



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aplicación de tecnologías limpias en la agroindustria para  
el aprovechamiento de sus residuos, una revisión  
sistemática de los últimos 10 Años.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Ato Alama, Kenny Martin (ORCID: 0000-0001-9015-4158)

Peña Guerrero, Karen Rocio (ORCID: 0000-0001-8098-3286)

**ASESOR:**

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

Dedicado a Dios, por haberme dotado de fuerzas y habilidades para poder desarrollarme como persona y como profesional, por estar siempre conmigo y no desampararme. A mi familia, de manera especial a mis padres por brindarme su apoyo diario, cada logro en mi vida será para ustedes.

### **Kenny**

A mis padres, por ser mi guía, de forma especial a mi querida mamá Carmen que desde el cielo ilumina mi camino, a mi hermano Alonso por ser mi soporte diario y darme las fuerzas necesarias para salir adelante. Este logro está dedicado a ellos.

### **Karen**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por guiarnos diariamente y darnos la fuerza necesaria en los momentos más difíciles y llenos de debilidad.

Gracias a nuestros padres por ayudarnos a alcanzar el sueño de ser profesionales, por el esfuerzo que hacen día a día para ver nuestra superación, infinitas gracias.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	iv
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	14
3.3 Escenario de estudio .....	15
3.4 Participantes .....	15
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
3.6 Procedimientos.....	16
3.7 Rigor científico.....	18
3.8 Método de análisis de información .....	19
3.9 Aspectos éticos .....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
V. CONCLUSIONES .....	36
VI. RECOMENDACIONES .....	37
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Clasificación de las tecnologías limpias y sus sectores	8
Tabla 2. Métodos tecnológicos limpios utilizados para aprovechar residuos agroindustriales	11
Tabla 3. Artículos consultados para la recopilación de datos	16
Tabla 4. Resumen de criterios de búsqueda	18
Tabla 5. Métodos tecnológicos limpios recomendados para aprovechar residuos agroindustriales	21
Tabla 6. Características del método Fermentación en estado sólido	25
Tabla 7. Características del método Extracción por fluidos supercríticos (SFE)	26
Tabla 8. Características del método Digestión anaerobia	27
Tabla 9. Características del método Compostaje en pilas	29
Tabla 10. Características del método extracción de líquidos presurizados (PLE)	30

## Índice de figuras

Figura 1. Beneficios de las tecnologías limpias .....	9
Figura 2. Clasificación de los residuos agroindustriales.....	10
Figura 3. Uso de los residuos agroindustriales .....	12
Figura 4. Procedimiento para determinar el n final según los criterios de selección .....	17
Figura 5. Métodos tecnológicos limpios aplicados para aprovechar residuos agroindustriales .....	23
Figura 6. Residuos agroindustriales más aprovechados mediante la aplicación de tecnologías limpias .....	31
Figura 7. Productos obtenidos mediante el aprovechamiento de residuos agroindustriales por métodos tecnológicos limpios .....	33

## RESUMEN

Esta investigación es de tipo básica ya que pretende ampliar la base de conocimientos del tema en cuestión y el diseño es una revisión sistemática. El objetivo fue identificar el método tecnológico limpio más recomendado para aprovechar residuos agroindustriales. Para recopilar la información se utilizó el análisis documental de 20 fuentes de información.

Se recopiló información de artículos científicos, trabajos de investigación y demás bibliografía de fuentes como EBSCO, SCIELO, Redalyc. Luego de filtrar esta información se seleccionaron veinte fuentes.

Se partió de la descripción de las características de los métodos tecnológicos limpios, la identificación de los tipos de residuos agroindustriales más aprovechados y los productos obtenidos al aprovecharlos. Luego de sistematizar la información, se logró identificar los métodos de aplicación de tecnologías limpias más recomendados para aprovechar residuos agroindustriales; el método de Extracción por Fluidos Supercríticos y el método de Extracción por Líquidos Presurizados. A partir de los resultados obtenidos, se recomienda a los investigadores clasificar los métodos tecnológicos limpios existentes ya que durante la realización de esta investigación se presentaron inconvenientes en cuanto a la organización de los artículos conforme al método empleado, debido a que algunos autores mencionan el proceso más no el método que se usa.

**Palabras clave:** Tecnología limpia, residuos, agroindustria, métodos, reutilizar

## **ABSTRACT**

This research is of a basic type since it aims to expand the knowledge base of the subject in question and the design is a systematic review. The objective was to identify the most recommended clean technological method to take advantage of agro-industrial waste. To collect the information, the documentary analysis of 20 sources of information was used.

Information was collected from scientific articles, research papers and other bibliography from sources such as EBSCO, SCIELO, Redalyc. After filtering this information, twenty sources were selected.

It started from the description of the characteristics of clean technological methods, the identification of the most used types of agro-industrial waste and the products obtained by taking advantage of them. After systematizing the information, it was possible to identify the most recommended clean technology application methods to take advantage of agro-industrial residues; the Supercritical Fluid Extraction method and the Pressurized Liquid Extraction method. Based on the results obtained, researchers are recommended to classify the existing clean technological methods since during the conduct of this research there were inconveniences in terms of the organization of the articles according to the method used, due to the fact that some authors mention the process but not the method used.

Keywords: Clean technology, waste, agribusiness, methods, reuse

## I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación implicó efectuar una revisión sistemática acerca de la utilización de tecnologías limpias en la agroindustria para el aprovechamiento de sus residuos, en los que se aplican diferentes procesos, métodos y estrategias, por lo que se hizo uso de material bibliográfico, en este caso, trabajos de investigación y artículos científicos, referentes a la investigación.

(Sotomayor, 2017, p.229) sostiene que, en los últimos años, las investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de los residuos agroindustriales usando tecnologías limpias han tomado gran relevancia y esto se debe a la necesidad de las industrias de adoptar este tipo de tecnologías para aprovechar sus residuos y mitigar su huella de contaminación. Por consiguiente, es necesario el análisis del tema en cuestión, para de esta manera identificar el método tecnológico limpio más recomendado para el manejo de los residuos agroindustriales y obtener así subproductos que sean aprovechables por el hombre.

“Es crucial valorar los impactos producidos por la industria sobre los aspectos socioambientales como las emisiones de gases y los desechos que se generan en las diversas etapas del proceso y comercialización; como consecuencia, el medio ambiente se ha visto cada vez más degradado”. (Sotomayor y power, 2019, p. 29)

La producción de residuos en la agroindustria se debe a las diversas fases que implican los procesos productivos y significan desde hace mucho, una problemática ambiental a nivel global esto debido a que gran parte no son procesados o dispuestos de forma adecuada (Vargas y Pérez, 2018). Además, poseen un enorme potencial el cual puede ser aprovechable en diversos procesos que abarcan la creación de nuevos productos, esto permite aportar valor agregado y recuperar el estado del ambiente que se ve alterado alterados en su proceso. Los residuos agroindustriales están aumentando en todo el mundo, por lo cual es preciso identificar nuevos métodos y estrategias para su valorización.

En la última década, se ha venido adoptando y haciendo uso tecnologías limpias por parte de quienes manejan las industrias debido a sus niveles de eficiencia, por su disminución de energía y ahorro de recursos frente a las tecnologías anteriores.

Sotomayor et al., (2019). Dentro de las ventajas de la adecuación de estas tecnologías, puede resaltarse que se alcanzan mejores resultados evitando crear contaminación, además de que los sistemas introducidos son de mayor rendimiento, rentables y por lo general incrementan la eficacia. Lara, y Moreno (2014).

Estos residuos de la agroindustria representan un potencial que puede ser aprovechado en la elaboración de recursos tales como biocombustibles, alimentos para animales, harinas, jarabes, etc. Es preciso que estos procesos sean aplicados al diseño conceptual para preparar y estimar aspectos tales como económicos, ambientales y sociales que se asemeje con el desarrollo sostenible de los procesos. Matallana et al. (2021).

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la aplicación de tecnologías limpias en la agroindustria para el aprovechamiento de sus residuos, para ello se pretende compilar información cuyos resultados se puedan sistematizar en la recomendación de un método tecnológico limpio, esta recomendación se incorporará al conocimiento previo y esto ayudará a ampliar la visión acerca del empleo de este tipo de tecnologías para el cuidado del ambiente. Los resultados de esta investigación demostraran que el uso de tecnologías limpias en la agroindustria para el aprovechamiento de sus residuos supone una práctica viable y conveniente en aspectos ambientales, económicos y sociales. Respecto a la realidad problemática planteada se formuló el problema general y los problemas específicos de la investigación.

Esta investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es el método tecnológico limpio más recomendado para aprovechar residuos agroindustriales?

La investigación planteó como problemas específicos:

- **PE1:** ¿Cuáles son las características de los métodos tecnológicos limpios para el aprovechamiento de residuos agroindustriales?
- **PE2:** ¿Cuáles son los tipos de residuos agroindustriales más aprovechados por la aplicación de los métodos tecnológicos limpios?

- **PE3:** ¿Cuáles son los productos obtenidos al aplicar métodos tecnológicos limpios para aprovechar residuos agroindustriales?

Se planteó el objetivo general para la investigación: Identificar el método tecnológico limpio más recomendado para aprovechar residuos agroindustriales.

Los objetivos específicos de la investigación:

- **OE1:** Describir las características de los métodos tecnológicos limpios para aprovechar residuos agroindustriales.
- **OE2:** Identificar los tipos de residuos agroindustriales más aprovechados mediante aplicación de tecnologías limpias
- **OE3:** Identificar los productos obtenidos mediante el aprovechamiento de residuos agroindustriales aplicando métodos tecnológicos limpios.

## II. MARCO TEÓRICO

Esta investigación se basa en estudios previos, debido a que diversos autores han tratado anteriormente el tema de la aplicación de tecnologías limpias para poder aprovechar residuos agroindustriales.

Córdova, et al., (2020) estudiaron la implementación de tecnologías limpias en el procesamiento de residuos líquidos producto de la industria del pisco, los cuales presentaban impactos negativos en el agua, tales como elevadas temperaturas de descarga y alto contenido de contaminantes orgánicos e impurezas, que afectan el proceso de embotellado. El autor concluyó que las tecnologías seleccionadas en su investigación disminuyeron de manera considerable la contaminación que presentaban el residuo líquido, lo cual influía positivamente en el medio ambiente (p.1).

Toledo (2020) Basó el objetivo de su investigación en la extracción de compuestos fenólicos presentes en los residuos de la granada (*Punica granatum*), precisamente en la cáscara y membranas carpelares, en la que aplicó la extracción de fluidos supercríticos (SFE) y líquidos presurizados (PLE). Se hizo uso de la cáscara y la membrana carpelar de la granada, utilizando como solvente el etanol puro, la investigación constó de 2 etapas. En la etapa I, se analizó el porcentaje de CO<sub>2</sub>/etanol, aplicando SFE y PLE. En la etapa II, se continuó sólo haciendo uso de la extracción PLE empleando sólo etanol como solvente. En esta etapa, la temperatura estuvo entre 40 y 60°C, con una presión de 20 hasta 100 bar. Concluyó que se obtuvo un mayor rendimiento de compuestos fenólicos (44.99%), haciendo uso de la extracción PLE, con tiempo de 86 minutos, influencia de temperatura de 60°C y un nivel significativo de presión de 86 bar (p. 98).

Erazo, et al., (2019) Tuvo como fin investigar la extracción de dos glicoalcaloides ( $\alpha$ -solanina y  $\alpha$ -chaconina) de la cáscara de papa de la variedad ratona morada, para ello utilizaron la tecnología de extracción con líquidos presurizados (ELP), mediante un diseño experimental central compuesto. Como objetivo se plantearon determinar el efecto de parámetros como la presión y la temperatura sobre el rendimiento del proceso. Los resultados que obtuvieron les permitió determinar que la temperatura afecta significativamente el rendimiento. Concluyeron que la extracción con líquidos presurizados es una opción viable para la utilización de

solventes orgánicos e inocuos en la obtención de compuestos bioactivos de cáscara de papa.

Rojas (2018, p. 110-118), tuvo por objetivo en su investigación aprovechar la cascarilla de arroz para la generación de biogás empleando biodigestores de cúpula fija, dado que este residuo es quemado, por lo que ocasiona un grave problema ambiental. Se empleó como alternativa de tecnología limpia el método de digestión anaerobia, usando cuatro biodigestores aprovechando el alto contenido de potencial energético en la obtención de un combustible con buen contenido energético. Concluyó que la producción de cascarilla de arroz en los próximos cinco años, en la piladora en la que trabajó su investigación, garantizará que se contará con la materia prima necesaria para la generación de biogás, además mencionó que el biodigestor de cúpula fija se considera la opción más viable para la instalación del sistema de generación de biogás, pues se adapta a las condiciones climáticas de la región, es muy utilizado debido a sus costos bajos, larga vida útil, elevada flexibilidad al cambio y no tiene restricciones para la materia prima.

Dorado, et al., (2017), tuvieron como objetivo en su investigación evaluar el efecto en el rendimiento de la extracción de aceite de semillas de papaya con CO<sub>2</sub> supercrítico aplicando distintas condiciones de presión y temperatura, Además, para ello determinaron propiedades fisicoquímicas como parámetros de calidad del aceite. Interactuaron con presiones entre 20 y 35 MPa y temperaturas entre 40 y 60°C con un flujo de CO<sub>2</sub> constante de 30 g/min y un tiempo de extracción de 150 min. Como resultado obtuvieron que la presión, temperatura y sus interacciones afectaron el rendimiento, obteniendo un óptimo desempeño de 26,3% en aceite a 38,1 MPa y 36 °C. En el aceite encontraron alto contenido de ácido oleico y también los ácidos grasos en menor porcentaje. Concluyeron que la extracción supercrítica permite obtener un alto rendimiento del 26,3% en aceite que se obtuvo a 38,1 MPa y 36 °C.

Milquez (2016), en su investigación tuvo como fin determinar la viabilidad del método digestión anaerobia en dos fases haciendo uso de la semilla de mango para obtener biogás. En el proceso utilizó bacterias metanogénicas además de un reactor de hidrólisis que operó durante 50 días para alcanzar la etapa de acidogénesis, se trabajó con pH de 6.3 a 6.8 y temperatura de 38°C. Concluyó que

la digestión anaerobia puede ser una alternativa para reducir residuos y generar metano con un rendimiento de 0.191 L CH<sub>4</sub>/ g. (p. 95-98).

El objetivo de la investigación de Méndez, et al., (2018) fue analizar el impacto de la introducción de *Trichoderma harzianum* y *Aspergillus sp.* para producir compostaje con bagazos de maguey y de caña de azúcar con referencia de ambos a C/N reducida, se hizo seguimiento del proceso de compostaje y se añadió estiércol de bovino para la relación C/N, producto de ello fue alterada. Dicho experimento duró 133 días y se recogieron muestras por triplicado en días específicos. Méndez et al., (2018), concluyeron que el bagazo de maguey alcanzó valores de la relación C/N que lo identifican como un compost maduro a partir del día 103, mientras que para el bagazo de caña de azúcar se requiere más tiempo de maduración, más de 133 días.

Por otro lado, Pantoja, Hurtado y Martínez (2017, p. 178-185), estudiaron el procedimiento de sustracción de aceite a base de semillas maracuyá que provienen de los procesos agroindustriales utilizando el método de extracción con fluidos supercríticos, empleando CO<sub>2</sub> como solvente. Se analizó el rendimiento del aceite donde se aplicó un diseño factorial de experimentos y a la vez precisaron el contenido de ácidos grasos mediante la cromatografía de gases y esteroides. Por último, concluyeron que la condición adecuada para extraer aceite fue de 350 bar y 60° C, en un tiempo de 156 minutos y a su vez se evidenció que el aceite era apto para consumo.

En cuanto a Robalino (2017, p. 40-45), basó su investigación en la utilización de residuos frutales haciendo uso de la fermentación sólida (FES) para obtener *Pleurotus ostreatus*. Se aprovecharon todos los residuos de frutas propios de la temporada, como la mora, naranja, durazno, etc. Esta investigación integra un modelo de aplicación de tecnologías limpias, porque al mitigar los residuos que contaminan, va a conllevar a mejorar la calidad del ambiente. Se desarrolló en dos fases, en la primera se hizo la siembra del hongo *Pleurotus ostreatus* en un laboratorio; la segunda etapa se realizó en el Cantón Petate, ya que contaba con las características ambientales para que el hongo proliferara de manera óptima. Como resultado de los análisis se obtuvo que el pH se mantuvo en 4,33 demostrando que los residuos pueden ser aprovechados mediante FES. El tiempo

de duración del proceso fue de 48 días, obteniéndose un buen desarrollo del hongo. Recomendó hacer uso de la FES como método biotecnológico.

González, et al., (2015) analizaron la biodegradabilidad del metano y la conducta de las eubacterias y arqueobacterias mientras realizan la digestión anaerobia en los residuos como el plátano, papaya y mango procedentes de la agroindustria y determinaron que, los residuos de mango y plátano contienen en su mayoría materia orgánica comparada con el residuo de la papaya. Luego de 63 días, se registró que el plátano contiene en su residuo 63,89 ml de metano por g. Finalmente (González et al. 2015) concluyeron que el método de digestión anaerobia aprovechará mejor los residuos de plátano para elaborar metano.

El trabajo de investigación se vincula a las diferentes teorías que se han expuesto en los antecedentes, a la vez ayudan a entender mejor el tema de investigación sobre la aplicación de tecnologías limpias y la importancia de su aplicación. A su vez se plantean teorías sobre lo sustentable que resulta aprovechar los residuos agroindustriales utilizando las tecnologías verdes.

Para Sotomayor y Power (2019), las tecnologías limpias o también llamadas tecnologías verdes, se aplican mayormente en los procesos, servicios o productos, con el propósito de disminuir la generación de desechos y hacer uso eficiente de los recursos no renovables. (p.29).

Según Seoáñez (1998) afirma que, las tecnologías limpias implican adoptar métodos que se basan en implementar estrategias que abarcan diferentes técnicas. Estas tecnologías abarcan desde aplicaciones muy elaboradas hasta soluciones simplificadas". Para (Juvinao y Reines, 2013), las tecnologías limpias son aquellas prácticas asociadas a los mecanismos que proporcionan un manejo ideal de los recursos naturales.

(Sotomayor y Power, 2019, p. 32-36) Clasifican a las tecnologías limpias en ocho grupos:

**Tabla 1.** *Clasificación de las tecnologías limpias y sus sectores*

<b>TECNOLOGÍA LIMPIA</b>	<b>SECTORES</b>
<b>Energías limpias</b>	Combustibles renovables, residuos de energía
<b>Almacenamiento de energía</b>	Térmico y mecánico
<b>Eficiencia energética</b>	Edificios verdes
<b>Transporte</b>	Vehículos, gestión de tráfico
<b>Agricultura</b>	Cultivos, crianza de animales
<b>Aire y Medio Ambiente</b>	Secuestro de carbono, control de emisiones
<b>Industria limpia</b>	Innovación en materiales
<b>Agua</b>	Eficiencia

Fuente: Elaboración propia tomada de Sotomayor y Power, 2019, p. 32-36

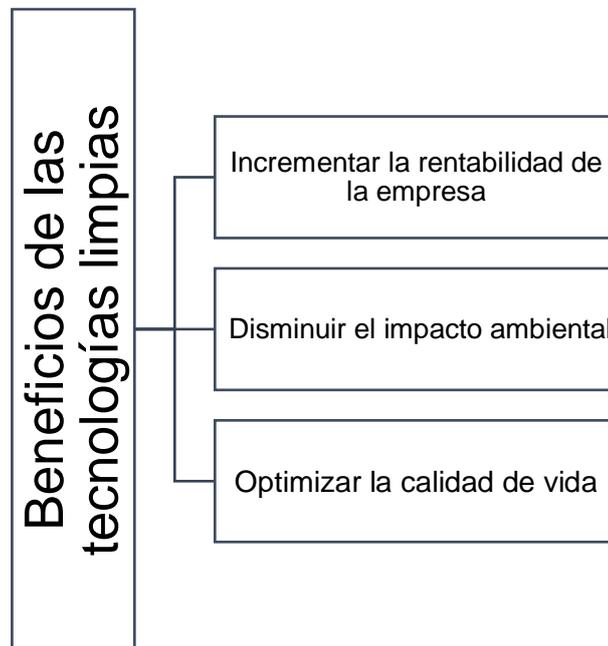
Silva (2011), indica que, “las ecotecnologías innovadoras aún están en una fase de evolución, la actividad industrial se está orientando en crear programas y proyectos enfocados en la protección del ambiente” (p.17).

Según Sandoval (2014), infiere que la aplicación de las tecnologías limpias involucra la realización puntual de tres avances: procesos que provoquen menos cantidad de material que sea perjudicial para el ambiente, obtención de equipos que garanticen reducir material nocivo y sensibilizar sobre el cuidado ambiental.

No obstante (Sotomayor, 2017) manifiesta que, aplicar tecnologías limpias conduce al aumento significativo en los gastos que se generen en la fabricación y producción. Ahora bien, la aplicación de una producción más limpia en una empresa sea cual sea su tamaño, conducirá a que disminuyan los residuos y emisiones y fomentará un óptimo manejo de los recursos lo que conlleva a un mejor rendimiento en las empresas. (p.329).

Según (Gonzales, 2021), indica que las tecnologías limpias en su mayoría cuentan con beneficios basados en tres ejes, los cuales son, incrementar la productividad de la empresa, disminuir la huella ambiental y hacer más óptimas las condiciones de vida de la sociedad en la que se ubica el proyecto, empresa o negocio (p. 26).

Figura 1. Beneficios de las tecnologías limpias



El Centro de Comercio Internacional (2019), determina a las **tecnologías limpias** como bienes y servicios que aumentan la calidad de los recursos no renovables. Y de acuerdo con (Salas, 2020), considera que, la importancia de estas tecnologías, reside en que permite tener el control total del proceso y a la vez disminuir la contaminación desde el inicio hasta el final del ciclo, lo que conlleva un estrecho daño al ecosistema.

De igual forma esta investigación se ubica en los enfoques conceptuales, que fueron precisados para su ideal entendimiento.

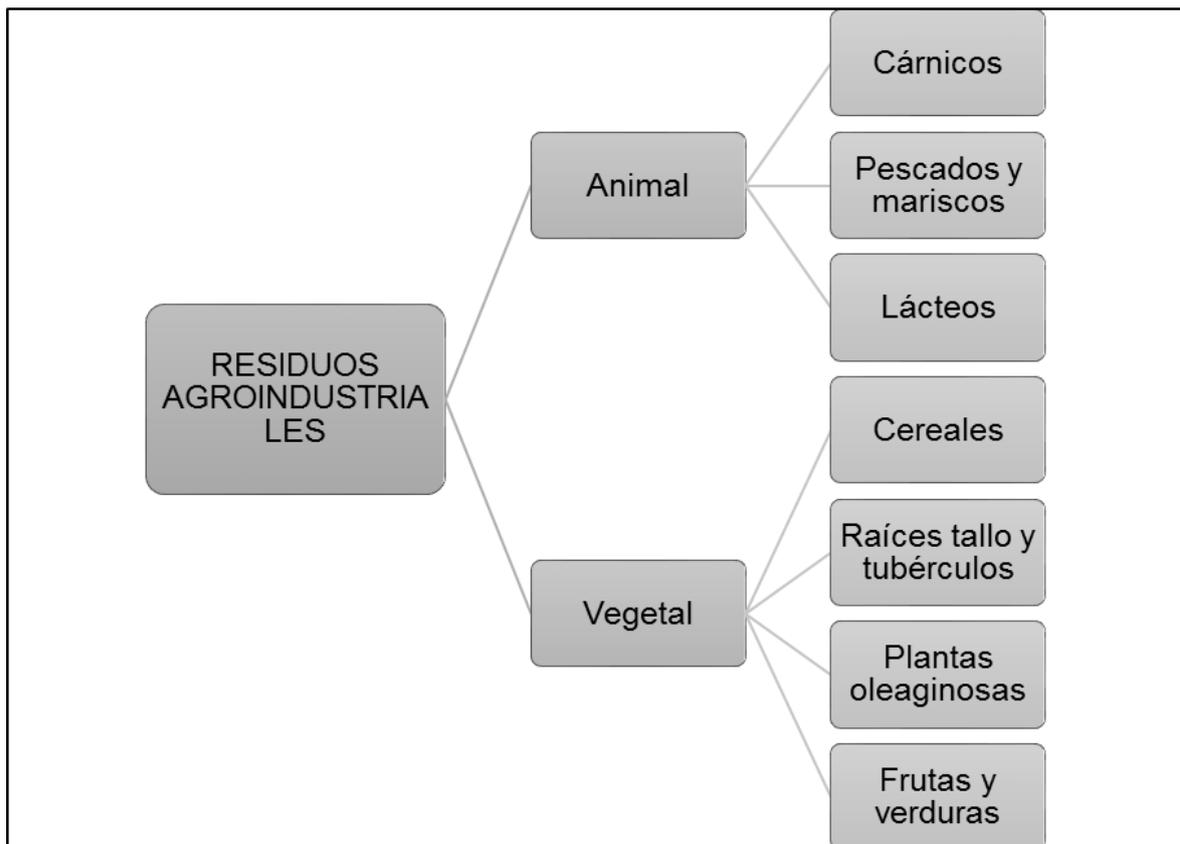
Saval (2012, p. 15) sostiene que, la **agroindustria** se desempeña en mezclar la producción agrícola con la industrial para adquirir productos como, alimentos o materias primas semielaboradas pensadas para su comercialización, usando como materia prima, frutas, verduras, raíces, semillas, hojas, tubérculos; unos son comercializados en fresco, mientras los demás son transformados en productos tales como néctar, extractos, jugos de frutas, mermeladas, harinas, aceites, vinos, productos en polvo, conservas, etc. (p. 14)

Los **residuos** o subproductos, son el resultado de un proceso productivo (Rosas, et al. 2017, p. 19) puede encontrar en estado sólido, líquido o gaseoso (Vargas y

Pérez 2018, p.60) y coinciden en una particularidad de ser materia orgánica conformada por contenido de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. (Saval, 2012, p. 16).

Según Galanakis, 2012, (citado por Casas, 2014, p. 4). “Los residuos agroindustriales son provenientes de animales o vegetales y son clasificados en siete grupos” tal como se observa en la figura 2.

Figura 2. Clasificación de los residuos agroindustriales



En la agroindustria, la materia prima es sometida a varios procesos para obtener así un valor agregado a través de un producto. A raíz de esto, (Olascoaga, 2017) sostiene que ésta es en gran parte causante de la abundante generación de residuos en el ambiente (p. 64)

Para el adecuado aprovechamiento de estos, hoy en día se están aplicando diferentes métodos de aprovechamiento, algunos resultan ser económicos y por lo general son amigables con el ambiente, para entender a detalle los tipos de métodos de aplicación de tecnologías limpias exponemos la siguiente tabla:

**Tabla 2.** *Métodos tecnológicos limpios utilizados para aprovechar residuos agroindustriales*

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Extracción por fluidos supercrítico	Método de extraer fluidos que están a elevadas temperaturas y presión del punto crítico.
Extracción de líquidos presurizados	Método que mezcla temperatura y presión junto con solventes líquidos para conseguir una extracción acelerada.
Fermentación en estado sólido	Procedimiento en el que crecen microorganismos en materiales sólidos.
Digestión anaerobia	Proceso biológico, donde existe fermentación sin presencia de oxígeno, divide en 4 etapas: Hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.
Compostaje en pilas	Método en el que los materiales se combinan en el suelo y se comprimen.

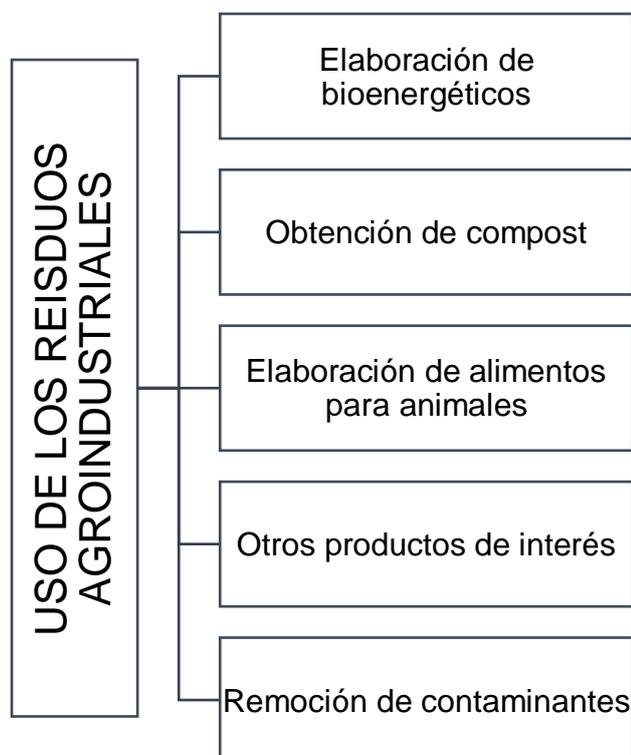
Fuente: Elaboración propia

La extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico se ha utilizado desde los años setenta y en la actualidad ha sufrido un creciente desarrollo (Chemat, et al., 2012). El CO<sub>2</sub>, por lo general es el solvente que más se utiliza (Brunner, 2005 p. 25), así mismo, en la extracción de líquidos presurizados, la temperatura juega un rol de mucha importancia ya que brinda la energía requerida para lograr las interacciones analito-matriz. (Christen & Kaufmann, 2014). Por otra parte, la fermentación en estado sólido, es un método en donde el pH y la temperatura en condiciones óptimas permiten el desarrollo de microorganismos (López et al., 2020, p. 135-161) y la digestión anaerobia (D.A), se basa en degradar la materia orgánica para

transformarla en gases CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> (Parra, 2015, p.145), se utiliza principalmente biodigestores, donde se añaden los residuos orgánicos y agua, para de ese modo por acción microbológica obtener biogás (IDAE, 2007) y biofertilizantes (Soria et al., 2001, p. 354). Por otra parte, una de las características que determinan la madurez del compost en el método del Compostaje en pilas es cuando la relación C/N es cercana a 10 (Bueno, 2008, p. 102).

“Realizar una caracterización adecuada, es importante para planificar su gestión, además de ser conveniente para conocer características de composición, uso y elaboración de éstos” (Olascoaga, 2017, p.64).

Figura 3. Uso de los residuos agroindustriales



(Vargas y Pérez, 2018, p. 59) Clasificaron el uso de los residuos agroindustriales en cinco grupos, Elaboración de bioenergéticos, Obtención de compost, Elaboración de alimentos para animales, Creación de otros productos de interés y Remoción de contaminantes.

Uno de los usos más frecuentes para la reutilización de residuos agroindustriales es la elaboración de bioenergéticos (Muñoz M, et al, 2013, p.152) y fabricación de compost. (Hernández et al, 2016, p.11), no obstante, en menor proporción, el

aprovechamiento de estos residuos se da para producir alimentos para animales, producción de ladrillos y para remover contaminantes. (Vargas y Pérez, 2018, p. 62)

(Saval, 2012, p.19) Sostiene también que el inconveniente que rodea a los residuos agroindustriales es que aún no hay educación ambiental ni formación adecuada para su manejo, además de que no se cuenta con la tecnología y la economía para darles tratamiento, así como contar con leyes claras para incentivar y promover la gestión de esta clase de residuos, que garantice un manejo efectivo, desde el momento en que se generan hasta su última disposición.

### **III. METODOLOGÍA**

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

Esta investigación fue de tipo básica, debido a que se centra en acumular información y formular teorías. Este tipo de investigación no está encaminado a resolver problemas inmediatos, sino que amplía la base de conocimientos de una disciplina (Rodríguez, Pérez, Iñiga 2007, p.38). La característica más resaltante en este tipo de investigaciones es que tiene su origen y desarrollo en un marco teórico y que, además, tiene como fin aportar conocimientos científicos quizá ya estudiados previamente, pero sin contrastarlos con ningún aspecto práctico.

Esta investigación se trató de recopilar información con respecto a la aplicación de tecnologías limpias para el aprovechamiento de residuos agroindustriales y cumple con los criterios de una investigación de tipo básica, ya que a través de esta sistematización de la información científica se pretende contribuir a ampliar los conocimientos existentes acerca del tema tratado, además se presentan bases teóricas para aportar a futuras investigaciones.

#### **Diseño de investigación.**

El diseño de investigación es una revisión sistemática y presenta un enfoque cualitativo ya que, en este tipo de diseño de investigación, el investigador “Utiliza la recopilación de datos para revelar y definir las preguntas de investigación” (Hernández, Fernández y Baptista 2010, p 7). Esta investigación cumple con el diseño mencionado debido a que se orienta en recopilar información del tema en cuestión, en este caso la aplicación de tecnologías limpias en la agroindustria para el aprovechamiento de sus residuos.

#### **3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística**

“En una investigación cualitativa, la categorización viene a ser primordial para el análisis y caracterización de los resultados obtenidos. Este proceso consiste en la identificación de ítems relevantes para la investigación. La categorización significa una herramienta esencial en la organización de la información recolectada” (Romero, 2005, p.1).

Según Straus y Corvin la categorización significa la asignación de conceptos en forma general, resumida. Las categorías son conceptuales y esto debido a que son capaces de agrupar conceptos o subcategorías (2016, p.200). Ver anexo 1.

### **3.3 Escenario de estudio**

Se define al escenario como el lugar en el que se desarrolla un estudio, el cual ha sido predeterminado desde la elaboración de la investigación o proyecto. (López, 1999)

En este caso, en esta investigación no se cuenta con un escenario específico para estudiar por tratarse totalmente de una revisión sistemática.

### **3.4 Participantes**

En esta investigación nos referimos a los 120 artículos que se han seleccionado para el estudio relacionadas con el tema de utilización de tecnologías limpias en la agroindustria para aprovechar residuos; de los cuales se filtraron 15 artículos científicos y cinco tesis, recopilándose solamente aquellos que se adecuaron a los criterios de selección, dónde se empezó con la búsqueda de palabras clave en las siguientes bases de datos: Scielo, ERIC, Dialnet, Redalyc, EBSCO y Google académico.

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

(Arias, 2006) sostiene que las técnicas de recolección de datos son las diversas estructuras para recopilar la información, además, indica que los instrumentos son métodos utilizados para reunir la data obtenida.

La técnica empleada en esta investigación para la recopilación de información, fue el análisis documental, que según (Solíz, 2003), “es aquella acción que consiste en resumir las ideas más importantes de un documento con el fin de expresar sin ambigüedades para plasmar la información contenida en él”.

Una herramienta para clasificar la data, según (Ruíz, 2021) es un resumen de pasos de recopilación de datos que se usan durante la investigación científica la cual tiene por objetivo recopilar información pertinente para la definición de los objetivos y la posterior aplicación de la investigación (p.376). En esta investigación como

instrumento se utilizó la recolección de datos mediante una ficha de investigación (**ver anexo III**), lo cual facilitó el análisis de las categorías y subcategorías consideradas. Esta ficha brinda la información pertinente y necesaria para proporcionar el análisis de cada investigación, contiene la siguiente información: los métodos, tipos de residuos, clasificación y procedencia de los residuos aprovechables, autores, objetivos, metodología, resultados y conclusiones.

### 3.6 Procedimientos

Según Asanza et al. (2016) un procedimiento es una técnica aplicada para la ejecución de actividades, este método aportará una secuencia de pasos que permitirá alcanzar los objetivos que se proponen. (p.3).

El mecanismo se desarrolló en tres etapas (**ver figura 2**):

- **Búsqueda:** En esta etapa se consideran las palabras clave y la lista de la información a tratar para constatar que exista información parecida.
- **Selección:** En la segunda etapa se seleccionaron los artículos científicos es los cuales se iba a basar la investigación, a través del análisis de título y del resumen, luego se pasó a seleccionar y revisar estudios que finalmente se recogieron 20 estudios.

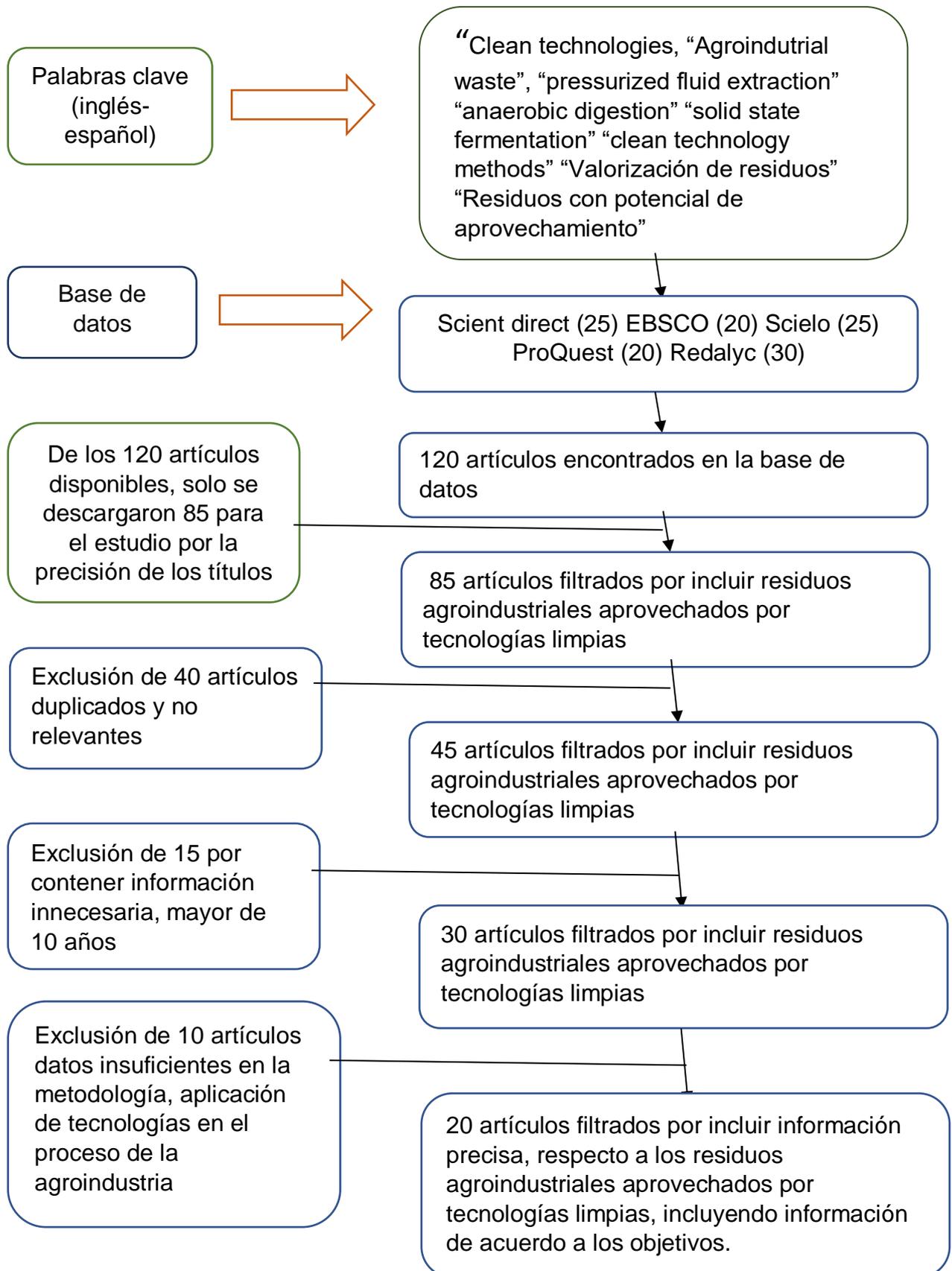
**Tabla 3.** *Artículos consultados para la recopilación de datos*

Base de datos	N° de artículos
Science Direct	25
Scielo	25
Redalyc	30
ProQuest	20
EBSCO	20
<b>Total</b>	<b>120</b>

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis:** En esta última fase se efectuó el análisis acorde a los criterios de inclusión y exclusión acorde con las categorías y subcategorías de la información seleccionada.

Figura 4. Procedimiento para determinar el n final según los criterios de selección



Adicionalmente, para llevar a cabo la búsqueda de la información se tomaron en cuenta criterios de inclusión y exclusión, mostrados en la tabla 3.

**Tabla 4.** *Resumen de criterios de búsqueda*

TIPO DE DOCUMENTO	DOCUMENTO REFERIDO A	CANTIDAD	PALABRAS CLAVE DE BÚSQUEDA	CRITERIOS DE INCLUSION	CRITERIOS DE EXCLUSION
Artículo científico	Residuos agroindustriales , tratamiento de residuos agroindustriales , tecnologías limpias aplicadas, métodos limpios	80	Agroindustri al waste, treatment of agroindustri al waste, clean technologies	Revistas indexadas menor a 10 años	Artículos en base a datos no confiables
Libro	Tecnologías limpias en la agroindustria, residuos de la agroindustria	5	Clean technologies in agribusiness , waste from agribusiness	Información menor a 10 años	Información con antigüedad mayor a 10 años
Tesis	Valorización de los residuos agroindustriales Tecnologías verdes	25	Organic waste, green technologies	Universidades internacionales y nacionales con menor a 10 años de antigüedad	Tesis con antigüedad mayor a 10 años

Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Rigor científico

Con el fin de sustentar según Hernández, Fernández y Baptista, (2014), el rigor científico es el grado en que diferentes investigadores efectúan similares análisis recolectando similar data del tema, además de que generan resultados equivalentes, así pues, se infiere que la consistencia lógica se trata un complemento entre las fuentes y la verificación” (p. 453). Este criterio se lleva a cabo con la búsqueda de artículos científicos provenientes de bases de información

que provengan de fuentes confiables, con el objetivo de respaldar nuestra investigación con información verídica y confiable.

De acuerdo con Castillo y Vásquez (2003) el rigor científico se logra cuando se corrobora que los resultados de una investigación son auténticos para aquellos que fueron estudiados y para aquellos otros que estuvieron involucrados en la experimentación del fenómeno investigado. Este criterio se aplica buscando investigaciones científicas, las cuales deben ser extraídas de bases de datos confiables y que cuenten con un buen respaldo. (p.164-167)

La confirmación, conformabilidad o neutralidad, para Castillo y Vásquez (2003) “se refiere a la no parcialidad de los autores en la interpretación de la información para obtener resultados que compartan similitud” (p.2). Este fundamento se aplica en el análisis de los artículos científicos seleccionados, lo cual realiza de forma imparcial, con el fin de llegar a la obtención de resultados propios, sin que estos se asemejen a las fuentes científicas analizadas.

### **3.8 Método de análisis de información**

En concordancia con el proceso de investigación cualitativa, el método que se usó para analizar la información se basó en buscar y seleccionar artículos científicos y de otras fuentes bibliográficas sistemáticamente, para luego aplicar el análisis crítico, que según Garcés y Duque (2007) son estrategias para la evaluación de distintos criterios de un discurso, artículo o texto. Se enfoca en las propuestas, ideas o recomendaciones que dan los autores y en la manera que ésta es interpretada por el resto, ya que pueden presentar diferencias con base en las posturas con el autor partiendo de las ideas que compartió (p.1) y un análisis descriptivo, que, según Sánchez, et. al. (2010) es una técnica metodológica que puede ser aplicada en diversas fases de la investigación ocupándose en hacer más entendible y asimilable la información para sistematizar los datos con distintos objetivos de estudio (p.2)

Este análisis se llevó a cabo tomando en consideración las categorías, subcategorías y criterios definidos para la investigación. De igual forma, se realizó la descripción de las subcategorías definidas, destacando sus diferencias y también su similitud.

### **3.9 Aspectos éticos**

Los aspectos éticos considerados en este trabajo son: el respeto a la autoría y autenticidad de las diversas fuentes recolectadas, para ello se tiene que citar de manera correcta y clara las diferentes fuentes bibliográficas en formato ISO 690-2.

Se tendrá en cuenta la veracidad y la honestidad en la elaboración de resultados; sin alterar ningún dato.

Se cumplirá con el código de ética de la UCV-2022, el cuál a través del programa Turnitin, promueve la originalidad de las investigaciones. También se respetaron los factores temáticos, normativas vigentes y la política ambiental que maneja la Universidad César Vallejo.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se llevó a cabo basándose en 20 fuentes de información acerca de los métodos de aplicación de tecnologías limpias. Se analizó y sistematizó la información encontrada (Ver anexo II, III y IV), conforme a ello se identificó el método tecnológico limpio más recomendado para aprovechar residuos agroindustriales.

**Tabla 5.** *Métodos tecnológicos limpios recomendados para aprovechar residuos agroindustriales*

Métodos	Criterios		
	Tiempo: Horas	Residuo: Frutas y verduras	Productos de interés
SFE	X	X	X
FES			X
PLE	X	X	X
D.A		X	
Compostaje en pilas			

Fuente: elaboración propia

SFE: Extracción por Fluidos Supercríticos, FES: Fermentación en Estado Sólido, PLE: Extracción por Líquidos Presurizados, D.A: Digestión Anaeróbica.

Se pudo determinar el método de aplicación de tecnologías limpias para el aprovechamiento de residuos agroindustriales más recomendado tomando en consideración tres criterios: En cuanto a sus características, se consideró el tiempo que conlleva la aplicación del método, siendo de mayor preferencia aquellos que se realizan en menor tiempo, en este caso, horas. Otro de los criterios considerados fue el tipo de residuos que usa este método, se categorizaron los residuos agrupándolos según sus características (ver figura 6) siendo mejor opción aprovechar aquellos residuos que conforman mayor porcentaje en la agroindustria, en este caso, residuos de frutas y verduras y el último criterio considerado fue el producto que se obtuvo a partir de la aplicación de estos métodos, resultando conveniente considerar aquellos métodos con los que se obtuvo mayor porcentaje

de productos aprovechables, en este caso, productos de interés. Aquellos métodos que reunieron los criterios mencionados fueron: Extracción por fluidos supercríticos (SFE) y Extracción por líquidos presurizados (PLE), ya que ambos métodos se realizan en horas, a través de su aplicación se aprovechan residuos de frutas y verduras las cuales conforman gran parte de los residuos agroindustriales y se obtienen productos de interés, los cuales representan el mayor porcentaje de productos obtenidos (ver figura 7)

Se recomendó el uso de los métodos de Extracción por Fluidos Supercríticos (SFE) y la Extracción por Líquidos Presurizados (PLE), ambos métodos son de similar aplicación, pero utilizan distintos solventes, el método de SFE utiliza mayormente CO<sub>2</sub> siendo éste un gas incoloro e inodoro, además de ser inocuo para el ambiente ya que tras su utilización no quedan residuos para tratar, mientras que el método de PLE en su mayoría usa el etanol. (Toledo, 2020) sostiene que en los últimos años se ha incrementado el uso de los SFE Y PLE debido a que presentan diversas ventajas como el periodo corto de tiempo de extracción comparados con otros métodos convencionales, el uso de solvente a menor escala y cantidad, la forma en que se extrae se trata de una columna cerrada, ya que se protege a la matriz del contacto con el oxígeno y la luz, la fácil preparación de la materia prima para su uso (a través de secado y molienda), el fácil armado del lecho de extracción y la poca cantidad de muestra que implica su utilización.

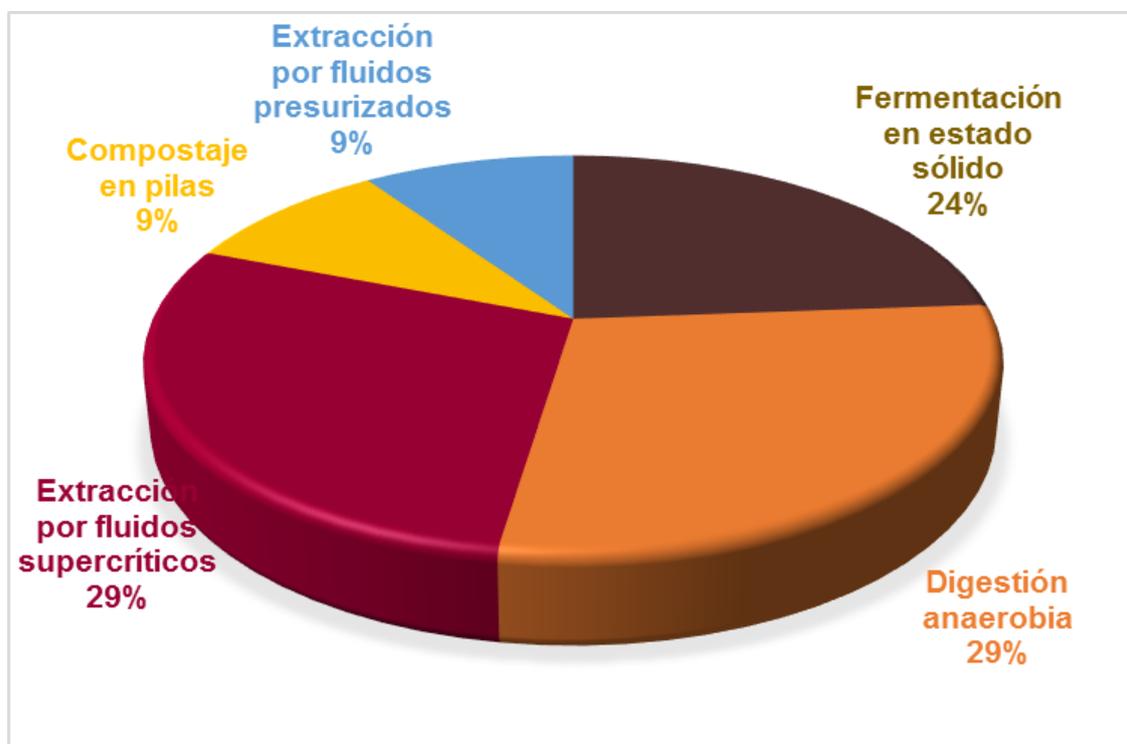
Estos métodos se emplean mayormente en la obtención de aceites, extractos naturales y en procesos de purificación, a través de ellos se pueden aprovechar residuos de frutas y verduras y según lo consultado, tras su aplicación se obtienen considerables porcentajes de rendimiento ya que se aprovechan los residuos en su totalidad y los resultados son factibles y óptimos, tal fue el caso de (Dorado y Hurtado, 2017) quienes en su experimentación con Fluidos Supercríticos aprovechando semillas de papaya, obtuvieron un aceite de buenas características, con alto contenido oleico y menor cantidad de ácidos grasos, además de un rendimiento de 26,3%. (Bermúdez, et al., 2014) afirma que, desde el punto de vista económico de los métodos tecnológicos, se consideran factibles aquellos que su rendimiento es mayor del 10%.

Por su parte, (Crisosto, 2020) aprovechando cáscaras y membranas carpelares de la granada, a través de SFE, obtuvo un rendimiento de 19,53 % de aceites (ácidos grasos, tocoferoles y esteroides, lo mismo que (Pantoja, et al, 2016) quienes obtuvieron a raíz de las semillas de maracuyá un aceite con buena calidad composicional y de gran interés para la industria.

Para (Crisosto, 2020) este es un método sumamente inocuo con el ambiente, de forma tal que los residuos expuestos al CO<sub>2</sub>, no requieren de postratamientos para su eliminación.

Durante la investigación se pudo recopilar información sobre los métodos tecnológicos limpios que se utilizan para aprovechar residuos agroindustriales. Se encontraron específicamente cinco métodos, los cuales fueron: Digestión anaerobia, Fermentación en estado sólido, Compostaje en pilas, Extracción por fluidos supercríticos y Extracción por fluidos presurizados

*Figura 5. Métodos tecnológicos limpios aplicados para aprovechar residuos agroindustriales*



Dentro de los métodos de aplicación de tecnologías limpias para el aprovechamiento de residuos agroindustriales consultados en las fuentes en las que se basó esta investigación, se identificaron que dos de ellos fueron los más utilizados, la Extracción por fluidos supercríticos y el método de Digestión anaerobia, contando con seis referencias cada método.

En cuanto a la Extracción por Fluidos Supercríticos, se encontró que seis de las veinte fuentes consultadas usaron este método, que, según (Crisosto, 2020) es un método inofensivo con la naturaleza, debido a cómo se realiza su proceso. (Pantoja, et al., 2016) sostiene que la tecnología de extracción con fluidos supercríticos permite obtener productos (en su caso, aceites) partiendo de residuos agroindustriales con un óptimo desempeño y una calidad composicional de gran interés para la industria.

La digestión anaerobia (D.A) es otro método, que, junto con la SFE, fue de las más usadas en el tratamiento y revalorización de residuos sólidos agroindustriales, se caracterizó por ser usada mayormente en la obtención de bioenergéticos. (López, et al. 2012) mencionó que el uso de esta tecnología resulta alentador a mayor escala con fines energéticos. (González, et al., 2015) por su parte, se basó en los resultados que obtuvo y catalogó a la digestión anaerobia como una opción sustentable para aprovechar residuos agroindustriales, además, los biocombustibles obtenidos a partir de ella son una alternativa viable ante la falta de recursos energéticos renovables.

(Bermúdez, et al., 2014) Describió a la Fermentación en estado sólido como un método eficaz de conversión de residuos en productos con alto valor agregado, coincidiendo con (Teles, et al., 2019) quien también describió el proceso como efectivo en la obtención de productos utilizando residuos agroindustriales, en su caso, el orujo de la uva.

También, dentro de las fuentes consultadas, se encontró el método de compostaje en pilas, el cual para (Méndez, et al., 2018) es una de las mejores opciones para realizar una disposición final adecuada a los residuos, los cuales, actualmente representan un problema ambiental serio.

En menor escala de aplicación, se encontró que la Extracción por líquidos presurizados representa una buena alternativa de valorización donde además de aprovechar residuos, se obtiene un producto con valor agregado.

A continuación, basándonos en las tablas 6, 7, 8, 9 y 10; se presentan los resultados sobre las características encontradas en los métodos de aplicación de tecnologías limpias estudiados, abarcan desde los agregados que se emplearon en el método aplicado, tiempo, temperatura, parámetros físicos como humedad, pH.

**Tabla 6.** Características del método Fermentación en estado sólido (FES)

Método	Agregados	Tiempo	pH	T (°C)	Humedad %	Referencias
FES	Hongo <i>Aspergillus spp</i>	7 días	4.5	30	90%	(Gulsunoglu et al., 2020)
FES	Hongos <i>pleurotus</i>	60 a 120 días	6.5 y 7,2	30	91.18%	(Bermúdez, et al, 2014)
FES	Hongo <i>Aspergillus Níger</i>	9 días	entre 7 y 8	28 y 33	100%	(Aguilar, et. Al, 2014)
FES	<i>Aspergillus Níger</i> 3T5B8	4 días	7	37	60%	(Teles, et al., 2019)
FES	cepa de <i>Trichoderma spp</i>	14 días	7	30	N. P	(Ramírez, 2012)

Fuente: elaboración propia

Una de las características principales en este proceso es el potencial de Hidrógeno (pH), (López, et al., 2020) (Como se citó en Ruiz, 2021, p.09) experimentó con la fermentación en estado sólido para obtener compuestos bioactivos y determinó que el pH de 4.5 a 7 era óptimo en este método ya que, en un medio con esas condiciones, los microorganismos se desarrollaban mejor, además al estar cercano a la neutralidad es inocuo para el ambiente.

En temperatura, (Aguilar, et al., 2014) y (Teles, et al., 2019) Ambos autores experimentaron con temperaturas de 30 °C y 14 días en el tratamiento de cascarillas mediante FES, haciendo, en sus casos, de estos parámetros, los óptimos el desarrollo de este método.

En cuanto a humedad, se pudo determinar que los autores trabajaron con humedades relativas, conforme a lo que quisieron obtener.

**Tabla 7.** *Características del método Extracción por fluidos supercríticos (SFE)*

Método	Tiempo	Agregado	Presión (Bares)	Temperatura (°C)	Referencias
SFE	60 minutos	CO2	600	70	(Gonzales, 2013)
SFE	5 HORAS	CO2	320	40 y 60	(Cornejo, 2020)
SFE	150 minutos	CO2	381	36	(Dorado y Hurtado, 2017)
SFE	150 minutos	CO2	350	60	(Pantoja, et al., 2016)
SFE	200 minutos	CO2	200	60	(Toledo, 2020)
SFE	60 minutos	CO2	188	33.5	(Barriga, et al., 2018)

Fuente: elaboración propia

Un fluido supercrítico, se define como una sustancia que ha superado su temperatura y su presión críticas. Superando el punto crítico (Pc) los fluidos supercríticos se encuentran en un estado entre líquido y gaseoso, sin embargo, tienen características de los dos estados, comportándose como gases al ocupar todo el espacio del contenedor y a la vez tienen la densidad de un líquido, con el poder disolvente que poseen (Brunner, 2005).

Según lo investigado, en cuanto a temperatura de extracción supercrítica y la presión, características que guardan estrecha relación en este proceso, (Cornejo, 2020, p. 64) estableció como condiciones óptimas 60 °C y 320 bar de presión, coincidiendo con (Crisosto, 2020) y (Pantoja, et al., 2017, p. 184) quien obtuvo

aceite de maracuyá de calidad aceptable a través de extracción por fluidos supercríticos. El tiempo de este procedimiento varía en horas, siendo de los métodos estudiados en esta revisión sistemática, el de menos tiempo de empleo.

**Tabla 8.** Características del método Digestión anaerobia

Método	Agregado	Tiempo	Temperatura (°C)	pH	PBQ	Referencia
D.A	0,2 % de urea como aditivo	60 días	Comienza en 55 y desciende a 30 en el día 60	5.2-8.2	N. P	(López, et al, 2017)
D.A	Bacterias metanogénicas	50 días	38	6.3-6.8	0.191 L CH <sub>4</sub> / g SV.	(Milquez, 2017)
D.A	Inóculo de estiércol porcino	25 días	35	7.19-7.68	150 L/KgST V	(López, et al, 2012)
D.A	Bacterias y arqueobacterias	63 días	35	4.2 a 5.4	N. P	(González, et al., 2015)
D.A	Lodo granular aeróbico	168 días	20-30	6.7-6.4	63,89 ml CH <sub>4</sub> /g DQO	(Resende, et al. 2017)
D.A	Hongo <i>Trichoderma viride</i>	24 horas	30-35	6	N. P	(Romero, et al, 2019)

Fuente: elaboración propia

La digestión anaerobia es un proceso biológico en el que la materia orgánica se transforma en biogás, este proceso se desarrolla sin presencia de oxígeno, y por acción de colonias de bacterias. (IDAE, 2007).

De forma habitual, la hidrólisis se genera en un reactor y se van controlando parámetros como la agitación, el pH, la temperatura y el tiempo que toma el proceso. En la hidrólisis enzimática, el pH debe mantenerse en condiciones óptimas de la enzima y esto se logra añadiendo base diluida. (Carreón, 2014, p.37)

En el proceso de digestión anaeróbica, esta etapa de hidrólisis se puede ver afectada por el contenido de celulosa de la muestra a tratar, esto debido a que la cantidad de materia orgánica contiene baja bioaccesibilidad y biodegradabilidad, lo que dificulta el ataque microbiano dentro del reactor. Por lo tanto, para lograr una mayor tasa de degradación y producción de biogás, los desechos lignocelulósicos requieren un paso de pretratamiento antes de someterse a la digestión anaeróbica. (Resende, et al., 2017)

En cuanto al pH, los autores de las fuentes consultadas obtuvieron un producto de la digestión anaerobia que estaba en valores apegados a la neutralidad, (Resende, et al., 2017) en la obtención de biogás a través de los bagazos de caña de azúcar, obtuvo en su fase anaerobia un pH que varió de 6,7 a 7,4. De forma similar, (López, et al., 2017), (Milquez, 2016), (Romero, et al., 2019) y (López, 2012) quienes en la obtención de biogás utilizando el método de la digestión anaerobia tuvieron un pH que varió en escala de 6 a 7,8, de este modo, se puede definir, que, a través de este método, en la obtención de biogás, el nivel de pH predominante va de 6 a 7, diciéndose así que está cerca a la neutralidad.

Caso similar ocurre en cuanto a la temperatura, la cual se pudo corroborar que variaba entre 20 °C y 35 °C, temperatura que predominó en la mayoría de las fuentes consultadas, (Resende, et al., 2017) trabajó con temperaturas de 20°C a 30°C en sus diversas etapas del proceso. (López, 2012) y (Gonzáles et al., 2015) y (Romero, 2019) quienes coincidieron en cuanto a temperaturas en el proceso de obtención de biogás a través de digestión anaerobia, pues ambos obtuvieron una temperatura promedio de 35 °C.

Los valores de DQO fueron relativamente bajos, tomando como referencia los valores encontrados por (Resende, et al., 2017) y (Milquez, 2016) quienes obtuvieron en su biogás valores de DQO de 1,2 g/L y 0,6 g/L, respectivamente.

**Tabla 9.** Características del método Compostaje en pilas

Método	Tiempo	Agregados	Humedad (%)	pH	C/N	Temperatura (°C)	Referencias
Compostaje en pilas	90 días	Complemento con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	36,4	7.1-7.3	21.9	N. P	(Bohorquez, et al, 2014)
Compostaje en pilas	133 días	Hongos lignocelulósicos y estiércol de bovino	N. P	6 a 9	30.7-22.7	45	(Méndez, et al, 2018)

Fuente: elaboración propia

El compostaje en pilas es un método limpio de aplicación y reutilización de residuos, los cuales son depositados en un recipiente o contenedor por un tiempo prolongado de tiempo, cuidando periódicamente de parámetros como humedad, temperatura, pH, relación Carbono/ Nitrógeno.

Según (Bueno, et. al, 2008) La humedad propicia para el crecimiento microbiano varía entre 50-70%; por debajo de 30% la actividad microbiana disminuye. En cuanto a pH, (Bueno, et al., 2008) definieron que existe relación entre la variación de pH y la aireación, concluyendo que un compostaje buena aireación obtiene un pH entre 7 y 8 el cual se considera óptimo.

(Bohórquez, 2014, p.73-78) elaboró un compost a partir de subproductos agroindustriales de la caña de azúcar, cachaza y bagazo de caña, realizó su experimentación con 5 muestras las cuales alternaron el porcentaje de cachaza y bagazo, a raíz de esto, su compost tuvo un pH que variaba de 7,5 a 8,1 en las diversas partes del proceso, además contó con humedades de 44,3 % y 36,4%, siendo la humedad óptima considerada de 35 %. En cuanto a la relación C/N de su compost, sus muestras comenzaron con una relación C/N por encima de 50 % (55,4 y 50,6) en su etapa inicial y en la etapa madura la relación Carbono/ Nitrógeno de sus muestras disminuyó a valores por debajo de 30 % (30 y 22,8) en sus muestras con bagazo de maguey y bagazo de caña respectivamente. También, (Bohórquez, 2014, p.73-78) consideró que su compost alcanzó su etapa óptima a partir del día 90 de fermentación.

Por otra parte, (Méndez, et al., 2018) elaboró su compost con residuos agroindustriales inoculados con hongos lignocelulósicos, el cual tuvo un pH variable en su etapa de descomposición de 6 a 9. No reportó la humedad de su compost, pero sí indicó que su producto alcanzó su etapa óptima a partir del día 103. Además, en comparación con (Bohórquez, 2014), (Méndez, et al., 2018) Tuvo una relación C/N más baja en su compost final, los cuales fueron de 10 y 15, en comparación con el mencionado quien obtuvo valores de C/N superiores a 30.

**Tabla 10.** *Características del método extracción de líquidos presurizados (PLE)*

Método	Tiempo	Agregado	Presión (bares)	Temperatura (°C)	Referencias
PLE	40 minutos	H <sub>2</sub> O	55.6	100	(Erazo, et al., 2019)
PLE	86 minutos	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	200	40	(Toledo, 2020)

Fuente: elaboración propia

En la extracción de líquidos presurizados, la temperatura juega un rol de mucha importancia ya que brinda la energía requerida para lograr las interacciones analito-matriz. Una temperatura elevada disminuye la tensión superficial, aumenta la viscosidad y mejora la difusividad del disolvente, lo que favorece su ingreso en los poros de la muestra y contribuye con el transporte de masa, haciéndolo más rápido y eficiente (Christen & Kaufmann, 2014). Esto se refleja en extracciones de menor tiempo con menor consumo de disolvente.

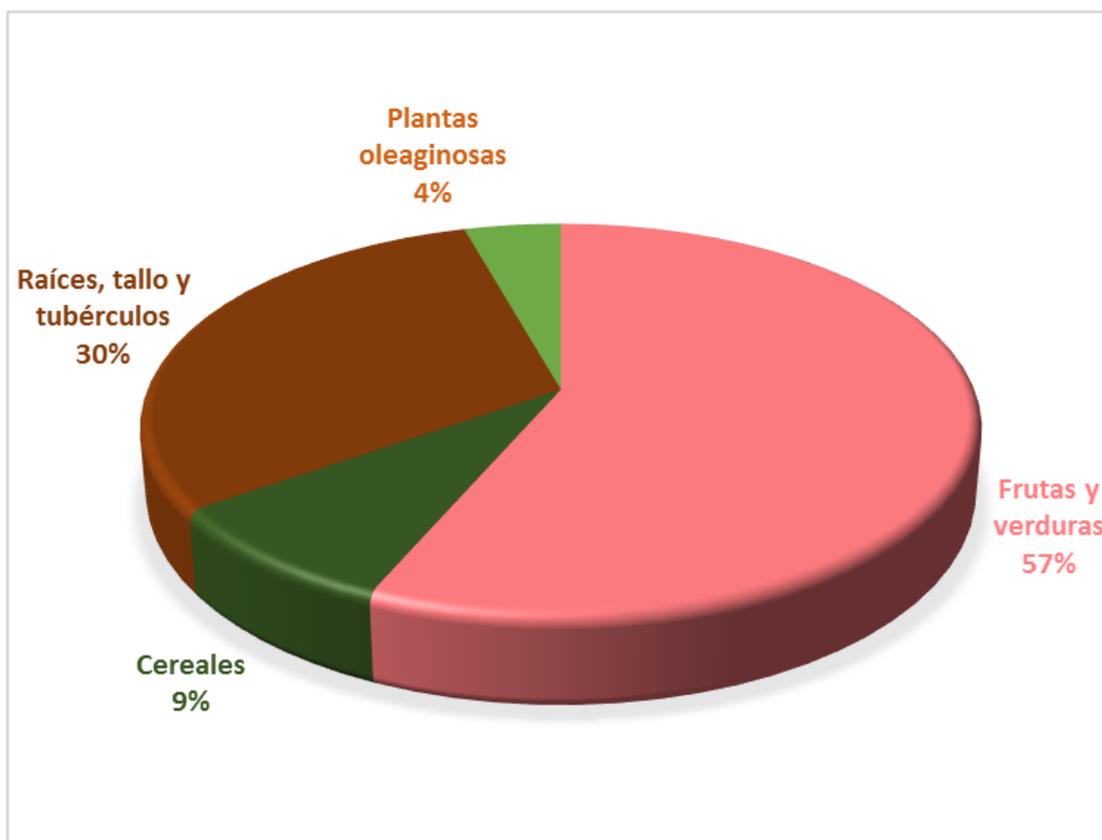
De igual manera, la presión tiene como objetivo mantener al disolvente en fase líquida pese a la alta temperatura. (Mustafa y Turner, 2011).

El disolvente que más se utiliza en este método es el agua, así como también las mezclas hidroalcohólicas tales como el etanol, ésteres orgánicos (acetato y lactato de etilo), limoneno, etc. Estos disolventes fueron catalogados como seguros (GRAS) ya que no significan riesgos para el ambiente o la salud humana. (Chemat et al., 2012). De esta forma, la extracción de fluidos presurizados también es conocida como una técnica de extracción limpia y sustentable (Herrero et al., 2015).

En este sentido, (Cuervo y Baracaldo, 2021) en su investigación experimentaron en la obtención de extractos enriquecidos a partir de la semilla de maracuyá empleando PLE, llevaron a cabo el proceso con tres temperaturas en las diversas fases, las cuales fueron 50 °C, 100°C y 150°C, reforzando lo mencionado que, a mayor temperatura, el proceso se realiza de forma más fluida y con mejores resultados. Caso similar con la presión la cual fue de 10 MPa durante el proceso.

Según lo investigado, se identificaron los residuos agroindustriales más aprovechados mediante la aplicación de tecnologías limpias. Para organizar mejor la información, los residuos fueron agrupados según sus características y su similitud (ver anexo 6). Así pues, los residuos fueron organizados en grupos, los cuales fueron: Frutas y verduras, raíces, tallos y tubérculos, plantas oleaginosas.

*Figura 6.* Residuos agroindustriales más aprovechados mediante la aplicación de tecnologías limpias



En base a esto, se tuvo como resultado que, del 100 % de fuentes consultadas, el 57% utilizaron residuos de frutas y verduras, donde aprovecharon semillas, pulpa,

cáscara, membranas, etc. Esto concuerda con Murillo (Como se citó en Vargas y Pérez, 2018, p.60) quienes indican que las frutas son los residuos agroindustriales más utilizados para ser aprovechados y así obtener un producto con valor, económico o social, a la vez establecen que son alimentos altos en compuestos fenólicos y con capacidad antioxidante.

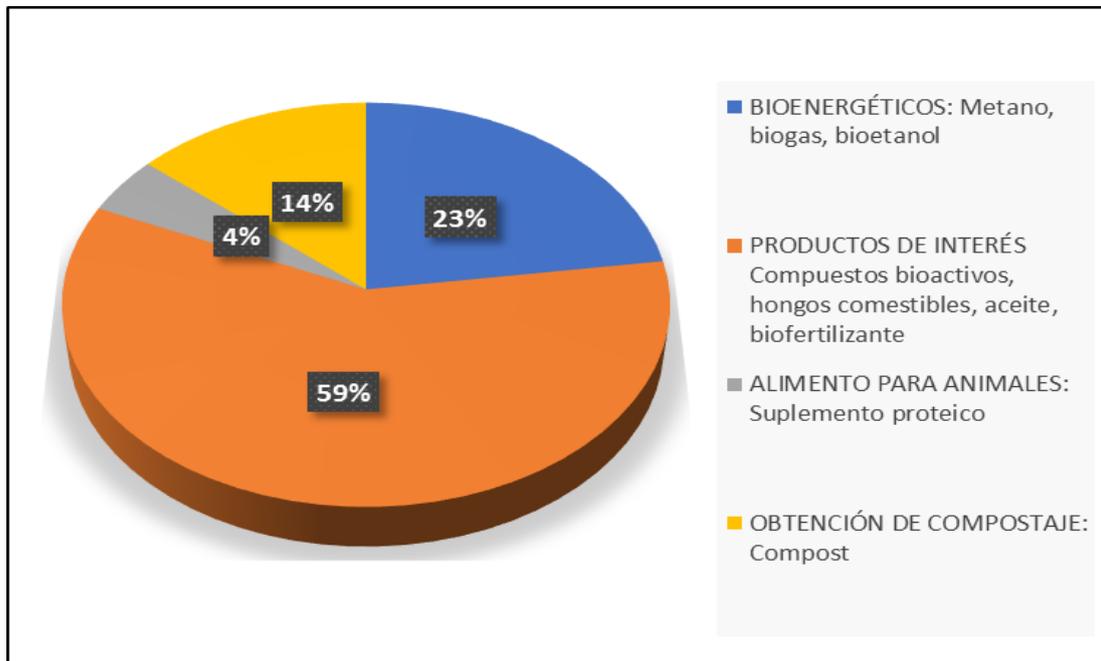
Estos residuos variaron entre cáscaras de manzana, orujos de uva, cáscaras de plátano y de papaya, pulpa de café, bagazo de caña, semillas de maracuyá y residuos de la granada, siendo estas tres últimas las más reincidentes de aprovechamiento.

Los residuos de cereales (cascarilla de arroz, pajilla de maíz) junto con los residuos de raíces, tallos y tubérculos (Bagazo de caña, bagazo de maguey, residuos de papa) también tuvieron un buen porcentaje de aprovechamiento, pero menor en comparación al aprovechamiento de los residuos de frutas y verduras. Estos residuos presentan la peculiaridad de que, en su mayoría, por sus características, fueron utilizados en la elaboración de biocombustibles y biogás.

Por último y, por consiguiente, menos utilizados, se encontró el grupo de los residuos de plantas oleaginosas (Semillas de higuera), esto no quiere decir que no son aprovechables, más bien, se deja indicado que tienen potencial de aprovechamiento pero que aún no están siendo objeto de investigación y reuso.

Así mismo se identificaron los productos obtenidos a partir del aprovechamiento de residuos agroindustriales aplicando tecnologías limpias (Anexo VII) de acuerdo a la información presentada por los autores en cada una de sus investigaciones, basándonos en los productos de interés que se obtuvieron a los cuales añaden un valor agregado y puede ser aprovechado.

Figura 7. Productos obtenidos mediante el aprovechamiento de residuos agroindustriales por métodos tecnológicos limpios.



Una de las tantas ventajas que representa el aprovechamiento de residuos agroindustriales empleando tecnologías limpias es el producto obtenido, el cual tiene un valor agregado y puede ser aprovechado, en su mayoría de forma comercial, obteniendo una ganancia ya sea monetaria o material a raíz del tratamiento de estos residuos.

Según lo averiguado en las fuentes en las que se basó esta investigación, se pudo realizar un conteo de los productos obtenidos a partir de residuos agroindustriales empleando tecnologías limpias y se pudo determinar que el 59% fueron productos de interés, los cuales variaron entre Compuestos bioactivos, obtención de hongos comestibles (Obtenidos mediante Fermentación en Estado Sólido), aceite (Obtenidos mediante el método de extracción por Fluidos Supercríticos) y biofertilizantes (Obtenidos mediante Fermentación en Estado Sólido), siendo los compuestos bioactivos y los aceites los de mayor presencia en este recuento. En cuanto a compuestos bioactivos, (Aguilar, et al., 2014) sostuvo que la FES es la alternativa más apropiada para aprovechar residuos como las cascarillas, en comparación con otras opciones de tratamiento como son la digestión anaerobia y

el compostaje, coincidiendo con (Teles, et al., 2019) quien también utilizó la cascarilla de arroz como sustrato y fundamentó que este tipo de residuos es de los más usados en la Fermentación en Estado Sólido debido a su estructura dotada de fibras y poros, la cual hace más fácil la retención del agua y evita la compactación, siendo estos aspectos de suma importancia en el crecimiento de microorganismos. (Aguilar, et al., 2014) en su aplicación de FES para enriquecer proteicamente residuos agroindustriales, más precisamente, cascarilla de semillas de higuera, demostró potencial y factibilidad en el proceso, para ello usó el hongo *Aspergillus Niger*, logrando incrementos considerables de proteína bruta, reportando 100 % de aplicación del método en su experimentación. Además, a raíz de sus resultados, sostuvo que la FES es la alternativa más apropiada para aprovechar residuos como las cascarillas, en comparación con otras opciones de tratamiento como son la digestión anaerobia y el compostaje, coincidiendo con (Teles, et al., 2019) quien también utilizó la cascarilla de arroz como sustrato y fundamentó que este tipo de residuos es de los más usados en la Fermentación en Estado Sólido debido a su estructura dotada de fibras y poros, la cual hace más fácil la retención del agua y evita la compactación, siendo estos aspectos de suma importancia en el crecimiento de microorganismos.

En la obtención de aceite, se usó el método de Extracción por Fluidos Supercríticos, que según (Crisosto, 2020) es un método limpio debido a los solventes que emplea y a la revalorización de residuos agroindustriales que genera.

Estos productos mencionados presentan potencial para ser comercializados, representando un ingreso más a la empresa y reforzando así la viabilidad y eficiencia del empleo de tecnologías limpias para aprovechar residuos y obtener un valor a través de ellos.

Otros productos obtenidos a través del aprovechamiento de residuos agroindustriales fueron los bioenergéticos (Biogás, bioetanol y metano) éstos representan el 23 % del total de productos obtenidos en las fuentes consultadas. Estos bioenergéticos se caracterizaron por presentar óptimas condiciones para su uso y aprovechamiento, representando así un buen resultado que puede sustituir fuentes de energía convencionales, con opción de convertir una empresa en autosustentable. (Milquez, 2017) Utilizando semillas de mango y bajo el método de

Digestión Anaerobia, obtuvo un metano de alto poder calorífico, con características por encima de lo estándar según lo establecido y un rendimiento del metano de 0.191 L/ SV. Además, destacó que el residuo que utilizó dio buenos resultados a pesar de no ser empleado con frecuencia en este tipo de revaloraciones de residuos.

(López, et al., 2012) Empleando Paja de caña, cascarilla de arroz, pajilla de maíz, residuos de plátano, frijol, café y bagazo de caña, obtuvo biogás con un potencial por encima de 150 L/KgSTV. Por otra parte, (González, et al., 2015) Obtuvo resultados óptimos en su experimentación con residuos agroindustriales y digestión anaerobia, en base a ello señaló la tecnología de D.A como una opción de viabilidad y sustentabilidad para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales y que, además, es factible ante la falta de recursos energéticos renovables para ser utilizados como combustibles. Además, mencionó que el residuo de plátano presentó mayor potencial por sobre los demás residuos, en su caso, residuos de mango y papaya, para ser utilizados en la obtención de metano, esto en base al potencial bioquímico de metano que obtuvo.

La obtención de compostaje a través del método de compostaje en pilas representó también un buen porcentaje de los productos obtenidos en las fuentes investigadas, con un 14 % en el recuento. El compost obtenido fue de buena calidad, pero se destacó la desventaja del tiempo prolongado que conlleva su elaboración.

Por último, la obtención de alimento para animales a través del aprovechamiento de residuos agroindustriales representó el porcentaje más bajo, debido a que no se encontró mucha evidencia respecto a la obtención de esos productos, sin embargo (Aguilar, et al., 2013) en su investigación para la obtención de un sustrato con alto contenido de nutrientes, para el cual utilizó el método de fermentación en estado sólido, donde obtuvo un producto que puede ser utilizado como abono orgánico y a la vez puede ser usado como suplemento en la alimentación animal.

## **V. CONCLUSIONES**

Se logró determinar el método de aplicación de tecnologías limpias más recomendable para el aprovechamiento de residuos agroindustriales, los cuales fueron el método de Extracción por Fluidos Supercríticos y el método de Extracción por Líquidos Presurizados, para ello se consideraron características del método, resultados obtenidos y el aprovechamiento total de los residuos.

Se pudo determinar las características de los métodos tecnológicos limpios, en los cuales se consideraron parámetros óptimos de operación, tales como pH, temperatura óptima o media, presión que se aplica para llevar a cabo el método, esto para métodos como FES, SFE, PLE. En el caso de compostaje se consideraron parámetros como humedad, relación C/N y en los bioenergéticos se tomó en cuenta los sólidos volátiles y rendimiento.

Se determinaron los residuos agroindustriales y se pudo identificar que el mayor porcentaje; 57% de estos residuos fueron producto de frutas y verduras, seguido por residuos de raíces, tallos y tubérculos 30% seguido por residuos de cereales con 9%, y por último residuos de plantas oleaginosas con 4% del total de fuentes consultadas.

En cuanto a los productos obtenidos a raíz de la aplicación de estos métodos tecnológicos limpios, se pudo determinar que un 59% de estos fueron productos de interés (Compuestos bioactivos, hongos comestibles, aceites, biofertilizantes), 23% fueron bioenergéticos (metano, biogás, bioetanol), 14% fueron obtención de compostaje y el 4% alimento para animales y suplementos alimenticios.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los investigadores establecer una clasificación clara de los métodos tecnológicos limpios que existen ya que durante la elaboración de esta investigación se presentaron inconvenientes en cuanto a la organización de los artículos conforme al método empleado, debido a que algunos autores mencionan el método mas no lo clasifican.
- Se encontraron otros métodos de aplicación de tecnologías limpias, pero fueron descartados debido a los criterios de exclusión, sin embargo, se recomienda a los investigadores, realizar investigaciones para ampliar la información y los conocimientos acerca de estos métodos de aplicación de tecnologías limpias que aún no son explorados ni implementados de forma convencional, debido a la poca información respecto a ellos.
- A los investigadores se les insta a realizar estudios que impliquen el aprovechamiento de los residuos agroindustriales con el objetivo de ampliar la información y el conocimiento acerca de los beneficios ambientales que significa el revalorar residuos.
- Se recomienda establecer rangos o porcentaje de eficiencia de cada método para crear un precedente al lector acerca del nivel de eficiencia que brinda cada método y así facilitar decidir por la aplicación de alguno de estos.

## REFERENCIAS

AGUILAR, Biguín, CAMACHO, Miladis y SERRAT, Manuel. Enriquecimiento proteico de residuales agroindustriales mediante fermentación sólida con el hongo filamentoso *Aspergillus Níger*. *Revista Cubana de Química* [en línea]. Santiago de Cuba: Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Vol. 26 n°1, enero-abril de 2014. [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212014000100003&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212014000100003&lang=es)

ISSN: 2224-5421

ARWA, Mustafá y TURNER, Charlotta. Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. *Analytica Chimica Acta* [en línea]. Suecia: Vol 703 n°1, p. 9-19, 3 de octubre de 2011. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.07.018>. ISSN: 0003-2670

BARRIGA, Maritza, CHURATA, Anna y TINOCO, Oscar. Optimización del rendimiento de la extracción de aceite de semillas de *Vitis vinifera* con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea]. Lima: Vol. 84 n°2, 2018. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2018000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000200006&lng=es&nrm=iso)

ISSN: 1810-634X

BERMUDEZ, Catalina [et al.]. Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. *Tecnología Química* [En línea]. Santiago de Cuba: Vol. 34 n°3, diciembre de 2014. [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852014000300005&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000300005&lng=es&nrm=iso)

ISSN: 2224-6185

BOHORQUEZ, Alexander, PUENTES, Yina y MENJIVAR, Juan. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* [en línea]. Colombia: Vol. 15 n°1, 30 de enero de 2014. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55532603002>  
ISSN: 1317-9535

CASAS, Leticia y SANDOVAL, Georgina. Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales. *Revista Digital Universitaria*. [en línea] Jalisco: Vol. 15 n°12, 1 de diciembre de 2021, [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art95/>  
ISSN: 1607 - 6079.

CARHUAMACA Canto, Ada. *Evaluación del efecto de sustitución de la harina de cáscara de tuna (Opuntia ficus) en la elaboración de panes*. Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/122>

CARREÓN Torres, Julio Cesar. *Estudio experimental de la hidrólisis enzimática de proteína de clara de huevo*. Tesis (Ingeniero químico). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/5772/1/carreon\\_tj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/5772/1/carreon_tj.pdf)

CENTRO de Comercio Internacional. Exportaciones Medio Ambientales. [En línea] 2019. [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.intracen.org/itc/sectores/tecnologias-verdes/>.

CHACHA Pozo, Eva. *Evaluación y aprovechamiento biotecnológico de residuos agroindustriales de zanahoria y suero de leche generados en el Cantón Riobamba en la elaboración de bioensilaje como alimento para rumiantes*. Tesis (Ingeniería en Biotecnología ambiental). Riobamba Escuela Superior

Politécnica de Chimborazo, 2016. Disponible en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6225>

CHEMAT, Farid, ABERT, Maryline y CRAVOTTO, Giancarlo. Green extraction of natural products: concept and principles. *National Library Of Medicine* [en línea] Vol. 13 n°1, 11 de julio de 2012, Francia. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>  
ISSN: 8615-8627

CHURATA Huanca, Anna. *Optimización de la Extracción del Aceite de Semillas de Uva Quebranta (Vitis Vinífera) con Co2 Supercrítico, Caracterización y Evaluación de la Actividad Antioxidante*. Tesis (Ingeniero alimentario). Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2018. Disponible en:  
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1899>

CASTILLO, Edelmira y VÁSQUEZ, Lucía. El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia Médica* [en línea]. Colombia: Universidad del Valle, Vol. 34 n°3, 2003. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28334309>  
ISSN: 0120-8322.

CÁZARES, Hernández [et al.]. Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. *Agro Productividad* [en línea]. México: Vol 9 n°8, 1 de agosto de 2016, [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en:  
<https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795>

CÓRDOVA, Pedro [et al.]. Evaluación de tecnologías para el tratamiento de las vinazas provenientes de la destilación del Pisco en Ica. *Ñawparisun Revista de Investigación Científica* [en línea]. Ica: Vol. 2 n°3, junio de 2020, [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-87062014000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000100007)  
ISSN: 0122-8706

CORNEJO Figueroa, Marianné. *Aprovechamiento de residuos de granada (Punica granatum) variedad Wonderful, para la extracción de biocompuestos mediante la aplicación de CO2 supercrítico*. Tesis (Ingeniería Industrial). Tacna Universidad Privada de Tacna, 2020. Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1428>

CRISOSTO Fuster, Anabel. *Valoración de los residuos agroindustriales de la granada (Punica granatum) mediante la aplicación de tecnología superior con CO2*. Tesis (Maestro en Ciencias). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2020. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4101>

DORADO, Daniela y HURTADO, Andrés. Extracción supercrítica de aceite de semillas de papaya (Carica papaya): Composición y propiedades fisicoquímicas. *VITAE* [en línea]. Colombia: Vol. 24 n°2, p. 35-45,19 de diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n2\(2\)a01](http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n2(2)a01)  
ISSN: 0121-4004

ERAZO, Soany, MEJÍA, Diego y HURTADO, Andrés. Extracción de glicoalcaloides de papa nativa (*Solanum phureja*) variedad ratona morada con líquidos presurizados. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas* [en línea]. Colombia: Vol. 48 n°1, abril de 2019. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v48n1.80074>  
ISSN: 0034-7418

GULSUNOGLU, Zehra, [et al.]. Enhancement of phenolic antioxidants in industrial apple waste by fermentation with *Aspergillus* spp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [en línea]. Estambul: Vol. 25, mayo de 2020. [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101562>.  
ISSN: 1878-8181

GÁLVEZ Cadena, Erika. 2021. *Obtención de ácido láctico a partir de lactosuero suplementado utilizando lactobacillus casei mediante fermentación continua*. Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Ecuador: Universidad Tecnica del Norte. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11903>

GARCÍA, María, CABRAL, Fernando y MARTÍNEZ Hugo. 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 Agronómica* [en línea] Colombia: Vol. 61 n° 5, p. 85-86), 20125. [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169959497040> ISSN: 0120-2812.

GOMÉZ, James, SANCHEZ, Oscar y MATALLANA, Luis. Procesos de Transformación: Perspectiva de Aprovechamiento para los Residuos de la Agroindustria del Plátano. *Producción + limpia* [en línea]. Colombia: Vol. 16 n° 1, enero/junio de 2021, [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/3162> ISSN: 1909-0455.

GÓNZALES Álvarez, Duban. *Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de alimentos funcionales: una aproximación desde la nutrición animal*. Tesis (Doctor en ciencias químicas). Antioquía: Corporación Universitaria Lasallista, 2013. Disponible en: [http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1032/1/Aprovechamiento\\_residuos\\_agroindustriales\\_producci%c3%b3n\\_alimentos\\_funcionales.pdf](http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1032/1/Aprovechamiento_residuos_agroindustriales_producci%c3%b3n_alimentos_funcionales.pdf)

GONZALES Cubillo, Walter Francisco. *Estudio de las tecnologías limpias para la gestión sostenible de residuos domésticos peligrosos en tiempos de pandemia COVID-19*. Tesis (Ingeniero Industrial). Ecuador: Facultad de

Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil. 2021. 26-28 pp. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56519>

GONZÁLEZ, María E [et al.]. Agroindustrial wastes methanization and bacterial composition in anaerobic digestion. *Revista argentina de microbiología* [en línea]. Argentina: vol.47 n°3, septiembre de 2015. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000826>. ISSN:0325-7541

JUVINAO, Daniel y REINES, David. Gestión de Tecnologías Verdes como elemento minimizador del Impacto Ambiental. *Ecodiseño & Sostenibilidad*. [en línea]. Colombia: Ecodiseño, Vol. 5 n°5, p.158-161, marzo de 2013. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/557224980/Ecodiseo>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6a. ed. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 9684229313.

HERRERA Rincon, Fabian. *Obtención de antioxidantes a partir del epicarpio de café (coffea arabica l.) Empleando fluidos presurizados, una alternativa de aprovechamiento para este residuo agroindustrial*. Tesis (Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad Libre, 2016. 40 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/10362>

HUAMÁN, Ginsing y TAPIA, Yersi. *Aprovechamiento de residuos orgánicos agroindustriales para la elaboración de papel ecológico: Revisión sistemática*. Tesis (Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60231>

LARA, Jayro y MORENO, Gustavo. Movilidad urbana en Caracas. Un enfoque desde las tecnologías limpias para la formación de competencias ciudadanas para el desarrollo sostenible. *Provincia* [en línea]. Mérida: Universidad de los Andes, Vol. 31, p.11-49, 23 de febrero de 2014. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55532603002>  
ISSN: 1317-9535

LÓPEZ, Elvis [et al.]. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de caña de azúcar. *Revista Centro Agrícola* [en línea]. Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.Vol. 44 n°3, p. 49-55, septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000300007&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300007&lng=es&nrm=iso)  
ISSN: 2072-2001

López, Edelbi [et al.]. Aplicación de la tecnología de digestión anaerobia para tratar residuos sólidos agroindustriales utilizando inóculo de estiércol porcino, en condiciones mesofílicas. *Tecnología Química* [en línea]. Santiago de Chile: Vol. 32 n°3, págs. 274-281, diciembre de 2012. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852012000300011&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852012000300011&lng=es&nrm=iso).  
ISSN: 2224-6185

LORENZO, Yaniris y OBAYA, Ma Cristina. La digestión anaeróbica. Aspectos teóricos. Parte I. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea]. La Habana, Vol. 34 n°1, p. 35-48, 2005. [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659006>  
ISSN: 0138-6204.

MENDÉZ, Artemio [et al.]. Compostaje de residuos agroindustriales inoculados con hongos lignocelulósicos y modificación de la relación C/N. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea]. México: Vol. 9 n°2, p. 271-280, 2018. [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1070>  
ISSN: 2007-9230

MILQUEZ, Harvey. Digestión anaerobia en dos fases, hidrólisis y metanogénesis, de la semilla de mango (*Mangifera indica*). *Revista Publicaciones e Investigación* [en línea] Bogotá: Vol. 11 n°1, 30 de octubre de 2016. [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/2253/2412>  
ISSN: 1900 - 6608.

MOGOLLÓN, Guillermo y SILVA, Luz. *Evaluación de residuos sólidos generados en la industria del aserrío y su aprovechamiento con alternativas de tecnologías limpias*. Tesis (Magíster en Ciencias). Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2015. [15] pp. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4394>

MORALES Palomino, Juan. 2020. *Calidad del aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*) procedente de residuos agroindustriales*. Tesis (Ingeniero Industrial). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2020. [15] pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/51727>

MELO, María C, ORTIZ, Daniel y HURTADO, Andrés. Comparación de la composición y de la actividad antioxidante del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*) obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos y otras técnicas verdes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [En línea]. Colombia: Vol. 44 n°172, p. 845-856, septiembre de 2020. [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.862>

ISSN: 0370-3908

MUÑOZ, Deyanira, CUATIN, Milton y PANTOJA, Alvaro. Potencial energético de residuos agroindustriales del departamento del Cauca, a partir del poder calorífico inferior. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea]. Colombia: Vol. 11 n°, p. 156-163, diciembre de 2013,. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612013000200018&lng=en&nrm=is](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000200018&lng=en&nrm=is)  
ISSN: 1692-3561

MUÑOZ, Deyanira, PANTOJA, Alvaro y CUATIN, Milton. Aprovechamiento de residuos agroindustriales como biocombustible y biorrefinería. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea]. Colombia: Vol. 12 n°, p. 10-19, julio-diciembre de 2014. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612014000200002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200002)  
ISSN: 1692-3561.

OLASCOAGA, Rodrigo. *Propuesta de un plan de manejo de residuos sólidos en una empresa procesadora de pulpas de frutas*. Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias). Lima: Academia Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios, Universidad Nacional Agraria de la Molina, 2017. [11-22] pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2253>

PANTOJA, Ana, HURTADO, Andres y MARTINEZ, Hugo. Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Acta Agronómica* [en línea]. Colombia: Vol. 66 n° 2, 2017. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/acag.v66n2.57786>  
ISSN: 0120-2812

PEREZ Sandoval, Nilda. *Valoración del biocombustible obtenido mediante fermentación de residuos agroindustriales*. Trabajo de Investigación (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Lima: Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, 2021. 19 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1503>

PARRA, Ricardo. Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. *Producción + Limpia* [en línea]. Colombia: Vol. 10 n°2, p. 142-159, 11 de diciembre de 2015, [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000200014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000200014)  
ISSN: 1909-0455

PRETELL Huamán, Victor. *Pirólisis rápido de biomasa de palma africana y caña de azúcar para la obtención de bio-petróleo*. Tesis (maestría). Universidad Lima: Nacional de Ingeniería, 2013. [25] pp. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2042>

RAMOS, Julián, RAMOS, Maria y RAMOS, Luis. Fermentación en estado sólido. *Tecnología química* [en línea]. Cuba: Vol. 27 n° 3, 2007. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543754003>  
ISSN: 0041-8420

RAMÍREZ, Silvana. *Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, cascarilla de arroz (Oriza sativa) y residuos de papa (Solanum tuberosum) para la producción de Trichoderma spp.* Tesis (Ingeniero Bioquímico). Ecuador: Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, 2012. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3063>

RAMÍREZ, M y MUÑOZ, O. Agroindustrial waste cellulose using fermented broth of white rot fungi. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* [en línea]. México: Vol.15, n°1, 22 de junio de 2015. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62045307003>  
ISSN: 1665-2738.

RESENDE, Fernanda [et al.]. Anaerobic digestion of hemicellulose hydrolysate produced after hydrothermal pretreatment of sugarcane bagasse in the UASB reactor. *Science of The Total Environment* [en línea]. Brazil: Vol. 584, 15 de abril de 2017. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.170>.  
ISSN: 0048-9697

RÍOS, Winston, VALDÉZ, Renzo y JIMÉNEZ, Juan. Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria* [en línea]. Tarapoto: Vol.8 n°4, p. 327-335, 27 de diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.04>  
ISSN: 2077-9917

ROBALINO, Veronica. *Aprovechamiento integral de residuos frutales del cantòn Patate mediante fermentación sólida para cultivo de Pleurotus Ostreatus*. Tesis (Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Riobamba: Escuela de Ciencias Químicas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. Disponible: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7913>

ROMERO BONILLA, HUGO [et al.]. Estudio cinético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales de la cáscara de banano maduro. *Revista Industrial Data* [en línea] Lima: Vol. 22 n°1, p. 187-194, 8 de febrero de 2019. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v22i1.16534ISSN>

ISSN: 1810-9993.

ROSAS, David [et al.]. Revalorización de Algunos Residuos Agroindustriales y su Potencial de Aplicación en los Suelos Agrícolas. *Agro Productividad* [en línea]. México: Vol 9 n° 8,1 de agosto de 2018, [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/796>  
ISSN: 2594-0254

ROMERO, Cristina. La categorización, un aspecto crucial en la investigación cualitativa. *Revista de Investigaciones Cesmag* [en línea]. Bogotá: Vol. 11 n°11, p. 113-118. 2005, [Fecha de consulta: 16 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/26152522-La-categorizacion-un-aspecto-crucial-en-la-investigacion-cualitativa.html>

ROMERO, Hugo, TINOCO, Oscar y DÁVILA, Kerly. Hidrólisis enzimática de residuos agroindustriales del banano para la obtención de jarabe glucosado aplicando tres pretratamientos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* [en línea]. Lima: Vol. 18 n°1, 02 de febrero de 2015. [Fecha de consulta: 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/idata.v18i1.12072>  
ISSN: 1810-9993.

ROJAS, Cristian Alexander. *Generación de biogás a partir de la cascarilla de arroz para reducir costos energéticos en la Piladora la Merced S.R.L.* Tesis (Ingeniero Industrial). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018. Disponible: <https://docplayer.es/112878490-Generacion-de-biogas-a-partir-de-la-cascarilla-de-arroz-para-reducir-costos-energeticos-en-la-piladora-la-merced-s-r-l.html>

RONCAL, Jeidy. *Diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales con la aplicación de tecnologías limpias en el vivero forestal de Chimbote.* Tesis (Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/73764>

RUIZ, Luis Alberto. 2021. *Obtención de compuestos bioactivos por fermentación en estado sólido a partir de subproductos de frutas procesadas: Una revisión*. Proyecto de investigación (Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias) Sullana: Universidad Nacional de Frontera. Sullana, 2021. p. 4. Disponible en: <http://repositorio.unf.edu.pe/handle/UNF/59>

SANDOVAL Sulca, Jorge. *Aplicación de tecnologías limpias para la fabricación de envases de vidrio en el Perú*. Tesis (Ingeniero Químico). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2014.). 6 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/3623>

SEMANTIC Scholar. PHILIP, Christen y KAUFMANN, Beatrice. 23 de junio de 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org>.

SEOÁNEZ, Mariano. *Medio Ambiente y Desarrollo. Manual de Gestión de los Recursos en Función del Medio Ambiente*. España: Mundi-Prensa Libre. Madrid, 1998.  
ISBN: 8471147483.

SERRANO, Antonio. *Tratamiento de residuos y subproductos agroindustriales mediante co-digestión anaerobia*. Tesis (Doctoral). España: Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química, Universidad de Córdoba, 2015. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/60899961.pdf>

SILVA Villanueva, José. *Rol De Las Ecotecnologías, Tecnologías Limpias Y De Tratamiento, En El Control De La Contaminación Generada Por Las Curtiembres De Trujillo*. Tesis (Doctor en Ciencias e Ingeniería). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2011. 3 pp. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8191>

SOLÍZ Hernández, Isabel. El análisis documental como eslabón para la recuperación de información y los servicios. *Monografías* [en línea]. 2003. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/analisisdocum/analisisdocum.shtml>

SORIA, Manuel de Jesús [et al.]. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *TERRA Latinoamericana* [en línea]. México: Vol. 19 n°4, p. 353-362, diciembre de 2001. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319408>  
ISSN: 2395-8030

SOTOMAYOR, Aristeris. Tecnologías limpias: medio ambiente y comercialización de minerales. 1a ed. Lima: Universidad de Lima Fondo Editorial, 2017. 69-72 pp.  
ISBN: 9972454578

SOTOMAYOR, Arístides y POWER, George. Tecnologías limpias y medio ambiente en el sector industrial peruano. 1a ed. Lima: Universidad de Lima, Fondo Editorial, 2019. 27-95 pp.  
ISBN: 9789972454929

STRAUSS, Anselm y CORBIN, Juliet. Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Colombia: Universidad de Antioquia, 2016. 198 pp.  
ISBN: 9789586556248.

SALAS, Hugo. Tecnologías limpias como fuente de ventaja competitiva empresarial. *Revista De Investigación En Ciencias Sociales Y Humanidades* [en línea]. Lima: Vol. 7 n°1, p. 97-104, 11 de febrero de 2020. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0003-2754-9514>  
ISSN: 2414-8938

SAVAL, Susana. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*

A.C [en línea]. México: Vol. 16 n°2, p. 14, 2012. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en: [https://www.academia.edu/23775116/Aprovechamiento\\_de\\_Residuos\\_Agroindustriales\\_Pasado\\_Presente\\_y\\_Futuro](https://www.academia.edu/23775116/Aprovechamiento_de_Residuos_Agroindustriales_Pasado_Presente_y_Futuro)  
ISSN: 0188-4786.

TOLEDO, Pamela Ruth. *Aprovechamiento de los residuos de la Granada (Púnica granatum) variedad Wonderful para la obtención de compuestos fenólicos mediante la aplicación de tecnologías limpias*. Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2020. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4120>

ULACIA, Guillermo. Tecnologías limpias, una inversión rentable. [en línea], *El país economía.com*, 2 de abril de 2013. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2013/04/02/empresas/1364925226\\_399544.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2013/04/02/empresas/1364925226_399544.html)

TELES, Aline [et al.]. USE of grape pomace for the production of hydrolytic enzymes by solid-state fermentation and recovery of its bioactive compounds. *Food Research International* [en línea]. Brazil: Vol. 129 n°, p. 441-448, junio de 2019. [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.083>  
ISSN: 0963-9969

VALENZUELA, Jorge y VELEZMORO, Angel. *Técnicas de compostaje en la obtención de compost orgánico de residuos agroindustriales azucareros*. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2020. [20] pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66980>

VALLEJO, Christian y GOYA, Mariux. *Obtención de una bebida alcohólica a partir de mucílago de cacao, mediante fermentación anaerobia en diferentes tiempos de inoculación*. Tesis (Ingeniero en Industrias Pecuarias). Ecuador:

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2013. [60] pp. Disponible en:  
<http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/336>

VARGAS, Yury y PERÉZ, LILIANA. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* [en línea]. Nueva Granada: Vol. 14 n°1, p. 59-71, 13 de marzo de 2018. [Fecha de consulta: 23 de febrero]. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.xxxx>  
ISSN: 1900-4699.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de categorización apriorística

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	UNIDAD DE ANÁLISIS
Describir las características de los métodos tecnológicos limpios para aprovechar residuos agroindustriales	¿Cuáles son las características de los métodos tecnológicos limpios para el aprovechamiento de residuos agroindustriales?	Características de los métodos tecnológicos	Parámetros físicos	Gulsunoglu et al., 2020; Bueno, et. al, 2008
			Agregados	Chemat et al., 2012 Rosas, et al. 2017, p. 19
			Tiempo	Sotomayor y Power, 2019; Brunner, 2005
Identificar los tipos de residuos agroindustriales más aprovechados mediante la aplicación de métodos tecnológicos limpios	¿Cuáles son los tipos de residuos agroindustriales más aprovechados por la aplicación de los métodos tecnológicos limpios?	Tipos de Residuos agroindustriales más aprovechados	Frutas y verduras	Saval, 2012; Robalino, 2017
			Cereales	Casas, 2014, p, 4
			Plantas oleaginosas	Olascoaga, 2017
Identificar los productos obtenidos mediante el aprovechamiento de residuos agroindustriales aplicando métodos tecnológicos limpios.	¿Cuáles son los productos obtenidos al aplicar métodos tecnológicos limpios para aprovechar residuos agroindustriales?	Productos obtenidos	Bioenergéticos	Vargas y Pérez 2018, p.63-68
			Compost	Bohórquez, 2014, p. 73-78
			Productos de interés	Aguilar, 2014, Bermúdez, 2014
			Alimento para animales	Saval, 2012, Aguilar, et, al., 2014

**Anexo 2.** Base de datos de artículos seleccionados

Ficha de recolección de datos				 Universidad César Vallejo		
<b>Investigación:</b>	Aplicación de tecnologías limpias aplicada en la agroindustria para el aprovechamiento de sus residuos, una revisión sistemática de los últimos 10 años.		Investigadores:	Ato Alama Kenny Martin		
				Peña Guerrero Karen Rocío		
Código	Referencia	Residuos	Categorización de la Tecnología	Metodología		Resultados
				Método	Características	
1	(Gulsunoglu et al., 2020)	Cáscaras de manzanas	Industria limpia	Fermentación en estado sólido	<b>Agente:</b> Hongo <i>Aspergillus</i> spp <b>Tiempo:</b> 7 días <b>T°:</b> 30°C <b>pH:</b> 4.5	La fermentación dio como resultado una actividad antioxidante 3 y 5 veces mayor en la obtención de compuestos fenólicos mejorados.
2	Gonzales, 2013	Residuo de zanahoria, tomate de aliño, repollo y lechuga,	Aire y medio ambiente	Extracción por fluidos supercríticos	<b>Agente:</b> CO2 <b>Tiempo:</b> 1 hora <b>T°:</b> 70 °C <b>Presión:</b> 600 bares	El mayor rendimiento de extracción se obtuvo a una presión de 600 bares y T° de 70°C. Se obtuvo luteína.

3	Bohorquez, et al, 2014	Cachaza, bagazo y vinaza de la caña de azúcar	Energías limpias	Compostaje en pilas	<b>Tiempo:</b> 90 días <b>Agregado:</b> Vinaza <b>pH:</b> 7.1 <b>Relación C/N:</b> 21.9 <b>Humedad:</b> 36.4%	El tratamiento de 50% cachaza y 50% bagazo presentó un mejor contenido de nutrientes para una buena calidad de compost.
4	Cornejo, 2020	Residuos de la granada	Industria limpia	Extracción por fluidos supercríticos	<b>Agregado:</b> CO2 <b>Tiempo:</b> 5 horas <b>Temperatura:</b> 60° <b>Presión:</b> 320 bar	El mayor rendimiento de extracción de aceite fue de 19,53 %, se obtuvo a los 60°C, obtenido en 5 h a 320 bar.
5	Bermúdez, et al, 2014	Pulpa de café	Industria limpia	Fermentación en estado sólido	<b>Agente:</b> Cepa de <i>hongo pleurotus</i> <b>Tiempo:</b> 60 a 120 días <b>T°:</b> 25 y 30°C <b>pH:</b> 6.5-7.2 <b>Humedad:</b> 91.18%	Se obtuvieron hongos comestibles ( <i>Pleurotus spp</i> ) en un 31.3-32.5%, en 60 días y de abono orgánico 35.6-38.0% en 120 días

6	Aguilar, et. al, 2014	Cascarilla de higuera	Industria limpia	Fermentación en estado sólido	<b>Agente:</b> Hongo <i>Aspergillus niger</i> <b>Tiempo:</b> 9 días <b>T°:</b> 28-33°C <b>pH:</b> 7 y 8 <b>Humedad:</b> 100%	Como resultado se obtuvo un sustrato con potencial para uso como abono orgánico y alimento animal.
7	Teles, et al., 2019	Orujo de uva	Industria limpia	Fermentación en estado sólido	<b>Agente:</b> <i>Aspergillus niger</i> 3T5B8 en sustrato de orujo de uva y salvado de trigo <b>Tiempo:</b> 4 días. <b>T°:</b> 37°C <b>pH:</b> 7 <b>Humedad:</b> 60%	El sustrato con orujo de uva y salvado de trigo fue más efectivo para extraer compuestos bioactivos con mayor contenido y potencial antioxidante.
8	López, et al, 2017	Bagazo, cachaza y ceniza de la caña de azúcar	Aire y medio ambiente	Digestión anaerobia	<b>Agente:</b> Urea como aditivo <b>Humedad:</b> 60 y 70% <b>Tiempo:</b> 60 días <b>pH:</b> 5.2 y 8.7	Los residuos utilizados son óptimos para ser usados en la elaboración del compost con buena calidad, humedad 59% y pH: 8.2

9	Milquez, 2017	Semilla de mango	Aire y medio ambiente	Digestión anaerobia	<b>Agregado:</b> Bacterias metabogénicas <b>Tiempo:</b> 50 días <b>pH:</b> 6.3-6.8 <b>T°:</b> 38°C	El rendimiento del metano que se obtuvo fue de 0.191 L/ gSV
10	Erazo, et al., 2019	Cáscara de papa	Industria limpia	Extracción por líquidos presurizados	<b>Agregado:</b> H2O <b>Tiempo:</b> 40 minutos <b>Temperatura:</b> 60-100°C <b>Presión:</b> 60 y 100 bar	Los parámetros de extracción óptimos fueron 55,6 bar-100 °C para rendimiento y 80 bar-80 °C para la obtención de compuestos bioactivos.
11	Dorado y Hurtado, 2017	Semillas de papaya	Industria limpia	Extracción por fluidos supercríticos	<b>Agregado:</b> CO2 <b>Tiempo:</b> 150 minutos <b>Temperatura:</b> 40° y 60°C <b>Presión:</b> 20-30 MPa	Se obtuvo un rendimiento óptimo de 26,3% a 38,1 MPa y 36 °C, con alto contenido oleico y menor cantidad de ácidos grasos.

12	López, et al., 2012	Paja de caña, arroz, maíz, plátano, frijol, café y bagazo de caña	Aire y medio ambiente	Digestión anaerobia	<b>Agente:</b> Inóculo de estiércol porcino <b>Tiempo:</b> 25 días <b>pH:</b> 7.19 y 7.68 <b>T°:</b> 35°C	Producción de biogás con un potencial por encima de 150 L/KgSTV
13	Pantoja, et al, 2016	Semillas de maracuyá	Industria limpia	Extracción con fluidos supercríticos	<b>Agregado:</b> CO2 <b>Tiempo:</b> 150 minutos <b>T°:</b> 60°C <b>Presión:</b> 350 bar	Usando la SFE, se obtuvo un rendimiento de 16%, obteniendo aceite de buena calidad composicional
14	Méndez, et al, 2018	Bagazo de maguey y bagazo de caña de azúcar	Energías limpias	Compostaje en pilas	<b>Agente:</b> Estiércol de bobino y hongos lignocelulósicos. <b>Tiempo:</b> 133 días <b>Humedad:</b> 36.4 y 44.3% <b>pH:</b> 7.1 y 7.3 <b>C/N:</b> 21.9	Agregar estiércol bovino dio como resultado disminuir el valor de la relación C/N y entrar en corto tiempo a la fase termófila del compost

15	González, et al, 2015	Residuos de mango, residuos de papaya y residuos de plátano	Aire y medio ambiente	Digestión anaerobia	<b>Agregado:</b> Bacterias y arqueobacterias <b>Tiempo:</b> 63 días <b>pH:</b> 4.2 y 5.4 <b>T°:</b> 35°C	Los residuos de mango y papaya, son aptos para ser aprovechados como materia prima en la D.A, para producir biogás y CH4
16	Resende, et al. 2017	Bagazo de caña de azúcar	Aire y medio ambiente	Digestión anaerobia	<b>Agregado:</b> 5,75 g SVS de lodo granular anaeróbico <b>Tiempo:</b> 4 a 10 días <b>pH:</b> 6.7 y 6.4 <b>T°:</b> 20 y 30°C	La D.A tuvo como eficiencia de remoción el 60% y resultó factible para la degradación del hidrolizado de bagazo de caña de azúcar y generar metano
17	Toledo, 2020	Cáscara y membranas carpelares de la granada	Industria limpia	Extracción por fluidos supercríticos y Extracción por líquidos presurizados	<b>Agente:</b> CO2 y etanol <b>Tiempo:</b> 86 y 200 minutos <b>T°:</b> 40 y 60°C <b>Presión:</b> 200 bares	La extracción de compuestos fenólicos por PLE fue de 44.9%, empleando etanol puro, a una T° de 60°C y presión de 80 y 40 bar

18	Ramírez, 2012	Cascarilla de arroz y residuos de papa	Industria limpia	Fermentación en estado sólido	<b>Agente:</b> Hongos <b>Tiempo:</b> 14 días <b>T°:</b> 25 y 30°C <b>pH:</b> 7 <b>Humedad:</b> N. P	La mayor producción de biomasa del <i>Trichoderma spp.</i> Se obtuvo en la cascarilla de arroz a una T° de 30°C.
19	Romero, et al, 2019	Cáscara de banano maduro	Industria limpia	Digestión anaerobia	<b>Agregado:</b> Hongo <i>Trichoderma viride</i> y Levadura seca ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) <b>Tiempo:</b> 24 horas <b>T°:</b> 30-35°C <b>pH:</b> 6	El método de D.A, resulta más económico, con mayor rendimiento 7% v/v de bioetanol y obtenido en menor tiempo.
20	Barriga, et al., 2018	Semillas de uva quebranta	Industria limpia	Extracción por fluidos supercríticos	<b>Agregado:</b> CO2 <b>Tiempo:</b> 60 minutos <b>T°:</b> 33.5°C <b>Presión:</b> 188 bares	Se obtuvo un aceite con rendimiento de 23.4%, con un contenido de ácido linoleico, ácido oleico y actividad antioxidante.

**Anexo 3.** Ficha de recolección de datos

<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>		 <b>Universidad César Vallejo</b>		
<b>MÉTODO TECNOLÓGICO LIMPIO</b>		<b>RESIDUOS AGROINDUSTRIALES</b>		
		<b>Tipo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Uso</b>
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>Agregados:</b>	<b>Tiempo:</b>	<b>Parámetros:</b>	
<b>AUTOR (ES)</b>				
<b>AÑO DE LA PUBLICACIÓN</b>				
<b>RESULTADOS</b>		<b>CONCLUSIONES</b>		

**Anexo 4.** Códigos de la investigación recopilada

<b>Autores</b>	<b>Código</b>
(Gulsunoglu et al., 2020)	REF01
(Gonzales, 2013)	REF02
(Bohorquez, et al, 2014)	REF03
(Cornejo, 2020)	REF04
(Bermúdez, et al, 2014)	REF05
(Aguilar, et. Al, 2014)	REF06
(Teles, et al., 2019)	REF07
(López, et al, 2017)	REF08
(Milquez, 2017)	REF09
(Erazo, et al., 2019)	REF10
(Dorado y Hurtado, 2017)	REF11
(López, et al, 2012)	REF12
(Pantoja, et al., 2016)	REF13
(Méndez, et al., 2018)	REF14
(Gonzales, et al., 2015)	REF15
(Resende, et al. 2017)	REF16
(Toledo, 2020)	REF17
(Ramírez, 2012)	REF18
(Romero, et al, 2019)	REF19
(Barriga, et al., 2018)	REF20

**Anexo 5.** Características encontradas de los métodos tecnológicos limpios

**Características del Método de Fermentación en estado sólido**

<b>Método</b>	<b>Residuo</b>	<b>Tiempo (Días)</b>	<b>Agregados</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad %</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Referencias</b>
FES	cáscaras de manzana	7	Hongo <i>Aspergillus pp</i>	4.5	90%	30	REF01
FES	Pulpa de café	60	Hongos <i>pleurotus</i>	6.5 y 7,2	91.18%	30	REF05
FES	Semilla de higuera	9	Hongo <i>Aspergillus niger</i>	entre 7 y 8	100%	28 y 33	REF06
FES	Orujo de uva y salvado de trigo	4	<i>Aspergillus niger</i> 3T5B8	7	60%	37	REF07
FES	Cascarilla de arroz y residuos de papa	14	cepa de <i>Trichoderma spp</i>	7	N. P	30	REF18

### Características del Método de Extracción por fluidos presurizados

Método	Residuo	Tiempo (horas)	Agregado	Presión (Bares)	Temperatura (°C)	Referencias
SFE	Residuo de pimentón, zanahoria, tomate de aliño, repollo y lechuga,	1	CO2	600	70	REF02
SFE	Residuos de la granada	5	CO2	320	40 y 60	REF04
SFE	Semillas de papaya	2.5	CO2	381	36	REF11
SFE	Semillas de maracuyá	2.5	CO2	350	60	REF13
SFE	Cascara y membranas carpelares de la granada	3.33	CO2	200	60	REF17
SFE	Semillas de uva quebranta	1	CO2	188	33.5	REF20

### Características del Método de Digestión anaerobia

Método	Residuo	Agente	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	pH	DQO	PBQ	Referencia
D.A	Bagazo, cachaza y ceniza de la caña de azúcar	0,2 % de urea como aditivo	60	Comienza en 55 y desciende a 30 en el día 60	5.2-8.2	N. P	N. P	REF08
D.A	Semilla de mango	Bacterias metalogénicas	50	38	6.3-6.8	0,6 g/L	0.191 L CH <sub>4</sub> /g SV.	REF09
D.A	Paja de caña, arroz, maíz, plátano, frijol, café y bagazo de caña	Inóculo de estiércol porcino	25	35	7.1-7.6-8	N. P	150 L/KgST V	REF12
D.A	Residuos de mango, residuos de papaya y residuos de plátano	Bacterias y arqueobacterias	63	35	4.2 a 5.4	N. P	N. P	REF15
D.A	Bagazo de caña de azúcar	Lodo granular aeróbico	168	20-30	6.7-6.4	1,2 - 2,4 g/L	63,89 ml CH <sub>4</sub> /g DQO	REF16
D.A	Cáscara de banano maduro	Hongo <i>Trichoderma vidrie</i>	1	30-35	6	N. P	N. P	REF19

### Características del Método Compostaje en pilas

Método	Residuo	Tiempo (días)	Agregados	Humedad (%)	pH	Relación C/N	Temperatura (°C)	Referencias
Compostaje en pilas	Cachaça, bagazo y vinaza de la caña de azúcar	90	Complemento con 2 m <sup>3</sup> de vinaza	36,4%	7.1-7.3	21.9	N. P	REF03
Compostaje en pilas	Bagazo de maguey y bagazo de caña de azúcar	133	Hongos lignocelulósicos y estiércol de bobino	N. P	6 a 9	30.7-22.7	45	REF14

### Características del Método de Extracción por líquidos presurizados

Método	Residuo	Tiempo (horas)	Agregado	Presión (bares)	Temperatura (°C)	Referencias
PLE	Cáscara de papa	0.66	H <sub>2</sub> O	55.6	100	REF10
PLE	Cáscara y membrana de la granada	1.43	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	200	40	REF17

**Anexo 6. Residuos aprovechados en la agroindustria**

<b>Tipo de residuo</b>	<b>Residuo utilizado</b>	<b>Código</b>	<b>Conteo</b>
Frutas y verduras	Cáscaras de manzana	REF01	13
	Residuos de zanahoria, lechuga, repollo	REF02	
	Residuos de la granada	REF04	
	Pulpa de café	REF05	
	orujo de uva	REF07	
		REF20	
	Semilla de mango	REF09	
	Semilla de papaya	REF15	
		REF11	
	semillas de maracuyá	REF13	
	Cáscara y membranas carpelares de la granada	REF17	
Residuos de plátano	REF15		
	REF19		
Cereales	Cascarilla de arroz	REF18	2
	Paja de maíz, frijol	REF12	
Raíces, tallo y tubérculos	Residuos de papa	REF18	7
	Bagazo de maguey	REF14	
	Cachaza, bagazo y vinaza de caña de azúcar	REF03	
		REF08	
		REF12	
		REF14	
REF 16			
Plantas oleaginosas	Semillas de higuera	REF06	1

**Anexo 7.** Productos obtenidos de los residuos agroindustriales aprovechados mediante la aplicación de tecnologías limpias.

Producto obtenido Según su uso		Método	Código	CONTE O
Bioenergéticos	Metano	Digestión anaerobia	REF09	5
	Biogás		REF12	
	Bioetanol		REF15	
			REF16	
Productos de interés	Compuestos bioactivos	FES	RE01	13
		SFC	REF02	
		FES	REF07	
		PLE	REF10	
		SFC Y PLE	REF17	
	Hongos comestibles	FES	REF05	
	Aceite	SFC	REF04	
			REF11	
			REF13	
			REF20	
	Biofertilizante	FES	REF05	
			REF06	
			REF18	
Alimento para animales	Suplemento enriquecido	FES	REF06	1
Obtención de compostaje	Compost	Compostaje en pilas, Digestión anaerobia	REF03	3
			REF08	
			REF14	

## Anexo 8: Instrumentos de validación



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Dr. Juan Manuel Tume Ruiz  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente – Universidad Nacional de Piura  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha general de recolección de datos  
 1.4. Autor (es) de Instrumento: - Ato Alama Kenny Martin  
 -Peña Guerrero Karen Rocio

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1: Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2: Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3: Actualidad	Está adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.												X	
4: Organización	Existe una Organización lógica.											X		
5: Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6: Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos / científicos.											X		
7: Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, variables e indicadores.												X	
8: Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar lo que se pretende.												X	
9: Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.											X		

#### II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.

SI

#### PROMEDIO DE VALORACIÓN

87.2

Lima, 14 de marzo del 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Dra. Rangel Vega Antía  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente – Universidad Nacional de Piura  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha general de recolección de datos  
 1.4. Autor (es) de Instrumento: - Ato Alama Kenny Martin  
 -Peña Guerrero Karen Rocio

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1: Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2: Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3: Actualidad	Está adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											X		
4: Organización	Existe una Organización lógica.										X			
5: Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6: Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos / científicos.										X			
7: Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, variables e indicadores.											X		
8: Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar lo que se pretende.											X		
9: Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

### II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.

SI

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

87.7

Lima, 14 de marzo del 2022



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Ing. Miñan Peña Mariella  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Coordinadora Ambiental – Dessau S&Z S.A  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha general de recolección de datos  
 1.4. Autor (es) de Instrumento: - Ato Alama Kenny Martin  
 -Peña Guerrero Karen Rocío

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1: Claridad	Está formulado con lenguaje comprensible.												X		
2: Objetividad	Está adecuado a la normativa y principios científicos.											X			
3: Actualidad	Está adecuado a los objetivos y necesidades de la investigación.												X		
4: Organización	Existe una Organización lógica.												X		
5: Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X			
6: Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos/ científicos.											X			
7: Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, variables e indicadores.												X		
8: Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar lo que se pretende.												X		
9: Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X		

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.

SI

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

88.333333  
33

Lima, 14 de marzo del 2022



---

**MARIELLA MIRELLA MIÑAN PEÑA**  
**INGENIERA AMBIENTAL**  
**Reg. CIP N° 212378**