://lacamara.pe/sector-agropecuario-se-expandio-37-en-el-primer-trimestre-del-2022/#:~:text=El%20agro%20sigue%20su%20ritmo,Agrario%20y%20Riego%20\(Midagri\).](https://lacamara.pe/sector-agropecuario-se-expandio-37-en-el-primer-trimestre-del-2022/#:~:text=El%20agro%20sigue%20su%20ritmo,Agrario%20y%20Riego%20(Midagri).)
67. MIDAGRI, 2022 Boletín Estadístico Mensual "EL AGRO EN CIFRAS" - <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/1763886-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2021>
68. Molino, Antonio (et al). Recent developments in supercritical fluid extraction of bioactive compounds from microalgae: Role of key parameters, technological achievements and challenges. Febrero del 2020, vol. 36, p. 196-209. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.11.014>
69. MOLNAR, M., MENDEŠEVIĆ, N., ŠUBARIĆ, D., BANJARI, I. y JOKIĆ, S., Comparison of various techniques for the extraction of umbelliferone and herniarin in *Matricaria chamomilla* processing fractions. *Chemistry Central Journal*, vol. 11, no. 1, pp. 1-8, 2017. DOI 10.1186/s13065-017-0308-y. ISSN 1752153X.
70. Moreira de Rezende, Valter Luis, y otros. 2019. Análisis documental del proyecto pedagógico de un curso de Medicina y la enseñanza en la Atención Primaria a la Salud . 2019.
71. MORISSETTE, Marc (et al). Natural Phytoestrogens: A Class of Promising Neuroprotective Agents for Parkinson Disease. 2018, capítulo 2, p. 9-61. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809593-5.00002-1>
72. NARVÁEZ-CUENCA, C.E., INAMPUES-CHARFUELAN, M.L., HURTADO-BENAVIDES, A.M., PARADA-ALFONSO, F. y VINCKEN, J.P., The phenolic compounds, tocopherols, and phytosterols in the edible oil of guava (*Psidium guava*) seeds obtained by supercritical CO₂ extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 89, 2020. DOI 10.1016/j.jfca.2020.103467. ISSN 08891575.

73. National Institute of Standards and Technology (2021) Libro del Web de Química del NIST, SRD 69. (Department of Commerce, Washington, D.C.), <https://webbook.nist.gov/cgi/fluid.cgi?ID=C124389&Action=Page>
74. NOBILI, C., DE ACUTIS, A., REVERBERI, M., BELLO, C., LEONE, G.P., PALUMBO, D., NATELLA, F., PROCACCI, S., ZJALIC, S. y BRUNORI, A., Buckwheat hull extracts inhibit aspergillus flavus growth and AFB1 biosynthesis. *Frontiers in Microbiology*, vol. 10, no. AUG, 2019. DOI 10.3389/fmicb.2019.01997. ISSN 1664302X. .
75. NOBRE, B.P., GOUVEIA, L., MATOS, P.G.S., CRISTINO, A.F., PALAVRA, A.F. y MENDES, R.L., Supercritical extraction of lycopene from tomato industrial wastes with ethane. *Molecules*, vol. 17, no. 7, pp. 8397-8407, 2012. DOI 10.3390/molecules17078397. ISSN 14203049.
76. NOREÑA, A. [et.al]. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. Dialnet, [en línea], 2012. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4322420>
77. Nouredine Brihi. (2018). Pharmacological activity of Alkaloids: A re. *Asian Journal of Botany*, 1(April), 1–5. <https://doi.org/10.63019/ajb.v1i2.467>
78. NUÑEZ, R. El rigor científico en la investigación cualitativa. 2016, parr.7 P. 12. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/rigorcientifico-la-investigacion-cualitativa/>
79. PANTOJA-CHAMORRO, A.L., HURTADO-BENAVIDES, A.M. y MARTÍNEZ-CORREA, H.A., Evaluación del Rendimiento, Composición y Actividad Antioxidante de Aceite de Semillas de Mora (*Rubus glaucus*) Extraído con CO2 Supercrítico. *Informacion Tecnologica* [en línea], vol. 28, no. 1, pp. 35-46, 2017. DOI 10.4067/S0718-07642017000100005. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642017000100005&lng=es&nrm=iso ISSN 07180764. .
80. PINTO, D., DE LA LUZ CÁDIZ-GURREA, M., SUT, S., FERREIRA, A.S., LEYVA-JIMENEZ, F.J., DALL'ACQUA, S., SEGURA-CARRETERO, A., DELERUE-MATOS, C., RODRIGUES, F., DE, M., CÁDIZ-GURREA, L., SUT, S., SO, A., LEYVA-JIMENEZ, F.J., DALL, S., SEGURA-CARRETERO, A., DELERUE-MATOS, C., RODRIGUES, F., DIANA, P., LUZ, cádiz-gurrea maria de la, STEFANÍA, S., ANA, F., LEYVA-JIMENEZ, F.J., DALL'ACQUA, S., SEGURA-CARRETERO, A., DELERUE-MATOS, C. y RODRIGUES, F., Valorisation of underexploited *Castanea sativa* shells bioactive compounds recovered by supercritical fluid extraction with CO2: A response surface methodology approach. *Journal of CO2 Utilization* [en línea], vol. 40, no. March, pp. 284-292, 2020. DOI 10.1016/j.jcou.2020.101194. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2020.101259>ISSN 22129820. .
81. RADENKOV, V., JUHNEVICA-RADENKOVA, K., KVIESIS, J., LAZDINA, D., VALDOVSKA, A., VALLEJO, F. y LACIS, G., Lignocellulose-degrading enzymes: A biotechnology platform for ferulic acid production from agro-industrial side streams. *Foods*, vol. 10, no. 12, pp. 1-29, 2021. DOI 10.3390/foods10123056. ISSN 23048158.

82. ROJAS, Xiomara y OSORIO, Belkis. Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cualitativa. Gaceta de pedagogía revista electrónica (RGP) [en línea]. 2017, n° 36. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/337428163_Criterios_de_Calidad_y_Rigor_en_la_Metodologia_Cualitativa ISSN: 0435-026X
83. ROLLANDI, Ricardo. Problemática de la gestión de residuos sólidos urbanos en las megas ciudades [En línea]. Disponible en: http://www.ic-latinoamerica.com/descargas/pdf/articulos_interes/2012-04_problematika_de_la_gestion.pdf
84. ROSELLÓ-SOTO, E., BARBA, F.J., LORENZO, J.M., MUNEKATA, P.E.S., GÓMEZ, B. y MOLTÓ, J.C., Phenolic profile of oils obtained from “horchata” by-products assisted by supercritical-CO₂ and its relationship with antioxidant and lipid oxidation parameters: Triple TOF-LC-MS-MS characterization. *Food Chemistry* [en línea], vol. 274, pp. 865-871, 2019. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.09.055. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.055>ISSN 18737072. .
85. SAAVEDRA HORTÚA, N., *Desarrollo de una formulación de nano y micropartículas de licopeno extraído por 1 fluidos supercríticos a partir de residuos agroindustriales de tomate (Lycopersicum esculentum)*. [en línea]. S.I.: Corporación Universitaria Lasallista. Disponible en: http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1687/1/Desarrollo_formulacion_NanoMicroparticulasLicopeno_tomate.pdf.
86. SÁNCHEZ, J.M., 2018. Universidad Nacional De Huancavelica Presentado por. Repositorio Institucional - UNH [fecha de consulta: 13 de agosto del 2021]. 34 Disponible en : <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2998%0Ahttp://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1540>
87. SEMILIN, V., JANAUN, J., CHUNG, C.H., TOUHAMI, D., HAYWOOD, S.K., CHONG, K.P., YASER, A.Z. y ZEIN, S.H., Recovery of oil from palm oil mill effluent using polypropylene micro/nanofiber. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 404, pp. 124144, 2021. DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.124144. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124144>ISSN 18733336.
88. SHI, X., WU, H., SHI, J., JUN, S., WANG, D., WANG, W., CHENG, A., GONG, Z., CHEN, X. y WANG, C., *LWT - Food Science and Technology Effect of modi fi er on the composition and antioxidant activity of carotenoid extracts from pumpkin (Cucurbita maxima) by supercritical CO₂* [en línea]. S.I.: Elsevier Ltd. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.11.003>ISSN 0023-6438.
89. SOOKWONG, P., SUTTIARPORN, P., BOONTAKHAM, P., SEEKHOW, P., WANGTUEAI, S. y MAHATHEERANONT, S., Simultaneous quantification of Vitamin E, γ-oryzanols and xanthophylls from rice bran essences extracted

- by supercritical CO₂. *Food Chemistry* [en línea], vol. 211, pp. 140-147, 2016. DOI 10.1016/j.foodchem.2016.05.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.001>ISSN 18737072.
90. Sookwong, P., Suttiarporn, P., Boontakham, P., Seekhow, P., Wangtueai, S., & Mahatheeranont, S. (2016). Cuantificación simultánea de vitamina E,. 211, 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.001>
 91. TEMELLI, E. SCCO 2 extraction of terpernes froin cold pressed valencia orange oil. Conferencia Ph.D. Universidad de Florida, Gainesville, Estados Unidos, 1987.
 92. TITA, G.J., *Desarrollo de una biorrefineria de subproductos del tabaco mediante fluidos supercriticos* [en línea]. S.I.: Universidad de Valladolid. [Consulta: 21 junio 2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/48511>.
 93. TORNERO, Antonio. 2015. AINIA-Centro Tecnológico. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de Mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/fluidos-supercriticos-alternativa-de-valor-a-las-tecnicas-de-extraccion-de-aceites-y-grasas-natural/>
 94. TORRELO, G 2010 <https://digital.csic.es/bitstream/10261/101628/1/Tecnolog%C3%ADa%20de%20fluidos%20supercr%C3%ADticos.pdf>
 95. TRABELSI, D., AYDI, A., WÜST, A., DELLA, G., SCOGNAMIGLIO, M., CRICCHIO, V., LANGA, E., ABDERRABBA, M. y MAINAR, A.M., The Journal of Supercritical Fluids Supercritical extraction from Citrus aurantium amara peels using CO₂ with ethanol as co-solvent. *The Journal of Supercritical Fluids* [en línea], vol. 117, pp. 33-39, 2016. DOI 10.1016/j.supflu.2016.07.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2016.07.003>ISSN 0896-8446. .
 96. TSITSAGI, Mzia (et al). Sequential extraction of bioactive compounds from tangerine (Citrus Unshiu) peel. Junio del 2018, vol. 16, p. 236-241. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.02.007>
 97. UBEYITOGULLARI, A. y CIFTCI, O.N., Enhancing the bioaccessibility of lycopene from tomato processing byproducts via supercritical carbon dioxide extraction. *Current Research in Food Science* [en línea], vol. 5, no. November 2021, pp. 553-563, 2022. DOI 10.1016/j.crfs.2022.01.020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.020>ISSN 26659271.
 98. Uwinesa, Pasacaline (et al). Recent Advances in Supercritical Fluid Extraction of Natural Bioactive Compounds from Natural Plant Materials. Agosto del 2020, vol. 25, p. 1-23. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules25173847>
 99. VÁGI, E., SIMÁNDI, B., VÁSÁRHELYINÉ, K.P., DAOOD, H., KÉRY, Á., DOLESCHALL, F. y NAGY, B., Supercritical carbon dioxide extraction of carotenoids, tocopherols and sitosterols from industrial tomato by-products.

- Journal of Supercritical Fluids*, vol. 40, no. 2, pp. 218-226, 2007. DOI 10.1016/j.supflu.2006.05.009. ISSN 08968446. .
100. VARELA, Margarita y VIVES, Tania, Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en Educación Médica*, 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505716300072>
101. VARGAS CORREDOR, Y.A. y PERÉZ PÉREZ, L.I., Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas [en línea]*, vol. V, no. 1, pp. 59-72, 2018. DOI 10.18359/rfcb.3108. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108> ISSN 1900-4699.
102. VIGUERA, M., Influencia de los parámetros de operación y la condición del sólido en la extracción supercrítica. Aplicación en el desarrollo de procesos sostenibles de interés industrial. [en línea], 2018. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=448659>.
103. VIVERO S, A., VALENZUELA B, R., VALENZUELA B, A. y MORALES, G., Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Revista chilena de nutrición*, vol. 46, no. 4, pp. 491-498, 2019. DOI 10.4067/s0717-75182019000400491.
104. WONG-PAZ, J.E., AGUILAR-ZÁRATE, P., VEANA, F. y MUÑIZ-MÁRQUEZ, D.B., Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas [en línea]*, vol. 23, pp. 1-11, 2020. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2020.0.255. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43266574023> ISSN 1405-888X
105. Zerega, M. (2014). Descripción de lineamientos de competencias de perfil de egreso y formación para el diseño de currículos nacionales de comunicación de tercer nivel a partir del análisis del escenario social, académico y profesional local. [Disponible en]: <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/bitstream/ucasagrande/189/1/Tesis667ZER d.pdf>
106. ZHOU, J., GULLÓN, B., WANG, M., GULLÓN, P., LORENZO, J.M. y BARBA, F.J., The application of supercritical fluids technology to recover healthy valuable compounds from marine and agricultural food processing by-products: A review. *Processes*, vol. 9, no. 2, pp. 1-23, 2021. DOI 10.3390/pr9020357. ISSN 22279717.

ANEXOS

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

<p>Título: Valorización de un residuo agroindustrial de soja mediante extracción con fluido supercrítico de compuestos fitoquímicos</p>	
AUTOR (ES): Álvarez et al.,	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019

PARTICIPANTE: Sciencedirect	PAGINAS EMPLEADAS: 6
PALABRAS CLAVES:	Residuo de soja;CO2 supercrítico; Etanol; Antioxidantes; Flavonoides
RESIDUO AGROINDUSTRIAL:	Expeller de soja
SUSTANCIA EXTRAIDA:	Antioxidantes, polifenoles, contenido de flavonoides y AC

MODELO EXTRACTOR:	HPU500, Eurotechnica GmbH, Alemania
COSOLVENTE:	Etanol
USO:	Los expellers de soja constituyen una fuente de componentes valiosos que pueden recuperarse mediante tecnologías ecológicas y seguras y, posteriormente, reciclarse dentro de la cadena alimentaria como aditivos funcionales o utilizarse para aplicaciones farmacéuticas



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, 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 titulada: "Aplicación del CO2 supercrítico en la extracción de compuestos bioactivos de interés comercial de residuos agroindustriales: una revisión sistemática", cuyos autores son CORNEJO BADILLO RUTH NOEMI, HUARANGA BENAVIDES BRENDA PAMELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, 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 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, 12 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO DNI: 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 14- 07-2022 00:34:40

Código documento Trilce: TRI - 0339870