



**Estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*capsicum chinense*) y criollo (*capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano.**

Cedeño Quiñonez, Leonor Esther

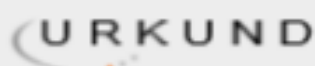
Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Sánchez Llaguno, Sungey Naynee, Ph.D.

16 de agosto del 2021



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Srta. LEONOR ESTHER CEDENO QUINONEZ(8).docx  
(D111361936)  
Submitted: 8/17/2021 12:06:00 AM  
Submitted By: janeira1@espe.edu.ec  
Significance: 9 %

### Sources included in the report:

Tania Vasquez- urkund.doc (D50483708)  
TESIS BUSTILLOS CULTIVO Aji 2015.docx (D16826715)  
TESIS CARLOS JULIO FIN.docx (D15104217)  
TESIS FINAL CARLOS VERA.rtf (D14609265)  
TESIS POZO FINAL.docx (D51968504)  
fc7b71e0-41f9-4c4e-8569-aaf9acab053d  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Capsicum\\_chinense](https://es.wikipedia.org/wiki/Capsicum_chinense)  
[https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/62\\_3/PDF/Habanero.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/62_3/PDF/Habanero.pdf)  
<https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1182-la-econom%C3%ADa-ecuatoriana-creci%C3%B3-06-en-el-primer-trimestre-de-2019#:~:text=En%20el%20primer%20trimestre%20de%202019%252C%20el%20Producto%20Interno%20Bruto,Central%20del%20EcuadorBarbero,>  
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/244-numero-29/450-soxhlet-del-inventor-al-metodo.html#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20soxhlet%20se,disolvente%20y%20altere%20la%20prueba.Casta>  
<https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-aji-o-pimiento-tambien-conocido-como-chile/#:~:text=El%20cultivo%20de%20aji%20posee,el%20final%20de%20su%20ciclo.Romero,>  
<https://www.scientificamerican.com/article/feel-the-burn-new-world-chilies-traced-back-nearly-17-million-years/>  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25298/1/BQ%20113.pdf>  
<https://core.ac.uk/download/pdf/198131215.pdf>  
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/2/16.pdf>  
<https://1library.co/document/q5o8kvjz-oleorresina-capsicum-chinense-desarrollo-microbiano-empacada-almacenada-refrigeracion.html>  
[https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion\\_5f05dd8bb2e1a.pdf](https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5f05dd8bb2e1a.pdf)  
<https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/INFINITUM/article/download/383/364>

Firma:



Este es el escáner de firma  
SUNGEY NAYNEE  
SANCHEZ LLAGUNO

Sungey Naynee Sánchez Llaguno, Ph.D.

C. C.:1205348673

Directora de proyecto de investigación



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación "Estudio de la oleoresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano", fue realizado por la señorita Cedeño Quiñonez Leonor Esther, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Santo Domingo, 16 de agosto del 2021**

Firma:



**SUNGEEY NAYNEE SANCHEZ LLAGUNO**

**Sungey Naynee Sánchez Llaguno, Ph.D.**

**C. C.:1205348673**

**Directora de proyecto de investigación**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Cedeño Quiñonez Leonor Esther**, con cédula/cédulas de ciudadanía n°1720691466, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: es de mi autoría y responsabilidad, **“Estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano”** cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Santo Domingo, 16 de agosto del 2021**

Firma

**Cedeño Quiñonez Leonor Esther**

C.C.: 1720691466



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Cedeño Quiñonez Leonor Esther**, con cédula de ciudadanía n° 1720691466, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Santo Domingo, 16 de agosto del 2021**

Firma

**Cedeño Quiñonez Leonor Esther**

C.C.:1720691466

## DEDICATORIA

A Dios, mi creador y mi Señor. A mis amados padres, mi guía e inspiración diaria.

¡Por ustedes y para ustedes!

Leonor Cedeño Q.

## AGRADECIMIENTO

Gracias Dios por la dicha que mi corazón siente, por ser la roca y mi porción para siempre.

A mis padres: Abel y Mercedes por ser la inspiración de mi vida, por su apoyo incondicional y gran amor.

A mis hermanos y hermanas por haberme brindado su apoyo y ejemplo, en especial a Paulina quien ha sido más que una hermana, mi madre y amiga.

A mis docentes de la carrera de ingeniería agropecuaria, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación profesional, de manera especial a mi maestra Sungey Sánchez directora de mi trabajo de titulación quien me ha acompañado con su experticia y paciencia, a mis amigos quienes de manera directa e indirecta me brindaron su ayuda y tiempo a lo largo de esta etapa de mi vida.

Leonor Cedeño Q.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Análisis urkund .....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Resumen.....	14
Abstract .....	15
Capítulo I.....	16
Introducción .....	16
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos .....	17
Hipótesis .....	18
Hipótesis factor a.....	18
Hipótesis factor b.....	18
Capitulo II .....	19
Revisión de literatura.....	19
Capsicum.....	19
Descripción botánica .....	20
Taxonomía .....	22
Requerimientos edáfoclimáticos .....	22
Manejo agronómico del cultivo del ají .....	24
Preparación del terreno y densidad de siembra.....	24
Semillero .....	24
Trasplante .....	25
Control de malezas .....	25
Riego.....	25
Fertilización .....	25
Cosecha.....	26
Manejo de pos cosecha .....	26
Producción mundial de ají.....	26



Producción en ecuador .....	27
Ají habanero (capsicum chinense) .....	27
Ají criollo (capsicum baccatum).....	28
Capsaicina .....	28
Oleorresina .....	29
Métodos de extracción .....	30
Soxhlet .....	30
Maceración alcohólica .....	30
Extracción de líquidos presurizados (elp) .....	30
Capitulo III .....	31
Metodología.....	31
Ubicación del área de investigación .....	31
Ubicación política .....	31
Ubicación geográfica .....	31
Ubicación ecológica .....	32
Materiales .....	33
Extracción de oleorresina por método soxhlet .....	33
Extracción por método de maceración alcohólica .....	33
Extracción oleorresina por método elp .....	34
Determinación de concentración de capsaicina .....	34
Siembra de microorganismos .....	34
Métodos.....	35
Obtención de la materia prima.....	35
Extracción de la oleorresina .....	35
Determinación de la concentración de capsaicina .....	36
Siembra de cajas madre.....	37
Siembra de cajas madre.....	37
Diseño experimental. ....	42
Factores del experimento .....	42
Tratamientos a compararen el estudio .....	42
Tipo de diseño.....	43
Repeticiones .....	43
Características de la unidad experimental. ....	43
Análisis estadístico .....	44
Esquema de análisis de varianza .....	44

Análisis funcional.....	44
VARIABLES EVALUADAS.....	44
Rendimiento.....	44
Concentración de capsaicina.....	45
Control microbiológico.....	45
Capítulo IV.....	46
Resultados.....	46
Análisis de varianza.....	46
Análisis de varianza para las variables de estudio.....	46
Resultados del estudio de las variedades (factor a).....	48
Resultados del estudio de las variedades (factor b).....	51
Resultados de la interacción a*b.....	54
Capítulo V.....	57
Discusión.....	57
Variedades (factor a).....	57
Métodos de extracción (factor b).....	58
Interacción a*b.....	60
Capítulo VI.....	62
Conclusiones y recomendaciones.....	62
Conclusiones.....	62
Factor a (variedades).....	62
Factor b (métodos de extracción).....	62
Interacción a*b.....	63
Recomendaciones.....	64
Capítulo VII.....	65
Bibliografía.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Descripción taxonómica .....	22
<b>Tabla 2</b> Parámetros de adaptabilidad y rango de adaptación (varían según la variedad) .....	23
<b>Tabla 3</b> Densidad de siembra .....	24
<b>Tabla 4</b> Herramientas necesarias para la extracción de oleorresina por método Soxhlet. .....	33
<b>Tabla 5</b> Herramientas para la extracción de oleorresina por el método de Maceración alcohólica. ....	33
<b>Tabla 6</b> Herramientas necesarias para la extracción de la oleorresina por método de ELP .....	34
<b>Tabla 7</b> Herramientas necesarias para la extracción de la oleorresina por método de ELP .....	34
<b>Tabla 8</b> Herramientas necesarias para la siembra de microorganismos.....	34
<b>Tabla 9</b> Los factores y niveles a probar en el estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero ( <i>Capsicum chinense</i> ) y criollo ( <i>Capsicum baccatum</i> ), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano.....	42
<b>Tabla 10</b> Tratamientos a comparar en el estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero ( <i>Capsicum chinense</i> ) y criollo ( <i>Capsicum baccatum</i> ), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano.....	42
<b>Tabla 11</b> Distribución de las unidades experimentales en el estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero ( <i>Capsicum chinense</i> ) y criollo ( <i>Capsicum baccatum</i> ), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente.....	43
<b>Tabla 12</b> Esquema del análisis de varianza estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero ( <i>Capsicum chinense</i> ) y criollo ( <i>Capsicum baccatum</i> ), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano.....	44
<b>Tabla 13</b> Resultados de la variable rendimiento .....	46
<b>Tabla 14</b> Resultados de la variable Concentración de capsaicina. ....	47

<b>Tabla 15</b> Resultados de la variable Control microbiológico. ....	47
<b>Tabla 16</b> Resultados del Análisis Tukey ( $P>0,05$ ) para las variedades (Factor A).....	48
<b>Tabla 17</b> Resultados del Análisis Tukey ( $P>0,05$ ) para los métodos de extracción (Factor B). ....	51
<b>Tabla 22</b> Resultados del Análisis Tukey ( $P>0,05$ ), para la Interacción A*B de las variables en estudio.....	54

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Descripción botánica.....	21
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación geográfica del área de investigación. ....	32
<b>Figura 3.</b> Medición de halos.....	38
<b>Figura 4.</b> Balance de materiales T1 .....	39
<b>Figura 5.</b> Balance de materiales T2 .....	39
<b>Figura 6.</b> Balance de materiales T3 .....	40
<b>Figura 7.</b> Balance de materiales T4 .....	40
<b>Figura 8.</b> Balance de materiales T5 .....	41
<b>Figura 9.</b> Balance de materiales T6 .....	41
<b>Figura 10.</b> Efecto del estudio de las variedades de ají (Factor A) frente a las variables evaluadas.....	49
<b>Figura 11.</b> Efecto del estudio de los métodos de extracción (Factor B) frente a las variables evaluadas.....	52
<b>Figura 12.</b> Efecto interacción A*B frente a las variables en estudio .....	55

## RESUMEN

La presente investigación se planteó con la finalidad de estudiar la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano, el cultivo de ají en el Ecuador es una actividad que desempeña gran interés económico, gracias a su alto nivel de adaptabilidad y producción, la capsaina es un compuesto bioactivo del ají lo cual hace que este posea un poder inhibitorio sobre el crecimiento y propagación de microorganismos patógenos. El diseño experimental que se empleó fue un DBCA bifactorial A\*B (Variedades: ají habanero y ají criollo; Métodos: soxhlet, maceración alcohólica y ELP) conformado por 6 tratamientos y 3 repeticiones, los resultados que presentaron diferencia significativa fueron evaluados por la prueba de Tukey ( $P > 0,05$ ). La mejor interacción en cuanto a rendimiento fueron T3 y T6 (Ají variedad habanero \* ELP) y (Ají variedad criollo \* ELP) respectivamente ambos con valores promedios 49,7 y 50,5 cc.en cuanto a la concentración de capsaicina fue T5 (Ají variedad criollo \* Maceración alcohólica) con un valor promedio de 1,667 A, la mejor interacción frente a la variable de control de microorganismos fue T1 (Ají variedad habanero \* soxhlet) con un valor promedio de área de inhibición de 1,560 cm<sup>2</sup>.

### Palabras clave:

- CAPSAICINA
- SOXHLET
- MACERACIÓN ALCOHÓLICA
- EXTRACCIÓN DE LÍQUIDOS PRESURIZADOS (ELP).

## ABSTRACT

The present research was proposed with the purpose of studying the oleoresina obtained from two varieties of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and creole (*Capsicum baccatum*), considering different extraction methods for the application as a microbial agent, the cultivation of chili in the Ecuador is an activity that performs a great economic interest, thanks to its high level of adaptability and production, capsaicina is a bioactive compound of chili pepper which makes it have an inhibitory power on the growth and spread of pathogenic microorganisms. The experimental design used was a bifactorial A \* B DBCA (Varieties: habanero chili and creole chili; Methods: soxhlet, alcoholic maceration and ELP) made up of 6 treatments and 3 repetitions, the results that showed a significant difference were evaluated by the test of Tukey ( $P > 0.05$ ). The best interaction in terms of yield were T3 and T6 (chili variety habanero \* ELP) and (chili variety creole \* ELP) respectively, both with average values 49.7 and 50.5 cc in terms of the concentration of capsaicina was T5 (chili variety creole \* Alcoholic maceration) with an average value of 1,667 A, the best interaction against the microorganism control variable was T1 (chili variety habanero \* soxhlet) with an average value of area of inhibition of 1,560 cm<sup>2</sup>.

### Keywords:

- CAPSAICINA
- SOXHLET
- ALCOHOLIC MACERATION
- PRESSURIZED LIQUID EXTRACTION (ELP)

## CAPÍTULO I

### Introducción

El cultivo de ají en el Ecuador es una actividad que desempeña gran interés económico, gracias a su alto nivel de adaptabilidad y producción esto se debe a que nuestro país posee una gran variedad de condiciones edafoclimáticas que permiten la producción de algunas especies del género *Capsicum*, Santo Domingo de los Tsáchilas es una provincia de las más productoras de ají a nivel nacional. El ají es uno de los condimentos más utilizados en todo el mundo ya sea de forma directa o por medio de alimentos procesados (Salazar, 2001).

En el primer trimestre de 2019, el Producto Interno Bruto (PIB) ecuatoriano alcanzó un crecimiento interanual de 0,6%, totalizando 17.921 millones de dólares constantes, dónde el cultivo del ají forma parte del 4,3% de dicho incremento (Banco Central del Ecuador, 2019)

La gama de recursos vegetales del género *Capsicum* que existen en Ecuador crea la necesidad de buscar alternativas para generar valor agregado a los frutos ya sea por medio de extractos naturales que sirven para un sin número de aplicaciones tales como en el área medicinal, en la industria química, en la industria alimentaria para conservar alimentos y para control biológico (Mejía, 2013).

La resistencia a los antibióticos por parte de las bacterias es uno de los problemas más grandes que se tiene en la actualidad sin embargo los antimicrobianos obtenidos del principio bioactivo de las plantas ha tomado gran interés por parte de los investigadores ya que estos componentes son



altamente antibacterianos en especial de las plantas del género (*Capsicum*) por la presencia de capsaicionides (Colivet, Belloso, & Hurtado, 2006).

Esta investigación se realizó con la finalidad de darle un valor agregado a la materia prima que se produce en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas extrayendo la oleorresina de dos variedades de ají, considerando distintos métodos de extracción y finalmente para comprobar su potencial como agente microbiano. Para efectuar el trabajo de investigación se trazaron los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Estudiar la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano.

### **Objetivos Específicos**

- Obtener oleorresina a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*).
- Extraer oleorresina del ají por el método de soxleth, maceración alcohólica y extracción de líquidos presurizados (ELP).
- Comparar mediante un análisis gravimétrico la concentración de capsaicina presente en cada extracto.
- Evaluar el potencial inhibitorio de la oleorresina frente a microorganismos.

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis Factor A***

**Ho:** Las variedades de ají no intervienen en la concentración de la capsaicina presente en la oleorresina.

**Ha:** Las variedades de ají intervienen en la concentración de la capsaicina presente en la oleorresina.

### ***Hipótesis Factor B***

**Ho:** Los métodos de extracción no influyen en el rendimiento de la oleorresina.

**Ha:** Los métodos de extracción influyen en el rendimiento de la oleorresina.

## CAPITULO II

### Revisión de Literatura

#### Capsicum

El género *Capsicum* perteneciente a la familia de las Solanaceas es uno de los productos por excelencia de América data sus registros desde antes de la época Colonial, el ají es usado desde producto fresco hasta procesados, nace de color verde y se trasforma en rojo, naranja, amarillo o en algunos casos en violeta dependiendo de su variedad (Kolumbien, 2016).

Después de varios estudios se ha logrado obtener variedades de (*Capsicum annum*) con características de interés agronómicas como rendimiento y calidad del fruto (Castañón, Ramírez, Ruiz, & Mayek, 2011).

El consumo de ají ha ido en aumento ya que se ha determinado que el ají es rico en vitaminas (A, C, B6) antioxidantes, flavonoides, B caroteno, antimicrobianos (Lui, Wu, Chen, & Lei, 2013).

Los ajíes son originarios y domesticados en América cuya área de diversidad está localizada en la región andina y amazónica de América del sur (Bolivia y el sur de Brasil). En el Ecuador, es posible que el cultivo de ají (*Capsicum sp.*) se remonte a la cultura Valdivia.

El fruto del género *capsicum* tienen innumerables formas, sabores, colores y niveles de picante, pero todos los chiles, chiles y pimientos morrones americanos surgieron de una sola especie que luego dio lugar a tres linajes encontrados en cocinas de todo el mundo, los chiles y pimientos y estudios

genéticos recientes confirman que tienen un único ancestro común que surgió hace unos 16,8 millones de años (Viano, 2016).

### ***Descripción Botánica***

Las plantas del género *Capsicum* son herbáceas, semi arbustivas de distinto tamaño y su ciclo de vida es menor a un año. La altura de esta planta varía entre 0.3 y 1.5 metros dependiendo de la variedad, de la fertilización y de las condiciones climáticas (León, 2000).

**Raíz.** Su raíz es pivotante y profunda (León, 2000).

**Hojas.** Las hojas son elípticas y alternadas tienen el ápice agudo y la base asimétrica (León, 2000).

**Flores.** Posee flores hermafroditas, y están ubicadas de tal manera que existen dos por cada nudo con pedicelos doblados en la anthesis o erecto (León, 2000).

El género *Capsicum* presenta varios colores en la flor, esto depende de la especie de cada uno subdividida en dos grupos: flores blancas y flores púrpuras. En el subgrupo de las flores purpuras se encuentran las especies *Capsicum eximium*, *Capsicum cardenasii* y *Capsicum pubescens* y en el grupo de las flores blancas se encuentran las especies *Capsicum baccatum*, *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens* (Pardey, 2008).

**Fruto.** En cuanto al fruto, este es una baya hueca deprimida y semicartilaginosa, existe diversidad de forma, color y tamaño.

El color se encuentra ligado al estado de madurez del fruto, su forma puede ser alargada, o totalmente redonda y sus semillas se encuentran insertadas en una placenta, por lo general estas semillas son redondas de color amarillo pálido con una longitud que varía entre 5-5 mm. (Pardey, 2008).

**Figura 1** Descripción botánica



Nota: Descripción botánica del ají género *Capsicum*. Tomado de (Vela, 2012).

## ***Taxonomía***

**Tabla 1** Descripción taxonómica

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Salanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	Capsicum
<b>Especie</b>	Annum L
<b>Nombre común</b>	Ají

Nota: Tomado de (Botánicos, 2008).

## **Requerimientos Edáfoclimáticos**

El ají tiene un desarrollo bastante exitoso en suelos preferentemente sueltos o arenosos, con baja conductividad eléctrica, con buena aireación y drenaje. Esta planta tiene una respuesta excelente a la adición de materia orgánica (30 toneladas métricas mínimo) (Saborío, 2004).

Esta herbácea se adapta en suelos cuyo pH se encuentra entre 6.5 a 7.0, en caso de que el suelo presente valores inferiores o superiores se deberá realizar enmiendas previo a la siembra para así garantizar el crecimiento debido a la asimilación de los nutrientes (MAGAP, 2009).

El cultivo del ají se desarrolla con facilidad en climas tropicales y semitropicales. Sin embargo sus requerimientos en temperatura son fluctuantes (Proaño, Córdova, & Ramírez, 2008).

**Tabla 2** Parámetros de adaptabilidad y rango de adaptación (varían según la variedad)

<b>PARÁMETROS</b>	<b>LÍMITES</b>
<b>ALTITUD</b>	0 hasta 2500 msnm
<b>RANGO ÓPTIMO</b>	600 msnm
<b>TEMPERATURA</b>	25-30° C
<b>PENDIENTE</b>	0-4 %
<b>HUMEDAD RELATIVA</b>	50- 70%
<b>PH SUELO</b>	6,5 – 7°
<b>TEXTURA SUELO</b>	Franco arenoso
<b>FOTOPERIODO</b>	Requiere mucha luminosidad
<b>PRECIPITACIÓN</b>	500 a 600 mm

Nota: Tomado de (Hernández, 2017).

## **Manejo agronómico del cultivo del ají**

Las labores culturales e inversiones aseguran el éxito en el desarrollo y la producción del cultivo del ají, este se cultiva comercialmente como una planta anual.

### ***Preparación Del Terreno y Densidad De Siembra***

Se recomienda el arado y subsolador finalizando con pases de rastras ya que el cultivo requiere de un suelo con buena infiltración y aeración (Quintina, 2017).

**Tabla 3** Densidad de siembra

<b>Profundidad</b>	<b>0,7 metros</b>
<b>Distancia entre plantas</b>	0,4 metros
<b>Distancia entre hileras</b>	1 metro
<b>Densidad de siembra</b>	25.000 ptas/ha

### ***Semillero***

El ají se cultiva por lo general por trasplante, en el caso de hacerlo por semilla directa se debe asegurar que la planta madre sea sana y vigorosa al igual que el fruto (Quintina, 2017).



### ***Trasplante***

La época menos lluviosa del año o bien la salida del invierno es la mejor temporada para efectuar el trasplante, para esto la plántula debe tener de 4 a 8 hojas y 15 a 20 cm de altura (Quintina, 2017).

### ***Control de malezas***

El control de las malezas debe realizarse de manera manual para no lastimar las plantas del cultivo. Las malezas compiten con la planta del cultivo por agua, luz y nutrientes a más de eso son hospederos de plagas y enfermedades es decir las malezas dentro del cultivo son un problema (Gómez, Ramíres, Rondón, & Parra, 2011).

### ***Riego***

El riego dependerá de la zona, época de siembra, tipo de suelo sin embargo el cultivo demanda de riego durante su ciclo de vida. Este manejo de agua debe ser apropiado ya que el exceso tanto como la escases atrae problemas en la producción y en la calidad de la misma (Quintina, 2017).

### ***Fertilización***

Es uno de los parámetros más relevantes ya que de este depende directamente la productividad, la calidad del fruto e incluso el costo de la inversión, para lo cual es importante contar con un análisis de suelo para suministrar los nutrimentos adecuados para el cultivo en dicha zona (Quintina, 2017).

### **Cosecha**

Esta etapa inicia entre los 55 y 60 días después del trasplante. Los parámetros que se deben tomar en cuenta son el tamaño del fruto y el color del fruto depende del requerimiento del mercado, los frutos deben ser turgentes, sanos y brillantes (Quintina, 2017).

### **Manejo de pos cosecha**

Este fruto es muy susceptible a la deshidratación, se debe cuidar del calor de campo, la humedad relativa alta contribuye a la deshidratación de fruto y al desarrollo de hongos que dañan el fruto (Quintina, 2017).

### **Producción mundial de ají**

En la actualidad esta hortaliza no sólo se considera en el ámbito gastronómico, el ají posee una gran demanda a nivel mundial esto se debe a sus distintas presentaciones debido a la expansión en múltiples industrias del mercado tales como la cosmética, la farmacéutica y la agroquímica (Ruiz, Lara, & Martinez, 2011).

La importancia económica del ají se basa principalmente en la utilización de sus frutos.

El ají es a nivel mundial el quinto producto hortícola, por superficie cultivada según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), El interés por este cultivo no se centra únicamente en su importancia económica y consumo humano; también se ha

demostrado que el chile es una fuente excelente de colorantes naturales, minerales y vitaminas A, C y E (Ruiz, Lara, & Martinez, 2011)

Según (Andrews, 1999), en su libro "The Pepper Trail", menciona que el ají se ha convertido en uno de los condimentos más utilizados en el mundo después de la sal.

### **Producción en Ecuador**

Los ecuatorianos comemos y cosechamos mucho ají, (Tapia, 2020) mencionó que en el Ecuador en el 2017 se produjo 8700 ton de ají cultivadas en 2000 ha, las provincias con mayor producción son: Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí y Esmeraldas.

No existe una afinidad específica para los ecuatorianos en cuanto a las variedades de ají, eso permite mantener vivas todas las variedades de ají que se cultivan en el Ecuador razón por la cual el INIAP mantiene un banco de semilla desde la década del 80 donde tienen 170 tipos de ají recolectados en todo el país el fin de este banco de semillas es preservar la semilla y generar nuevas variedades partir del mejoramiento genético (Tapia, 2020).

### **Ají habanero (*Capsicum chinense*)**

El ají habanero es una de las variedades con mayor intensidad de sabor picante en todo el género *Capsicum*.

Los frutos inmaduros del ají habanero son de color verde, pero su color varía en la madurez. Cuando están semi maduros se tornan anaranjado y cuando maduran en su totalidad son rojos, pero también existen variantes genéticas que se reflejan en el color del fruto tales como blanco, marrón, amarillo

y rosado. Un habanero maduro es típicamente de 2-6 cm (1-2½ pulgadas) de largo (Ruiz, Lara, & Martinez, 2011).

En el libro de los Récord Guinness reconoció al ají habanero como el más picante ya que se clasifican entre 100 000-300 000 unidades de Scoville de picor (Ruiz, Lara, & Martinez, 2011).

El ají habanero y otros chiles menos picantes son utilizados en medicina, debido a la presencia de unos compuestos denominados capsaicinoides determinan el grado de picor en la mayoría de los frutos del género *Capsicum* (Ruiz, Lara, & Martinez, 2011).

### **Ají criollo (*Capsicum baccatum*)**

El ají criollo forma una planta arbustiva de follaje denso originario de Centroamérica de donde se diseminó al Caribe y Sudamérica. Es famoso por el cultivar "Tabasco" muy usado para la elaboración de salsa picante. Las bayas de 2-5 cm de longitud y color amarillo, rojo o verde intenso presentan una alta productividad (Vázquez, 2020).

### **Capsaicina**

El compuesto químico capsaicina según la nomenclatura química IUPAC es: (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida) este es el componente activo de los pimientos picantes del género *Capsicum*. Provoca irritación para los mamíferos.

La capsaicina y otras sustancias relacionadas se denominan capsaicinoides y se producen como un metabolito secundario probablemente como metabolismo de defensa para evitar ser comidas por animales herbívoros. Las aves comúnmente no son sensibles a los

capsaicinoides. La capsaicina pura es un compuesto lipofílico, de apariencia incolora e inodora muy parecido a la cera (Priestley, 2019).

### **Oleoresina**

La oleoresina es el aceite obtenido a partir de la extracción de los frutos del ají con solventes orgánicos y posterior concentración. Su naturaleza es oleosa y viscosa, aroma característico de la especie que proviene, posee un color rojo intenso, soluble en aceites y fluida a temperaturas ambiente (Fernández G. , 2007).

La necesidad de contar con un producto de alta pureza y que sobre todo mantenga las características de los ajíes por tiempos prolongados hace que se origine la oleoresina ya que esta mantiene la uniformidad en aroma y color, es más estable y resistente a la acción microbiana, es fácil de manejar y de almacenar, estas cualidades constituyen una ventaja técnica y económica en comparación con las formas tradicionales de exportación (Fernández G. , 2007).

En cuanto a su composición, (Fernández & Trujillo, 2008) mencionan que la oleoresina: Presenta principalmente componentes lipofílicos como mono, di y triglicéridos; ácidos grasos libres, pigmentos (carotenos con estructura hidrocarbonada o xantofilas con oxígeno), aceites esenciales, resinas ácidas y sus ésteres, terpenos y productos de oxidación o polimerización de estos terpenos, ceras, esteroides vegetales y en mayor o menor medida capsaicinoides dependiendo de la variedad.

## **Métodos de extracción**

### ***Soxhlet***

El método de Soxhlet se realiza en un equipo del mismo nombre para determinar la cantidad de grasa de los alimentos. El proceso inicia a partir de una muestra previamente seca, para evitar que el agua se combine con el disolvente y altere la prueba (Campos, 2009).

### ***Maceración alcohólica***

Por medio de este método se aprovecha en gran manera la extracción de aceites esenciales de las plantas – frutos, el proceso es continuo ya que el material vegetal emite sus aceites durante uno o dos días después (Benavides, 2018).

### ***Extracción de líquidos presurizados (ELP)***

La extracción mediante líquidos presurizados (ELP) es una técnica de extracción relativamente novedosa en la que se utilizan la temperatura y la presión para acelerar la extracción de compuestos procedentes de muestras sólidas o semisólidas (Barbero, Palma, & Barroso, 2006).

## CAPITULO III

### Metodología.

#### Ubicación del Área de Investigación

##### *Ubicación Política*

País:	Ecuador
Provincia:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón:	Santo Domingo
Parroquia:	Luz de América
Sector:	Vía Quevedo, km 24

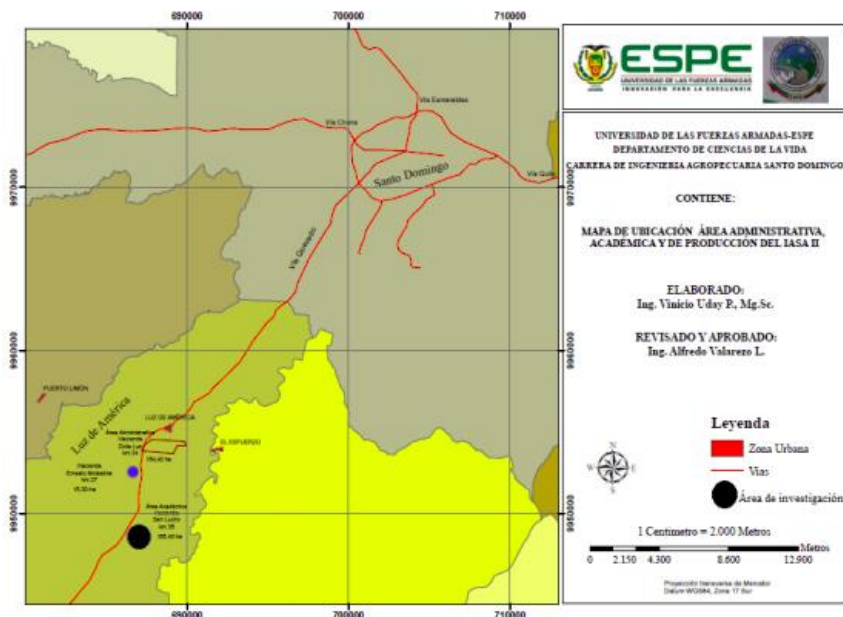
##### *Ubicación Geográfica*

El presente ensayo se realizó en la provincia de Santo Domingo, en la parroquia Luz de América, km 24 de la vía Santo Domingo – Quevedo, en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Latitud:	00° 24´ 36"
Longitud:	79° 18´ 43"
Altitud:	270 msnm

Mapa de ubicación geográfica del área de investigación.

**Figura 2** Mapa de ubicación geográfica del área de investigación.



Nota: Tomado de (Uday, 2014).

### **Ubicación Ecológica**

Zona de vida:	Bosque húmedo tropical
Altitud:	224 msnm
Temperatura media:	24,6 °C
Precipitación:	2860 mm año-1
Humedad relativa:	85 %
Heliofanía:	680 horas luz año-1
Suelos:	Franco Arenoso

Fuente: Estación Agro-meteorológica “Puerto Ila”, vía Quevedo (Km 35).



## Materiales

### *Extracción de oleorresina por método Soxhlet*

**Tabla 4** Herramientas necesarias para la extracción de oleorresina por método Soxhlet.

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestras</b>
Molino eléctrico	Guantes		
Molino manual	Mascarilla		
Equipo Soxhlet	Cuchillo	Éter	Ají habanero
Balanza	Recipientes de vidrio		Ají criollo
Estufa	Dedales		
	Papel filtro		

### *Extracción por método de Maceración alcohólica*

**Tabla 5** Herramientas para la extracción de oleorresina por el método de Maceración alcohólica.

<b>Muestra</b>	<b>Equipo</b>	<b>Materiales</b>
Ají habanero	Estufa	Cuchillo
Ají criollo	Balanza	Vasos precipitación 250 mL

### ***Extracción oleorresina por método ELP***

**Tabla 6** Herramientas necesarias para la extracción de la oleorresina por método de ELP

<b>Muestra</b>	<b>Equipo</b>	<b>Materiales</b>
Ají habanero	Autoclave	Botellas de vidrio
Ají criollo	Licuadora	
	Balanza	

### ***Determinación de concentración de capsaicina***

**Tabla 7** Herramientas necesarias para la extracción de la oleorresina por método de ELP

<b>Muestra</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipo</b>
Oleorresina de las dos variedades de ají, extraída por los distintos métodos.	Cuarzos	Espectrofotómetro

### ***Siembra de microorganismos***

**Tabla 8** Herramientas necesarias para la siembra de microorganismos

<b>Muestra</b>	<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Equipo</b>
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Cajas Petri		Potenciómetro
<i>Trichoderma</i> spp	Balanza		Balanza analítica
<i>Aspergillus terreus</i>	Plancha calentadora		Estufa
	Probeta		Autoclave
	Vasos precipitación		
	500 ml		
	Papel parafilm		
	Botellas de vidrio		

## **Métodos**

### ***Obtención de la materia prima***

La materia prima se obtuvo de una plantación ubicada en el km 17 vía Puerto Limón, los frutos que se tomaron se encontraban en estado de madurez fisiológica y comercial.

Se tomó dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*) aproximadamente 2,5 kilos de cada uno, posteriormente se trasladó el material vegetal a los laboratorios de bromatología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicados en el km 24 de la vía Santo Domingo – Quevedo.

### ***Extracción de la oleorresina***

**Método Soxhlet.** Se tomó 1 kg de ají fresco de cada variedad, se lo picó con un cuchillo y se lo colocó en la estufa a 60°C por 5 días, una vez que el material vegetal estuvo totalmente seco se molió y pulverizó en el molino manual y posteriormente en el molino eléctrico.

Una vez obtenida la muestra pulverizada se pesó 10 g y se colocó en cada dedal del equipo soxhlet, se tomó el peso de los vasos del equipo y se añadió 50 ml de éter a cada uno. Este proceso se realizó tres veces por cada variedad.

**Maceración alcohólica.** Se tomó 1 kg de ají fresco de cada variedad, se lo picó con un cuchillo y se lo colocó en la estufa a 60°C por 5 días, una vez que el material vegetal estuvo totalmente seco se molió con la ayuda del molino

manual, se pesó la muestra aproximadamente 50 g de ají molido, se colocó dicha muestra en un vaso de precipitación y se añadió 147,5 ml de metanol, se tapó con papel aluminio y se dejó macerar por 3 días. Luego con un papel filtró se obtuvo el extracto del macerado, a este extracto se le añadió 50 ml de metanol y se dejó macerar una vez más durante 3 días. Pasado este tiempo se filtró y se colocó el extracto en la estufa a 55°C durante 5 días o hasta que el metanol fue evaporado. Este proceso fue realizado tres veces por cada variedad.

**Extracción de líquidos presurizados (ELP).** Se pesó 50 g de material fresco de cada variedad y se lo colocó en la licuadora, una vez triturado se vertió todo el contenido en una botella de vidrio resistente a esto se le añadió 110 ml de metanol y se colocó en el autoclave a una temperatura de 100°C durante 40 minutos 60 bar de presión. Este proceso se realizó tres veces por cada variedad.

#### ***Determinación de la concentración de capsaicina***

Una vez obtenida toda la oleoresina de las dos variedades de ají, se procedió a analizar la concentración de la capsaicina de cada una.

Se tomó 3 ml de oleoresina y se colocó en el cuarzo del espectrofotómetro Termo scientific, al mismo que se le amplió la longitud de onda de 110 a 300 nm, para que pueda realizar las lecturas de absorbancia. Este proceso se lo realizó por cada muestra obtenida.

### ***Siembra de cajas madre***

**Obtención de hongos.** Los hongos fueron capturados en el parque ecológico de Santo Domingo de los Tsáchilas. Posterior a eso se aisló los hongos con soluciones seriadas hasta la -3. Los hongos obtenidos en este proceso fueron *Aspergillus terrus*, *Trichoderma spp* y *Aspergillus fumigatus*.

**Medio de cultivo.** Para la preparación del medio de cultivo se tomó 3,9 g de agar papa dextrosa para preparar la cantidad de 100 ml de solución.

**Siembra de hongos.** Una vez obtenido la solución de los hongos, se colocó 100 uL en los medios de cultivo previamente preparados, y se los encubó a 29°C.

### ***Siembra de cajas madre***

**Medio de cultivo.** Para la preparación del medio de cultivo se tomó dos tipos de agar: agar sabouraud y agar papa dextrosa, para la preparación de agar sabourad se necesitó 18,2 g del mismo para la obtención de 280 ml de solución y para la preparación de agar papa dextrosa se necesitó 10,92 g de agar para obtener 280 ml de solución, estos se disolvieron en agua destilada respectivamente con la ayuda de una plancha calentadora, y se colocó en el autoclave por 15 minutos junto con las cajas Petri para proceder a la esterilización.

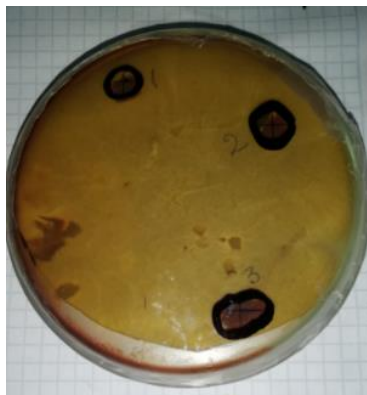
**Siembra.** A partir de cajas madre se tomó con un saca bocado y se colocó esparciendo el hongo dentro de la caja Petri que contenía el medio de cultivo, este proceso se repitió por varias veces hasta completar las repeticiones que fueron 18.

**Incubadora.** Las cajas aisladas con cada hongo *Aspergillus t*, *Trichoderma spp* y *Aspergillus f*, se colocaron en la estufa a una temperatura de 28°C por 5 días para que el hongo pueda desarrollarse de mejor manera.

**Dosificación de oleorresina.** Una vez que el hongo de cada caja *Aspergillus t*, *Trichoderma spp* y *Aspergillus f*, creció, se procedió a colocar 4 gotas de oleorresina de cada tratamiento sobre cada hongo y se selló la caja, se colocó en la incubadora por 5 días más a la misma temperatura.

**Medición de halos.** Se identificó los halos inhibidos por la oleorresina y se las marcó con un marcador, se midió el largo, el ancho de la circunferencia y se sacó el área inhibida.

**Figura 3. Medición de halos**



Nota: Elaboración propia

Figura 4. Balance de materiales T1

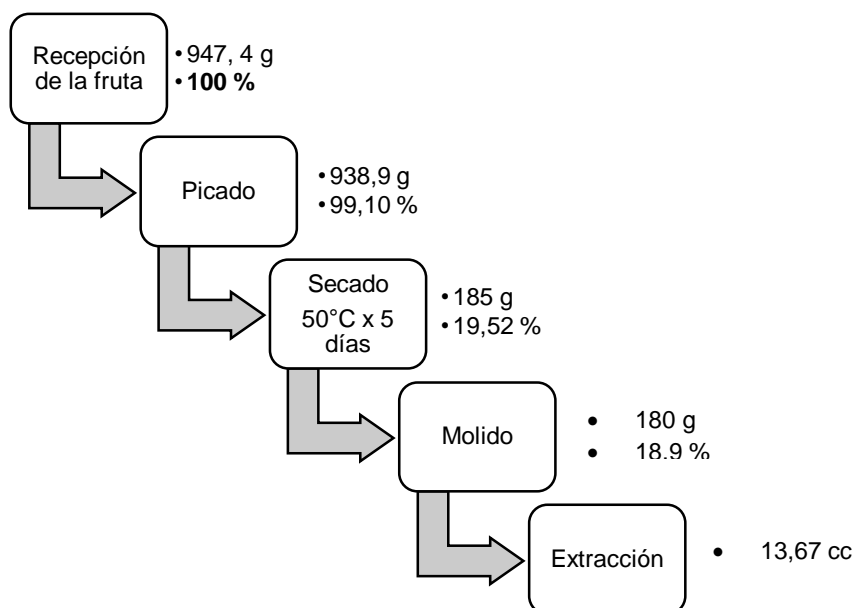
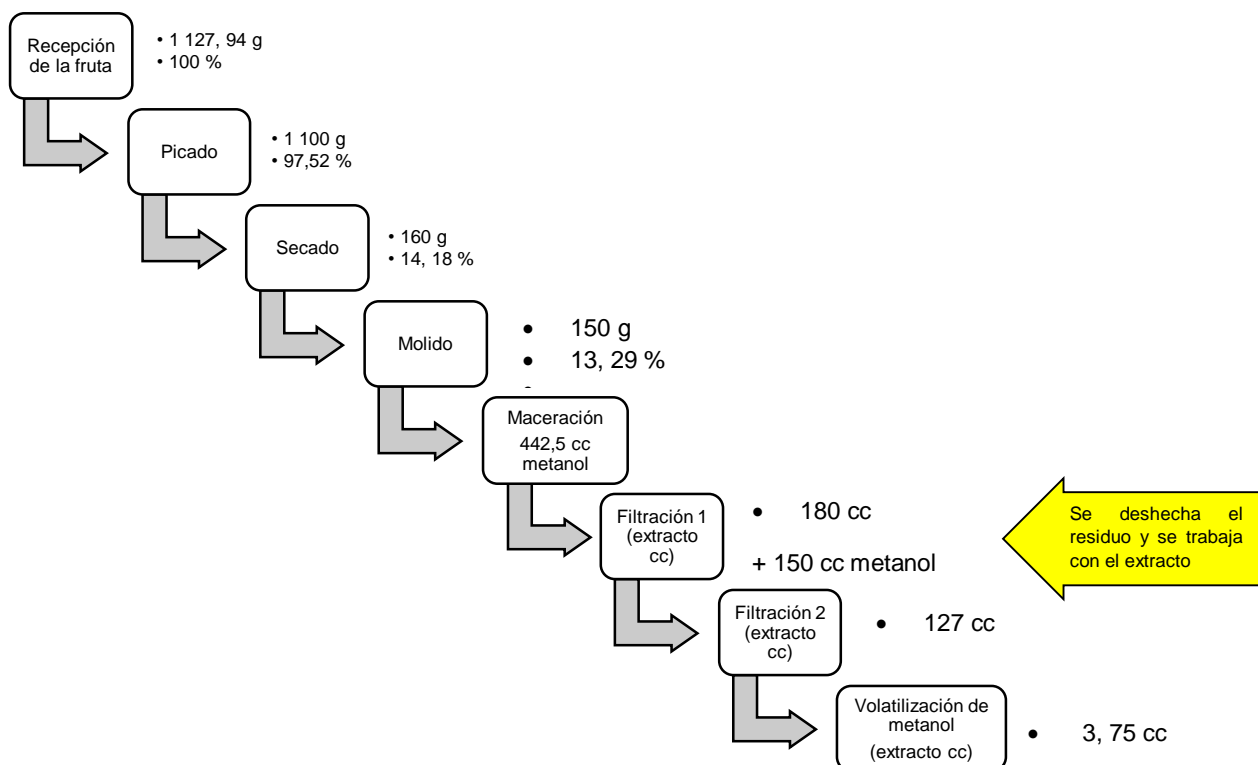
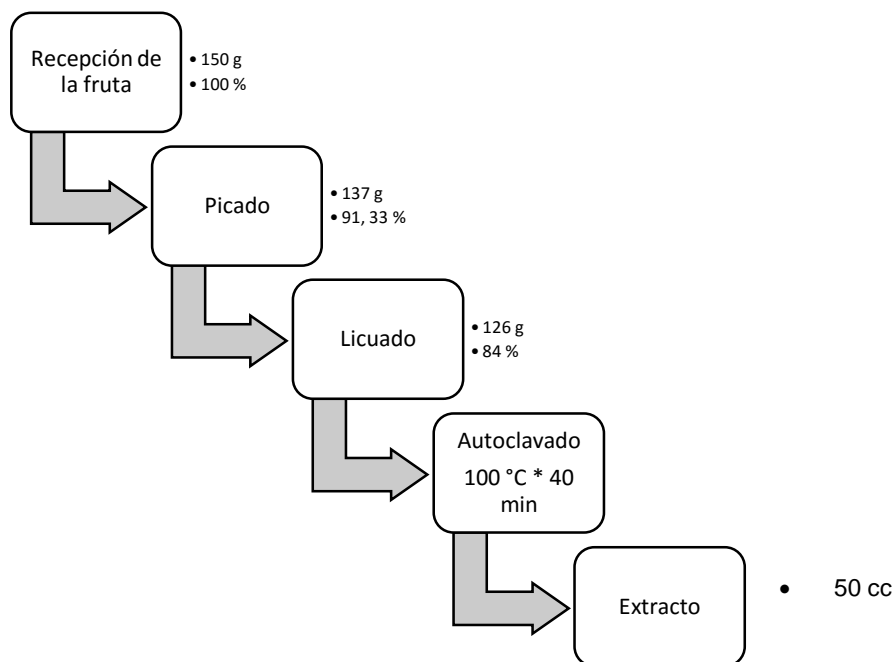


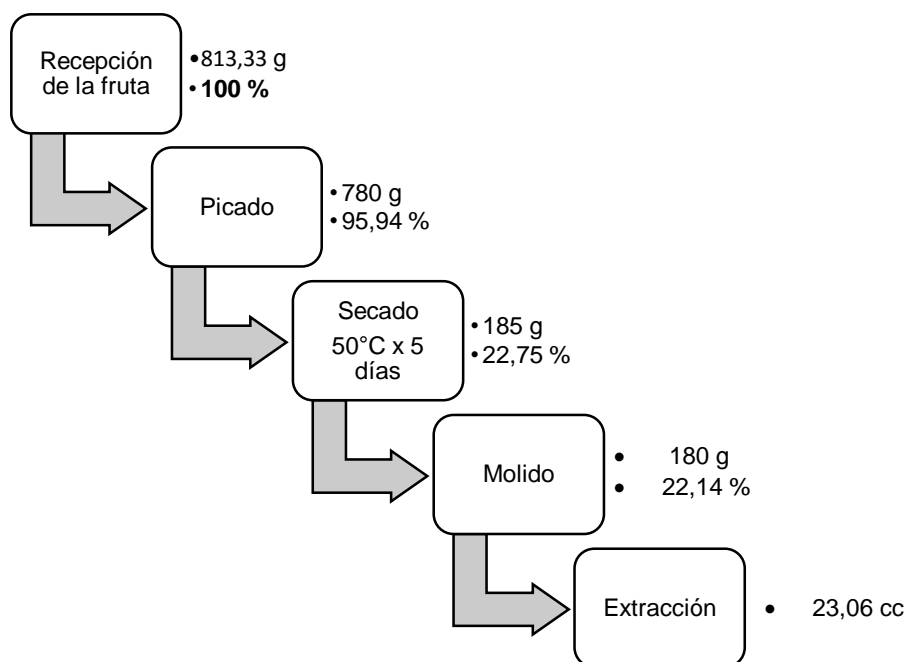
Figura 5. Balance de materiales T2



**Figura 6. Balance de materiales T3**

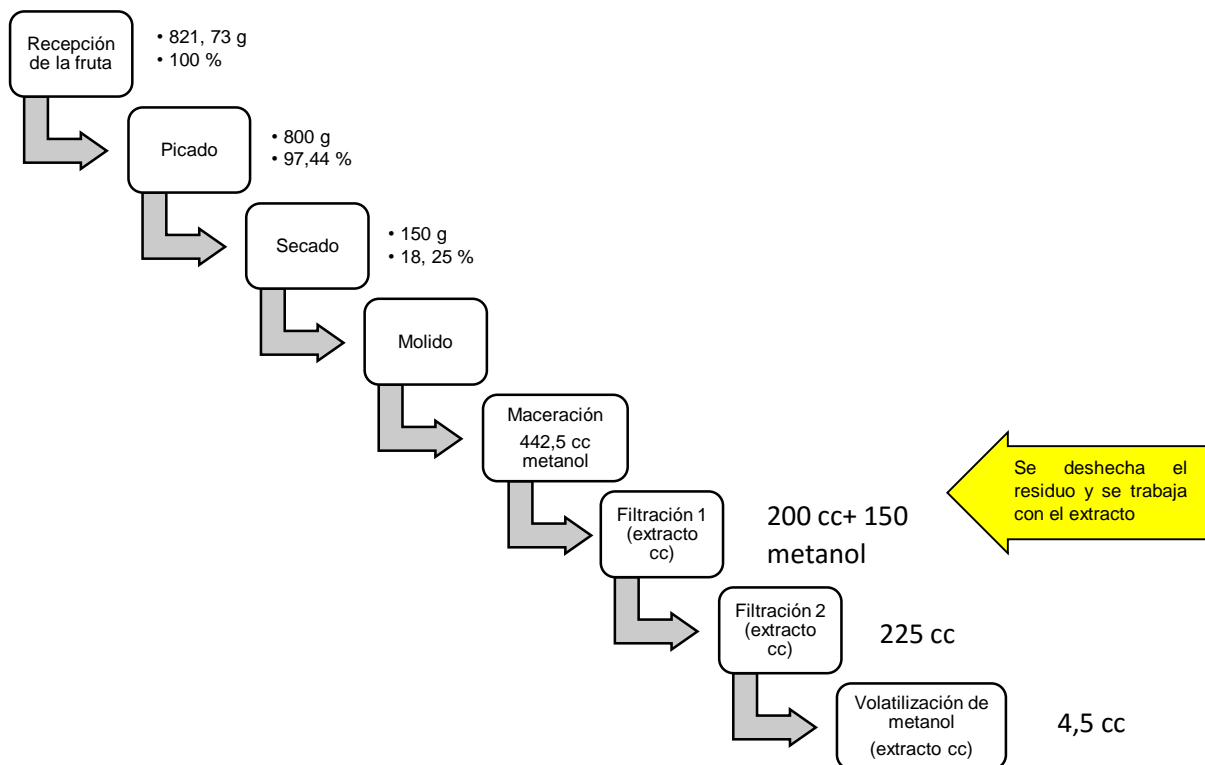


**Figura 7. Balance de materiales T4**

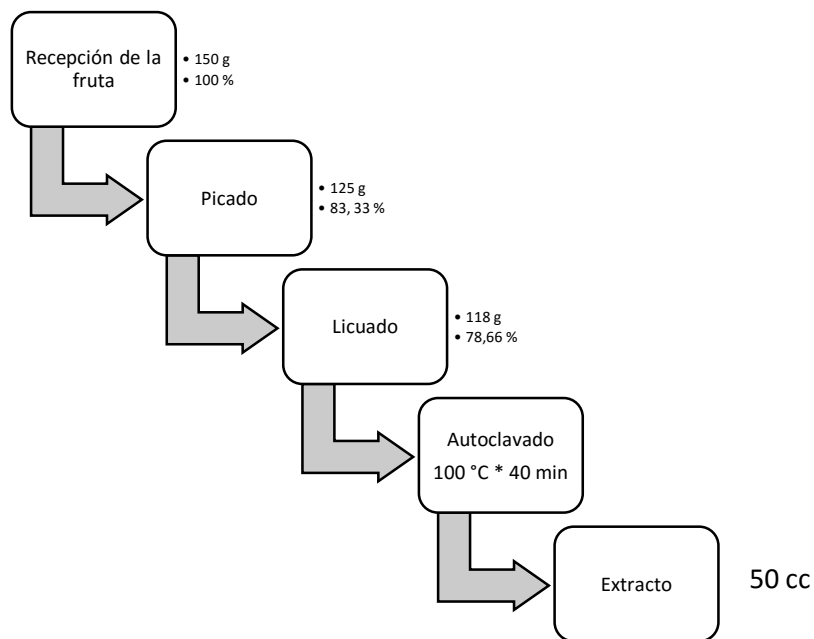




**Figura 8. Balance de materiales T5**



**Figura 9. Balance de materiales T6**



## Diseño experimental.

### *Factores del Experimento*

**Tabla 9** Los factores y niveles a probar en el estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano

Factores	Niveles
Variedades de ají (A)	A1= <i>Capsicum chinense</i>
	A2= <i>Capsicum baccatum</i>
Métodos de extracción (B)	B1= Soxhlet
	B2= Maceración alcohólica
	B3= ELP

### *Tratamientos a comparar*

**Tabla 10** Tratamientos a comparar en el estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano.

Nº Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1 x B1	<i>Capsicum chinense</i> + Soxhlet

T2	A1 x B2	<i>Capsicum chinense</i> + Maceración alcohólica
T3	A1 x B3	<i>Capsicum chinense</i> + ELP
T4	A2 x B1	<i>Capsicum baccatum</i> + Soxhlet
T5	A2 x B2	<i>Capsicum baccatum</i> + Maceración alcohólica
T6	A2 x B3	<i>Capsicum baccatum</i> + ELP

### **Tipo de diseño**

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar D.B.C.A.

### **Repeticiones**

Conformado por 6 tratamientos con 3 repeticiones por cada tratamiento, con un total de 18 unidades experimentales.

### **Características de la unidad experimental.**

La investigación se conformó por 2 variedades de ají habanero y criollo, dónde se extrajo la oleorresina por tres métodos distintos, hallándose así 6 tratamientos y de cada tratamiento se obtuvieron tres repeticiones habiendo un total de 18 unidades experimentales.

**Tabla 11** Distribución de las unidades experimentales en el estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>
Tratamientos	6

Repeticiones	3
Número de unidades experimentales	18

## **Análisis estadístico**

### ***Esquema de análisis de varianza***

**Tabla 12** Esquema del análisis de varianza estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero (*Capsicum chinense*) y criollo (*Capsicum baccatum*), considerando distintos métodos de extracción para la aplicación como agente microbiano.

<b>Fuentes de Variación</b>		<b>Grados de Libertad</b>
Bloques	a-1	2
Tratamiento	b-1	5
Error experimental	c-1	10
Total		17

### **Análisis funcional.**

Para las variables, cuyos análisis de varianza resultaron significativos, se aplicó la prueba de significancia de Tukey al 5 %.

### **Variables evaluadas**

#### ***Rendimiento***

Para el análisis del rendimiento se requirió un vaso medidor con el cual se midió en mililitros la cantidad de oleorresina obtenida.

### **Concentración de capsaicina**

Se evaluó la concentración de capsacina presente en la oleorresina con la ayuda de un espectrofotómetro, la prueba que se realizó fue cualitativa que por medio de la absorbancia arrojó el resultado de la presencia de capsacina en los extractos.

### **Control microbiológico**

Se evaluó la capacidad del controlador microbiológico por medio de la siembra de tres hongos: *Aspergillus fumigatus*, *Trichoderma spp.* y *Aspergillus terreus*. Se colocó la oleorresina sobre el hongo y 5 días después se observó los halos inhibidos.

Con un marcador se identificó los halos y con una regla se midió el largo y el ancho de la inhibición y se calculó el área inhibida con la siguiente fórmula:

$$\text{área} = \pi * a * b$$

Dónde:

$\pi$  : 3,1416

a: mitad del largo de la circunferencia

b: mitad del ancho de la circunferencia

## CAPITULO IV

### Resultados

#### Análisis de varianza

#### *Análisis de varianza para las variables de estudio*

**Tabla 13** Resultados de la variable rendimiento

Effect	ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercepto	6640,513	1	6640,513	28732,02	0,000000
Variedades	8,528	1	8,528	36,90	0,000120
Métodos	8670,773	2	4335,387	18758,25	0,000000
Variedades*Métodos	7,104	2	3,552	15,37	0,000891
Réplicas	0,007	2	0,003	0,01	0,985961
Error	2,311	10	0,231		

De acuerdo a la tabla 13 en la que se muestra los resultados de la variable rendimiento, se pudo identificar diferencia significativa en: Factor A (Variedad), Factor B (Métodos) y la Interacción A\*B (Variedad \* Métodos), mientras que en la réplica no se encuentra diferencia significativa.

**Tabla 14** Resultados de la variable Concentración de capsaicina.

Effect	ANÁLISIS DE LA ESPECTROFOTOMETRÍA				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercepto	20,75827	1	20,75827	3804979	0,000000
Variedades	0,14010	1	0,14010	25680	0,000000
Métodos	4,43074	2	2,21537	406076	0,000000
Variedades*Métodos	0,37655	2	0,18828	34511	0,000000
Réplicas	0,00003	2	0,00001	3	0,130354
Error	0,00005	10	0,00001		

De acuerdo a la tabla 14 en la que se muestra los resultados de la variable Concentración de capsaicina, se pudo apreciar que existe diferencia significativa en cada uno de los factores e interacción, mientras que en la réplica no se encontró diferencia significativa.

**Tabla 15** Resultados de la variable Control microbiológico.

Effect	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercepto	11,98867	1	11,98867	5452,150	0,000000
Variedades	0,02801	1	0,02801	12,736	0,005108
Métodos	6,13517	2	3,06758	1395,061	0,000000
Variedades*Métodos	0,35404	2	0,17702	80,503	0,000000
REPLICAS	0,00218	2	0,00109	0,495	0,623638
Error	0,02199	10	0,00220		

De acuerdo a la tabla 15 dónde se muestran los resultados de la variable Control microbiológico, se pudo identificar diferencia significativa en: Factor A (Variedad), Factor B (métodos), Interacción A\*B (Variedad \* Métodos). Por otro lado, en la réplica no presentó diferencia significativa.

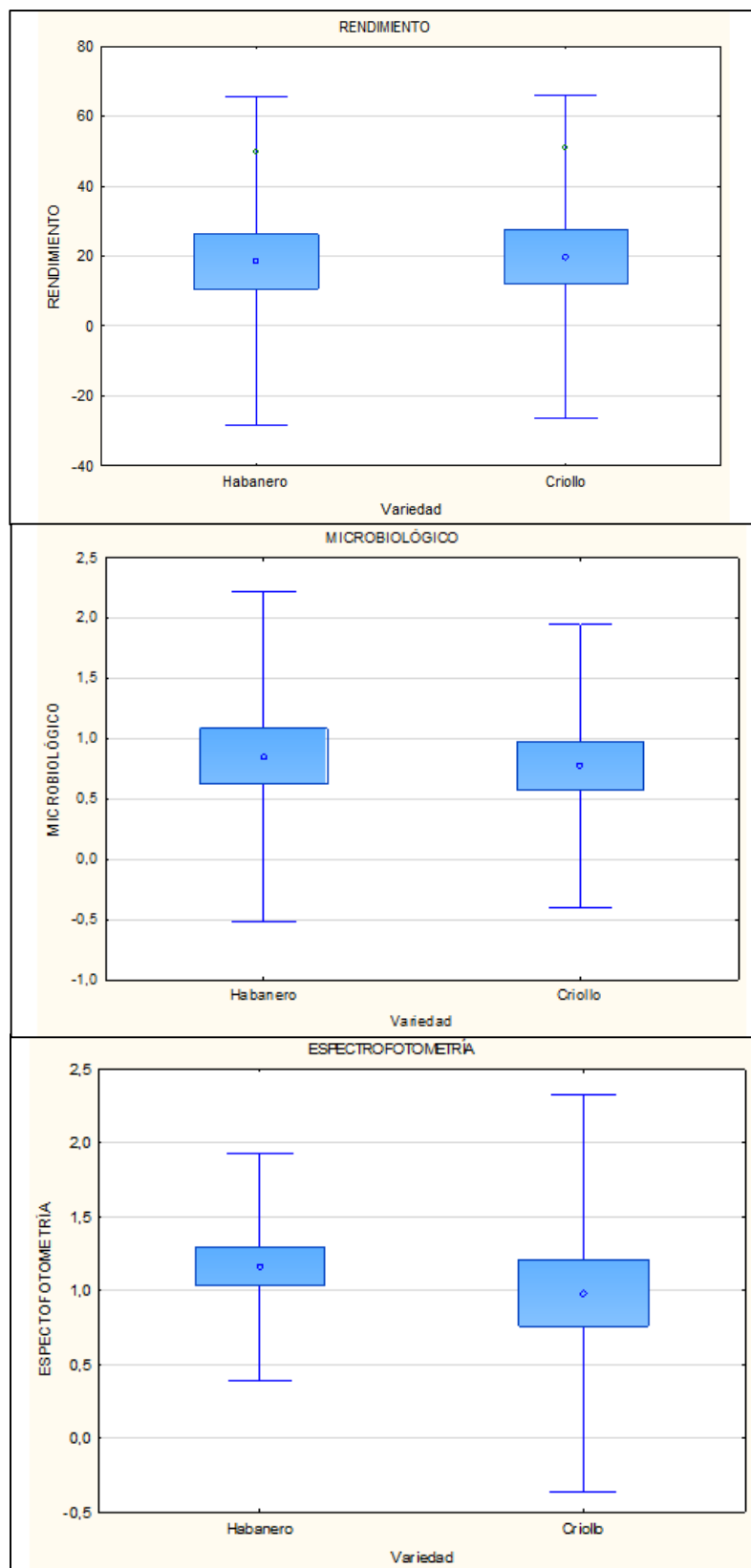
### Resultados del estudio de las variedades (Factor A)

**Tabla 16** Resultados del Análisis Tukey ( $P > 0,05$ ) para las variedades (Factor A)

	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>ESPECTROFOTOMETRÍA</b>	<b>MICROBIOLÓGICO</b>
	19,896 ±	0,986 ± 0,674 (A)	0,777 ± 0,587 (A)
<b>Criollo</b>	23,115 (B)		
<b>Habanero</b>	18,519 ±	1,162 ± 0,383 (B)	0,856 ± 0,685 (B)
	23,468 (A)		



Figura 10. Efecto del estudio de las variedades de ají (Factor A) frente a las variables evaluadas.



En la figura 10, se puede observar los resultados de las variables en estudio del factor A.

Respecto al rendimiento se puede observar dos grupos independientes, el grupo B perteneciente al ají variedad criollo tiene un valor de (19,896), mientras que el menor valor fue para el grupo A que pertenece al ají variedad habanero con un valor de (18,519).

En cuanto a la concentración de la capsaicina, según los datos analizados se pudo observar dos grupos totalmente independientes el ají el valor más alto fue para el grupo B en el cual se encuentra el ají variedad habanero tiene mayor concentración de capsaicina (1,162), mientras que el grupo A tiene un valor menor (0,986) corresponde al ají variedad criollo.

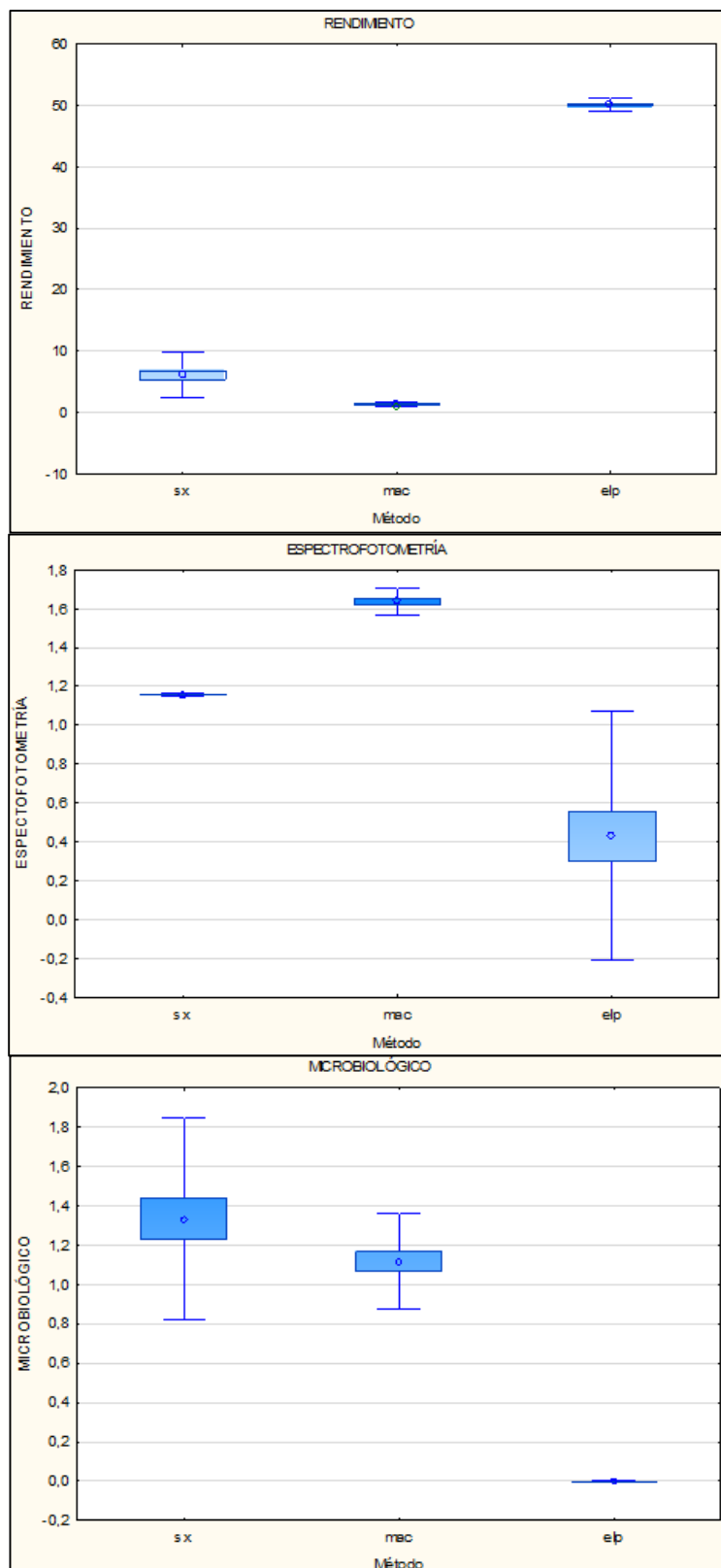
Según los datos analizados el mejor control microbiológico fue dado por el grupo B correspondiente al ají variedad habanero (0,856), por otro lado se encuentra el ají variedad criollo con un valor menor (0,777) que pertenece al grupo A.

### Resultados del estudio de las variedades (Factor B)

**Tabla 17** Resultados del Análisis Tukey ( $P>0,05$ ) para los métodos de extracción (Factor B).

	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>ESPECTROFOTOMETRÍA</b>	<b>MICROBIOLÓGICO</b>
<b>Soxhlet</b>	6,121±1,804 (B)	1,156± 0,004 (B)	1,333± 0,258 (C)
<b>Maceración</b>	1,375±0,209 (A)	1,637± 0,034 (C)	1,116 ± 0,122 (B)
<b>ELP</b>	50,125±0,542 (C)	0,430± 0,320 (A)	0,000± 0,000 (A)

Figura 11. Efecto del estudio de los métodos de extracción (Factor B) frente a las variables evaluadas.



Según los datos obtenidos en cuanto al rendimiento, se puede observar la presencia de tres grupos independientes, el grupo con mayor valor es el grupo C al cual pertenece el método de extracción de líquidos presurizados con un rendimiento de (50,125), mientras que el método Soxhlet perteneció al grupo B con un valor de (6,121) colocándose en segundo lugar, y el grupo A con un menor valor de rendimiento fue dado por el método de extracción por maceración alcohólica con un valor de (1,375).

En lo que respecta a la concentración de la capsaicina se evidenció la presencia de tres grupos independientes, el grupo C con mayor valor fue representado por el método de maceración alcohólica con un valor de (1,637), seguido por el grupo B dado por el método de Soxhlet con un valor de (1,156), por último el grupo A de menor valor representado por el método de extracción de líquidos presurizados (ELP) con un valor de (0,430).

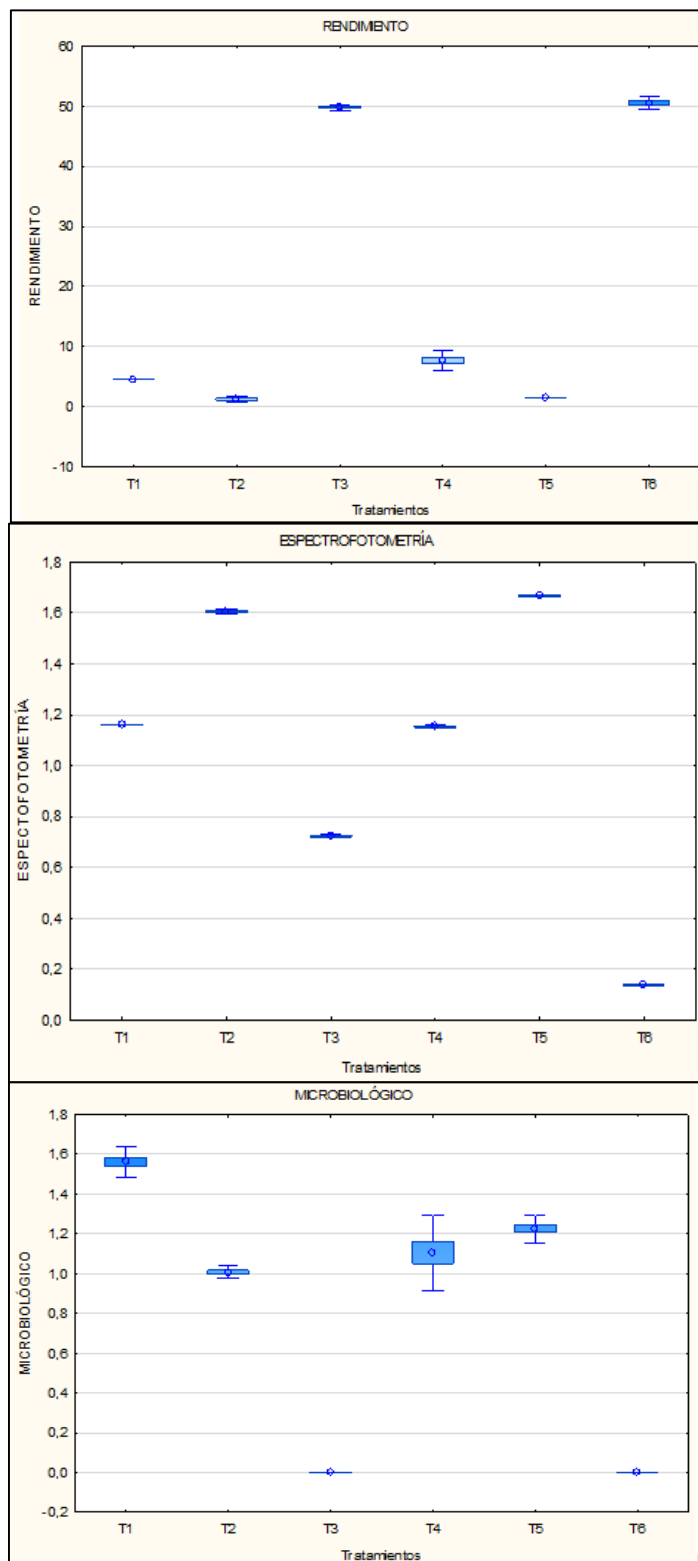
En cuanto al control microbiológico se observó tres grupos independientes el grupo A con menor valor que fue representado por el método de extracción de líquidos presurizados (ELP) con un valor de (0,000), mientras que el grupo B fue dado por el método de maceración alcohólica arroja un valor de (1,116) y el grupo C de mayor valor fue presentado por el método de extracción Soxhlet con un valor de (1,333).

### Resultados de la Interacción A\*B

**Tabla 18** Resultados del Análisis Tukey ( $P>0,05$ ), para la Interacción A\*B de las variables en estudio.

	RENDIMIENTO	ESPECTROFOTOMETRÍA	MICROBIOLÓGICO
<b>T1</b>	4,557±0,025 (C)	1,159 ± 0,001 (D)	1,560 ± 0,040 (D)
<b>T2</b>	1,250±0,250 (A)	1,606 ± 0,003 (E)	1,006 ± 0,015 (B)
<b>T3</b>	49,750±0,250 (D)	0,721 ± 0,003 (B)	0,000 ± 0,000 (A)
<b>T4</b>	7,687±0,885 (B)	1,152 ± 0,003 (C)	1,105 ± 0,095 (BC)
<b>T5</b>	1,500±0,000 (A)	1,667 ± 0,003 (F)	1,225 ± 0,035 (C)
<b>T6</b>	50,500±0,500 (D)	0,138 ± 0,002 (A)	0,000 ± 0,000 (A)

Figura 12. Efecto interacción A\*B frente a las variables en estudio



En la figura 12, se puede observar los resultados de la interacción A\*B (Variedades\* Métodos) frente a las variables en estudio.

En lo que respecta a la variable de rendimiento se demostró la presencia de cuatro grupos, el grupo D con mayor valor fue dado por la interacción ají variedad habanero + ELP (T3) con un valor de (49,750), de igual forma la interacción ají variedad criollo + ELP (T6) con un valor de (50,500), el grupo C fue protagonizado por la interacción ají variedad habanero + método de soxhlet (T1) con un valor de (4,55), el grupo A de menor valor fue dado por las interacciones ají variedad habanero + maceración alcohólica y ají variedad criollo + maceración alcohólica con valores (1,250) y (1,500) respectivamente.

Según los datos analizados de acuerdo a la concentración de capsaicina se encontraron 6 grupos independientes, el grupo F con mayor valor se representado por la interacción ají variedad criollo + maceración alcohólica (T5) con un valor de (1,667), seguido por el grupo E con la interacción ají variedad habanero + maceración alcohólica (T2) con un valor de (1,606), el grupo C fue dado por la interacción ají criollo + soxhlet (T4) con un valor de (1,152), el grupo de menor valor fue el grupo A protagonizado por la interacción ají variedad criollo + ELP con un valor de (0,138).

En base a los datos analizados en cuanto al control microbiológico se observó 5 grupos, de los cuales el grupo D dado por la interacción ají habanero + soxhlet (T1) obtuvo un mayor valor (1,560), el grupo C fue dado por la interacción ají criollo + maceración alcohólica (T5) con un valor de (1,225), por otro lado se observó que el grupo A estuvo dado por las interacciones ají variedad habanero + ELP (T3) y ají variedad criollo + ELP (T6) ambos con valores (0,000).



## CAPITULO V

### Discusión

#### Variedades (Factor A)

En lo que respecta al presente estudio de la oleorresina obtenida a partir de dos variedades de ají habanero y criollo, se tomaron en cuenta tres variables: rendimiento, concentración de capsaicina y control microbiano.

En el presente estudio se logró determinar que la variedad de ají criollo obtuvo mayor rendimiento alcanzando así una media de 19,89 cc, lo que difiere totalmente con (Balseca & Rivadeneira, 2013) dónde demostraron que el ají que alcanza rendimientos considerablemente mayores es el ají variedad habanero con un valores de 15,75 cc de rendimiento en la media, de acuerdo a lo sucedido se acepta el criterio expuesto por (Velazques, Miranda, Monforte, Velazques, & Nieto, 2007) dónde señala que el rendimiento de extracción de compuestos activos de origen vegetal es altamente variable, ya que depende de ciertos factores como el estado de maduración del fruto, las condiciones del cultivo de donde proviene el fruto, el contenido inicial de componentes activos, la técnica de extracción, el tipo de solvente y sobre todo el tiempo de la exposición de la materia prima.

La concentración de capsaicina fue determinada por medio de la absorbancia en donde se halló que el ají variedad habanero tiene mayor contenido de capsaicina con una media de 1,162 A dato que coincide con

(Balseca & Rivadeneira, 2013) que obtuvieron valores de 1,134 A superiores a las otras variedades en estudio, estos datos son corroborados por otros estudios donde se ha determinado que el contenido de capsaicina varía directamente con la temperatura en la que son cultivados los frutos (Nuñez, Gil, & Costa, 2003), sabiendo que la procedencia de las muestras de ají habanero son propias de la zona de Santo Domingo se acepta la teoría propuesta.

El control microbiológico por parte de los extractos de las plantas del género *Capsicum* se deben en gran manera a la capsaicina y a la mezcla de componentes que estas poseen (Moreno, Salcedo, Cárdenas, Hernández, & Núñez, 2012), en este sentido se determinó que la variedad de ají habanero desarrolló el mejor control microbiológico 0,856 cm<sup>2</sup> en promedio, por otro lado (Chipantiza, 2017) afirma que el control que la capsaicina sobre los hongos es totalmente nulo a diferencia de las bacterias gram + y gram -, sin embargo (Moreno, Salcedo, Cárdenas, Hernández, & Núñez, 2012) afirman que la inhibición de crecimiento de hongos en especial del género *Aspergillus* sí es posible e incluso es estadísticamente igual a la inhibición presentada con el fungicida comercial Captan.

### **Métodos de extracción (Factor B)**

Con relación a los métodos de extracción para la obtención de oleorresina a partir de dos variedades de ají habanero y criollo se evaluaron tres variables: rendimiento, concentración de capsaicina y control microbiano.

En el presente estudio se logró determinar que el mayor rendimiento en cuanto a la extracción de oleorresina se encuentra dado por el método de extracción líquidos presurizados con un promedio de 50,125 cc, esta técnica es relativamente novedosa en la cual se utiliza la temperatura y la presión para acelerar la extracción de los compuestos bioactivos de las plantas y el rendimiento es representativo a diferencia de otros métodos, según (Barbero, Palma, & Barroso, 2006) obtuvieron un rendimiento de 25 cc en una sola extracción calificando al método como el de mejor rendimiento.

La concentración de capsaicina evaluada por método gravimétrico anuncia que el método por maceración alcohólica contiene la mayor cantidad de capsaicina 1,637 A, sin embargo (Balseca & Rivadeneira, 2013) mencionan que el método de maceración alcohólica no es el mejor ya que presenta alta variabilidad en el contenido de capsaicina esto dependen del tipo solvente y otros factores externos. Por otro lado (Chipantiza, 2017) anuncia que la manera más óptima de obtener extractos sin requerir de filtraciones evitando pérdidas de la muestra y de la concentración del extracto es el método soxhlet.

El mejor control microbiológico se encuentra dado por el método de extracción soxhlet, con un promedio de 1,33 cm<sup>2</sup> en placa, coincidiendo con (Chipantiza, 2017) que afirma que por medio del método de extracción soxhlet se logra un buen control de microorganismos (bacterias) hallando valores de halos de inhibición de 0,85 a 1,14 cm<sup>2</sup> descartando el poder antifúngico que posee la oleorresina, lo que se rechaza al tener datos positivos en la presente investigación.

## Interacción A\*B

Por medio de la Interacción A\*B, se estudia la influencia de los dos factores a la vez (Variedades\*Métodos de extracción) en la obtención de la oleorresina a partir de dos variedades de ají, considerando distintos métodos de extracción para la comprobación como agente microbiano.

La variable rendimiento destaca en la interacción Ají variedad habanero \* Extracción de líquidos presurizados y Ají variedad criollo \* Extracción de líquidos presurizados con valores de 49,750 y 50,500 cc respectivamente, esta técnica se destaca por su alto rendimiento en tiempos relativamente cortos (Romero, 2020) asegura que esto es posible dado que al aumentar el gradiente de concentración, la velocidad superficial y la transferencia de masas entre el solvente y la muestra hace que el rango de extracción aumente considerablemente.

La variable de concentración de capsaicina destaca en la interacción Ají variedad criollo \* Maceración alcohólica con un valor de 1,667 A, (Gavilán, 2016) cuantificó los capsaicinoides de oleorresina obtenida con extracción por maceración y concluyó que el grado de pungencia se relaciona directamente con la concentración de capsaicina que se encuentra concentrada mayor parte en la placenta del tejido vegetal y son extraídos de mejor manera mediante la extracción por maceración alcohólica.

La variable de control microbiológico desataca en la interacción Ají variedad habanero \* Método soxhlet con un valor promedio de 1,560 cm<sup>2</sup>, (Estrella, Vargas, Moreno, Trejo, & Pascual, 2016) afirman que el poder

inhibitorio de la oleoresina muestra un comportamiento gradual de inhibición, es decir que a mayor concentración de capsaicina mayor porcentaje inhibitorio.

## CAPITULO VI

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones.

##### ***Factor A (Variedades)***

En base al estudio realizado y a las variables evaluadas, se concluye que el ají variedad criollo tuvo mayor rendimiento en la extracción de la oleoresina con un valor de 19,896 cc, mientras que el ají variedad habanero alcanzó un valor de rendimiento de 18,519 cc.

La variedad que contuvo mayor concentración de capsaicina es la variedad de ají habanero con un valor promedio de 1,662 A mientras que el ají variedad criollo logró alcanzar un valor de 0,986 A en promedio.

La variedad que desarrolló un mejor control microbiano fue el ají variedad habanero con un valor promedio de área de inhibición de 0,856 cm<sup>2</sup>, mientras que el ají variedad criollo por su baja concentración de capsaicina logró un valor menor de 0,777 cm<sup>2</sup> de área de inhibición.

##### ***Factor B (Métodos de extracción)***

En base a los datos proporcionados en la presente investigación, se concluye que el método extracción de mayor rendimiento fue el método de

extracción de líquidos presurizados (ELP) con un valor promedio de 50,125 cc y el método de menor rendimiento fue el de maceración alcohólica con un valor promedio de rendimiento de 1,375 cc.

El método que mantuvo la mayor cantidad de capsacina en el extracto de la oleoresina fue el método de maceración alcohólica con un valor promedio de 1,637 A seguido por el método soxhlet 1,156 A y el método cuya concentración fue mínima 0,430 A fue el método de ELP.

El método de extracción que generó mayor control microbiano fue el método de soxhlet con un promedio de área de inhibición de 1,333 cm<sup>2</sup> seguido por el método de extracción de maceración alcohólica que alcanzó un valor promedio de área de inhibición de 1,116 cm<sup>2</sup> mientras que el método de extracción de líquidos presurizados no presentó halos de inhibición.

### ***Interacción A\*B***

Se concluye que la mejor interacción en cuanto a rendimiento fueron T3 y T6 (Ají variedad habanero \* ELP) y (Ají variedad criollo \* ELP) respectivamente ambos con valores promedios 49,7 y 50,5 cc.

La mejor interacción en cuanto a la concentración de capsaicina fue T5 (Ají variedad criollo \* Maceración alcohólica) con un valor promedio de 1,667 A, seguido por T2 (Ají variedad habanero \* Maceración alcohólica) con un valor de 1,606 A mientras que la menor concentración de capsaicina se encuentra en T3 y T6 correspondiente a (Ají variedad habanero \* ELP) y (Ají variedad criollo \* ELP) cuyos valores fueron 0,721 A y 0,138 A.

La mejor interacción frente a la variable de control de microorganismos fue T1 (Ají variedad habanero \* soxlhlet) con un valor promedio de área de inhibición de 1,560 cm<sup>2</sup>, no así T3 y T6 que no presentaron halo de inhibición.

### **Recomendaciones.**

El ají variedad habanero posee mayor características en cuanto a concentración de capsaicina y por ende control microbiológico, por lo que se recomienda realizar estudios acerca de la dosificación de extracto de este material vegetal para lograr resultados más exactos en cuanto a control microbiológico.

Para obtener mayores rendimientos se recomienda utilizar el método de extracción de líquidos presurizados bajo otras condiciones tanto de presión como de temperatura para así poder obtener extractos más puros.

Se recomienda realizar más estudios acerca de la extracción de la oleorresina con otras variedades de ají bajo otros métodos de extracción.

La oleorresina tiene un gran poder inhibitorio en cuanto a bacterias, hongos e insectos, se recomienda utilizar este extracto como un biocida para cultivos de ciclo corto, cultivos de terraza o cultivos orgánicos.



## CAPITULO VII

### Bibliografía

- Andrews, J. (1999). *The Pepper Trail*. Estados Unidos: University of North Texas Press: Denton.
- Balseca, D., & Rivadeneira, L. (2013). Extracción y cuantificación de capsaicina a partir de cinco especies nativas del género capsicum existentes en el Ecuador mediante cromatología líquida de alta definición. *Universidad Politecnica Salesiana Sede Quito, Tesis de grado*, 72-73.
- Banco Central del Ecuador. (02 de Julio de 2019). BCE. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1182-la-econom%C3%ADa-ecuatoriana-creci%C3%B3-06-en-el-primer-trimestre-de-2019#:~:text=En%20el%20primer%20trimestre%20de%202019%2C%20el%20P%20ducto%20Interno%20Bruto,Central%20del%20Ecuador>
- Barbero, G., Palma, M., & Barroso, C. (2006). Pressurized Liquid Extraction of Capsaicinoids from Peppers. *Journal of agricultural and food chemistry*, 3231-3235.
- Benavides. (14 de Noviembre de 2018). *Química fácil.net*. Obtenido de [https://quimicafacil.net/manual-de-laboratorio/aceites-esenciales-hidrodestilacion/#:~:text=En%20el%20m%C3%A9todo%20de%20extracci%C3%B3n,de%20vapor%20o%20resistencias%20el%C3%A9ctricas\)](https://quimicafacil.net/manual-de-laboratorio/aceites-esenciales-hidrodestilacion/#:~:text=En%20el%20m%C3%A9todo%20de%20extracci%C3%B3n,de%20vapor%20o%20resistencias%20el%C3%A9ctricas)).
- Botánicos, R. N. (13 de Octubre de 2008). *Red Nacional de Jardines Botánicos Capsicum Annum L*. Obtenido de <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=1448&method=displayA>
- Campos, M. (2009). *Saber más. Revista de divulgación*. Obtenido de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/244-numero-29/450-soxhlet-del-inventor-al-metodo.html#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20Soxhlet%20se,disolvente%20y%20altere%20la%20prueba>.

- Castañón, N., Ramírez, M., Ruiz, S., & Mayek, P. (2011). Aplicación de marcadores AFLP para exportar heterosis en *Capsicum* spp. *International Journal of Experimental Botany*, 53-58.
- Chipantiza, P. (2017). Extracción de capsina y evaluación de su actividad antimicrobiana frente a: *Aspergillus niger*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*. *Tesis de ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato*, 10-11.
- Colivet, J., Belloso, G., & Hurtado, E. (2006). Comparación del efecto inhibitorio de extractos de ají dulce (*Capsicum chinense*) sobre el crecimiento de *E. coli* y *Bacillus* sp. *Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 168-173.
- Estrella, Vargas, Moreno, Trejo, & Pascual. (2016). Extracción de oleorresina de chile habanero (*Capsicum chinense*) y evaluación de las propiedades fúngicas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 78-82.
- Fernández, & Trujillo. (2008). Extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico de oleorresina y otras fracciones de pimiento dulce y picante. *Grasas y aceites*, 59(1), 7-15.
- Fernández, G. (2007). Extracción, análisis, estabilidad y síntesis de capsacinoides. *Tesis doctoral de la Universidad de Cádiz, España*, 22-23.
- Gavilán, N. (2016). Efecto de presión y temperatura en extracción por CO<sub>2</sub> super crítico y etanol en capsicinoides de venas de ají panca. *Universidad Nacional del centro de Perú, tesis de grado*, 20-30.
- Gómez, C., Ramírez, M., Rondón, C., & Parra, R. (2011). El cultivo del ají; origen, importancia, clasificación, taxonomía, manejo agronómico, valor nutricional, requerimiento nutricional, controles fitosanitarios. *Blogspot Los ajicitos de una Sur*.
- Hernández, A. (2017). El ají dulce como alternativa de producción agrícola sostenible en el corregimiento de Caracol. <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/21339>.
- Kolumbien, G.-I. (Mayo de 2016). *KOLUMBIEN*. Obtenido de <https://www.goethe.de/ins/co/es/kul/mag/20815468.html>

- León, J. (12 de Enero de 2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Costa Rica: 3era edición IICA.
- Lui, S., Wu, Y., Chen, C., & Lei, J. (2013). De novo transcriptome assembly in chill pepper (*Capsicum frutescens*) to identify genes involved in the biosynthesis of capsaicinoids. *Plos One* 08 (1-e48156), 1-8.
- MAGAP. (2009). Principales Hortalizas del Ecuador.
- Mejía, M. (2013). Aislamiento y caracterización fisicoquímica de la Capsina de tres variedades de ají. *Tesis de Licenciatura en Ciencias Químicas, Universidad Pontificia universidad Católica del Ecuador*, 4.
- Moreno, Salcedo, Cárdenas, Hernández, & Núñez. (Agosto de 2012). *Antifungal effects of capsaicin and chile piquin extracts (Capsicum annum l. var. aviculare) in vitro on Aspergillus flavus growth*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682012000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682012000200009)
- Núñez, Gil, & Costa. (2003). Cultivo de pimientos, chiles y ajíes. *Madrid- Mundi Prensa*.
- Pardey, C. (2008). Caracterización y evaluación de accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y determinación del modo de herencia de la resistencia de potyvirus (PepDMV). *Tesis doctoral publicasa, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia*.
- Pozo, O., Montes, S., & Redondo, E. (1991). Chile (*Capsicum* spp). *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos en México*, 217-238.
- Priestley, J. (12 de Noviembre de 2019). *LUMITOS*. Obtenido de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Capsaicina.html>
- Proaño, Córdova, & Ramírez. (2008). Manual técnico de buenas prácticas agrícolas y cultivo ají. *Ecuador*.
- Quintina, C. (2017). *Agrotendencia*. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-aji-o-pimiento-tambien-conocido-como-chile/#:~:text=El%20cultivo%20de%20aj%C3%AD%20posee,el%20final%20de%20su%20ciclo>.

- Romero, D. (2020). "ESTUDIO DE LA EXTRACCIÓN A ALTA PRESIÓN DE ACTIVOS DE PIEL DE LIMÓN Y SU POSIBLE USO EN LA IMPREGNACIÓN DE CO<sub>2</sub> SUPERCRÍTICO EN LA OBTENCIÓN DE ENVASES ACTIVOS PARA SU USO ALIMENTARIO". *Universidad de Cádiz, tesis de grado*, 20-25.
- Ruiz, N., Lara, F., & Martinez, M. (2011). El chile habanero su origen y usos. *Revista ciencia*, 73-77.
- Saborío, N. (2004). Hortalizas. *Atlas Agropecuario de Costa Rica. EUNED. San José. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados*, 397-418.
- Salazar, R. (2001). Plantas aromaticas y medicinales Ecuador.
- Tapia, C. (2020). Producción de ají. Día a Día- Teleamazonas. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Vázquez, J. (16 de Diciembre de 2020). *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/capsicum/>
- Vela, E. (2012). *El chile: Breve taxonomía* . Obtenido de <http://www.arqueomex.com/S9N5n2Esp32.html>, 20 de diciembre de 2012
- Velazques, F., Miranda, H., Monforte, G. G., Velazques, G., & Nieto, Y. (2007). La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Revista Fitotécnica Mexicana*, 30(4), 353-360.
- Viano, L. (18 de Agosto de 2016). *SCIENTIFIC AMERICAN*. Obtenido de Future: <https://www.scientificamerican.com/article/feel-the-burn-new-world-chilies-traced-back-nearly-17-million-years/>