



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y**



**BIOTECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA**

---

**Tema:** Aprovechamiento de residuos orgánicos obtenidos en invernaderos de la provincia de Tungurahua

---

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

**Autor:** Saul Elías Villacis Chilibingua

**Tutor:** M Sc. Danae Fernández Rivero

**Ambato-Ecuador**

**Septiembre -2022**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

M Sc. Danae Fernández Rivero

**CERTIFICA**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este trabajo de titulación bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de títulos y grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 29 de julio del 2022

---

M Sc. Danae Fernández Rivero

C.I. 1757181209

**TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Saul Elias Villacis Chilibuquina, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Villacis Chilibuquina Saul Elias

C.I. 050334525-8

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad proyecto de investigación el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

---

Presidente del Tribunal

---

Mg. Ruth Narcisa Perez Salinas  
C.I. 1802726628

---

Dra. Lorena de los Ángeles Núñez Villacís  
C.I. 1804256905

Ambato, 1 de septiembre del 2022

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, haga de este trabajo de titulación, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Saul Elias Villacis Chiquinga

C.I. 050334525-8

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre, quien me ha guiado y alentado durante todo este proceso formativo a pesar de las dificultades que este ha presentado.

## AGRADECIMIENTOS

“Tú no eliges tus pasiones, tus pasiones te eligen a ti”

- Jeff Bezos

Los caminos que me han guiado hasta este punto no han sido fáciles, ha existido tropiezos, llanto y dificultades que me han puesto en jaque durante este corto periodo universitario, pero en medio de esas dificultades siempre ahí existió una luz que me alentó a continuar, es por ello que quiero agradecer en primer lugar a Dios, que desde su infinita bondad me brindó la fuerza necesaria para soportar las dificultades durante todo el proceso formativo y sobre todo quiero agradecerle a él la sabiduría con la que me bendijo.

A mi madre, quien fue mi guía, mi aliento y soporte durante todo este tiempo, su esfuerzo, cansancio y jornadas laborales hoy se ven reflejadas en esta primera de muchas metas por cumplir, a ella le debo todo mi formación académica y espiritual, por ende, viviré eternamente agradecido por su magnífico trabajo.

También quiero agradecer a los docentes que han formado parte de mi aprendizaje, especialmente a la M Sc. Lcda. Fernández Rivero Dánae quien me guio durante todo el proceso de titulación, la Dr. Patricia Avendaño que durante su estancia en la universidad supo sacar lo mejor de mí y me incentivo a esforzarme, a la Ing. Paola Proaño y el Ing. Cristian Galarza quienes en su momento me demostraron que a pesar de la oscuridad hay una luz de esperanza.

Por último y de manera especial quiero agradecer a mis compañeras de armas, Daniela Acosta y Nathasha Vargas, mujeres maravillosas con las que he compartido momentos de alegría, pláticas eternas, ayuda mutua, momentos de estudio y de diversión que provocó que se ganaran un lugar en mi corazón.

## CONTENIDO

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>iv</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	<b>v</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>vi</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>x</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>xi</b>
<b>abstract</b> .....	<b>xii</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>1</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes de la investigación.....	1
1.1.1 Cultivos en invernaderos. ....	1
1.1.2 Especies cultivadas bajo cubierta. ....	2
1.1.3 Desechos agrícolas.....	8
1.1.3.1 Tipos de desechos agrícolas.....	9
1.1.3.2 Uso de los desechos agrícolas orgánicos .....	10
1.1.4 Carotenoides .....	13
1.1.4.1 Licopeno. ....	13



1.1.5 Métodos de extracción.....	14
1.2 Objetivos .....	17
1.2.1 Objetivo General.....	17
1.2.2 Objetivo Específico .....	17
<b>Capítulo II.....</b>	<b>19</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>19</b>
2.1 Definición del problema .....	19
2.2 Pregunta de investigación.....	19
2.3 Búsqueda de la información .....	19
2.4 Selección de la información .....	20
2.5 Organización de la Información .....	21
2.6 Análisis de la información.....	21
2.7 Materiales .....	21
2.8 Métodos .....	21
<b>Capítulo III.....</b>	<b>23</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>23</b>
3.1 Componentes bioactivos presentes en los desechos orgánicos de invernadero	23
3.2 Metodología de extracción de licopenos.....	26
3.3 Utilización de residuos orgánicos como medio fermentativo.....	31
<b>Capítulo iV.....</b>	<b>37</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>37</b>

4.1 Conclusiones .....	37
4.2 Recomendaciones .....	37
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Composición química del tomate</i> .....	3
<b>Tabla 2.</b> <i>Composición química del pimiento</i> .....	5
<b>Tabla 3.</b> <i>Composición química del pepino</i> .....	7
<b>Tabla 4.</b> <i>Variables de selección de pregunta de investigación</i> .....	19
<b>Tabla 5.</b> <i>Compuestos bioactivos identificados en especies cultivadas bajo invernadero</i> .....	23
<b>Tabla 6.</b> <i>Métodos de extracción de licopenos</i> .....	27
<b>Tabla 7.</b> <i>Microorganismos benéficos para los cultivos obtenidos mediante FES</i> .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Tomate cultivado bajo invernadero</i> .....	3
<b>Figura 2.</b> <i>Pimiento cultivado bajo invernadero</i> .....	5
<b>Figura 3.</b> <i>Pepino cultivado bajo invernadero</i> .....	7
<b>Figura 4.</b> <i>Estructura química del licopeno</i> .....	14
<b>Figura 5.</b> <i>Método de extracción sólido- Líquido</i> .....	30
<b>Figura 6.</b> <i>Método de extracción por maceración</i> .....	31
<b>Figura 7.</b> <i>Metodología para la elaboración de un compost</i> .....	35

## RESUMEN

El desarrollo de los cultivos bajo invernadero se ha visto incrementado en Ecuador en los últimos años, las principales especies cultivadas son *S. lycopersicum* L (tomate), *Cucumis sativus* L (pepino) y *Capsicum annum* L (pimiento), de las cuales se estima que la producción de residuos orgánicos es alrededor del 151705.5 toneladas en el país, por lo cual, la presente revisión bibliográfica se enfocó en identificar las posibles alternativas para la utilización de los desechos agrícolas como fuente de extracción de metabolitos y biomasa para la producción de biocompuestos de interés biotecnológico.

Los resultados de la investigación demuestran que los frutos del tomate presentan un alto contenido de licopeno, los cuales se pueden extraer a partir de una extracción sólido- líquido con la mezcla de solventes hexano- etanol- acetona y mediante maceración en aceite vegetal, metodologías que permiten extraer más del 90 por ciento del licopeno del fruto del tomate, además se evaluó la posibilidad de utilizar los residuos de biomasa de las tres especies como fuente para la generación de compost enriquecido con proteínas Cry producidas por las bacterias *Bacillus thuringiensis* mediante fermentación en estado sólido (FES), las cuales son reconocidas ampliamente por su capacidad de actuar como insecticida no fitotóxico.

En conclusión, en la investigación se determinó que los residuos agrícolas producidos en invernaderos pueden ser utilizados como fuente de biocompuestos de interés biotecnológico en la industria alimenticia y agrícola del país.

**Palabras claves:** Investigación bibliográfica, gestión de residuos, invernaderos, biomasa, residuos agrícolas.

## ABSTRACT

The development of greenhouse crops has increased in Ecuador in recent years, the main cultivated species are *S. lycopersicum* L (tomato), *Cucumis sativus* L (cucumber) and *Capsicum annum* L (pepper), of which it is estimated that the production of organic waste is around 151705.5 tons in the country, for which, the present bibliographic review focused on identifying possible alternatives for the use of agricultural waste as a source of extraction of metabolites and biomass for the production of biocomposites of biotechnological interest.

The results of the research show that tomato fruits have a high content of lycopene, which can be extracted from a solid-liquid extraction with a mixture of hexane-ethanol-acetone solvents and by maceration in vegetable oil, methodologies that They allow to extract more than 90% of the lycopene from the tomato fruit, in addition, the possibility of using the biomass residues of the three species as a source for the generation of compost enriched with Cry proteins produced by *Bacillus thuringiensis* bacteria through solid state fermentation was evaluated. (FES), which are widely recognized for their ability to act as a non-phytotoxic insecticide.

In conclusion, the research determined that agricultural residues produced in greenhouses can be used as a source of biocomposites of biotechnological interest in the country's food and agricultural industry.

**Keywords:** Bibliographic research, waste management, greenhouses, biomass, fall back farmers.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes de la investigación

##### 1.1.1 Cultivos en invernaderos.

El cultivo bajo invernadero se ha convertido en uno de los métodos de cultivo con mayor rendimiento en la producción de hortalizas (**Hermosilla, 2018**), flores (**Mercado, 2018**) y plantas verdes (**Castañeda, et al., 2009**), su estructura y composición otorgará a este método una barrera climática que permitirá desarrollar un microclima óptimo para el desarrollo de cultivos más sanos, eficientes y con menor riesgo de producción (**Suárez, 2021**).

El término invernadero hace referencia a una localización delimitada por una estructura metálica o de madera recubierta por vidrio o plástico transparente que permite generar condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de plantas y hortalizas en épocas o climas desfavorables (**Santamouris, et al., 1994**).

Los cultivos bajo cubierta presentan las siguientes ventajas (**Carlos, et al., 2012; Salazar, et al., 2020**):

- Incremento en la producción.
- Mayor control de enfermedades.
- Cosecha anticipada.
- Productos de mejor calidad.
- Oportunidad de cosechar en cualquier época del año.
- Cultivos más seguros.
- Aumento en los rendimientos.
- Uso eficiente de insumos.
- Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas.

A pesar de las grandes ventajas que puede presentar este tipo de cultivos también existe algunas desventajas en la construcción y el manejo. Las mayores desventajas son (**Castañeda, et al., 2009; Pacheco y Bastidas, 2011; Peña, et al., 2014**):

- Inversión inicial elevada.
- Altos costos de producción.
- Alto nivel de capacitación.

- Condiciones óptimas para el desarrollo de patógenos.
- Dependencia del mercado.
- Contaminación por plásticos.
- Residuos orgánicos.
- Contaminación por agentes químicos y fertilizantes en el suelo.

### 1.1.2 Especies cultivadas bajo cubierta.

Bajo invernadero se puede cultivar diferentes variedades de hortalizas (tomate, pimiento, pepinillo, berenjena, calabacín), plantas ornamentales (claveles, rosas y plantas de interiores) y plantas frutales (piña, papaya y babaco.) (García y Serrano, 2021).

En el caso de Ecuador, de acuerdo con varias fuentes bibliográficas se puede identificar varios cultivos en invernadero, siendo los principales: flores (Sandoval y Velásquez 2016), tomate de riñón (Alemán, et al., 2016; Bravo, et al., 2020; Valarezo, et al., 2003), pimiento (Alemán, et al., 2018; Hidalgo, 2015; Pérez, 2008), pepino (Álvarez, 2018; Bravo, et al., 2011), entre otros productos que se encuentran en fase de desarrollo (Arándano) (Cayo y Peralta, 2021), de estos cultivos se puede estimar que los principales cultivos bajo invernadero en la provincia de Tungurahua son el tomate de riñón, pimiento y pepinillo (Guato, 2017; Tapia, 2020; Vizúete, 2019).

A continuación, se describen tres especies cultivadas bajo cubierta en la provincia de Tungurahua:

#### a) *Tomate.*

*S. lycopersicum* L es una planta arbustiva que puede desarrollarse de forma erecta, semi- erecta y rastrera, su tallo presenta características angulosas y está recubierta de vellosidades visibles que poseen glándulas que dotan de un olor característico a la planta (Figura 1). Las hojas son compuestas e imparipinnadas generalmente constituidas por 7 a 9 folíolos lobulados cubiertos por vellosidades (Juárez, et al., 2015). La floración se produce en forma de racimos que se estructura en diferentes niveles que dan origen a las frutas que varían su tamaño entre los 3 y 16 cm que se cultiva de forma anual (Molina, et al., 2010). A continuación, se describe su taxonomía:

- **Reino:** Plantae

- **División:** Magnoliophyta (Angiospermae)
- **Clase:** Magnoliósida (Dicotiledonea)
- **Orden:** Solanales
- **Familia:** Solanaceae
- **Subfamilia:** Solanoideae
- **Tribu:** Solaneae
- **Género:** Solanum
- **Especie:** S. lycopersicum L.



*Figura 1.* Tomate cultivado bajo invernadero

**Fuente:** (Bravo, et al., 2020)

El tomate posee distintos componentes nutricionales que le otorgan un alto impacto nutricional, a continuación, en la **Tabla 1** se muestra la composición química del tomate.

**Tabla 1.** *Composición química del tomate.*

<b>Compuesto</b>	<b>Cantidad</b>
Agua	<b>95 %</b>
Proteína	1.1g
Carbohidratos	4.7 g
Ca	13.9 mg
P	27.0 mg
Fe	0.5 mg

**Tabla 1. Continuación**

<b>Compuesto</b>	<b>Cantidad</b>
Na	3.0 mg
K	244.0 mg
Ácido ascórbico	23.0 mg
Tiamina (B1)	0.06 mg
Riboflavina (B2)	0.04 mg
Vitamina A	900 ul

**Recuperado de: (Myriam, 2012)**

**b) Pimiento**

*Capsicum annum* L es una planta usualmente erecta con una altura que oscila de 2 a 5 pies, los tallos presentan estructura angulosa con forma cilíndrica leñosa en fase adulta, su crecimiento es semi- indeterminado con ramificaciones de 8 a 15 hojas antes de la aparición de la primera flor, cada rama produce una o dos hojas en forma ovalada con terminación en una flor (Figura 2) (**Fornaris, 2005**). A continuación, se muestra su descripción taxonómica:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsoda
- **Orden:** Solanales
- **Familia:** Solanaceae
- **Subfamilia:** Solanoideae
- **Tribu:** Capsiceae
- **Género:** *Capsicum*





**Figura 2.** Pimiento cultivado bajo invernadero

**Fuente:** (Guato, 2017)

El pimiento cuenta con una gran variedad de componentes químicos tales como vitaminas, fibras, minerales, entre otros, en la Tabla 2 se muestra la composición química del fruto.

**Tabla 2** Composición química del Pimiento.

<b>Compuestos</b>	<b>Cantidad</b>
Agua	92.1 g
Calorías	113 Kcal
Grasa	0.19 g
Proteína	0.89 g
Hidratos de carbono	6.43 g
Fibra	2 g
Potasio	177 mg
Fósforo	19 mg
Magnesio	10 mg
Calcio	9 mg
Vitamina C	190 mg
Vitamina B2	0.03 mg

**Tabla 2. Continuación**

<b>Compuestos</b>	<b>Cantidad</b>
Vitamina B6	0.248 mg
Vitamina A	5700 IU
Vitamina E	0.69 mg
Niacina	0.5 mg

Composición de los pimientos por cada 100gr

**Recuperado de: (Martínez y Enrich, 2019)**

**c) Pepino**

*Cucumis sativus* L, conocido tradicionalmente en Ecuador como pepinillo, es una planta dicotiledónea herbácea y anual, que presenta una estructura rastrera o trepadora, con zarcillos simples, presenta flores femeninas y masculinas en la misma planta. Las hojas son delgadas, algo ásperas y presentan peciolo de 8 cm y limbo de 11 a 12 cm (Figura 3). El fruto puede variar en tamaño, presenta una forma cilíndrica oblongo de color verde y tuberculado cuando esta inmadura (Álvarez, 2018). A continuación, se muestra la descripción taxonómica del pepino:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Cucurbitales
- **Familia:** Cucurbitaceae
- **Subfamilia:** Curcubitoideae
- **Tribu:** Bebincaseae
- **Género:** Cucumis
- **Especie:** *Cucumis sativus*



**Figura 3.** Pepino cultivado bajo invernadero

**Fuente:** (Tapia, 2020)

El pepino o también conocido en Ecuador como pepinillo posee algunos compuestos químicos que le otorgan el valor nutricional, en la Tabla 3 se muestra la composición química.

**Tabla 3.** *Composición química del Pepino*

<b>Compuesto</b>	<b>Cantidad</b>
Energía	13Kcal
Proteínas	0.7 g
Lípidos totales	0.2 g
Hidratos de carbono	1.9 g
Fibra	0.5 g
Agua	96.7 g
Calcio	17 mg
Hierro	0.3 mg
Yodo	1 µg
Magnesio	9 mg

**Tabla 3. Continuación**

<b>Compuesto</b>	<b>Cantidad</b>
Zinc	0.16 mg
Sodio	3 mg
Potasio	140 mg
Fósforo	20 mg
Tiamina	0.03 mg
Riboflavina	0.03 mg
Equivalentes niacina	0.5 mg
Vitamina B6	0.04 mg
Folatos	16 µg
Vitamina C	10 mg
Vitamina A	2 µg
Vitamina E	0.07 mg

Composición de los pepinos por cada 100 g

### **1.1.3 Desechos agrícolas.**

Los desechos agrícolas son materiales sin utilidad posterior y son generados por el procesamiento o cultivo de materias primas. Estos desechos agrícolas por lo general están constituidos por materia orgánica sólida rica en principios activos (**Iáñez, 2021; Manterola, et al., 1999**), esta puede generar contaminación por emisiones de dióxido de carbono, material particulado (quema directa de residuos), lodos y líquidos residuales con alto contenido de material lignocelulósico.

De acuerdo con **Iáñez, (2021)**, los invernaderos generan desechos plásticos (producto del deterioro de las láminas de recubrimiento), cintas guías para el cultivo de especies rastreras o semi- rastreras, entre otros productos plásticos utilizados para mejorar el cuidado de las especies durante el periodo de cultivo.

Solo en el Ecuador el cultivo bajo invernadero se ha convertido en una alternativa sustentable económicamente para la producción de especies como el pepino, tomate y pimiento. De acuerdo con los datos recopilados en las estadísticas agropecuarias del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (**INEC, 2020**), en el Ecuador existía

1442973 ha de cultivos permanentes, de los cuales 6204 ha son cultivadas en la provincia de Tungurahua. El cultivo de tomate en Ecuador presentó en el mismo año 2653 ha sembradas, de las cuales Tungurahua cultivó 48 ha, el pimiento a su vez se estima que en Ecuador es alrededor de 1420 ha (**Guato, 2017**) y el pepino cuenta con una producción de 1250 ha a nivel nacional (**Soque y Macías, 2012**).

La **Secretaría general de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de Andalucía (2008)**, reporta que el índice de residuos de los cultivos protegidos (invernaderos) es de 28500 kg/ha producida, considerando un grado de humedad entre el 60 y el 80%, de acuerdo con estos datos y los presentados por el INEC se puede estimar que el Ecuador puede producir 151705.5 toneladas (valor obtenido de la sumatoria del número de hectáreas reportadas por el INEC para la producción de tomate, pimiento y pepino multiplicado por el índice de residuos de los cultivos protegidos reportados por la Secretaria General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo rural de Andalucía) de residuos agrícolas tan solo con las tres especies antes descritas. En la provincia Tungurahua se puede estimar que el cultivo de tomate produjo 1368 toneladas de desechos orgánicos en el año 2020 de acuerdo con los datos reportados por el INEC, en el caso del pimiento y el pepino, al no existir datos oficiales sobre la cantidad producida en la provincia no se puede estimar la cantidad de desechos producidos en los cultivos de estos.

#### **1.1.3.1 Tipos de desechos agrícolas**

En el proceso de producción agrícola se generan dos tipos de residuos: orgánicos e inorgánicos.

Los desechos orgánicos son producto de la preparación del área de cultivo, podas y adecuaciones de las plantas, hojas, tallos descartados y la planta posterior a la cosecha del producto principal (**Koul, et al., 2021**). Este tipo de desechos al ser todos de origen vegetal se les suele considerar como biomasa y tradicionalmente algunos de los agricultores los usan para la producción de humus o fertilizantes orgánicos (**Nagendran, 2011**), pero, cabe mencionar que hoy en día esta práctica ya no se realiza con frecuencia, ya que los agricultores prefieren el uso de fertilizantes de origen químico (**Gravert, et al., 2021; Encarnación, 2019; Espín, 2018; Morán, 2019**).

En la actualidad los desechos agrícolas en el Ecuador son amontonados, depositados en botaderos, o eliminados mediante quema en campo abierto, cada una de estas técnicas de eliminación generan impacto en el medio ambiente (**Koul, et al., 2021**),

sin embargo, los desechos orgánicos procedentes de la agricultura poseen características químicas y biológicas que hacen de estos un recurso valioso para diferentes aplicaciones. El uso potencial de los mismos depende del tipo y cantidad de residuo, esto permite que existan dos alternativas: valorización de primera y segunda generación.

La valorización de primera generación está enfocada en la obtención de productos de consumo tales como: alimentos para animales, sustrato para cultivo de hongos, biogás, biohidrógeno (Zheng, et al., 2021), compost y biodiesel (Awogbemi et al., 2021).

La valoración de segunda generación se enfoca en la obtención de compuestos bioactivos a partir de procesos que permitan la conversión química y catalítica, síntesis de lípidos y conversión biológica, todo con el fin de obtener: ceras, pectinas, celulosa, fenoles, colágeno, azúcar, almidón, aminoácidos, entre otros (Jena y Singh, 2021).

En ambos casos, pese a la factibilidad que existe de obtener productos a partir de los residuos, hay que tomar en cuenta que los procesos requieren de etapas previas como: pretratamientos, higienización y otras opciones de procesamiento (térmico, mecánico, físico- mecánico, químico, físico- químico) los cuales permiten obtener un mayor rendimiento en la producción (Karaeva, 2021).

### **1.1.3.2 Uso de los desechos agrícolas orgánicos**

Los desechos agrícolas orgánicos han demostrado en investigaciones recientes poseer la capacidad de producir biodiesel a partir de desechos agrícolas mediante la técnica denominada pirolisis (Awogbemi, et al., 2021). Además se ha producido nanosílice a partir de paja de arroz mediante el método sol- gel (Sarkar, et al., 2021), biohidrógeno a partir de estiércol de vaca conjuntamente con residuos de biomasa seca utilizando hojas de amaranto (Zheng, et al., 2021), biogás a partir de estiércol de animales con ensilados de plantas completas mediante digestión anaeróbica (Yan, et al., 2022) y biocarbón producto de la transformación de mazorca de maíz, rizoma de yuca, cascarilla de arroz con dos tipos de residuos de madera (árbol de lluvia y krachid) (Wijitkosum, 2021). También poseen la capacidad de actuar como bioabsorbentes (Chouikhi, et al., 2021), abono orgánico (Giménez, et al., 2019), producción de enzimas (Bharathiraja, et al., 2017), entre otros productos potenciales que permiten aprovechar las estructuras químicas que poseen los cultivos desechados.

Una de las alternativas sostenibles que mayor impacto ha generado en el uso de desechos agroindustriales o agrícolas es la generación de biodiesel, ya que, para la transformación de la materia vegetal hay que tomar en cuenta que la biomasa es considerada como la principal alternativa sustentable para la producción de este (Vázquez y Dacosta, 2007) , para ello la biotecnología se ha enfocado en transformar la lignocelulosa de las plantas en glucosa asimilable por microorganismos fermentativos, esto se puede lograr gracias a la degradación enzimática producida por endoglucanasas, celobiohidrolasas, y beta- glucosidasas que actúan de manera conjunta para hidrolizar la celulosa (Gallardo, et al., 2018).

La generación de biocombustibles a partir de desechos orgánicos es una de las tendencias más observadas en la última década, por medio de esta se pretende reducir el impacto ambiental que genera la quema de combustibles líquidos fósiles. Las investigaciones han demostrado que esto se puede llegar a realizar mediante cinco técnicas (pirolisis, micro- emulsificador, dilución, transesterificación y superfluidos supercríticos) que permiten obtener biocombustibles de alta calidad (Vargas, 2020).

Otro de los desarrollos más importantes en el ámbito de la utilización de los desechos orgánicos es la producción de enzimas de importancia industrial como: amilasa, celulasa, tanasa, xilanasas, proteasa y lacasa, las cuales destacan por su amplia utilidad en la industria alimenticia y manufacturera, además de ser las enzimas más utilizadas en los biodigestores en la producción de biogás (Scarlat, et al., 2018). A continuación, se describen algunas enzimas de interés:

### *Amilasas*

Desechos agrícolas como el salvado de arroz, salvado de trigo, paja de arroz, cáscara de redgram, paja y espata de jowar, han sido utilizadas como sustrato en la producción de  $\alpha$ -amilasa utilizando *Gibberella fujikuroi* como microorganismo productor de la enzima, de los sustratos utilizados determinaron que el salvado de trigo obtuvo la máxima producción (Mulimani y Patil, 2000). En estudios similares se utilizó salvado de trigo y cáscara de arroz para determinar los rendimientos en la producción de  $\alpha$ -amilasa mediante *Bacillus subtilis*, los resultados demostraron que el salvado de trigo obtuvo 7,3 veces mayor rendimiento en comparación a la cáscara de arroz (Baysal, et al., 2003).

### *Celulasa*

Los microorganismos celulolíticos degradadores de celulosa utilizan como fuente principal de energía carbohidratos y a su vez son incapaces de utilizar como fuente de energía proteínas o lípidos (Liu et al., 2011). De acuerdo con los resultados de la investigación de Lynd et al. (2002), la celulasa se puede producir en altos niveles de rendimiento a partir de medios suplementados con arroz y con un cultivo de *Penicillium sp.*, además demostraron que la enzima se encuentra óptimamente activa y estable a 65°C con un pH entre 4 y 5.

Annamalai, Rajeswari, y Balasubramanian (2014) obtuvieron mayores rendimientos a partir de salvado de arroz y extracto de levadura (4040,45 U/mL) a un pH de 9 con temperatura de 50°C con cepas de *Bacillus carboniphilus* CAS 3, además se cocultivo con *Trichoderma reesei*, mutantes de esta misma cepa y *Aspergillus phoenicis* QM329 en bagazo de caña para producir celulasas. Uno de los aspectos más relevantes obtenido en estudios similares es la capacidad sinérgica de producción de celulasa a partir de *Trichoderma* y *Aspergillus*, de acuerdo con los autores esta actividad es producto de la actividad de endoglucanasa y  $\beta$ -glucosidasa (Waghmare, et al., 2014).

### *Tanasa*

Las enzimas tanasa son aplicadas principalmente en la industria alimentaria (estabilización de la malta en la industria cervecera) y farmacéutica, ya que la glucosa y el ácido gálico son producidos a partir de los ácidos tánicos por la hidrólisis de la tanasa. La producción de esta enzima según Sabu et al. (2005), se puede desarrollar a partir de palmiste y polvo de semillas de tamarindo mediante las cepas de *A. Niger*, de esta investigación el autor concluye que la mayor producción se genera en la torta de palmiste (13,03 UI/g de sustrato seco). Kumar, Sharma, y Singh (2007) produjo tanasa usando *Aspergillus ruber* en sustrato de hojas de amla, jamun, ber y jawar, de los cuales el mayor rendimiento se observó en las hojas de jamun (rendimiento de 69 UI/7g de sustrato seco), rendimientos similares se observó utilizando salvado de arroz, salvado de trigo, polvo de paja de arroz, aserrín y bagazo de caña de azúcar producido por *Aspergillus aculeatus*, la máxima producción de tanasa se observó en el salvado de trigo (Mohan et al., 2014).



#### 1.1.4 Carotenoides

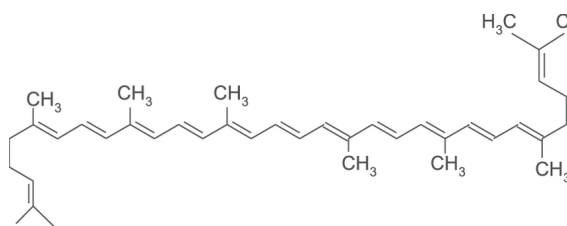
Los carotenoides son responsables de efectos protectores en la salud de las frutas y verduras, existe alrededor de 600 pigmentos liposolubles, presentan una estructura tetra terpenoides, compuestos por 40 carbonos estructurados en ocho unidades isoprenoides (**Periago, et al., 2001**). Todos los carotenoides son derivados del licopeno que presenta una estructura acíclica como se muestra en la figura 4.

Los carotenoides están ampliamente distribuidos en la naturaleza, especialmente en los frutos de las verduras, la gran diversidad permite clasificarlos por su capacidad para producir vitaminas (Provitamínicos) y no provitamínicos en el sistema digestivo animal dependiendo de su capacidad de conversión en retinol.

Los carotenoides tales como el  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina, son esenciales en la ingesta diaria de alimentos, esto gracias a su capacidad de transformarse en retinol, el cual es precursor de la producción de vitamina A, de acuerdo a investigaciones realizadas por **Periago, et al.(2001)** se estima que, el consumo medio de vitamina A oscila entre los 744 y 811 equivalentes de retinol por día en los hombres y los 530 y 716 equivalentes de retinol por día en las mujeres. Considerando equivalentes de retinol, se estima que aproximadamente un 26% y un 34% de la vitamina A consumida por hombres y mujeres, respectivamente, es proporcionada por los carotenoides provitamínicos.

##### 1.1.4.1 Licopeno.

El licopeno (Figura 4) es un carotenoide que está relacionado con la absorción de la luz durante la fotosíntesis, su función principal es la de proteger a la planta contra la fotosensibilización. En el cuerpo humano el licopeno a diferencia de otros carotenoides no tiene actividad en la producción de vitamina A, a diferencia del  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno, el licopeno favorece el incremento en los niveles y tejidos circulatorios, este actúa como antioxidante atrapando especies reactivas de oxígeno, lo cual permite reducir el estrés oxidativo y la oxidación en los principales componentes celulares (lípidos, proteínas y ADN), por ende reduce el posible padecimiento de enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y osteoporosis (**Waliszewski y Blasco, 2010**).



**Figura 4.** Estructura química del licopeno.

**Recuperado de:** (Periago et al., 2001)

### 1.1.5 Métodos de extracción.

Para la obtención de productos o compuestos químicos a partir de desechos agrícolas es necesario mantener las condiciones de extracción óptimas, ya que de esto depende la liberación de los compuestos desde la matriz hacia el medio, a continuación, se detallan los principales sistemas de extracción (**Baiano, 2014**).

#### *Extracción sólido- líquido*

Esta técnica permite separar los componentes solubles de la matriz sólida mediante el uso de disolvente orgánicos acuosos (solos o mezclados), esta metodología parte de la elección cuidadosa de solventes que permitan separar o eliminar las interferencias de la matriz, además se debe considerar los parámetros siguientes: temperatura, tiempo, pH, relación sólido-líquido, tamaño de la matriz, polaridad del solvente y agitación; la optimización de estos parámetros permite obtener una mayor extracción de las moléculas de interés. Además de su amplia utilización, este sistema de extracción presenta como principal desventaja el alto costo de los solventes orgánicos, son parcialmente tóxicos, explosivos, inflamables, peligrosos por su toxicidad y para obtener mejores resultados es necesaria la exposición durante tiempos prolongados. La aplicación industrial de este tipo de extracción es amplia, un ejemplo de utilización de este método se puede observar en la industria de los alimentos a base de hierbas y extractos (**Baiano, 2014**).

#### *Extracción Soxhlet*

El principio parte de la extracción sólido- líquido con la inclusión de un lavado continuo de la matriz con el solvente fresco, para ello se toma en cuenta las condiciones óptimas de mayor solubilidad del analito al usar solvente caliente. Este método presenta características que permiten que la extracción sea más económica y escalable a nivel industrial, en pequeñas escalas la producción se desarrolla por lotes y a nivel

industrial se desarrolla un sistema continuo que permite reducir los gastos en solventes, energía y tiempo utilizado **(Restrepo et al., 2016)**.

La principal desventaja de este método radica en la posibilidad de degradación de los compuestos producto de la sensibilidad a la temperatura (compuestos termolábiles), por lo general esta metodología permite el análisis de alimentos y el procesamiento en la extracción de aceites esenciales y compuestos volátiles de especies botánicas. Cabe destacar que la metodología Soxhlet se ha convertido en el punto de partida para desarrollar nuevas técnicas de extracción a partir de fluidos supercríticos, microondas y ultrasonido **(Gil & Gutiérrez , 2018)**.

#### ***Extracción de fluidos presurizados y fluidos supercríticos***

Los fluidos supercríticos permiten la extracción de moléculas de interés en condiciones de alta temperatura y presión, estas condiciones permiten obtener una mayor solubilidad y velocidad de difusión del soluto en el solvente, la coexistencia de vapor-líquido permite reducir los volúmenes de solventes utilizados, por lo general hace falta de 15 a 40 ml para la extracción y el tiempo se ve reducido de 15 a 20 minutos **(Melo, et al., 2020)**.

El dióxido de carbono es el fluido supercrítico más utilizado para la extracción de compuestos activos, la elección de este fluido se debe principalmente a las condiciones críticas moderadas de 31,1 °C y 73,8 MPa, además carece de toxicidad y permite obtener alta estabilidad química. Algunas de las ventajas que presenta esta metodología de extracción es poder utilizar solventes orgánicos líquidos, obtener menor viscosidad y por ende menor tensión superficial, fácil separación de los solutos del fluido, además permite modificar la presión o la temperatura para ajustar el poder solvatante. Este método tiene una amplia aplicación en la extracción de compuestos de muestras ambientales, alimenticias, pesticida, fragancias, productos naturales y polímeros, pese a la amplia aplicación que presenta esta técnica una de las limitantes es el costo comercial de este proceso, esto se debe principalmente a que el método es aislado y no cuenta en su desarrollo con procesos de fraccionamiento, producción de materias primas por microorganismos y procesos *in situ* que reduzcan el costo de procesamiento **(Restrepo et al., 2016)**.

#### ***Extracción asistida por ultrasonido***

Este método utiliza ondas de sonido con frecuencias superiores a 20 kHz que chocan con la materia celular en ciclos de expansión que separan las moléculas y ciclos

de compresión que las unen, permite que el solvente penetre en las células, rompa la pared celular y de esta manera incrementa la liberación de las moléculas deseadas, este método puede extraer compuestos bioactivos como antioxidantes y tocoles, aceites esenciales, esteroides y lípidos a partir de materia vegetal. La extracción por ultrasonido permite reducir la temperatura y presión de extracción en comparación a los otros métodos ya mencionados (**Ramón & Gil, 2021**).

La principal desventaja que se puede hallar en este método es la atenuación de ultrasonido ejercida por la presencia de una fase dispersa y por las diferencias de compresibilidad, capacidad calorífica y difusión térmica entre las gotas. Cabe destacar que la extracción por ultrasonido al no ser un método estándar genera dificultad en la investigación y el desarrollo de las condiciones correctas para la extracción, sin embargo, este puede poseer escalabilidad comercial gracias a la disponibilidad de unidades con amplias longitudes de ondas de sonido y potencias de trabajo (**Proaño , 2021; Rojas et al., 2019**).

#### *Extracción asistida por microondas*

Las ondas electromagnéticas producidas por un campo eléctrico y magnético que permiten actuar directamente sobre las moléculas por conducción iónica y rotación dipolar de 0,3 a 300 GHz. Esta alternativa de extracción depende de la susceptibilidad dieléctrica de la matriz y el solvente utilizado para la extracción, es por ello que esta técnica presenta mayor futuro en la extracción de compuestos con polaridad media a alta de una matriz sólida. La ruptura celular es producto del calentamiento del agua existente dentro de la matriz celular, este mismo permite que se produzca una separación de compuestos, lo cual genera una mayor facilidad al momento de recuperar las moléculas de interés (**Nolazco , et al., 2020**).

Existen diferentes modificaciones a este tipo que permite obtener una rápida y eficiente extracción mediante: la utilización de altas presiones y temperaturas (extracción por microondas en un sistema cerrado), extracción asistida por microondas al vacío (la transferencia de compuestos al solvente se realiza por la presión de succión), extracción protegida con nitrógeno (evita la oxidación de moléculas), pese a estas, este tipo de extracción es una técnica utilizada en laboratorios analíticos ya que a nivel industrial aun presenta limitaciones (**Vázquez y Dacosta, 2007**).

### ***Extracción de campo eléctrico pulsado***

Las células vegetales presentan como barrera principal la pared y la membrana celular, esta técnica tiene como principio superar mediante un campo eléctrico pulsado el potencial transmembrana de aproximadamente 1V, esto da como resultado la generación de poros en la membrana que permiten el paso de las moléculas de interés, de acuerdo a los parámetros que se utilicen los poros pueden ser reversibles o no, en el caso de usar pulsos más intensos y prolongados la permeabilización de las células es generalmente irreversible. Este método en términos energético agrega 0,03 a 0,07 USD/L al costo final de la extracción en comparación a los tratamientos térmicos ya antes mencionados (**Vivanco et al., 2021**).

### ***Extracción asistida por enzimas***

Las enzimas poseen la capacidad de hidrolizar la pared o la membrana celular de forma específica y selectiva en condiciones de procesamientos suaves en medios acuosos, esta metodología se considera respetuosa con el medio ambiente ya que no se utilizan solventes orgánicos. Las enzimas más usadas en esta metodología son: celulasas, hemicelulosas y pectinas que hidrolizan la pared celular y aumenta el rendimiento de compuestos específicos como aceites, polisacáridos, sabores, antioxidantes, entre otros. Este tratamiento puede ser utilizado como pretratamiento de la materia prima para optimizar la extracción de compuestos bioactivos, cabe mencionar que para el desarrollo de este se debe tomar en cuenta las condiciones de operación de las enzimas, lo cual genera ciertas limitaciones en cuanto a la escalabilidad (**Strati et al., 2015**).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Identificar la utilidad biotecnológica de los residuos orgánicos producidos en los invernaderos de la provincia de Tungurahua.

### **1.2.2 Objetivo Específico**

- Examinar la presencia de compuestos bioactivos en los residuos orgánicos provenientes de invernaderos.
- Proponer una metodología de extracción de compuestos bioactivos que presenten actividad biológica a partir de investigaciones previas.

- Evaluar la factibilidad de utilizar los residuos orgánicos como medio fermentativo para el crecimiento de microorganismos de uso potencial en la industria.

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Definición del problema

El presente proyecto tuvo como finalidad generar una investigación teórico-fundamentada a partir de estudios previos realizados, por lo tanto, la información presentada posee datos de fuentes externas comparadas entre ellas sin modificar los resultados publicados y a partir de ellos se elaboró una revisión bibliográfica del estado actual de la utilización de los desechos orgánicos provenientes de invernaderos en la provincia de Tungurahua.

#### 2.2 Pregunta de investigación

¿Cómo se puede aprovechar los residuos orgánicos producidos en invernaderos de la provincia de Tungurahua?

Para formular correctamente la pregunta de investigación, se identificó y determinó las principales claves para realizar la presente investigación sistemática de literatura, en la Tabla 4 se muestran las variables seleccionadas para la pregunta de investigación.

**Tabla 4.** Variables de selección de pregunta de investigación

<b>Terminología</b>	<b>Componentes del tema</b>
Población	Residuos agrícolas de invernadero
Intervención	Metodología de investigación, revisiones, revistas, libros
Comparación	Uso de desechos agrícolas, extracción de principios activos y fermentación de residuos
Resultado	Alternativas para el aprovechamiento de los residuos

**Elaborado por:** Saúl Villacís

#### 2.3 Búsqueda de la información

La elaboración de este trabajo investigativo se desarrolló mediante una revisión bibliográfica de literatura científica basada en artículos, libros y revistas académicas, de las bases de datos Science Direct, Scopus, Springer Link, Dialnet, PubMed, entre

otras plataformas disponibles en la biblioteca virtual de la Universidad Técnica de Ambato y red de publicaciones académicas.

## **2.4 Selección de la información**

Los aspectos para la sección de la información partieron de la identificación de los desechos orgánicos generados en los invernaderos de la provincia de Tungurahua, para ellos se utilizaron los datos otorgados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAGAP), Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC), entre otras plataformas gubernamentales.

A partir de los datos recabados se identificaron los cultivos con mayor relevancia en el desarrollo económico de la provincia y la producción aproximada de los residuos agrícolas por cada uno de los cultivos analizados.

En los gestores de búsqueda se tomó en cuenta como base de la investigación la utilización de las palabras claves: desechos de invernadero, tipos de cultivo bajo invernadero, principios activos, composición, métodos de extracción, base para fermentación, entre otras.

Una vez recopilada la información se tomaron en cuenta los siguientes criterios para la clasificación de la información y lineamientos de la investigación:

### **Identificación de los principios activos de interés industrial**

Se determinaron mediante revistas científicas y libros publicados en los últimos cinco años, cuáles son los principios activos con mayor relevancia en la industria tomando en cuenta el impacto de estos en la economía, grado de importancia y posibilidad de adaptación en el Ecuador.

### **Determinación de metodología para el aprovechamiento de residuos orgánicos**

Por medio de artículos científicos se identificaron las metodologías con mejores resultados presentes para la extracción de los metabolitos de interés y las técnicas con mayor rendimiento para el aprovechamiento de estos.

### **Localización**

La información recabada presenta como origen diferentes partes del mundo, esto debido principalmente a que la mayoría de los países tratan de reducir el impacto ambiental y la huella de carbono mediante la utilización de residuos orgánicos como base para el desarrollo de productos con valor agregado. Los estudios principales de la utilización de estos recursos pertenecen a países como: China, Estados Unidos, España, entre otros países europeos, a diferencia, Ecuador no cuenta con datos oficiales



o estudios previos en la utilización de desechos orgánicos producidos bajo invernadero, es por ello la información recabada es trasladada a la realidad nacional, principalmente enfocándose en la provincia de Tungurahua.

## **2.5 Organización de la Información**

Para la organización de la información se utilizó el programa informático ZOTERO que permite ordenar la información de forma automática y organizada a partir de los datos del autor, tema, año de publicación del artículo o texto de referencia. Este tipo de software permite almacenar la información de forma sincronizada con los datos de la nube de internet e insertar de forma organizada las fuentes bibliográficas en el editor de texto Word.

## **2.6 Análisis de la información**

Se desarrolló una investigación del estado del arte del aprovechamiento de los residuos orgánicos producidos bajo invernadero con el fin de otorgarles una aplicación biotecnológica, es por ello que la objetividad de esta revisión bibliográfica se enfoca en recolectar la documentación e información que contenga las palabras claves ya antes mencionadas, similitudes, temáticas relevantes e información bibliográfica importante que aporte información clave para el desarrollo de la presente temática.

## **2.7 Materiales**

Para desarrollar el presente trabajo se utilizó una computadora con paquete de redacción de documentos instalado, además fue fundamental el uso de internet para acceder a la base de datos, libros y revistas de investigación académica de la Universidad Técnica de Ambato, Google académico, Scielo, entre otras plataformas de uso académico.

## **2.8 Métodos**

La información recabada de revistas científicas, sitios oficiales, libros y artículos publicados en las bases de datos ya antes mencionados constan de una metodología de procesamiento de la información constituida en cuatro fases: selección, extracción, análisis y redacción.

**La selección** de la información se desarrolló de acuerdo con los lineamientos de la investigación ya antes mencionado, para ello en primer lugar se desarrolló una búsqueda de palabras claves referentes al tema en las diferentes bases de datos establecidas. Los artículos seleccionados poseen como base inicial pertenecer a

artículos recientes (cinco años de publicados), referencias bibliográficas sustentables y documentos debidamente validados por la base de datos, además la búsqueda se efectuó en diferentes idiomas con el fin de recabar la mayor parte de información existen y por ende permitir desarrollar los criterios de inclusión y exclusión de la información.

La **extracción de datos** se realizó a partir de la identificación de la utilidad del documento posterior a una lectura rápida del resumen, posterior a ello se identificó la información que cuenta con la relevancia pertinente a la investigación.

**El análisis** de la información recabada se enfocó en la identificación de cinco subapartados: características del cultivo bajo cubierta, identificación de los cultivos, caracterización de los desechos, utilización y biotecnología aplicable.

Para **la redacción** se tomó en cuenta durante el tiempo de desarrollo de la revisión bibliográfica mantener una cronología que permita desarrollar la temática con un enfoque científico, además, se tomó en cuenta que la información presente la estructura establecida en el manual de la 6ta Edición de la Asociación de Psicología Americana (APA).

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Componentes bioactivos presentes en los desechos orgánicos de invernadero

Los desechos agrícolas bajo invernadero en la provincia de Tungurahua son en mayor parte producto del cultivo de tomate de riñón, pimiento y pepino. La materia residual consta de raíces, tallos, hojas, flores (floración tardía en el cultivo) y frutos (descartados para la comercialización). De acuerdo con los estudios realizados por **Juárez, et al. (2015)** existen compuestos activos de interés en ciertas partes de las plantas, un ejemplo de estos son los carotenoides presentes en las cáscaras de los frutos del tomate y pimiento (**Ordóñez, et al., 2009**).

A continuación, se muestra en la Tabla 5 los metabolitos identificados en desechos agrícolas de las especies de tomate, pimiento y pepino.

**Tabla 5.** *Compuestos bioactivos identificados en especies cultivadas bajo invernadero.*

<b>Especie</b>	<b>Compuesto bioactivo</b>	<b>Concentración</b>	<b>Localización</b>	<b>Referencia</b>
Tomate ( <i>S. lycopersicum</i> )	Flavonoides	2,93 mg/g de materia seca en extracto etanólico.	Hojas de la planta	<b>(Guano, 2015)</b>
	Carotenoides y licopenos	3404,5 mg/100g de tomate.	Fruto	<b>(Viera, et al., 2018)</b>
	Licopenos	430 a 2950 mg/100 g en base seca	Fruto	<b>(Machmudah. et al., 2012)</b>
	Licopenos	135 mg/100g de muestra	Cáscaras y semillas	<b>(Ubeyitogullari y Ciftci, 2022)</b>

**Tabla 5. Continuación**

<b>Especie</b>	<b>Compuesto bioactivo</b>	<b>Concentración</b>	<b>Localización</b>	<b>Referencia</b>
	$\beta$ - Caroteno	18 mg/100 g de muestra	Cáscaras y semillas	<b>(Ubeyitogullari y Ciftci, 2022)</b>
	Fitoesteroles	767 mg/100 g de muestra	Cáscaras y semillas	<b>(Ubeyitogullari y Ciftci, 2022)</b>
	Tocoferoles Totales	188 mg/100 g de muestra	Cáscaras y semillas	<b>(Ubeyitogullari y Ciftci, 2022)</b>
	Licopenos	30 a 200 mg/kg de fruta fresca	Cáscaras y semillas	<b>(Cadoni et al. 1999)</b>
	Licopenos	89,4 mg/kg de materia seca	Cáscaras y semillas	<b>(Strati et al., 2015)</b>
Pimiento rojo	Capsantina	9667 $\mu$ g/100 g de materia comestible.	Fruto	<b>(Rodríguez, et al., 2020)</b>
	$\beta$ -caroteno	2167 $\mu$ g/100 g de materia comestible.	Fruto	<b>(Rodríguez, et al., 2020)</b>
	Luteína	1203 $\mu$ g/100 g de materia comestible.	Fruto	<b>(Rodríguez, et al., 2020)</b>
	Zeaxantina	853 $\mu$ g/100 g de materia	Fruto	<b>(Rodríguez, et al., 2020)</b>

**Tabla 5. Continuación**

<b>Especie</b>	<b>Compuesto bioactivo</b>	<b>Concentración</b>	<b>Localización</b>	<b>Referencia</b>
	Violaxantina	770,1 µg/100 g de materia comestible.	Fruto	<b>(Rodríguez, et al., 2020)</b>
	β-caroteno	45403 µg/100 g de materia	Fruto	<b>(Dias, et al., 2018)</b>
	Zeaxantina	47008 µg/100 g de materia	Fruto	<b>(Dias, et al., 2018)</b>
Pepino	Fenoles	25,4 mg/100 g de fruto	Fruto	<b>(Sotiroudis, et al., 2010)</b>
	Vitamina C	10 mg/100 g de fruto	Fruto	<b>(Rojas, 2014)</b>
	Vitamina B1	0,05 mg/100 g de fruto	Fruto	<b>(Rojas, 2014)</b>
	Vitamina B2	0,03 mg/100 g de fruto	Fruto	<b>(Rojas, 2014)</b>

**Elaborado por:** Saul Villacis

De la Tabla 5 se puede destacar que el tomate es el fruto con mayor cantidad de componentes bioactivos, con alto impacto biotecnológico o farmacéutico, estos poseen compuestos como: licopenos, carotenoides, potenciadores del sabor, compuestos fenólicos y otros, asimismo, las hojas de tomate poseen compuestos fenólicos, antioxidantes y nutrientes que pueden ser utilizados, cabe destacar que algunos de estos compuestos poseen un alto valor agregado, un ejemplo de estos son: el licopeno y el β- caroteno que pueden llegar a poseer un costo en el mercado aproximado de 700\$/kg

(**Carvalho, et al., 2021**) por lo que sería de gran interés la extracción de estos compuestos a partir de residuos generados en invernaderos.

De acuerdo con los estudios realizados por **Shi, et al (2004)**, los compuestos bioactivos extraídos del tomate presentan propiedades anticancerígenas, antioxidantes, cardioprotectores, anti- diabetes y fotoprotectoras que de acuerdo a los estudios citados por **Carvalho, et al. (2021)**, previenen la generación de enfermedades de alto riesgos como son: cáncer, diabetes, hipertensión, entre otras.

Los compuestos bioactivos del tomate están presentes en varias partes de la planta, siendo los principales el fruto y las hojas. De acuerdo con la investigación realizada por **Sotiroudis, et al. (2010)**, los extractos de hojas de tomate pueden presentar atributos que le permiten cicatrizar heridas en la piel, dichos estudios demuestran que los compuestos fenólicos, flavonoides y glicoalcaloides incrementan la cantidad de fibroblastos que permiten la regeneración de la piel, caso similar ocurre con el licopeno que está presente en las hojas, pieles del fruto, pulpa y semillas, en concordancia con la Tabla 5, se puede observar que este se encuentra en mayor concentración en la piel y la pulpa del fruto (430 a 2950 mg/100 g), siendo uno de los compuestos de mayor interés gracias a sus propiedades nutricionales.

Los tomates poseen la mayor concentración de licopenos, según **Waliszewski y Blasco (2010)**, el tomate fresco posee entre 0,72 a 20 mg de licopeno por 100 g de muestra, estos valores determinan que el licopeno ocupa aproximadamente del 80 al 90% del total de carotenoides presentes, cabe destacar que la concentración de carotenoides depende de factores tales como: el tiempo de maduración, tiempo de almacenamiento, condiciones ambientales y especies.

A partir de lo antes mencionado se puede establecer que, a partir de tomates, cáscaras y semillas residuales se puede recuperar licopenos, es por ello por lo que a continuación se determinará la metodología adecuada para el aprovechamiento de dicho metabolito.

### **3.2 Metodología de extracción de licopenos.**

El licopeno al ser un compuesto nutracéutico de interés se encuentra en constante investigación y desarrollo de nuevas metodologías para su extracción, almacenamiento y comercialización, para su cómo suplemento alimenticio o sustancia de uso farmacéutico. A continuación, en la Tabla 5 se describen las metodologías más

utilizadas para la extracción de licopenos a partir de desechos de la agroindustria (Ladole, et al., 2018).

**Tabla 6.** *Métodos de extracción de licopenos*

<b>Método</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Fuente</b>
Baño ultrasónico	Solvente: Etanol al 80% Tiempo: 60 min Temperatura: 40°C Relación materia/disolvente: 1:10	0,00076%	(Proaño, 2021)
Extracción sólido- líquido	Solvente: Hexano Temperatura: 22°C Solvente: DL- mentol (HBA) y ácido láctico como (HBD)	45%	(Ubeyitogullari y Ciftci, 2022)
Extracción sólido-líquido	Tiempo: 10 min Temperatura: 70°C Relación materia/Disolvente: 8:1 mol HBA/ molHBD Solvente: Etanol al 96%	0,1446 %	(Silva et al., 2019)
Extracción sólido-líquido	Tiempo: 30 min Temperatura: 50°C Relación materia/Disolvente: 1:70 Solvente: n- hexano – etanol- acetona	0,0084%	( Pérez, 2019)
Extracción sólido-líquido	Temperatura: 40°C Agitación: 500 rpm Tiempo: 30 min	95%	(Zuorro, 2020)

**Tabla 6. Continuación**

<b>Método</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Fuente</b>
Fluidos supercríticos (CO <sub>2</sub> )	Temperatura: 90°C Presión: 20 a 40 MPa Caudal: de 2 a 4 ml/min	56%	<b>(Machmudah et al., 2012)</b>
Fluidos supercríticos (CO <sub>2</sub> )	Temperatura: 80°C Presión: 30 MPa Caudal: 1L/min Solvente: aceite de oliva refinado Tiempo: 45 min	69%	<b>(Ubeyitogullari y Ciftci, 2022)</b>
Maceración	Temperatura: 80°C Relación materia/Disolvente: 2,5% P/V Agitación:400 rpm pH: 5	98,3%	<b>(Kehili et al., 2019)</b>
Ultrasonido y nanopartículas	Temperatura: 50°C Potencia de ultrasonido: 10W Tiempo: 20 min	50%	<b>(Ladole et al., 2018)</b>

**Elaborado por:** Saul Villacis

De acuerdo con los datos expuestos en la Tabla 6, las metodologías utilizadas por **Zuorro, A., (2020)** y **Kehili et al., (2019)** presentan rendimientos de extracción superiores al 90% utilizando técnicas de extracción sólido líquido mediante solventes orgánicos (hexano, etanol, acetona, aceite vegetal), de acuerdo a la investigación presentada por **Zuorro, (2022)**, la mezcla de solventes orgánicos permite obtener mayor rendimiento, en el estudio destaca la mezcla hexano- etanol- acetona (30,6% de n-hexano, 32,8% etanol y 36,6% acetona), donde se obtiene un rendimiento del 95% a partir de cáscaras y semillas del fruto del tomate. Según el mismo autor, estos resultados se obtienen debido a que el licopeno es una molécula apolar localizada en



mayor porcentaje en la cáscara y semillas del fruto, es por ello por lo que para aislar dicha molécula se utilizaron solventes apolares.

En concordancia con lo antes mencionado y los datos recabados en la presente investigación se puede estimar que la metodología presentada por **Zuorro, (2022)** cuenta con las mejores condiciones para el uso de esta metodología como medio de extracción de licopenos a partir de tomates residuales de los cultivos bajo invernadero, esta afirmación se la realiza con base a lo expuesto por **Sadali et al., (2019)**, el cual afirma que la mayor concentración de tomate se puede obtener de frutos maduros, lo cual concuerda con la metodología propuesta y las condiciones de los frutos al momento de ser desechados. Por otro lado, se debe tomar en cuenta que el uso de solventes orgánicos puede ser escalable tal como se lo demuestra en el estudio realizado por **Urbina et al., (2020)**, donde se utiliza etanol como solvente para extraer licopenos a partir de tomate de árbol con escalabilidad a nivel banco, por lo cual la metodología cuenta con mayor ventaja frente a las demás alternativas expuestas en la Tabla 6.

La aplicación y posible escalabilidad de esta metodología depende de la facilidad de conservación de la molécula, rendimientos en la producción y costo de producción, en el caso de la conservación de la molécula, estudios realizados por **Viera, et al., (2018)** demuestran que la microencapsulación permite conservar y estabilizar la estructura molecular del licopeno y por ende facilita su comercialización como principio farmacéutico o suplemento alimenticio de fácil digestión.

El rendimiento en la producción depende principalmente de la concentración inicial de licopeno, de acuerdo con los estudios realizados por **Zuorro, A. (2020)** se puede producir 1 Kg de oleoresina a partir de 37,3 kg de materia prima parcialmente secada, el producto obtenido tiene un costo en el mercado alrededor de los 122 dólares americanos por kilo de oleoresina rica en licopeno.

Una posible alternativa a la extracción sólido-líquido y que se puede aplicar para la extracción de licopeno es la metodología utilizada por **Kehili et al., (2019)**, esta parte de una maceración en aceite de oliva refinado, la cual posee un alto potencial como medio de enriquecimiento nutraceútico de aceites vegetales y a su vez permite dar un valor agregado a los mismos, esta metodología es de fácil escalabilidad y amigable con el medio ambiente ya que no requiere de solventes que contaminen el medio ambiente y la tecnología en cuanto a infraestructura es menor a la metodología antes

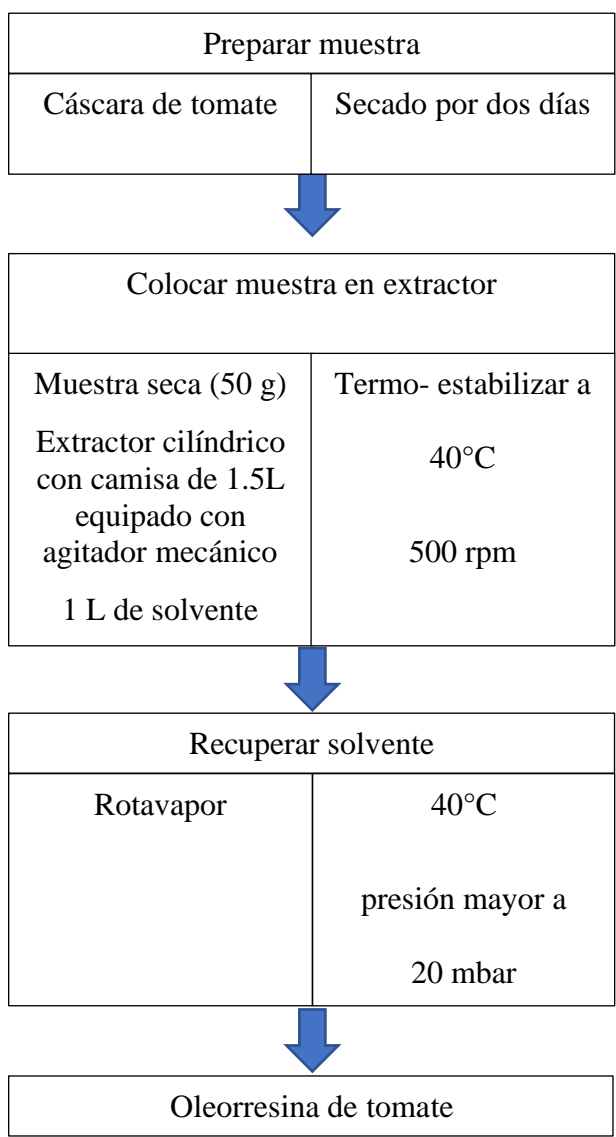
mencionada, además, posee la capacidad de proporcionar 35 mg de licopeno por kg de aceite de oliva refinado, sumado a esto y de acuerdo a lo descrito en el estudio, el aceite sirve como estabilizante molecular, lo cual permite que el licopeno sea mejor asimilado por el cuerpo después de su ingesta.

A continuación, se presentan propuestas de metodologías para la extracción de licopenos.

***Metodología de extracción sólido-Líquido.***

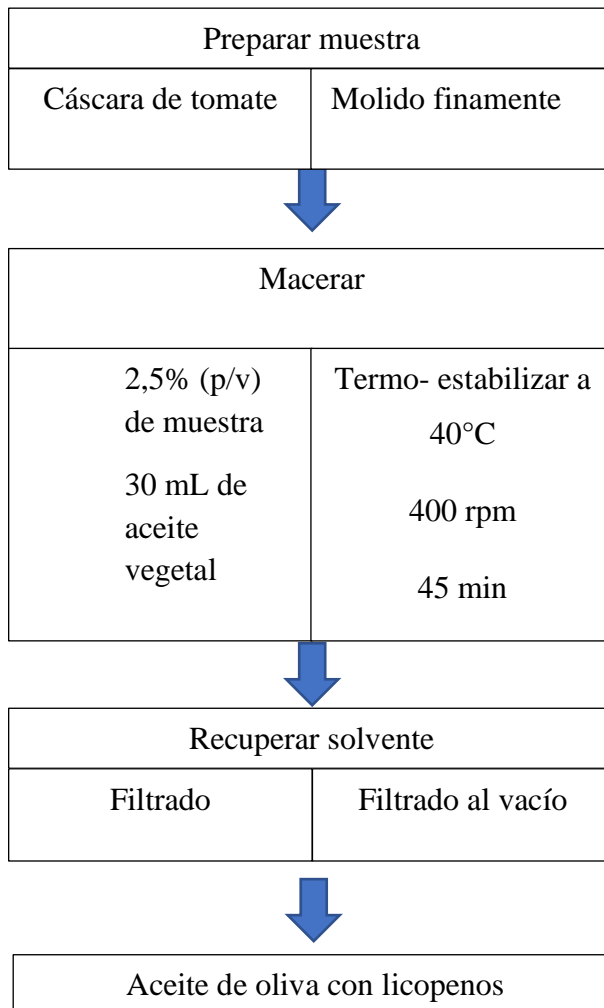
En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo para la extracción de licopenos mediante la mezcla hexano- etanol- acetona.

***Figura 5. Método de extracción sólido- líquido.***



### *Metodología de extracción por maceración.*

A continuación, se muestra el esquema de la metodología de extracción desarrollada por **Chili, et al., (2019)**.



**Figura 6.** Método de extracción por maceración.

### **3. 3 Utilización de residuos orgánicos como medio fermentativo.**

Los residuos orgánicos producto del desarrollo agrícola poseen la capacidad de producir compuestos y materias primas de interés industrial y biológico, de acuerdo con el análisis realizado por **Yafetto, (2022)** metodologías tales como la fermentación en estado sólido (FES), líquida, compostas y pirólisis son las más investigadas para el desarrollo de nuevas formas de utilizar los desechos agrícolas y agroindustriales, de todas ellas la FES es la técnica que destaca por su aplicabilidad y contribución al desarrollo del tratamiento de los desechos.

La FES es una alternativa respetuosa con el medio ambiente que permite producir sustancias de control biológico de plagas, enzimas, antioxidantes, alimentación animal, biocombustibles, ácidos orgánicos, entre otros, las posibilidades son amplias, es por ello que este trabajo se enfocará en la utilización de los desechos orgánicos de tomate, pimiento y pepino para la producción de un compost enriquecido con microorganismos benéficos para el suelo (**Ballardo, 2016**).

A continuación, en la Tabla 7 se muestran los microorganismos cultivados en FES utilizados en los cultivos para la prevención de enfermedades.

**Tabla 7** *Microorganismos benéficos para los cultivos obtenidos mediante FES*

<b>Composición</b>	<b>Efecto</b>	<b>Cultivos Autorizados para la aplicación</b>	<b>Fuente</b>
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> cultivado en cáscara de papa.	Inductor de resistencia sistémica y activador de autodefensas ante el ataque de diferentes tipos de patógenos como <i>Botrytis</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Stemphylium</i>	Plantas y cultivos	( <b>Sánchez &amp; Heredia, 2020; Vásquez, 2020</b> )
<i>Bacillus licheniformis</i> y <i>Bacillus pumilus</i> en compostaje de residuos vegetales	Producto fitofortificante	Plantas y cultivos	( <b>López, 2020</b> )
<i>Bacillus subtilis</i> cultivado en tallos de trigo, tallos de quinua, bagacillo de caña de azúcar, xilano de birchwood y carboximetil celulosa	Fungicida, bactericida	Fresas y tomates	( <b>Bautista et al., 2018</b> )

**Tabla 7. Continuación**

<b>Composición</b>	<b>Efecto</b>	<b>Cultivos Autorizados para la aplicación</b>	<b>Fuente</b>
<i>Bacillus thuringiensis</i> cultivado en residuos de soja	Insecticida	Algodonero, pimiento, tomate, vid, arroz, hortícolas y olivo.	<b>(Peña et al., 2018)</b>
<i>Bacillus thuringiensis</i> cultivado en residuos orgánicos urbanos	Insecticida	Alcornoques, cítricos, coníferas, fresales, frutales de hoja caduca, olivo, platanera, arroz y vid.	<b>(Ballardo, 2016)</b>
<i>Trichoderma harzianum</i> cultivado en cascarilla de arroz	Fungicida	Calabacín, pepino, pimiento, y tomate	<b>(Rosero, 2019)</b>
<i>Verticillium lecanii</i> cultivado de bagazo de caña y cascarilla de arroz	Insecticida	Pimiento y tomate	<b>(Lázaro, 2018)</b>

**Elaborado por:** Villacís Saúl

De acuerdo con la investigación realizada por **Ballardo, (2016)** los residuos sólidos orgánicos se puede utilizar como sustrato para el desarrollo de *Bacillus thuringiensis* (Bt) mediante la técnica de fermentación en estado sólido, el proceso permite incorporar cristales de proteínas Cry producidas por Bt a la materia orgánica residual

que posteriormente puede ser incorporada al suelo como fuente de energía para las plantas y a su vez actuar como un insecticida de control de larvas a nivel del suelo sin producir un efecto fitotóxico, según el estudio realizado por **Chandrakasan et al., (2022)**, estas proteínas han demostrado controlar plagas de lepidópteros polífagos (*Helicoverpa armígera*) con una eficiencia del 64,88% de mortalidad de las larvas del barrenador de tomate, el cual se ha catalogado como una de las principales plagas del cultivo.

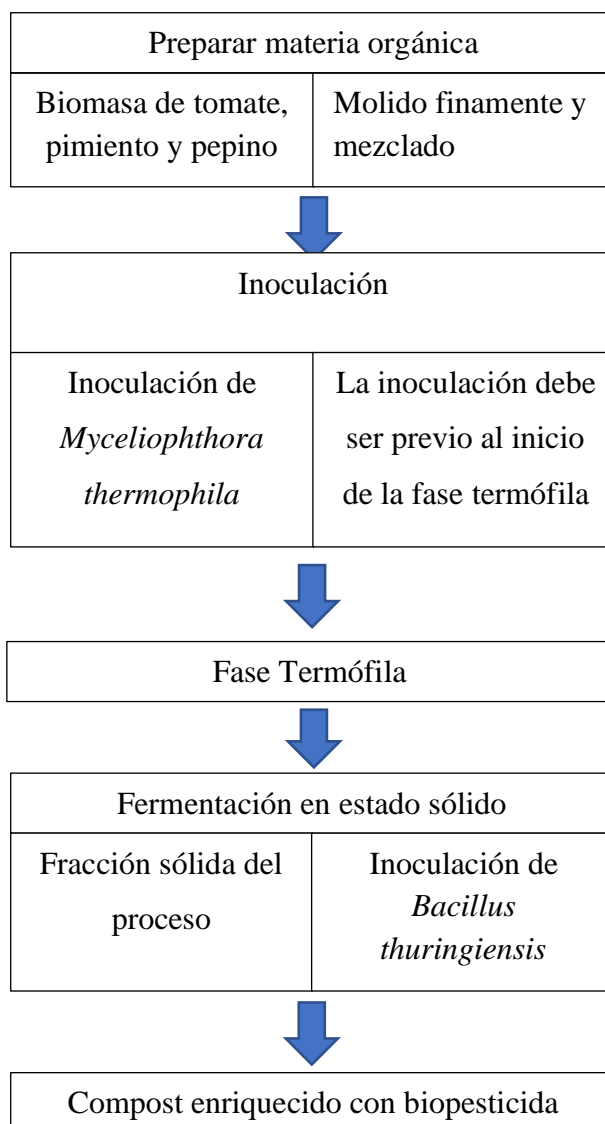
Los desechos orgánicos de la agricultura poseen en su estructura azúcares, almidón, proteínas, celulosa (35-50%), hemicelulosa (25-30%) y lignocelulosa (25%) que los microorganismos pueden utilizar como fuente de carbono y energía para su desarrollo. Según **Ballardo, (2016)**, el sustrato es la clave principal para el desarrollo de microorganismos ya que el sustrato no solo sirve como fuente de nutrientes, sino que actúa como soporte para la penetración y colonización del microorganismo.

Las investigaciones realizadas por **Molina et al.,(2022)** y **Zwiercheczewski et al., (2022)** apuntan a que los residuos orgánicos en general pueden producir biopesticidas, de acuerdo con **Zhang et al., (2022)** *Trichoderma Brev* T069 alcanza 250 kg de biopesticida eficiente contra el marchitamiento por fusarium del banano a partir de residuos de cáscaras de yuca, caso similar ocurre con el estudio realizado por **Gonsales et al., (2022)** el cual detalla la producción de enzimas microbianas con potencial lignocelulolítico a partir de residuos agrarios lignocelulósicos de paja de arroz, paja de soya y salvado de trigo, estos estudios permiten inferir que las plantas de tomate, pimiento y pepino, en conjunto o separados pueden ser utilizados como base de fermentación de microorganismos, ya que, en su estructura principal cuentan con material lignocelulósico que puede ser transformado en fuente de carbono mediante la utilización de tratamientos enzimáticos producto del desarrollo del micelio de *Auricularia aurícula* o *Myceliophthora thermophila* (**Lu et al., 2022**).

A partir de lo antes mencionado y en concordancia con los estudios realizados por **Molina et al.,(2022)** y **Ballardo, (2016)** se puede utilizar los compuestos orgánicos antes mencionados para la producción de un compost enriquecido con microorganismos *Bacillus thuringiensis*, el cual tendría el objetivo de reconstituir la matriz orgánica del suelo y a su vez protejan a los cultivos de plagas de lepidópteros, esta propuesta puede ser viable debido a que el proceso de compostaje puede ser asistido por las cepas del hongo termófilo *Myceliophthora thermophila* que inducen la generación de complejos

enzimáticos que sacarifican el sustrato durante la etapa termófila del compostaje y posterior a ello la inoculación de *Bacillus thuringiensis* para la producción de proteínas Cry a partir de los productos de la degradación enzimática previa.

A continuación, en la Figura 7 se muestra el diagrama de proceso simplificado de la propuesta para la obtención del compost enriquecido con *Bacillus thuringiensis*.



**Figura 7.** Metodología para elaboración de compost

*Nota:* el tiempo total para la producción es de 60 días, de los cuales la fase de inoculación o etapa I se da entre 5 y 10 días, la fase termófila de 10 a 20 días y la fase de fermentación de 15 a 30 días.

De acuerdo con la investigación realizada por **Castillo, et al., (2022)**, la utilización de residuos de cultivos de tomate como compost, genera la disminución del 37,2% del

consumo de agua e incluso reduce el costo de producción en un 4,8%, lo cual reafirma la importancia de utilizar dichos residuos como base para el desarrollo de un compost, cabe mencionar que para obtener mejores resultados y reducir los desechos orgánicos, se puede incorporar desechos orgánicos de los hogares, la diversidad en su composición brinda requerimientos nutricionales adicionales a los microorganismos que actúan durante las diferentes fases de desarrollo del compost, cabe destacar que esta metodología es una propuesta desarrollada con base a estudios similares realizados, el proceso como tal, incluyendo los parámetros de operación están sujetos al desarrollo de investigaciones prácticas y en condiciones normales, en las cuales se puede incorporar otras fuentes de materia orgánica que mejoren las cualidades del compost.



## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Se identificó que los residuos orgánicos producto de la actividad agrícola en invernaderos de la provincia de Tungurahua están constituidos principalmente por frutos tardíos y biomasa de las especies de *S. lycopersicum* L (tomate), *Cucumis sativus* L (pepino) y *Capsicum annum* L (pimiento), de los cuales se determinó que el licopeno presente en el fruto de tomate es el compuesto que se presenta en mayor concentración.

En la investigación se propone que la mejor opción para la extracción de licopeno es la separación sólido -líquido con la mezcla hexano- etanol- acetona, como alternativa se presenta la maceración mediante el uso de aceites vegetales que otorgan rendimientos de extracción superiores al 90% de licopenos.

Se determinó que los restos de biomasa vegetal son útiles para la producción de compuestos de interés biotecnológico mediante el uso de microorganismos, es por lo que se propone utilizar residuos lignocelulósicos residuales de la agricultura como sustrato en la fermentación de estado sólido para la obtención de un compost enriquecido con proteínas Cry producto del crecimiento de *Bacillus thuringiensis*.

En este trabajo se identificó la utilidad de los residuos agrícolas producidos en invernadero de la provincia de Tungurahua y se establecieron bases para el desarrollo de nuevas investigaciones que permitan aprovechar la biomasa producida en dicha actividad agrícola.

#### 4.2 Recomendaciones

Se recomienda desarrollar estudios de diseño experimental para corroborar la información presentada en la presente revisión bibliográfica ya que de esto depende la posibilidad de establecer un adecuado tratamiento de los residuos orgánicos del país y por ende incursionar en las estrategias para el cuidado del medio ambiente mediante la económica circular.

Investigar la posibilidad de utilizar la biomasa para la producción de biocombustibles mediante la utilización de *Auricularia aurícula* y *Myceliophthora*

*thermophila*, ya que estos microorganismos son capaces de descomponer la materia lignocelulósica en azúcares hasta un 46%.

Desarrollar análisis químicos de la composición de la biomasa de las plantas de tomate, pimiento y pepino, ya que existe la posibilidad de identificar principios activos que no se han reportado hasta el momento de redactar el presente documento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, R., Domínguez, J., Rodríguez, Y., & Soria, S. (2016). Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 43(1), 71-76.
- Alemán, R., Domínguez, J., Rodríguez, Y., Soria, S., Torres, R., Vargas, J., Bravo, C., & Alba, J. (2018). Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 45(1), 14-23.
- Álvarez, Y. (2018). *El cultivo de pepino (Cucumis sativus, L.), y su comportamiento agronómico por la aplicación de bioestimulantes orgánicos en la zona de Vinces-Ecuador* [Thesis, Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias para el Desarrollo.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29147>
- Annamalai, N., Rajeswari, M., & Balasubramanian, T. (2014). Enzymatic saccharification of pretreated rice straw by cellulase produced from *Bacillus carboniphilus* CAS 3 utilizing lignocellulosic wastes through statistical optimization. *Biomass and Bioenergy*, 68, 151-160.  
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.06.018>
- Awogbemi, O., Kallon, D., & Aigbodion, V. (2021). Trends in the development and utilization of agricultural wastes as heterogeneous catalyst for biodiesel production. *Journal of the Energy Institute*, 98, 244-258.  
<https://doi.org/10.1016/j.joei.2021.06.017>

- Baiano, A. (2014). Recovery of Biomolecules from Food Wastes—A Review. *Molecules*, 19(9), 14821-14842. <https://doi.org/10.3390/molecules190914821>
- Ballardo, C. (2016). “valorización de residuos sólidos orgánicos como sustrato para el crecimiento de bacillus thuringiensis mediante fermentación en estado sólido: Aplicación a la fracción orgánica de residuos municipales para la producción de compost con efecto biopesticida” [Http://purl.org/dc/dc/mitype/Text, Universitat Autònoma de Barcelona]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=120173>
- Bautista, E., Mesa, L., & Gómez, M. (2018). Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: El caso de América Latina y El Caribe. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 585-604. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.15>
- Baysal, Z., Uyar, F., & Aytakin, Ç. (2003). Solid state fermentation for production of  $\alpha$ -amylase by a thermotolerant Bacillus subtilis from hot-spring water. *Process Biochemistry*, 38(12), 1665-1668. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(02\)00150-4](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(02)00150-4)
- Bharathiraja, S., Suriya, J., Krishnan, M., & Manivasagan, P. (2017). Chapter Six—Production of Enzymes From Agricultural Wastes and Their Potential Industrial Applications. En S.-K. Kim & F. Toldrá (Eds.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 80, pp. 125-148). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.11.003>
- Bravo, P., Bravo, J., Muñoz, L., & Fernández, R. (2011). Influencia de la densidad de siembra y la poda en el cultivo del pepino (cucumis sativus). *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 2(2), 51-54.

- Bravo, R., Villafuerte, A., Peñarrieta, S., Parrales, F., Zambrano, F., & Fimia, R. (2020). Diagnóstico de uso e impactos de plaguicidas en el cultivo de tomate (*solanum lycopersicum* L.) en la parroquia Riochico, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. *The Biologist (Lima)*, 18(1), Article 1. <https://doi.org/10.24039/rtb2020181476>
- Carlos, B., Oscar, M., Héctor, C., Rodrigo, G., Alejandro, L., & Stella, F. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero*. Editorial Tadeo Lozano.
- Carvalho, G., & Correa, B. (2021). Lycopene: From tomato to its nutraceutical use and its association with nanotechnology. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 447-458. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.015>
- Castañeda, M., López, C., Colinas, M., Molina, J., & Hernández, A. (2009). Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Interciencia*, 34(4), 286-292.
- Castillo, F., Belmonte, L., Camacho, F., & Tello, J. (2022). Biodisinfection as a Profitable Fertilization Method for Horticultural Crops in the Framework of the Circular Economy. *Agronomy*, 12(2), 521. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020521>
- Cayo, N., & Peralta, E. (2021). “*Propagación in vitro del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum l) en el Cantón Cevallos Provincia Tungurahua*”. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7298>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos Ecuador. (2020). *Estadísticas Agropecuarias*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado 4 de octubre de 2021, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

Chandrakasan, G., Ayala, M., García, J., Marcus, G., Maruthupandy, M., Kanisha, C., Murugan, M., AL-mekhlafi, F., & Wadaan, M. (2022). Bio controlled efficacy of *Bacillus thuringiensis* cry protein protection against tomato fruit borer *Helicoverpa armigera* in a laboratory environment. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *119*, 101827.

<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2022.101827>

Chouikhi, N., Cecilia, J., Vilarrasa, E., Serrano, L., Besghaier, S., Chlendi, M., Bagane, M., & Castellón, E. R. (2021). Valorization of agricultural waste as a carbon materials for selective separation and storage of CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>. *Biomass and Bioenergy*, *155*, 106297.

<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106297>

Dias, M., Olmedilla, B., Hornero, D., Mercadante, A., Osorio, C., Vargas, L., & Meléndez, A. (2018). Comprehensive Database of Carotenoid Contents in Ibero-American Foods. A Valuable Tool in the Context of Functional Foods and the Establishment of Recommended Intakes of Bioactives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(20), 5055-5107.

<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b06148>

Encarnacion, Z. (2019). Uso De Estrategias Ambientales Para Reducir La Contaminación Por Envases Usados De Plaguicidas En La Producción Agrícola Del Cc.Pp. Ichu Yanuna, Distrito De Panao – Huánuco – 2017. *Universidad de Huánuco*.

<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/1698>

Espín, A. (2018). *Análisis del control de los envases vacíos de plaguicidas de uso agrícola y su incidencia en la contaminación ambiental en el sector El*

Cascajo, Cantón Santa Cruz, 2017.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15755>

Fornaris, G. (2005). *PIMIENTO- Características de la Planta*. 5.

Gallardo, P., Díaz, J., & González, J. (2018). PRODUCCIÓN DE

BIOCOMBUSTIBLES A PARTIR DE BIOMASA DISPONIBLE EN EL

ESTADO DE ZACATECAS. *Journal of Energy, Engineering Optimization*

*and Sustainability*, 2(2), 13-22. <https://doi.org/10.19136/jeeos.a2n2.2789>

García, D., & Serrano, H. (2021, julio 7). *Invernaderos, el Cultivo del Futuro*.

*Agricultura Protegida | No. 149 | 2021 | TecnoAgro*.

[https://tecnoagro.com.mx/no.-149/invernaderos-el-cultivo-del-futuro-](https://tecnoagro.com.mx/no.-149/invernaderos-el-cultivo-del-futuro-agricultura-protegida)

[agricultura-protegida](https://tecnoagro.com.mx/no.-149/invernaderos-el-cultivo-del-futuro-agricultura-protegida)

Gil, C., & Gutiérrez, Y. (2018). *Influencia de la adición del microorganismo*

*Aspergillus niger y el tiempo de extracción en el rendimiento del proceso de*

*extracción de aceite de salvado de arroz mediante el método soxhlet*.

<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2344>

Giménez, A., Fernández, J., Pascual, J., Ros, M., López, M., & Egea, C. (2019). An

agroindustrial compost as alternative to peat for production of baby leaf red

lettuce in a floating system. *Scientia Horticulturae*, 246, 907-915.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.080>

Gomez, M. (2012). *Calidad de fruto en 12 poblaciones silvestres de jitomate*

*Solanum lycopersicum L var. Cerasiforme (Dunal) del occidente de México*.

Universidad de Guadalajara.

<http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/234>

[6/Gomez\\_Morales\\_Myriam\\_Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2346/Gomez_Morales_Myriam_Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Gonsales, N., Laure, H., Rosa, J., & Cabral, H. (2022). Valorization of agricultural residues using *Myceliophthora thermophila* as a platform for production of lignocellulolytic enzymes for cellulose saccharification. *Biomass and Bioenergy*, *161*, 106452. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106452>
- Gravert, T., Vuaille, J., Magid, J., & Hansen, M. (2021). Non-target analysis of organic waste amended agricultural soils: Characterization of added organic pollution. *Chemosphere*, *280*, 130582. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130582>
- Guano, G. (2015). *Evaluación de la actividad cicatrizante del extracto de hojas de tomate (Solanum Lycopersicum) en lesión, inducida en ratones (Mus Musculus)*. <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/4576>
- Guato, M. (2017). *Evaluación del rendimiento de tres híbridos de pimiento (Capsicum annum L.) a las condiciones agroclimáticas de la comunidad La Clementina, parroquia Pelileo, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24996>
- Hermosilla, A. (2018). *Análisis comparativo de la producción de hortalizas bajo plástico versus la producción de hortalizas tradicional o al aire libre*. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/2859>
- Hidalgo, A. (2015). *Estudio de la aplicación de biofertilizantes orgánicos en el desarrollo agronómico del cultivo de pimiento (Capsicum annum L.) en la zona de Mocache, Ecuador durante la época seca del año 2013*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/11>
- Iáñez, I. (2021). *Transformación de los residuos de invernadero en biocombustibles y bioproductos de interés*. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/66739>



- Jena, S., & Singh, R. (2021). Agricultural crop waste materials – A potential reservoir of molecules. *Environmental Research*, 112284.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112284>
- Juárez, A., Zermeño, A., Ramírez, H., & Benavides, A. (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 943-954.
- Karaeva, J. (2021). Hydrogen production at centralized utilization of agricultural waste. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(69), 34089-34096.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.08.004>
- Kehili, M., Sayadi, S., Frikha, F., Zammel, A., & Allouche, N. (2019). Optimization of lycopene extraction from tomato peels industrial by-product using maceration in refined olive oil. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 321-328. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.004>
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. (2021). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 112285.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>
- Kumar, R., Sharma, J., & Singh, R. (2007). Production of tannase from *Aspergillus ruber* under solid-state fermentation using jamun (*Syzygium cumini*) leaves. *Microbiological Research*, 162(4), 384-390.  
<https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.06.012>
- Ladole, M., Nair, R., Bhutada, Y., Amritkar, V., & Pandit, A. (2018). Synergistic effect of ultrasonication and co-immobilized enzymes on tomato peels for lycopene extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 453-462.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.06.013>

- Lázaro, J. (2018). Evaluación de la capacidad de degradación de residuos agrícolas utilizando bacterias celulolíticas y xilanolíticas, como alternativa de tecnología limpia, ancash-peru-2015. *Repositorio Institucional Digital - UNASAM*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2012>
- Liu, D., Zhang, R., Yang, X., Wu, H., Xu, D., Tang, Z., & Shen, Q. (2011). Thermostable cellulase production of *Aspergillus fumigatus* Z5 under solid-state fermentation and its application in degradation of agricultural wastes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(5), 717-725. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.04.005>
- López, J. (2020). Degradación de plumas de ave mediante la aplicación de aislados de *Bacillus licheniformis* procedentes de pilas de compostaje de restos vegetales. <http://repositorio.ual.es/handle/10835/9885>
- Lu, X., Li, F., Zhou, X., Hu, J., & Liu, P. (2022). Biomass, lignocellulolytic enzyme production and lignocellulose degradation patterns by *Auricularia auricula* during solid state fermentation of corn stalk residues under different pretreatments. *Food Chemistry*, 384, 132622. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132622>
- Lynd, L., Weimer, P., Zyl, W., & Pretorius, I. (2002). Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. <https://doi.org/10.1128/MMBR.66.3.506-577.2002>
- Machmudah, S., Zakaria, N., Winardi, S., Sasaki, M., Goto, M., Kusumoto, N., & Hayakawa, K. (2012). Lycopene extraction from tomato peel by-product containing tomato seed using supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 290-296. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.012>

- Manterola, H., Cerda, D., & Mira, J. (1999). *Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes*.  
<http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/28645>
- Martínez, V., & Enrich, M. (2019, enero 19). *Propiedades de los pimientos*. Botanical-online. <https://www.botanical-online.com/alimentos/pimientos-propiedades>
- Matos, B., & Vanessa, C. (2016). *Valorización de residuos sólidos orgánicos como sustrato para el crecimiento de Bacillus Thuringiensis mediante fermentación en estado sólido: Aplicación a la fracción orgánica de residuos municipales para la producción de compost con efecto biopesticida*.  
<https://ddd.uab.cat/record/175011>
- Melo, M., Ortiz, D., & Hurtado, A. (2020). 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*, 44(172), 845-856.  
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.862>
- Mercado, M. (2018, marzo 5). *Propuesta Para La Producción De Esquejes De Clavel (Dianthus Caryophyllus) Bajo Invernadero En La Comunidad Del Paso Del Municipio De Quillacollo*.  
<http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/10319>
- Mohan, S., Viruthagiri, T., & Arunkumar, C. (2014). Statistical optimization of process parameters to produce tannase by *Aspergillus flavus* under submerged fermentation. *3 Biotech*, 4(2), 159-166.  
<https://doi.org/10.1007/s13205-013-0139-z>

- Molina, E., Sánchez, A., & Artola, A. (2022). Enzymatic hydrolysis of the organic fraction of municipal solid waste: Optimization and valorization of the solid fraction for *Bacillus thuringiensis* biopesticide production through solid-state fermentation. *Waste Management*, *137*, 304-311.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.11.014>
- Molina, N., Verón, R., & Altamirano, J. (2010). *Solanum lycopersicum* / Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas.  
<https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/solanum-lycopersicum>
- Morán, J. (2019). *Identificación de riesgos en la recolección de envases plásticos vacíos agrícolas de Fitogreen 2019*. [Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.].  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45625>
- Mulimani, V., & Patil, R.(2000).  $\alpha$ -Amylase production by solid state fermentation: A new practical approach to biotechnology courses. *Biochemical Education*, *28*(3), 161-163. [https://doi.org/10.1016/S0307-4412\(99\)00145-4](https://doi.org/10.1016/S0307-4412(99)00145-4)
- Nagendran, R. (2011). Chapter 24—Agricultural Waste and Pollution. En T. Letcher & D. Vallero (Eds.), *Waste* (pp. 341-355). Academic Press.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381475-3.10024-5>
- Nolazco, D., Villanueva, E., Hatta, B., & Tellez, L. (2020). Extracción y caracterización química del aceite esencial de Eucalipto obtenido por microondas y ultrasonido. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *22*(3), 274-284. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.661>
- Ordóñez, A., Balanza, M., Martín, F., & Flores, C. (2009). Estabilidad del Carotenoide Licopeno en Tomates en Conserva. *Información tecnológica*, *20*(4), 31-37. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642009000400005>

- Pacheco, A., & Bastidas, A. (2011, julio 22). *Agricultura Protegida (Ventajas y Desventajas en el uso de Invernaderos) | No. 69 | 2011 | TecnoAgro.*  
<https://tecnoagro.com.mx/no.-69/agricultura-protegida-ventajas-y-desventajas-en-el-uso-de-invernaderos>
- Peña, A., Ponce, J., Sánchez, F., & Magaña, N. (2014). Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista fitotecnica mexicana*, 37(4), 381-391.
- Peña, J., Margaría, C., Sgarbi, C., & Ricci, E. (2018). Cultivo de soja, *Glycine max*, genéticamente modificada con *Bacillus thuringiensis* (Bt): Efectos sobre la relación tritrófica soja-pentatómidos-parasitoides de huevos. *Acta Zoológica Lilloana*, 62, sup. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/93459>
- Pérez, C. (2019). *Extracción y microencapsulación de licopenos provenientes de residuos agroindustriales del tomate de árbol (Solanum betaceum).*  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29416>
- Pérez, J. (2008). *Fertigación mineral en pimiento dulce capsicum annuum bajo invernadero en la granja experimental Santa Inés.*  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1627>
- Periago, M., Martínez, I., Ros, G., Martínez, C., & Martínez, G. (2001). *Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno.*
- Proaño, J. (2021). *Extracción asistida por ultrasonido de licopenos provenientes de residuos agroindustriales de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) con capacidad antioxidante.*  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/32115>

- Ramón, C., & Gil, M. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: Una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), 263-277. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822>
- Restrepo, J., Estupiñán, J., & Colmenares, A. (2016). Estudio comparativo de las fracciones lipídicas de *Bactris gasipaes* Kunth (chontaduro) obtenidas por extracción soxhlet y por extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Revista Colombiana de Química*, 45(1), 5-9. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n1.57199>
- Rodríguez, E., Sánchez, M., & Olmedilla, B. (2020). Assessment of carotenoid concentrations in red peppers (*Capsicum annuum*) under domestic refrigeration for three weeks as determined by HPLC-DAD. *Food Chemistry: X*, 6, 100092. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100092>
- Rojas, M. (2014). *Elaboración de una crema hidratante a base de papino «Cucumis sativus» y cola de caballo «Equisetum arvense» y el estudio de su eficacia.* <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1425>
- Rojas, T., Fuentes, M., Contreras, E., Gómez, S., & Muñoz-Jáuregui, A. M. (2019). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 258-267.
- Rosero, C. (2019). *Producción y caracterización de biochar a partir de biomasa residual para el cultivo del hongo *Trichoderma harzianum*.* <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8548>
- Sabu, A., Pandey, A., Jaafar Daud, M., & Szakacs, G. (2005). Tamarind seed powder and palm kernel cake: Two novel agro residues for the production of tannase under solid state fermentation by *Aspergillus niger* ATCC 16620.

*Bioresource Technology*, 96(11), 1223-1228.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.11.002>

Sadali, N., Sowden, R., Ling, Q., & Jarvis, P. (2019). Differentiation of chromoplasts and other plastids in plants. *Plant Cell Reports*, 38(7), 803-818.

<https://doi.org/10.1007/s00299-019-02420-2>

Salazar, R., Sánchez, A., & López, I. (2020). Indicators for assessing water, energy and labor use performance in a low-tech greenhouse. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 26(2), 95-110. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2019.09.018>

Sánchez, E., & Heredia, J. (2020). Evaluación de residuos de cáscaras de papa como sustrato para la producción de amilasas a partir de *Bacillus amyloliquefaciens* A16. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 794-804. <https://doi.org/10.18257/raccefy.1122>

Sandoval, H., & Velasquez, M. (2016). La Floricultura En El Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 2016\_10.

[https://ideas.repec.org/a/erv/rccsrc/y2016i2016\\_1020.html](https://ideas.repec.org/a/erv/rccsrc/y2016i2016_1020.html)

Santamouris, M., Balaras, C., Dascalaki, E., & Vallindras, M. (1994). Passive solar agricultural greenhouses: A worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes. *Solar Energy*, 53(5), 411-426. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(94\)90056-6](https://doi.org/10.1016/0038-092X(94)90056-6)

Sarkar, J., Mridha, D., Sarkar, J., Orasugh, J. T., Gangopadhyay, B., Chattopadhyay, D., Roychowdhury, T., & Acharya, K. (2021). Synthesis of nanosilica from agricultural wastes and its multifaceted applications: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 37, 102175.

<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102175>

- Scarlat, N., Dallemand, J., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, *129*, 457-472.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
- Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Ed.). (2008). *Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía*.  
<https://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/77867.html>
- Silva, Y., Ferreira, T., Jiao, G., & Brooks, M. (2019). Sustainable approach for lycopene extraction from tomato processing by-product using hydrophobic eutectic solvents. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(3), 1649-1654. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03618-8>
- Soque, E., & Macías, R. (2012). *Efecto de fertilización química en la producción de pepino (cucumis sativus l.)*. UTEQ.
- Sotiroudis, G., Melliou, E., Sotiroudis, T., & Chinou, I. (2010). Chemical Analysis, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Three Greek Cucumber (cucumis Sativus) Cultivars. *Journal of Food Biochemistry*, *34*(s1), 61-78.  
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2009.00296.x>
- Strati, I., Gogou, E., & Oreopoulou, V. (2015a). Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste. *Food and Bioprocess Processing*, *94*, 668-674. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.09.012>
- Strati, I., Gogou, E., & Oreopoulou, V. (2015b). Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste. *Food and Bioprocess Processing*, *94*, 668-674. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.09.012>



- Suárez, R. (2021). *Automatización y Control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética*.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7819>
- Tapia, K. (2020). Caracterización Espectral De Estrés Hídrico En El Cultivo De Pepino Dulce (*Solanum Muricatum*). *Revista Geoespacial*, 17(1), 14-24.  
<https://doi.org/10.24133/geoespacial.v17i1.1492>
- Ubeyitogullari, A., & Ciftci, O. (2022). Enhancing the bioaccessibility of lycopene from tomato processing byproducts via supercritical carbon dioxide extraction. *Current Research in Food Science*, 5, 553-563.  
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.020>
- Urbina, W., Fernández, D., & Iraizoz, A. (2020). Obtención de un extracto rico en carotenoides con capacidad antioxidante a escala de banco a partir de residuos agroindustriales del tomate de árbol (*Solanum betaceum*). *Bionatura*, 5, 1356-1362. <https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.04.13>
- Valarezo, O., Canarte B., Navarrete, B., & Arias, M. (2003). *Prodiplosis longifilia* (Diptera: (Cecidomyiidae), principal plaga del tomate en el Ecuador. *Manual*.  
[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Prodiplosis+longifilia+%28Diptera%3A+%28Cecidomyiidae%29%2C+principal+plaga+del+tomate+en+el+Ecuador&author=Valarezo+C%2C+Oswaldo&publication\\_year=2003](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Prodiplosis+longifilia+%28Diptera%3A+%28Cecidomyiidae%29%2C+principal+plaga+del+tomate+en+el+Ecuador&author=Valarezo+C%2C+Oswaldo&publication_year=2003)
- Vargas, J. Y. (2020). Producción de energía limpia mediante la degradación de residuos orgánicos agrícolas. *Repositorio Institucional – UCS*.  
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1476>
- Vásquez, W. (2020). *Optimización de la producción de esporas de Beauveria bassiana AgR F504 para el control de Plutella xylostella*.  
<http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/18506>

- Vázquez, H., & Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 249-259.
- Viera, D., Maldonado, L., Cardona, J., & Bouilly, L. (2018). *Optimización de extracción y microencapsulación de carotenoides totales de tomate (Solanum lycopersicum var. Manzano.) mediante secado por aspersion.* [Biblioteca Digital]. <https://bdigital.zamorano.edu>; Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6302>
- Vivanco, D., Ardiles, P., Castillo, D., y Puente, L., (2021). Tecnología emergente: Campo de pulsos eléctricos (PEF) para el tratamiento de alimentos y su efecto en el contenido de antioxidantes. *Revista chilena de nutrición*, 48(4), 609-619. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182021000400609>
- Vizuet, R. (2019). *Estudio de los costos medioambientales y su impacto en la producción de tomate de riñón de la Asociación "ASOTOTUN" de la ciudad de Ambato.* <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29411>
- Waghmare, P., Kshirsagar, S., Saratale, R., Govindwar, S., & Saratale, G. (2014). Production and characterization of cellulolytic enzymes by isolated klebsiella sp. prw-1 using agricultural waste biomass. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 44-59. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i1.15296>
- Waliszewski, K. N., & Blasco, G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México*, 52(3), 254-265.
- Wijitkosum, S. (2021). Biochar derived from agricultural wastes and wood residues for sustainable agricultural and environmental applications. *International Soil and Water Conservation Research*. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.09.006>

- Yafetto, L. (2022). Application of solid-state fermentation by microbial biotechnology for bioprocessing of agro-industrial wastes from 1970 to 2020: A review and bibliometric analysis. *Heliyon*, 8(3), e09173. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09173>
- Yan, B., Li, Y., Qin, Y., Shi, W., & Yan, J. (2022). Spatial-temporal distribution of biogas production from agricultural waste per capita in rural China and its correlation with ground temperature. *Science of The Total Environment*, 152987. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.152987>
- Zhang, C., Ali, R., Wei, H., Wang, R., Hou, J., & Liu, T. (2022). Rapid and mass production of biopesticide *Trichoderma* Brev T069 from cassava peels using newly established solid-state fermentation bioreactor system. *Journal of Environmental Management*, 313, 114981. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114981>
- Zheng, Y., Zhang, Q., Zhang, Z., Jing, Y., Hu, J., He, C., & Lu, C. (2021). A review on biological recycling in agricultural waste-based biohydrogen production: Recent developments. *Bioresource Technology*, 126595. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126595>
- Zuorro, A. (2020). Enhanced Lycopene Extraction from Tomato Peels by Optimized Mixed-Polarity Solvent Mixtures. *Molecules*, 25(9), 2038. <https://doi.org/10.3390/molecules25092038>
- Zwiercheczewski, P., Rodrigues, C., & Soccol, C. (2022). Exploring cocoa pod husks as a potential substrate for citric acid production by solid-state fermentation using *Aspergillus niger* mutant strain. *Process Biochemistry*, 113, 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.12.020>