



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniera Agropecuaria

Proyecto de Investigación:

**“EFECTOS DE FITONUTRIENTES A BASE DE CÁSCARA DE CACAO EN
PLANTAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)”**

Autora:

CARPIO MORA ERIKA PAULINA

Directora de Proyecto de Investigación:

DRA. SHAILILI MERCEDES MORENO MORALES

Mocache - Los Ríos - Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **ERIKA PAULINA CARPIO MORA**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ERIKA PAULINA CARPIO MORA

C.I: 1206814558



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dra. Shailili Mercedes Moreno Morales**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Erika Paulina Carpio Mora, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Efectos de fitonutrientes a base de cáscara de cacao en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Shailili M. Moreno M.

Dra. Shailili Mercedes Moreno Morales

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Dra. Shailili Mercedes Moreno Morales**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Efectos de fitonutrientes a base de cáscara de cacao en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)**”, Presentado por la estudiante **Erika Paulina Carpio Mora**, egresada de la Carrera Agropecuaria, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 97 % y similitud 3 %, del trabajo investigativo. Válido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

Document Information

Analyzed document	Tesis - Efectos de fitonutrientes a base de cáscara de cacao sobre cultivos de pimiento..pdf (D177993469)
Submitted	11/7/2023 12:04:00 AM
Submitted by	
Submitter email	erika.carpio2018@uteq.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	smorenom2 uteq@analysis.orkund.com

Shailili M. Moreno M.

Dra. Shailili Mercedes Moreno Morales

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efectos de fitonutrientes a base de cáscara de cacao en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Luis Godoy Montiel

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Ronald Villamar Torres

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dra. Ana Álvarez Sánchez

MOCACHE – LOS RIOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de este arduo proceso de investigación.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, que me ha brindado la invaluable oportunidad de ser parte de su distinguida comunidad académica. En particular, deseo expresar mi reconocimiento a la Carrera Agropecuaria por haber hecho realidad mi desarrollo académico y profesional.

Agradezco de todo corazón a mi respetada y dedicada tutora, Dra. Shailili Moreno Morales, por su incansable orientación, sabiduría y paciencia. Sus valiosos consejos y retroalimentación constante han dejado una huella indeleble en mi camino hacia el conocimiento.

A mis amigos, quienes han sido mi sólido apoyo a lo largo de esta travesía. Sus palabras de ánimo, comprensión y aliento constante han sido mi roca en los momentos más desafiantes. También quiero expresar mi gratitud a mis estimados docentes de enseñanza, cuyos conocimientos y pasión por la educación me han inspirado a alcanzar este logro académico. Sus enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi desarrollo intelectual.

En conjunto, sus contribuciones han sido fundamentales para la culminación de esta tesis. Estoy profundamente agradecida por la bendición de tener a estas personas excepcionales en mi vida y les agradezco de todo corazón por su apoyo, orientación y amistad en este trayecto educativo.

DEDICATORIA

Con cariño y gratitud dedico este trabajo a mis queridos padres, en especial a mi amada madre, cuyo amor inquebrantable y apoyo constante han sido la luz que ha iluminado mi camino a lo largo de este viaje académico.

A mis queridos hermanos, cuyas palabras de aliento y compañía han sido un valioso pilar en este trayecto.

Este logro es tan suyo como mío, y les agradezco de corazón por ser mi fuente de inspiración y fortaleza en cada paso que he dado.

Erika Paulina Carpio Mora

RESUMEN

La investigación se realizó bajo invernadero en los terrenos del Campus Universitario “La María” predios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizado en el kilómetro 7 $\frac{1}{2}$. De la vía Quevedo El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3' 18" de latitud sur y 79° 25' 24" de longitud oeste, con el objetivo de evaluar el efecto de fitonutrientes a base de cáscaras de cacao sobre plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) aplicado al suelo como fertilización orgánica, con un total de 4 tratamientos, cada uno con 5 repeticiones utilizando un diseño complemente al azar. Los resultados de las plantas con el mejor tratamiento fue el T0 el que no se le aplicó el fitonutriente para todas las variables, cabe destacar que el T1 al que se le aplicó baja concentración de fitonutriente (10%) tuvo respuestas favorables en las variables evaluadas en comparación con los otros tratamientos T2 y T3 que presentaron valores inferiores a este. Como conclusión, la aplicación del fitonutriente influye en las variables de crecimiento e indicadores de floración y cuajado de frutos en comparación con los resultados del T0 que fue el mejor.

Palabras claves: pimiento, fitonutrientes, cáscaras de cacao, floración, cuajado de fruto.

ABSTRACT

The research was carried out under a greenhouse on the grounds of the “La María” University Campus, premises of the State Technical University of Quevedo, located at kilometer 7 ½. From the Quevedo El Empalme road, Canton Mocache, Province of Los Ríos, whose geographical location is 1° 3'18” south latitude and 79° 25' 24" west longitude, with the objective of evaluating the effect of phytonutrients based on cocoa shells on pepper plants (*Capsicum annuum* L.) applied to the soil as organic fertilization, with a total of 4 treatments, each with 5 repetitions using a Complementary Random Design. The results of the plants with the best treatment were T0, the one in which the phytonutrient was not applied for all the variables. It should be noted that T1 to which a low concentration of phytonutrient was applied (10%) had favorable responses in the evaluated variables. in comparison with the other treatments T2 and T3 that presented values lower than this. In conclusion, the application of the phytonutrient influences the growth variables and indicators of flowering and fruit set in comparison to the results of T0, which was the best.

Keywords: pepper, phytonutrients, cocoa shell, bloom, fruit set

TABLA DE CONTENIDO

Declaración de autoría y cesión de derechos	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Agradecimiento	vi
Dedicatoria.....	vii
Desumen	viii
Abstract.....	ix
Código dublín	xviii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico.....	5
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Justificación	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco Conceptual.....	9
2.1.1. Nutrientes.....	9
2.1.2. Fitonutrientes	9
2.1.3. Metabolitos primarios.....	9
2.1.4. Metabolitos secundarios	9
2.1.5. Valorización de residuos	9
2.1.6. Fertilizante	10
2.1.7. Suelo	10

2.1.8.	Sustrato	10
2.2.	Marco Teórico.....	11
2.2.1.	Origen del cacao	11
2.2.2.	Condiciones para el desarrollo de la planta de cacao	11
2.2.3.	Importancia de la cáscara de cacao.....	11
2.2.4.	Composición química de la cáscara de cacao.....	12
2.2.5.	Determinación de la composición química de la cáscara de mazorca de cacao (CMC)	12
2.2.6.	Metabolitos primarios.....	13
2.2.6.1.	Proteína	13
2.2.6.2.	Carbohidratos.....	13
2.2.7.	Metabolitos secundarios	14
2.2.7.1.	Polifenoles.....	14
2.2.7.2.	Flavonoides.....	14
2.2.8.	Valorización de los residuos de cacao.....	15
2.2.9.	Pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	15
2.2.9.1.	Hojas	15
2.2.9.2.	Flores.....	16
2.2.9.3.	Fruto.....	16
2.2.10.	Requerimientos edafológicos	16
2.2.10.1.	Temperatura	16
2.2.10.2.	Humedad.....	17
2.2.10.3.	Suelo	17
2.2.11.	Cultivo de pimiento en el Ecuador	17
2.2.11.1	Variedades de pimiento	17
CAPÍTULO III		19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		19
3.1.	Localización.....	20
3.2.	Tipo de investigación.....	20
3.3.	Métodos de investigación	20
3.3.1.	Método de observación.....	20
3.3.2.	Método deductivo	20
3.3.3.	Método explicativo	20
3.4.	Fuentes de recopilación de la investigación.....	21

3.4.1.	Fuente primaria.....	21
3.4.2.	Fuente secundaria	21
3.5.	Diseño de la investigación	21
3.6.	Manejo del experimento	22
3.7.	Variables evaluadas	23
3.7.1.	Análisis de parámetros físicos-químicos del suelo.....	23
3.7.2.	Identificación de metabolitos primarios de los extractos de cáscaras de cacao CCN-51 (Biomasa seca).....	24
3.7.3.	Identificación de metabolitos secundarios de los extractos de cáscaras de cacao CCN-51 (Biomasa seca).....	24
3.7.4.	Altura de la planta (cm).....	24
3.7.5.	Diámetro del tallo (mm)	24
3.7.6.	Número de flores	24
3.7.7.	Días a floración.....	24
3.7.8.	Números de frutos cuajados	25
3.8.	Recursos humanos y materiales	25
3.8.1.	Recursos humanos	25
3.8.2.	Materiales de campo.....	25
3.8.3.	Materiales de laboratorio	25
3.8.4.	Materiales de oficina	26
CAPÍTULO IV		27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		27
4.1.	Análisis de parámetros físicos-químicos del suelo	28
4.1.1.	Suelo sin material vegetal (T0).....	28
4.1.2.	Suelo con material vegetal (T3).....	29
4.2.	Obtención de los extractos.....	31
4.3.	Identificación de los metabolitos	32
4.3.1.	Metabolitos primarios.....	32
4.3.2.	Metabolitos secundarios	36
4.4.	Altura de planta.....	41
4.5.	Diámetro de tallo.....	43
4.6.	Días a floración.....	44
4.7.	Número de flores.....	45
4.8.	Numero de frutos cuajados	46

CAPÍTULO V.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1. Conclusiones.....	48
5.2. Recomendaciones	49
CAPÍTULO VI	50
BIBLIOGRAFÍA.....	50
6.1. Referencias bibliográficas	51
CAPITULO VII.....	58
ANEXOS	58
7.1. Fotografías de la investigación	59
7.2. Análisis de laboratorio	62
7.3. Análisis de varianza (ANOVA)	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de la CMC	12
Tabla 2 Descripción de los tratamientos del estudio "Efectos de fitonutrientes a base de cáscara de cacao en plantas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.)"	21
Tabla 3 Análisis de varianza (ANOVA).....	22
Tabla 4 Materiales de campo que se utilizaron en la investigación	25
Tabla 5 Materiales de laboratorio que se utilizaron en la investigación.....	25
Tabla 6 Materiales de oficina que se utilizaron en la investigación	26
Tabla 7 Parámetros físico – químicos del Suelo sin material vegetal (T0)	28
Tabla 8 Parámetros físico – químicos del Suelo con material vegetal (T3).....	29
Tabla 9 Masa y rendimiento en la obtención de los extractos de cáscaras de cacao.....	31
Tabla 10 Identificación de grupos funcionales por metabolito en el extracto EE (Extracto de Etanol)	32
Tabla 11 Identificación de grupos funcionales por metabolito en el extracto EEP (Extracto Éter de Petróleo).....	33
Tabla 12 Identificación de grupos funcionales por metabolito en el extracto EA (Extracto de Acetona)	34
Tabla 13 Identificación de la presencia de metabolitos secundarios por medio de señales IR en el EE (Extracto de Etanol).....	36
Tabla 14 Identificación de la presencia de metabolitos secundarios por medio de señales IR en el EEP (Extracto Éter de Petróleo).....	38
Tabla 15 Identificación de la presencia de metabolitos secundarios por medio de señales IR en el EA (Extracto de Acetona)	39
Tabla 16 Valores promedios y coeficientes de variación de altura de plantas (cm) a los 15, 30 y 45 días	42
Tabla 17 Valores promedios y coeficientes de variación del diámetro de plantas (mm) a los 15, 30 y 45 días.....	43
Tabla 18 Tiempo de floración de los tratamientos	44
Tabla 19 Valores promedios y coeficiente de variación de números de flores por planta en cada tratamiento	45
Tabla 20 Valores promedios y coeficiente de variación números de frutos cuajados por planta en cada tratamiento.....	46
Tabla 21 Análisis de la varianza de la variable altura de planta a los 15 días.....	65

Tabla 22	Análisis de la varianza de la variable altura de planta a los 30 días.....	65
Tabla 23	Análisis de la varianza de la variable altura de planta a los 45 días.....	65
Tabla 24	Análisis de la varianza de la variable diámetro de planta a los 15 días.....	65
Tabla 25	Análisis de la varianza de la variable diámetro de planta a los 30 días.....	65
Tabla 26	Análisis de la varianza de la variable diámetro de planta a los 45 días.....	66
Tabla 27	Análisis de la varianza de la variable número de flores	66
Tabla 28	Análisis de la varianza de la variable número de frutos cuajados	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aspectos de los distintos extractos.....	32
Figura 2 Espectro IR del extracto de etanol en MP	33
Figura 3 Espectro IR del extracto de éter de petróleo en MP	34
Figura 4 Espectro IR del extracto de acetona en MP	35
Figura 5 Espectro IR del extracto de etanol en MS	37
Figura 6 Espectro IR del extracto de éter de petróleo en MS.....	39
Figura 7 Espectro IR del extracto de acetona en MS	41
Figura 8 Espectros de los extractos en Etanol, Éter de Petróleo y Acetona	62
Figura 9 Análisis de pH y nutrientes del suelo del tratamiento T0	63
Figura 10 Análisis de pH y nutrientes del suelo del tratamiento T3	64

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1	Recolecta y picado de las cáscaras de cacao	59
Fotografía 2	Secado al ambiente de las cáscaras.....	59
Fotografía 3	Secado total de las cáscaras de cacao	59
Fotografía 4	Molido de las cáscaras de cacao	59
Fotografía 5	Maceración del polvo en los solventes	59
Fotografía 6	Filtrado de la solución	59
Fotografía 7	Rotaevaporación para sacar el extracto	60
Fotografía 8	Muestras de los extractos para los análisis en IR	60
Fotografía 9	Mezcla del suelo con el material vegetal.....	60
Fotografía 10	Llenado de fundas.....	60
Fotografía 11	Trasplante de las plántulas de pimiento.....	60
Fotografía 12	Aplicación de insecticida.....	60
Fotografía 13	Tutorado de las plantas de pimiento	61
Fotografía 14	Toma de altura de planta	61
Fotografía 15	Toma de diámetro de la planta	61
Fotografía 16	Floración de planta	61
Fotografía 17	Toma de número de flores de planta	61
Fotografía 18	Cuajado de frutos de planta	61

CÓDIGO DUBLÍN

Título	“Efectos de fitonutrientes a base de cáscara de cacao en plantas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.)”				
Autor:	Erika Paulina Carpio Mora				
Palabras claves:	Pimiento	Fitonutrientes	Cáscara de cacao	Floración	Cuajado de frutos
Fecha de publicación:	Noviembre, 2023				
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2023				
Resumen:	La investigación se realizó bajo invernadero en los terrenos del Campus Universitario “La María” predios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizado en el kilómetro 7 ½. De la vía Quevedo El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3'18" de latitud sur y 79° 25' 24" de longitud oeste, con el objetivo de evaluar el efecto de fitonutrientes a base de cáscaras de cacao sobre plantas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) aplicado al suelo como fertilización orgánica, con un total de 4 tratamientos, cada uno con 5 repeticiones utilizando un diseño complementario al azar. Los resultados de las plantas con el mejor tratamiento fue el T0 el que no se le aplicó el fitonutriente para todas las variables, cabe destacar que el T1 al que se le aplicó baja concentración de fitonutriente (10%) tuvo respuestas favorables en las variables evaluadas en comparación con los otros tratamientos T2 y T3 que presentaron valores inferiores a este. Como conclusión, la aplicación del fitonutriente influye en las variables de crecimiento e indicadores de floración y cuajado de frutos en comparación con los resultados del T0 que fue el mejor.				
Abstract:	The research was carried out under a greenhouse on the grounds of the “La María” University Campus, premises of the State Technical University of Quevedo, located at kilometer 7 ½. From the Quevedo El Empalme road, Canton Mocache, Province of Los Ríos, whose geographical location is 1° 3'18" south latitude and 79° 25' 24" west longitude, with the objective of evaluating the effect of phytonutrients based on cocoa shells on pepper plants (<i>Capsicum annuum</i> L.) applied to the soil as organic fertilization, with a total of 4 treatments, each with 5 repetitions using a Complementary Random Design. The results of the plants with the best treatment were T0, the one in which the phytonutrient was not applied for all the variables. It should be noted that T1 to which a low concentration of phytonutrient was applied (10%) had favorable responses in the evaluated variables. in comparison with the other treatments T2 and T3 that presented values lower than this. In conclusion, the application of the phytonutrient influences the growth variables and indicators of flowering and fruit set in comparison to the results of T0, which was the best.				
Descripción:	84 hojas: dimensiones, 21 x 29,70 cm + CD-ROM				
URL:					

Introducción

El pimiento (*Capsicum annum* L.) es una hortaliza muy apreciada a nivel mundial por sus propiedades nutricionales, usos medicinales y como condimento alimentario. En Ecuador se cultivan en varias provincias y en los casos se utilizan grandes cantidades de fertilizantes químicos sintéticos. Una posibilidad es el uso de bioestimulantes orgánicos para asegurar una producción limpia (1). En el Ecuador el cultivo de esta especie se desarrolla fundamentalmente en la Costa, en las provincias de Guayas, El Oro, Santa Elena y Manabí, pero también en Chimborazo, Loja e Imbabura, provincias de la Sierra (2).

Las hortalizas necesitan de una adecuada nutrición ya que de ello dependerá el nivel de producción, si la nutrición del cultivo es adecuada garantiza una producción rentable. También, es posible obtener altos rendimientos controlando los niveles de nutrientes en el suelo y especialmente el pH, la metodología empleada para evaluar las diferentes situaciones que se dan durante el ciclo de cosecha, permitirá tomar decisiones y ajustar la fertilización en base a estos aspectos (3); sin embargo, el sistema de agricultura convencional ha abusado del uso de fertilizantes sintéticos, los cuales ejercen efectos negativos sobre el suelo y las aguas subterráneas (4), impidiendo la formación de productos naturales que las plantas utilizan para defenderse y desequilibra los nutrientes que se encuentran presentes en el suelo.

El cacao es una fruta tropical que se produce en cuatro continentes (América, Asia, África y Oceanía). Esta fruta se caracteriza porque sus almendras se utilizan principalmente para la fabricación de chocolates o grasas para la industria cosmética y alimenticia (5). Es particularmente rico en polifenoles que representan entre el 12 y 18% del peso seco de los granos, y se encuentran fuertemente asociados con la actividad antioxidante y con las características organolépticas de los productos elaborados a partir de los granos (6).

Ecuador cuenta con una variedad de condiciones climáticas que favorecen la producción agrícola, entre las que se destaca la producción de cacao, que desde hace mucho tiempo ha brindado un gran sustento a la economía nacional. Sin embargo, la industrialización recurso apenas comienza, lo que no permite un aprovechamiento óptimo de la fruta y un manejo y un manejo adecuado de los residuos sólidos que contaminan tanto los recursos hídricos como edafológicos (7). En la explotación cacaotera solo se aprovecha económicamente la semilla, que representa aproximadamente un 10% del peso del fruto fresco. Los desechos generados

están constituidos en su mayoría por la cáscara, que además se considera un foco para la propagación del hongo *Phytophthora spp.* causante de la mazorca negra, causa principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera (8).

El alto porcentaje de residuos de cacao hace de esto un problema tanto ambiental como fitosanitario en las plantaciones de cacao, pero teniendo en cuenta sus niveles nutricionales estos residuos pueden ser empleados para obtener productos con un alto valor agregado; entre los que se destacan los polifenoles y la fibra que se posicionan muy bien en los mercados actuales (9). Las cáscaras de cacao son ricas en carbohidratos, fibra, proteínas, pectinas y compuestos bioactivos (por ejemplo, los polifenoles y carotenoides) (10).

La importancia que se obtiene de la cáscara de cacao es que aporta ciertas cantidades de macronutrientes (proteína, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (vitaminas y minerales), que son esenciales para la nutrición de la planta del modo que permita mejorar el suelo y a los cultivos, tomando en cuenta los componentes clave en la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; como todos sabemos, su función principal es servir como sustrato o medio de crecimiento para mantener el nivel original de materia orgánica del suelo (11) y (12).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El empobrecimiento progresivo de los suelos para cultivos de hortalizas en especial para el del pimiento es el resultado de una serie de factores y condiciones que conducen a la reducción de los rendimientos y al deterioro de la calidad de los productos agrícolas. El continuo uso de productos químicos sintéticos presenta un deterioro al suelo ya que el empleo persistente de estos productos causa afecciones a la fase edafológica, pero existe una opción más amigable para el medio ambiente que es el uso de agentes bioactivos o fitonutrientes en la producción hortícola que ayudan a recuperar o mejorar la calidad de los suelos ya que esto se representaría cómo una opción amigable para el medio ambiente.

Actualmente, el mundo produce una gran cantidad de desechos agroindustriales y orgánicos denominados biomasa residual o subproductos. En dónde los subproductos constituyen alrededor del 60% de la biomasa vegetal, provocando los diversos problemas en la eliminación de la lignocelulósica, es por ello que se le debe dar un valor agregado a estos desperdicios así no se convierten en una problemática, más bien estos pueden servir como una alternativa ecológica y aprovechable para el campo agrícola.

La nutrición del suelo es de mucha importancia ya que esta es la segunda fuente de alimento para la planta, por lo cual debe ser nutrida la fase edafológica. De allí que los fitonutrientes cumplen un rol eficaz como es proteger a las plantas de las amenazas del ambiente, tales como insectos, hongos y gérmenes que, al momento de implementarlo al suelo, pueden ayudar la planta y su producción.

Diagnóstico

En la actualidad los monocultivos, la deforestación, la ganadería intensiva, el uso de pesticidas y el cambio climático están entre los principales causantes del deterioro del suelo, el cual afecta al 47% de la superficie del Ecuador (13).

Los cultivos de hortalizas se encuentran pobres en nutrientes del suelo debido a la erosión o degradación por lo que se necesita resolver este problema a través de una alternativa

ecológica que tenga un buen impacto a largo plazo y se pueda recuperar de a poco la estructura del suelo.

Pronóstico

En los suelos agrícolas para el cultivo de hortalizas existe un déficit de nutrientes por lo que se integrará el suministro de fitonutrientes a base de la cáscara de cacao en el cultivo de pimiento sobre los parámetros vegetativos e indicadores de floración y cuajados de frutos.

Por otra parte, se pretende dar un valor agregado a la cáscara de cacao o epicarpio como una alternativa amigable para el factor ambiente y así proponer a la línea investigativa, agricultores a utilizar esta nueva variante ecológica para nutrir el suelo.

1.1.2. Formulación del problema

¿Qué efecto tiene el uso de fitonutrientes a base de cáscara de cacao sobre los parámetros de crecimiento e indicadores de floración y cuajado de frutos en plantas de pimiento?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál es el perfil de metabolitos primarios y secundarios que se encuentran en los extractos del material vegetal?
- ¿Qué efecto tendrá la mezcla suelo-material vegetal sobre variables de crecimiento en las plantas de pimiento?
- ¿Qué resultado tendrá el suelo con fitonutrientes sobre los indicadores de floración y cuajado de frutos en plantas de pimiento?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

Evaluar el efecto de fitonutrientes a base de cáscara de cacao sobre plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Identificar los metabolitos primarios y secundarios presentes en los extractos del material vegetal de la cáscara de cacao.
- Analizar el efecto de los suelos con fitonutrientes sobre variables de crecimiento en plantas de pimiento.
- Determinar el efecto de los suelos con fitonutrientes sobre indicadores de floración y cuajado de frutos en plantas de pimiento.

1.3. Justificación

La aplicación de fitonutrientes al suelo es importante porque ayuda tanto a la parte edafológica a nutrirla y en la planta a mantener en perfecto estado la salud, ya sea colaborando activamente en el proceso fotosintético, protegiéndola de la radiación ionizante o bien de ataques de insectos y/ o bacterias, en este sentido abonar los suelos con residuos orgánicos permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta la productividad del cultivo.

En la actualidad la agricultura requiere procesos de cambios, en los que se ofrezca alternativas a los sistemas agrícolas de producción convencional como son los fitonutrientes o bioactivos en forma de fertilizantes para el suelo para ellos se debe de dar valor adicional a los residuos alimenticios o biomasa residual convirtiéndose en una alternativa ecológica para el ambiente.

La presente investigación nos permite utilizar el sistema de abono como fitonutrientes provenientes de cáscaras de cacao, como alternativa de gestión ambiental, además de esta manera disminuir los desperdicios, así como mejorar el manejo de los residuos orgánicos generados, con la intención de aportar un valor agregado desde un enfoque ambiental y económico en el cultivo de hortalizas, con mejores variables de crecimiento e indicadores de floración y cuajados de frutos en plantas de pimiento.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Nutrientes

Los nutrientes son aquellos elementos químicos que las plantas necesitan para poder crecer, mantenerse y producir frutos y semillas, estos elementos se los obtiene del aire, del suelo y del agua de riego (14).

2.1.2. Fitonutrientes

Los fitonutrientes o fitoquímicos son sustancias o compuesto naturales producidos por las plantas, cuya función principal es la de actuar como sistema de defensa contra hongos y bacterias. Estos fitoquímicos se clasifican en varias en varias clases, según su composición química: polifenoles (ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, ligninas, antocianinas), alcaloides, esteroides, carotenoides y terpenoides (15).

2.1.3. Metabolitos primarios

Los metabolitos primarios son los compuestos que están directamente involucrados en las vías metabólicas de un organismo necesarias para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Los ejemplos de metabolitos primarios incluyen proteínas, enzimas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, etanol, ácido láctico, butanol, etc. (16).

2.1.4. Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son los compuestos orgánicos que son producidos por varios organismos que no están directamente involucrados en el crecimiento, desarrollo o reproducción del organismo, pero que son esenciales en las actividades ecológicas y de otro tipo. Algunos ejemplos de metabolitos secundarios incluyen esteroides, aceites esenciales, fenólicos, alcaloides, pigmentos, antibióticos, etc. (16).

2.1.5. Valorización de residuos

La valorización de residuos es un conjunto de alternativas que se emplean para la gestión de desechos agroalimentarios; dando lugar a numerosas posibilidades para la producción de

subproductos de alto valor agregado. Esta alternativa de gestión de desperdicios de la industria ha captado gran atención, puesto que, disminuye la descarga de material orgánico en vertederos; obteniéndose productos económicos, ricos en nutrientes y fitonutrientes (17) y (18).

2.1.6. *Fertilizante*

Fertilizante es cualquier sustancia natural o sintético, tanto orgánico como inorgánico, que es suministrado al suelo con el propósito de suplir la deficiencia de determinados elementos esenciales que las plantas y cultivos requieren para su crecimiento y desarrollo (19)

2.1.7. *Suelo*

El suelo constituye un sistema abierto, con entradas de tipo atmosféricas y salidas que pueden ser superficiales, en forma de escurrimiento y erosión (20)

2.1.8. *Sustrato*

El sustrato es aquel material o sustancia de la que se alimenta y desarrolla un microorganismo; también una sustancia sobre la que actúa una enzima (21)

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Origen del cacao

EL cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol del bosque tropical que se clasifica dentro de la familia Malvaceae originario del sur de América. El cultivo de cacao se originó en América en donde se han propuesto diferentes centros de origen como Mesoamérica y América del Sur o una combinación del origen del cacao criollo en Mesoamérica y del cacao forastero en América del Sur (22).

La mayoría de los países donde se cultiva esta planta, provienen de América del Sur, como son en las zonas de Brasil, Ecuador, Perú, Venezuela y Colombia, que posteriormente se dispersó a lo largo de la cordillera Andina hasta el Caribe y el Pacífico de América Central. El cacao Criollo es considerado de alta calidad y buen sabor; mientras que, el cacao Forastero se caracteriza por su precocidad y resistencia a enfermedades (23) y (22).

2.2.2. Condiciones para el desarrollo de la planta de cacao

El cultivo de cacao se desarrolla en superficies que van desde el nivel mar hasta los 800 metros de altitud a una temperatura ambiental entre 24 y 26°C y máximo el 60% de humedad relativa. Es indispensable una buena luminosidad con aproximadamente 2000 horas luz al año. La velocidad del viento entre 1 a 2 m•seg⁻¹ y la pluviosidad de 1500 a 2000 milímetros de agua. Para asegurar un buen rendimiento este frutal debe crecer en suelos francos y profundos con subsuelo permeable, rico en nutrientes (zonas de aluviales) y con pH neutro (6,0 y 6,5) (23).

2.2.3. Importancia de la cáscara de cacao

La cáscara de cacao representa aproximadamente el 90% de la masa del fruto fresco, siendo aprovechado únicamente el 10% que representa la masa de la semilla que es utilizada industrialmente. De las cáscaras se puede obtener harinas que poseen en su constitución un bajo contenido de grasas, alto contenido en fibras y en compuestos fenólicos que pueden ser beneficiosos para la salud. El reconocimiento de los componentes fisiológicos, químicos y morfológicos en las cáscaras de los frutos de cacao se ha convertido en un área de

investigación en crecimiento. En la actualidad se ha encontrado que las cáscaras de los frutos son las principales fuentes de antioxidantes naturales, por lo que se ha propuesto utilizar estos subproductos de la industria como una posible fuente de materia prima proveedora de pectinas, antioxidantes, fibras, entre otros (24).

2.2.4. Composición química de la cáscara de cacao

El conocimiento de la composición química de la cáscara de mazorca de cacao (CMC), es de vital importancia, en virtud de la información que brinda de las fracciones en las que está constituido este desecho. En este sentido, se realizaron pruebas de análisis químico por triplicado, para determinar las cantidades de celulosa, lignina y hemicelulosa, para las muestras preparadas de CMC, obteniendo los valores promedio, desviación estándar y la varianza, tal y como se muestra en la siguiente tabla (25)

2.2.5. Determinación de la composición química de la cáscara de mazorca de cacao (CMC)

De acuerdo con los resultados de la tabla, la lignina representa el mayor porcentaje de la composición química de los residuos de CMC, con un 43.6%; seguido de un 34,4% asociado con la cantidad de celulosa, y muy por debajo se encuentra la hemicelulosa con el 11,75%.

Tabla 1

Composición química de la CMC

Composición Química (%P/P)	Promedio	Desviación	Varianza
Lignina	43,6	1,04	0,72
Celulosa	34,4	0,55	0,20
Hemicelulosa	11,75	0,28	0,05
Extraíbles	2,43	0,12	0,01
Solubilidad NaOH	47,51	0,47	0,15
Cenizas	1,11	0,11	0,01

Fuente: (25)

Elaborado: Autora

El contenido de lignina concentrada en el residuo representa un aporte significativo en las propiedades mecánicas de la estructura vegetal, ya que le aporta rigidez a la corteza de cacao (25).

2.2.6. Metabolitos primarios

Los metabolitos primarios son esenciales para el funcionamiento de la materia viva, se encuentran directamente relacionados con el crecimiento, desarrollo y reproducción normal y con: hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (26).

2.2.6.1. Proteína

Las proteínas son complejos compuestos orgánicos constituidos en su mayor parte por aminoácidos, que existen en proporciones características para cada proteína en particular. La proteína es un principio nutritivo que siempre contiene carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, pero además también suele contener azufre y muchas veces fósforo. Las proteínas son componentes esenciales del protoplasma activo de la célula viva en todos los vegetales y animales (27).

2.2.6.2. Carbohidratos

Los carbohidratos son compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno en las proporciones 6:12:6. Durante el metabolismo se queman para producir energía, y liberan dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). Los carbohidratos son los productos principales de la fotosíntesis, considerados fuente de energía para las plantas, en donde el almidón es una de la fuente principal de la reserva energética que tiene en comparación de los lípidos o azúcares simples.

Unos de los procesos para la reproducción, defensa, mantenimiento, almacenamiento y crecimiento de plantas dependerá muchos de los carbohidratos como fuente de energía, ya que la concentración de los carbohidratos puede variar dependiendo de las condiciones ambientales; por ejemplo, el almidón y los azúcares simples pueden disminuir como respuesta a las condiciones de estrés hídrico, altas temperaturas o plagas (28) y (29).

2.2.7. Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios, también llamados sustancias naturales, no intervienen en ninguno de los procesos vitales, muchos de ellos son productos de desechos metabólicos. Sin embargo, las plantas suelen utilizarlos para interactuar con el medio ambiente o para atraer polinizadores, para protegerse de los depredadores, adaptarse a condiciones climáticas o del suelo adversas, etc. Los pigmentos carotenoides son un ejemplo de tales compuestos. Las vías para la síntesis y utilización de estos compuestos forman el metabolismo secundario (26).

2.2.7.1. Polifenoles

Los polifenoles son productos del metabolismo secundario de las plantas. Surgen biogenéticamente a partir de dos principales vías: la vía de síntesis del shikimato y la vía del acetato. Tanto el ácido acético y el ácido shikímico se derivan del metabolismo de la glucosa. Los polifenoles se caracterizan por su capacidad antioxidante, sus anillos aromáticos con sustituyentes hidroxilos les brindan una estructura especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante al poder actuar como donadores de hidrógenos o electrones o servir como atrapadores de radicales libre (30)

2.2.7.2. Flavonoides.

Los flavonoides son la clase más abundante de PF (Polifenoles), derivados de aminoácidos aromáticos, fenilalanina y tirosina. Estos compuestos de bajo peso molecular son necesarios para el desarrollo de vegetales ya que pueden actuar como señaladores químicos y tiene efectos sobre algunas enzimas ligadas a la fisiología y metabolismo del vegetal. Los flavonoides, son metabolitos secundarios que forma parte fundamental del crecimiento, regulación y sistema de defensas de las plantas. Constituyen un grupo diverso de más de 9000 estructuras de bajo peso molecular y moléculas polifenólicas. Químicamente están compuestos por dos anillos aromáticos (anillos A y B) unidos por un anillo de pirano heterocíclico (anillo C). Naturalmente se pueden encontrar presentes en frutas, verduras, café, vino, bebidas. Pueden encontrarse en forma de antocianinas, flavonas, flavonoides e isoflavonas dependiendo de cada fruta o vegetal (31) y (23).

2.2.8. Valorización de los residuos de cacao

En la actualidad el aprovechamiento de las mazorcas de cacao está orientado para alimentación de animales de abasto (pollos de engorde), fertilizantes, biogás y biocombustible. En la industria alimentaria se la utiliza como fuente de fibra, obtención de pectina, entre otros. En los últimos años, esta materia prima ha sido reconocida como subproducto valioso de la producción de chocolate, debido a su actividad antioxidante (32) (33).

Del fruto se aprovecha aproximadamente el 20% para la industria de derivados del cacao y el 80% restante se desecha como residuos en forma de cáscara, mucílago y cascarilla (34). Dentro de los productos valorizados se identifican compuestos químicos como polifenoles, alcaloides y polisacáridos de interés para las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica principalmente. También se destacan las aplicaciones ambientales que involucran el desarrollo de productos a partir de cáscaras de cacao para la biorremediación de suelos y aplicaciones agrícolas como el uso de cascarilla para la producción de biofertilizantes, biofungicidas y reguladores de crecimiento (34).

2.2.9. Pimiento (*Capsicum annuum* L.)

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una planta herbácea anual, posee tallos erectos, herbáceos y ramificados de coloración verde oscuro. Su sistema radicular es pivotante llega a una profundidad de 0.7 a 1.2 metros y lateralmente mide 1.2 metros, está reforzado por raíces adventicias. La altura promedio de la planta es de 60 cm, pero varía según el tipo o especie de que se trate (35).

2.2.9.1. Hojas

Las hojas son planas, simples, lampiñas, enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un peciolo largo o poco aparente y de forma ovoide alargada. Para que se produzca la floración, además de unas condiciones climáticas adecuadas, se requiere una cierta “madurez” de la planta, que en la especie se materializa con la presencia mínima de 8 a 12 hojas (35).

2.2.9.2. Flores

Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo. Son pequeñas y constan de una corola blanca. El fruto es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado e incluso al rojo a medida que van madurando (36).

2.2.9.3. Fruto

El tamaño de la fruta puede variar y puede pesar desde unos pocos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se insertan en la placenta cónica en un arreglo central. Son redondos, ligeramente arriñonados, de color amarillo pálido y miden entre 3 y 5 mm de largo (36).

2.2.10. Requerimientos edafológicos

Las condiciones ambientales como radiación solar, temperatura, humedad relativa, humedad del suelo o sustrato, velocidad del viento, concentración de CO₂, nutrientes minerales, no solo influyen sobre la difusión y transpiración, sino también en la apertura y cierre estomático de la superficie foliar a través de los que pasa el CO₂ y el agua que puede ser de hasta el 95% del total que se llega a utilizar en la planta (37)

2.2.10.1. Temperatura

La temperatura media mensual que debe existir para conseguir una buena cosecha tiene que ser de 18 a 22°C, siendo la temperatura ideal de 20 a 25° C por el día y 16 a 18°C por la noche, con temperaturas más bajas, el desarrollo vegetativo se para; con temperaturas nocturnas comprendidas entre 8 a 10°C, el polen se hace inviable para la fecundación (38). La incidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10°C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías, las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos y las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutitos (39).

2.2.10.2. Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados (39).

2.2.10.3. Suelo

Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica del 3-4% y principalmente bien drenados. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5); en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8 (39).

2.2.11. Cultivo de pimiento en el Ecuador

Pinto Mena (2) señala que el cultivo del pimiento en el Ecuador, se ha visto favorecido ya que el país posee características geográficas, climáticas y de suelos, adecuadas para su desarrollo, sembrándose en la Costa y parte de la Sierra, en especial en las provincias de Guayas, Santa Elena, Manabí. El Oro, Imbabura, Chimborazo y Loja donde el clima, la altitud y el suelo es propicio. En el país, tiene un ciclo vegetativo según la variedad, entre la siembra y la cosecha de 4 a 6 meses.

El mismo autor indica que su consumo proporciona una serie de beneficios al ser humano especialmente en lo que hace referencia a su nutrición y a su salud, puede ser consumido tanto crudo, hervido o asado siendo muy sabroso y aromático, pudiendo acompañar a una variedad de carnes, cereales y vegetales (2). El cultivo actualmente se considera de gran valor comercial y nutricional ya que es muy demandada por los agricultores, debido a esto, se tiene la necesidad de utilizar diferentes formulaciones de agroquímicos que les permitan aumentar la producción y viabilizar estos insumos para su aplicación en las plantaciones (3)

2.2.11.1 Variedades de pimiento

Dentro de la familia de Solanaceae hay más de treinta especies del género *Capsicum*, conocidas colectivamente como pimientos, ajíes o chiles. De todas las especies, solo cinco han sido domesticadas y comúnmente cultivadas por humanos, las cuales son (40):

- *Capsicum annuum*, que incluye la mayoría de las variedades de pimientos dulces, agridulces y algunos picantes que se cultivan en todo el mundo, especialmente en Europa y Norteamérica.
- *Capsicum frutescens*, comprende la mayoría de las variedades picantes cultivadas principalmente en América y Asia y, en Europa a menor escala.
- *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens*, especies cultivadas casi exclusivamente en México (*C. chinense*) y en el sector andino de Sudamérica (*C. baccatum* y *C. pubescens*).

En el país se siembran principalmente variedades de pimiento como el quetzal, conocido como el pimiento de tres puntas por las protuberancias que presenta en la parte superior. También existe El salvador, siendo el más resistente a las lluvias. Dichas variedades se producen mayormente en la Costa y en Loja (41)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en los terrenos del Campus Universitario “La María” predios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizado en el kilómetro 7 ½. De la vía Quevedo El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 1° 3’18” de latitud sur y 79° 25’ 24” de longitud oeste, a una altura de 77.60 metros sobre el nivel del mar.

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo experimental y a la vez explicativo, comparando información existente en la literatura y estudios anteriores sobre los efectos de fitonutrientes a base de cascará de cacao en plantas de pimienta. El proyecto se obtuvo de una investigación científica, mediante el uso de actividades metódicas y técnicas, mediante la obtención de datos durante todos los procesos evaluativo.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método de observación

Se utilizó este método para comprobar los efectos de fitonutrientes que se obtendrán en cada una de las parcelas con sus respectivos tratamientos. La observación se la realizó de forma diaria y los registros de los datos serán tomada de manera semanal.

3.3.2. Método deductivo

Se utilizó este método para determinar el tratamiento que presentará su mayor efecto de fitonutrientes a base de cáscara de cacao en el cultivo de pimienta, partiendo de la información obtenida de diferentes fuentes bibliográficas y mediante los datos recopilados mediante la observación en el experimento.

3.3.3. Método explicativo

Se empleó este método para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos durante en el proceso de la investigación.

3.4. Fuentes de recopilación de la investigación

3.4.1. Fuente primaria

La obtención de información primaria se realizó a través de la observación directa de las variables de estudio. Este enfoque permitió recopilar datos precisos y relevantes para evaluar los resultados de cada tratamiento al observar directamente las variables, se redujo la posibilidad de errores o interpretaciones incorrectas de los datos.

3.4.2. Fuente secundaria

En las fuentes secundarias se utilizaron diferentes medios donde se obtuvo la información para complementar la sección teórica del ensayo, tales como: libros, artículos científicos, tesis, informes, sitios web, etc. Los cuáles fueron seleccionadas a través de búsquedas no sistemáticas en bases de datos académicas.

3.5. Diseño de la investigación

La presente investigación se la realizó en invernadero bajo condiciones controladas, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones obteniendo 20 unidades experimentales. Se realizó un ANOVA de una vía y cuando presente significancia estadística será realizado un análisis de comparación de las medias aplicando la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5%, se utilizará el programa estadístico Infostat para procesar los datos.

Tabla 2

Descripción de los tratamientos del estudio "Efectos de fitonutrientes a base de cáscara de cacao en plantas de pimiento (Capsicum annuum L.)"

Trat	Descripción	Dosis a aplicar en g	Repeticiones	Plantas por tratamiento	Total
T0	Suelo sin material vegetal	0	5	6	30
T1	Suelo + 10% de material vegetal	376	5	6	30

T2	Suelo + 15% de material vegetal	564	5	6	30
T3	Suelo + 20% de material vegetal	752	5	6	30
Total					120

A continuación, se detalla el ANOVA de la presente investigación (Tabla 3).

Tabla 3

Análisis de varianza (ANOVA)

Factor de variación (FV)	gl	SC	CM	F
Tratamientos (t-1)	3	SCT	CMT	$\frac{CM_T}{CM_{EE}}$
Error experimental t(r-1)	16	SCEE	CMEE	
Total (tr-1)	19	SCt		

Elaborado: Autora

3.6. Manejo del experimento

La presente investigación se realizó en un invernadero ubicado en el Campus Universitario “La María”, de la UTEQ. Este trabajo consistió en evaluar los efectos de fitonutrientes a base de cascará de cacao en las plantas de pimiento, para aquello se procedió a conseguir sustrato (tierra), sustrato de cáscara de cacao previamente deshidratado y molino en estado de polvo.

Se le realizó un estudio de suelo antes y después de colocar el fitonutriente a la fase edafológica para conocer los porcentajes de nutrientes que se encuentran en el suelo en esas etapas. Para la obtención del fitonutriente se recolectó las cáscaras frescas de cacao en primera instancia, se procedió luego a secarlas a temperatura ambiente en pequeños trozos de 1 a 2 cm después de eso se las terminó de secar y deshidratar en una estufa a una temperatura de 50-60 °C para así procederlas a moler en un molino manual obteniendo como resultado un polvo el cual se convierte inmediatamente en un fitonutriente para poder mezclarlo en el sustrato (suelo).

Se hizo uso del laboratorio de química para pesar y deshidratar las cáscaras de cacao, luego una vez teniendo el polvo y el solvente se proporcionó cierta parte para hacer la maceración con los solventes de polaridad baja (éter de petróleo) el cual se utilizó 1080 ml de este en una masa del material vegetal de 276.6 g, polaridad media (acetona) se utilizó la misma cantidad que la anterior de solvente y material vegetal y para el solvente de polaridad alta (etanol) se empleó 1620 mL y con la misma cantidad de material vegetal, todo esto se lo dejó reposar en sus respectivos recipiente de vidrio cerrado a temperatura ambiente durante 24 horas para luego filtrar el líquido, esto se repitió 2 veces para los de polaridad baja y media, en cambio para el de polaridad alta se realizó 3 veces haciendo el mismo proceso de macerar y luego filtrar.

Una vez teniendo los tres extractos se los llevó al rotaevaporador para extraer el solvente de los compuesto deseado para así identificar los metalitos primarios y secundarios por medio de espectroscopia infrarroja (IR) en el cual se utilizó un espectrofotómetro Perkin Elmer FTIR 16 PC. Los análisis se realizaron con muestras de cloroformo con 24 barrido de solución de 2cm^{-1} . Las muestras se prepararon mezclando 5 mg de sólido de KBr anhidrido, triturado luego en un mortero de ágata de forma que se homogenizo la mezcla. Las pastillas se compactan en una prensa a $1,05 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$ de presión. Estos espectros se realizaron en el Instituto de Investigaciones de Biomedicina y Ciencias Aplicadas (IIBCA) de la UDO (Universidad de Oriente).

Para la parte de campo se realizó una llenado de 120 fundas, una vez mezclado el suelo con el material vegetal según las proporciones deseadas para cada tratamiento para luego proceder a trasplantar las plántulas de pimiento. El trabajo de investigación estuvo conformado por 4 tratamientos y 5 repeticiones. Tuvo una duración de 2 meses y medio.

3.7. Variables evaluadas

3.7.1. Análisis de parámetros físicos-químicos del suelo

Para conocer el estado nutricional y acidez del suelo se realizaron estudios de las dos muestras de suelo una antes y una después de introducir el fitonutriente, para conocer los porcentajes de nutrientes que se encuentran en la tierra.

3.7.2. Identificación de metabolitos primarios de los extractos de cáscaras de cacao CCN-51 (Biomasa seca)

Se utilizó la espectroscopia infrarroja (IR) para poder identificar las proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en los extractos.

3.7.3. Identificación de metabolitos secundarios de los extractos de cáscaras de cacao CCN-51 (Biomasa seca)

Con el fin de identificar la existencia de metabolitos secundarios se utilizó el método de espectroscopia infrarroja (IR) para encontrar saponinas, flavonoides, glicósidos cardiotónicos, glicósidos cianogénicos, taninos, polifenoles, antraquinonas, alcaloides, esteroides insaturados, triterpenos pentacíclicos, cumarinas, metilencetonas, fenilpropanoides.

3.7.4. Altura de la planta (cm)

Para la evaluación de la altura de la planta se tomaron datos a los 15, 30, 45 días después del trasplante, se tomaron todas plantas de cada por cada unidad experimental, se midió desde la base de la planta hasta su ápice utilizando un flexómetro o una regla graduada en centímetros para la obtención de los datos.

3.7.5. Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo se midió con un pie de rey o calibrador cada 15 días, hasta los 45 días.

3.7.6. Número de flores

Se tomaron todas las plantas por tratamientos, se contó el número de flores presentes en el total de inflorescencia en cada planta.

3.7.7. Días a floración

Esto se determinó por observación directa en cada tratamiento considerando el período desde la fecha del trasplante hasta que el 50% de las plantas en todos los tratamientos habían florecido

3.7.8. *Números de frutos cuajados*

De todas plantas por tratamientos se contaron los frutos cuajados en cada planta.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. *Recursos humanos*

Las personas que participaron en la presente investigación son las siguientes:

- Erika Paulina Carpio Mora (Autora del Proyecto de Investigación)
- Dra. Shailili Mercedes Moreno Morales (Auspicio del Proyecto de Investigación)

3.8.2. *Materiales de campo*

Tabla 4

Materiales de campo que se utilizaron en la investigación

Material	Cantidad
Fundas agronómicas	120
Sustrato de cáscara de cacao (kg)	45
Sustrato (suelo) (kg)	288
Semillas de pimiento	120
Bandeja de germinación	1

Elaborado: Autora

3.8.3. *Materiales de laboratorio*

Tabla 5

Materiales de laboratorio que se utilizaron en la investigación

Material	Cantidad
Balanza analítica	1
Embudo de vidrio	1
Frasco de vidrio de 1800 Ml	3
Matraz	3
Papel filtro	9
Probeta de vidrio	1
Papel aluminio (rollo)	1
Guantes	2
Etanol (L.)	2
Éter de petróleo (L.)	2
Acetona (L.)	2
Elaborado: Autora	

3.8.4. *Materiales de oficina*

Tabla 6

Materiales de oficina que se utilizaron en la investigación

Material	Cantidad
Computadora	1
Calculadora	1
Cuaderno de apuntes	1
Carpeta	1
Lapiceros	1
Impresora	1
Resma de hojas A4	1
Elaborado: Autora	

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de parámetros físicos-químicos del suelo

4.1.1. Suelo sin material vegetal (T0)

Después de enviar la muestra de la tierra (T0) al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de la Estación Experimental “Pichilingue” se llevó a cabo una evaluación del estado nutricional y acidez del suelo, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Parámetros físico – químicos del Suelo sin material vegetal (T0)

Parámetro	Valor
pH	6.5 Lac
Ppm	
NH ₄	26 M
P	22 A
S	12 M
Zn	3.8 M
Cu	4.6 A
Fe	205 A
Mn	2.9 B
B	0.86 M
Meq/100ml	
K	1.03 A
Ca	8 M
Mg	1.3 M
% M.O.	4.5 M
Relaciones	
Ca/Mg	6.1
Mg/K	1.26
Ca+Mg/K	9.03
Textura	
Arena	37%
Limo	53%
Arcilla	10%
Clase textural	Franco-Limoso

LAc = Ligeramente ácido, B = Bajo, M = Medio, A = Alto, M.O = Materia Orgánica

El suelo analizado tiene algunas características positivas, como un pH ligeramente ácido que es óptimo para algunos cultivos de hortalizas, un contenido moderado de materia orgánica y una textura franco-limosa es un punto a favor, ya que es adecuada para el crecimiento de una amplia variedad de cultivos. Sin embargo, hay desafíos en cuanto a los niveles esenciales como fósforo, potasio, magnesio y calcio lo que precisa de ajustes en las enmiendas nutricionales específicas. Con un manejo adecuado y la atención a estas deficiencias, el suelo puede ser adecuado para una diversificación de cultivos, pero requiere de una atención más precisa para optimizar su productividad.

Albecondas *et al.* (46) mencionan que, la presencia o ausencia de materia vegetal en el suelo puede variar según la ubicación geográfica y las prácticas de manejo del suelo, en la agricultura es común enmendar los suelos con materia orgánica, como compost o estiércol para mejorar las propiedades del suelo y fomentar el crecimiento de plantas saludables.

4.1.2. Suelo con material vegetal (T3)

Posteriormente se envió la muestra de la tierra (T3) al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de la Estación Experimental “Pichilingue” se llevó a cabo una evaluación del estado nutricional y acidez del suelo, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8
Parámetros físico – químicos del Suelo con material vegetal (T3)

Parámetro	Valor
pH	8.2 MeAl
Ppm	
NH ₄	21 M
P	41 A
S	115 A
Zn	10.8 A
Cu	9.2 A
Fe	209 A
Mn	124.6 A
B	0.30 B
Meq/100ml	
K	7.06 A

Ca	16 A
Mg	4.1 A
% M.O.	7.8 A
Relaciones	
Ca/Mg	3.9
Mg/K	0.58
Ca+Mg/K	2.85
Textura	
Arena	40%
Limo	50%
Arcilla	10%
Clase textural	Franco-Limoso
<i>MeAl = Medianamente alcalino, B = Bajo, M = Medio, A = Alto, M.O = Materia Orgánica</i>	

El suelo bajo análisis presenta en líneas generales un ambiente adecuado para el cultivo de una variada gama de plantas. No obstante, es fundamental considerar las preferencias específicas del pH de las distintas plantas, ya que algunas pueden requerir un ajuste en el nivel de acidez del suelo para desarrollarse. Además, es esencial prestar atención a la necesaria armonización de las relaciones de calcio, magnesio y potasio, asegurando un acceso equitativo de estos nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal.

En particular, se destaca la importancia de la posible suplementación con boro, dado que su nivel en el suelo es relativamente bajo, y su ausencia puede llevar a deficiencias nutricionales en las plantas. Asimismo, la abundante presencia de materia orgánica en el suelo representa un factor sumamente positivo, ya que contribuye a la capacidad de retención de agua, mejora la estructura del suelo y proporciona una fuente continua en nutrientes a medida que la materia orgánica se descompone. Con una gestión adecuada, considerando las necesidades específicas de las plantas y realizando ajustes precisos, este suelo alberga un potencial considerable para el éxito en la agricultura, garantizando cosechas fructíferas y suelos saludables a lo largo del tiempo.

Alarcón *et al.* (47) describen que, la materia vegetal en el suelo es fundamental para mejorar la fertilidad, la estructura y la salud del suelo, lo que a su vez beneficia el crecimiento de las plantas y la sostenibilidad del ecosistema, es importante gestionar y mantener un equilibrio adecuado de materia orgánica en el suelo para optimizar su rendimiento agrícola y ecológico.

4.2. Obtención de los extractos

Una vez realizada la extracción del material vegetal seco (829.8 g de cáscara de cacao), se obtuvieron tres extractos de distintas polaridades figura 1, cuyas características generales se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Masa y rendimiento en la obtención de los extractos de cáscaras de cacao

Extracto	Solvente de extracción	Masa de material inicial (g)	Masa del extracto (g)	% de rendimiento en la extracción
EE	Etanol (polar)	276.6	3.15	1.13
EEP	Éter de petróleo (baja polaridad)	276.6	1.06	0.38
EA	Acetona (polaridad intermedia)	276.6	1.75	0.61

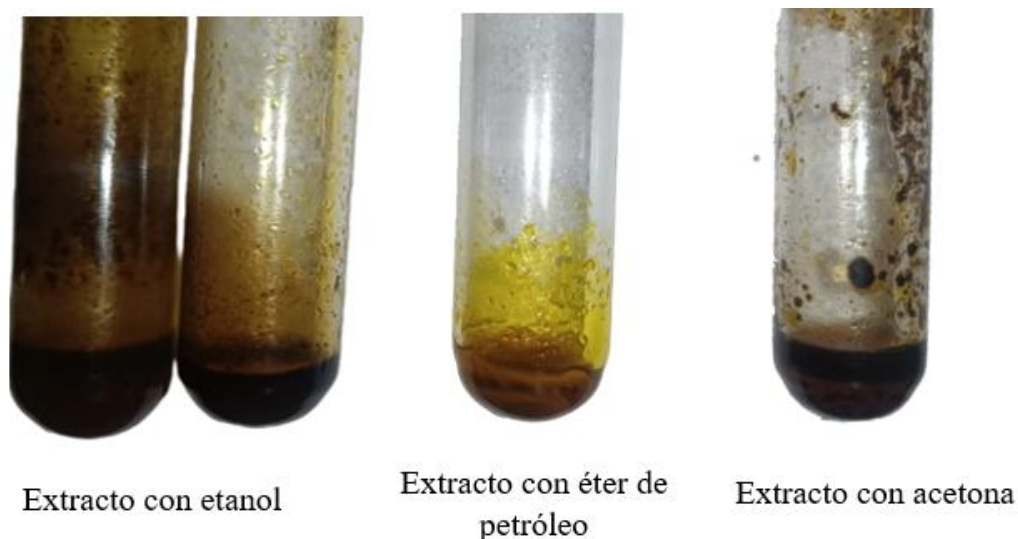
EE = Extracto de etanol, EEP = Extracto éter de petróleo, EA = Extracto de acetona

El mayor porcentaje que se obtuvo en el extracto etanólico fue de 1.13% lo cual implica que los compuestos que forman parte de la cáscara de cacao, en su mayoría son compuesto de alta polaridad, y por eso se disuelve con mayor facilidad ya que es un solvente de alta polaridad, los que están en una proporción media son los compuestos de polaridad intermedia con un rendimiento de 0.61% y el que resultó ser el más bajo con el 0.38% fue el de éter de petróleo, cabe recalcar que los lípidos como metabolitos se disuelven mejor en este solvente encontrando así los lípidos totales del material vegetal.

Murcia y Castañeda (48) en su investigación mencionan que en promedio, las cáscaras de los frutos representaron el 82.95% del peso total de los frutos de cacao recolectados en los tres municipios, la cantidad de fenoles totales osciló entre 129.91 y 42.62 mg de equivalentes de ácido gálico por gramo, la capacidad antioxidante frente al radical DPPH (1,1-difenil-2picril-hidrazilo) varió en un rango de 4.92 a 12.32 mg/ml en función del IC50, se observó una correlación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante, dependiendo del método de extracción, cuantificación y análisis utilizados.

Figura 1

Aspectos de los distintos extractos



4.3. Identificación de los metabolitos

4.3.1. Metabolitos primarios

Se identificaron los metabolitos primarios en los extractos EE, EEP y EA de las cáscaras de cacao, mediante la técnica de espectroscopia infrarroja y métodos de identificación más efectivos, lo cual facilitó la clasificación de algunos de los componentes químicos, cuyos resultados se presentan en las Tablas siguientes, y en las Figuras 2, 3, 4 de los espectros.

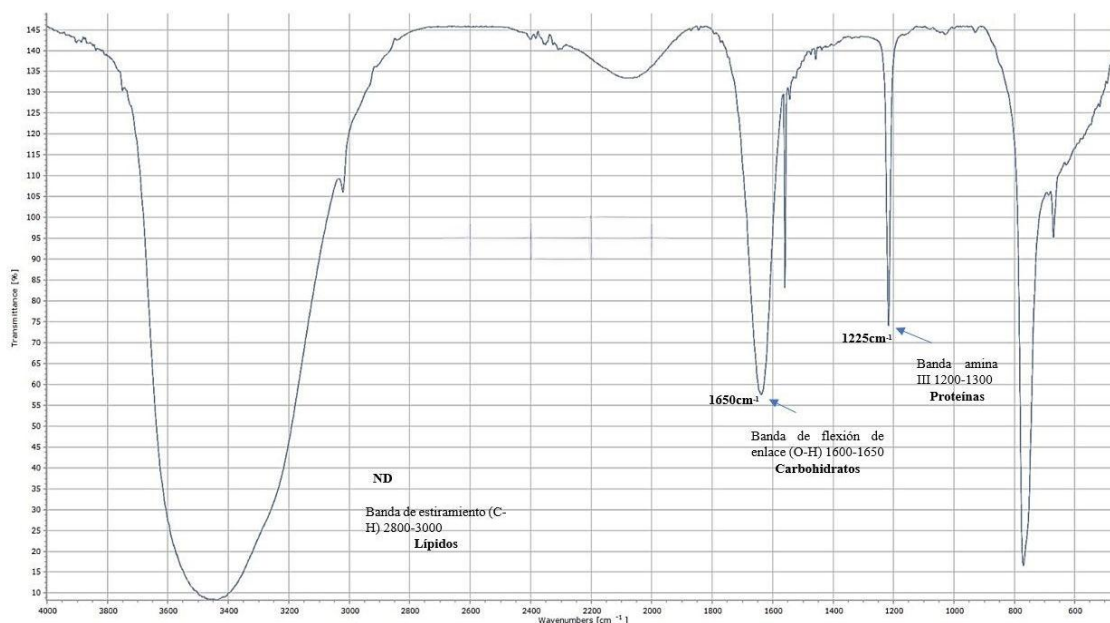
Tabla 10

Identificación de grupos funcionales por metabolito en el extracto EE (Extracto de Etanol)

Metabolitos	Señales teóricas (cm ⁻¹)	Bandas en el extracto (cm ⁻¹)
Proteínas	Banda amina I 1600-1700	Banda amina III 1200-1300
	Banda amina II 1500-1600	
	Banda amina III 1200-1300	
Carbohidratos	Banda de estiramiento (O-H) 3200-3600	Banda de flexión de enlace (O-H) 1600-1650
	Banda de estiramiento (C-H) 2800-3000	
	Banda de flexión de enlace (O-H) 1600-1650	
Lípidos	Banda de estiramiento (C-H) 2800-3000	No hay presencia de ninguna banda
	Banda de estiramiento (C=H) 1700-1750	
	Banda de flexión (C-H) 1350-1470	

Figura 2

Espectro IR del extracto de etanol en MP



Souza *et al.* (49) mencionan que, el extracto de etanol en la cáscara de cacao puede contener varios grupos funcionales en forma de metabolitos y compuestos químicos como los alcaloides en la cáscara de cacao, los alcaloides más conocidos son la teobromina y la cafeína, los lípidos en la cáscara de cacao pueden incluir ácidos grasos como el ácido oleico, ácido esteárico y ácido palmítico y los carbohidratos pueden estar presentes en forma de azúcares simples, como la glucosa y la fructosa, así como polisacáridos como la celulosa, además de la teobromina y la cafeína, pueden encontrarse otras aminas, como la tiramina y la feniletilamina.

Tabla 11

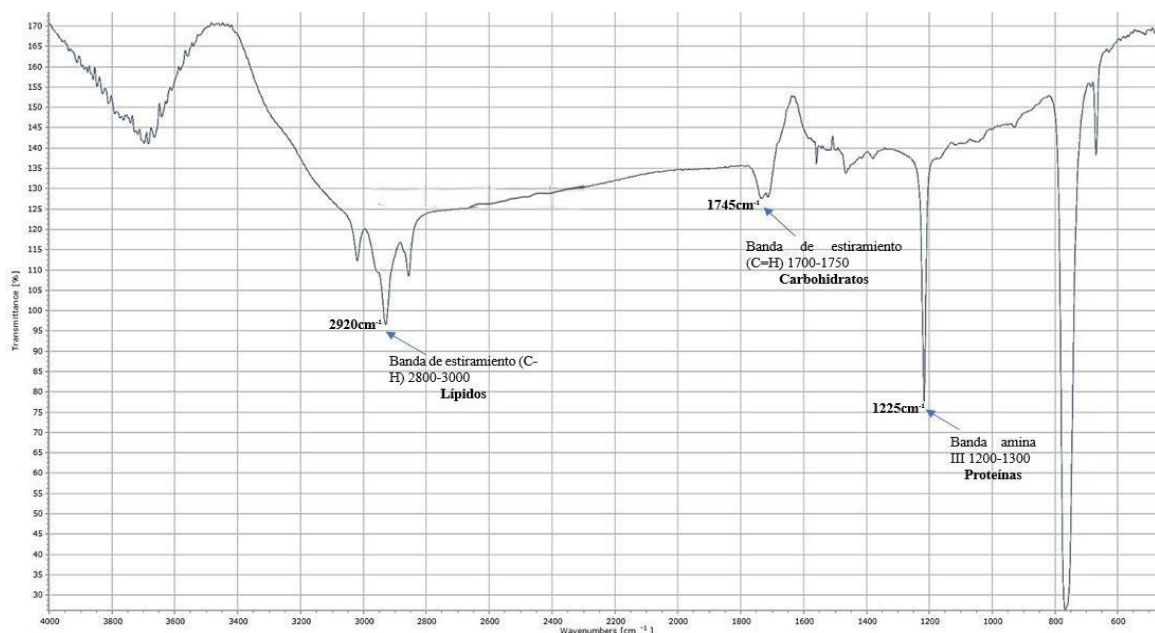
Identificación de grupos funcionales por metabolito en el extracto EEP (Extracto Éter de Petróleo)

Metabolitos	Señales teóricas (cm ⁻¹)	Bandas en el extracto (cm ⁻¹)
Proteínas	Banda amina I 1600-1700	Banda amina III 1200-1300
	Banda amina II 1500-1600	
	Banda amina III 1200-1300	
Carbohidrato	Banda de estiramiento (O-H) 3200-3600	Banda de estiramiento (C=H) 1700-1750
	Banda de estiramiento (C-H) 2800-3000	
	Banda de estiramiento (C=H) 1700-1750	

Lípidos	Banda de estiramiento (C-H) 2800-3000	Banda de estiramiento (C-H) 2800-3000
	Banda de estiramiento (C=H) 1700-1750	
	Banda de estiramiento (O-H) 3200-3600	

Figura 3

Espectro IR del extracto de éter de petróleo en MP



Klingel *et al.* (50) estipulan que, en el caso de la cáscara de cacao, uno de los metabolitos primarios que se puede extraer con éter de petróleo es la grasa o lípidos, la cáscara de cacao contiene grasas y aceites, que son ricos en ácidos grasos, triglicéridos y otros lípidos, estos lípidos son uno de los componentes principales de la cáscara de cacao, y su extracción con éter de petróleo es común para su posterior análisis o uso en la industria alimentaria y cosmética.

Tabla 12

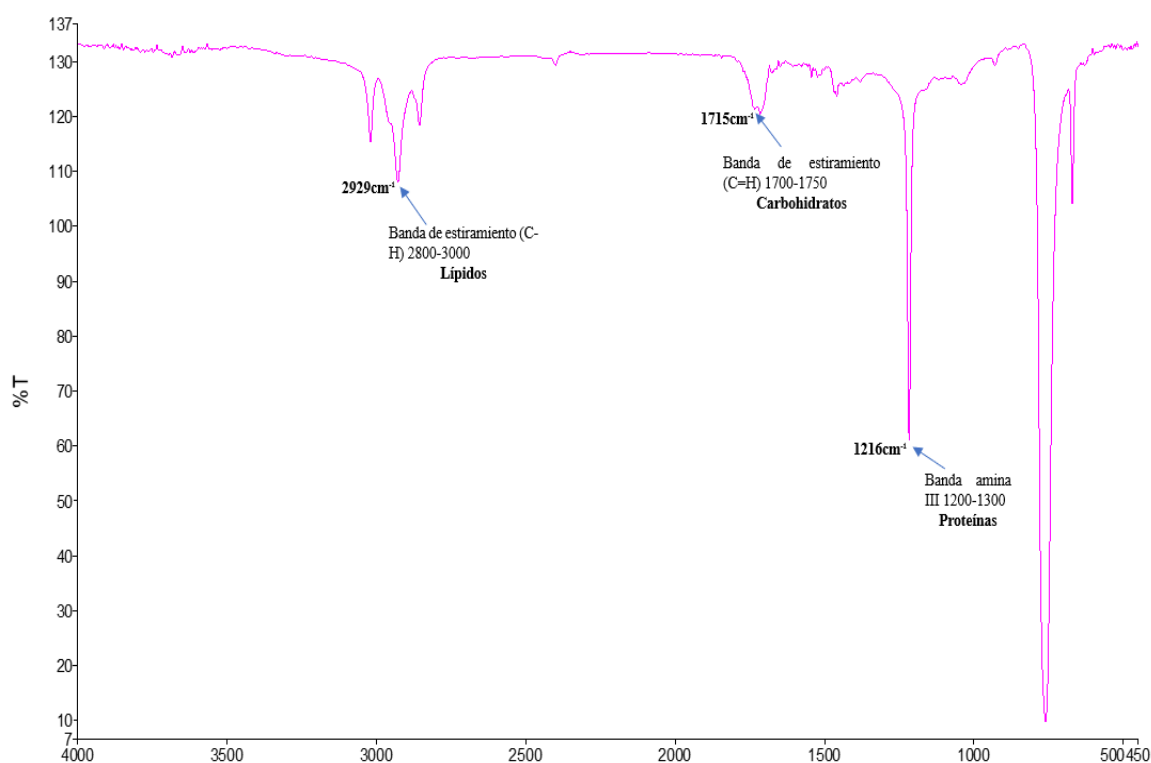
Identificación de grupos funcionales por metabolito en el extracto EA (Extracto de Acetona)

Metabolitos	Señales teóricas (cm⁻¹)	Bandas en el extracto (cm⁻¹)
Proteínas	Banda amina I 1600-1700	Banda amina II 1200-1300
	Banda amina II 1500-1600	
	Banda amina III 1200-1300	

Carbohidratos	Banda de estiramiento (O-H) 3200-3600	
	Banda de estiramiento (C-H) 2800-3000	Banda de estiramiento (C-H)
	Banda de flexión de enlace (O-H) 1600-1650	1700-1750
Lípidos	Banda de estiramiento (C-H) 2800-3000	
	Banda de estiramiento (C=H) 1700-1750	Banda de estiramiento (C-H)
	Banda de estiramiento (O-H) 3200-3600	2800-3000

Figura 4

Espectro IR del extracto de acetona en MP



Según Iriondo *et al.* (51) describen que, la extracción de estos metabolitos primarios de las cáscaras de cacao utilizando acetona u otros disolventes es una técnica común en la investigación de productos naturales y puede tener aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, estos compuestos extraídos pueden ser utilizados en la fabricación de productos como extractos de cacao, suplementos nutricionales, o en la elaboración de productos de belleza, dependiendo de su composición química y sus propiedades.

Cerda *et al.* (52) mencionan que, la cáscara de cacao es la parte externa del grano de cacao, contiene una cantidad significativa de proteínas, aunque en menor cantidad en comparación con el interior del grano de cacao, la extracción de proteínas de la cáscara de cacao con acetona u otros disolventes es una técnica común en la investigación y la industria alimentaria.

4.3.2. Metabolitos secundarios

Mediante análisis de espectroscopía infrarroja de los extractos, se logró identificar los posibles metabolitos secundarios en los extractos EE, EEP y EA de las cáscaras de cacao, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13

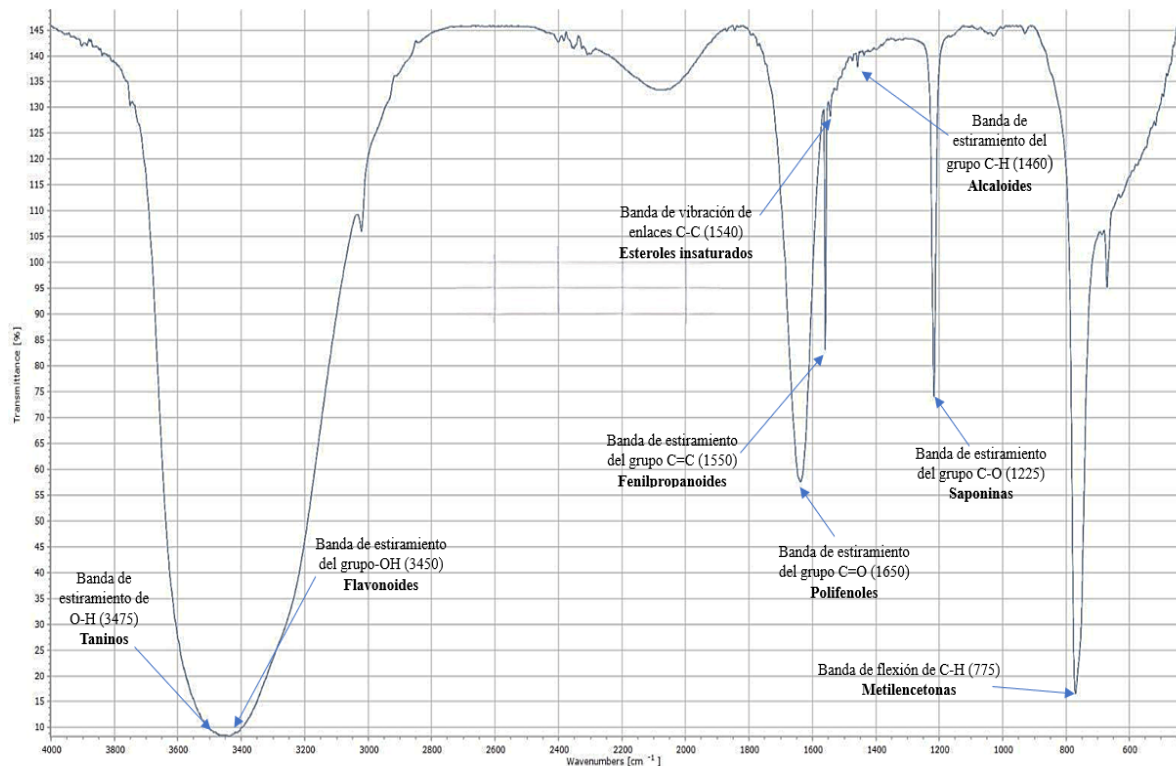
Identificación de la presencia de metabolitos secundarios por medio de señales IR en el EE (Extracto de Etanol)

Metabolitos	Señales teóricas (cm ⁻¹)	Bandas en extracto	Extracto EE
Saponinas	Banda de estiramiento del grupo C-O (1000-1300)	Banda de estiramiento del grupo C-O (1225)	+
Flavonoides	Banda de estiramiento del grupo-OH (3300-3500)	Banda de estiramiento del grupo-OH (3450)	+
Glicósidos cardiotónicos	Banda de estiramiento del grupo C=O (1700-1800)	Ausencia	-
Glicósidos cianogénicos	Banda de estiramiento del grupo C≡N (cianuro) (2100-2260)	Ausencia	-
Polifenoles	Banda de estiramiento del grupo C=O (1650-1750)	Banda de estiramiento del grupo C=O (1650)	+
Taninos	Banda de estiramiento de O-H (3200-3600)	Banda de estiramiento de O-H (3475)	+
Antraquinonas	Banda de estiramiento del grupo C=O (1700-1720)	Ausencia	-
Alcaloides	Banda de estiramiento del grupo C-H (1400-1500)	Banda de estiramiento del grupo C-H (1460)	+
Esteroles insaturados	Banda de vibración de enlaces C-C (1400-1600)	Banda de vibración de enlaces C-C (1540)	+
Triterpenos pentacíclicos	Banda de estiramiento del grupo C-H alifático (2800-3000)	Ausencia	-
Cumarinas	Banda de estiramiento del grupo C-C (1300-1500)	Ausencia	-
Metilencetonas	Banda de flexión de C-H (700-900)	Banda de flexión de C-H (775)	+

Fenilpropanoides	Banda de estiramiento del grupo C=C (1500-1600)	Banda de estiramiento del grupo C=C (1550)	+
Presente (+), Ausente (-)			

Figura 5

Espectro IR del extracto de etanol en MS



Venegas (53) describe que, la presencia y la concentración de estos metabolitos secundarios pueden variar según la variedad de cacao y las condiciones de crecimiento, los extractos de etanol de la cáscara de cacao se utilizan en investigaciones y aplicaciones industriales para aprovechar estos compuestos bioactivos con fines farmacéuticos, alimentarios y cosméticos, entre otros la identificación y cuantificación específica de estos metabolitos secundarios se pueden realizar a través de técnicas analíticas, como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) o la espectrometría de masas.

Jiménez y Tomas (54) describen que, la cáscara de cacao es rica en una variedad de metabolitos secundarios que pueden tener propiedades antioxidantes, antimicrobianas y otras aplicaciones potenciales. Algunos de los metabolitos secundarios comunes que se encuentran en el extracto de etanol de la cáscara de cacao incluyen: teobromina, polifenoles,

taninos, ácido gálico, proantocianidinas, feniletilamina, ácido cafeico y fenoles no flavonoides.

Tabla 14

Identificación de la presencia de metabolitos secundarios por medio de señales IR en el EEP (Extracto Éter de Petróleo)

Metabolitos	Señales teóricas (cm ⁻¹)	Bandas en extracto	Extracto EEP
Saponinas	Banda de estiramiento del grupo C-O (1000-1300)	Banda de estiramiento del grupo C-O (1225)	+
Flavonoides	Banda de estiramiento del grupo(-OH) 3300-3500	Ausencia	-
Glicósidos cardiotónicos	Banda de estiramiento del grupo C=O (1700-1800)	Banda de estiramiento del grupo C=O (1745)	+
Glicósidos cianogénicos	Banda de estiramiento del grupo C≡N (cianuro) (2100-2260)	Ausencia	-
Polifenoles	Banda de estiramiento del grupo C=O (1650-1750)	Ausencia	-
Taninos	Banda de estiramiento de O-H (3200-3600)	Ausencia	-
Antraquinonas	Banda de estiramiento del grupo C=O (1650-1800)	Ausencia	-
Alcaloides	Banda de estiramiento del grupo C=O (1700-1720)	Ausencia	-
Esteroles insaturados	Banda de vibración de enlaces C-C (1400-1600)	Banda de vibración de enlaces C-C (1490)	+
Triterpenos pentacíclicos	Banda de estiramiento del grupo C-H alifático (2800-3000)	Banda de estiramiento del grupo C-H alifático (2929)	+
Cumarinas	Banda de estiramiento del grupo C-C (1300-1500)	Banda de estiramiento del grupo C-C (1390)	+
Metilencetonas	Banda de flexión de C-H (700-900)	Banda de flexión de C-H (785)	+
Fenilpropanoides	Banda de estiramiento del grupo C=C (1500-1600)	Banda de estiramiento del grupo C=C (1575)	+

Presente (+), Ausente (-)

Baena y García (55) estipulan que, en la cáscara de cacao, también se pueden encontrar diversos metabolitos secundarios, para identificar metabolitos secundarios en extractos de éter de petróleo de cáscara de cacao, se pueden utilizar una combinación de técnicas analíticas algunos metabolitos secundarios que podrían estar presentes en la cáscara de cacao.

Ordaz *et al.* (56) describen que, los polifenoles son compuestos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, la espectroscopía UV-Vis y HPLC son útiles para su identificación, la espectroscopía de masas y la cromatografía de gases pueden ayudar a identificar a los terpenoides, los taninos se pueden identificar mediante técnicas como la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) y cromatografía y las saponinas se identifican a través de la cromatografía y la espectroscopía UV-Vis.

Figura 6
Espectro IR del extracto de éter de petróleo en MS

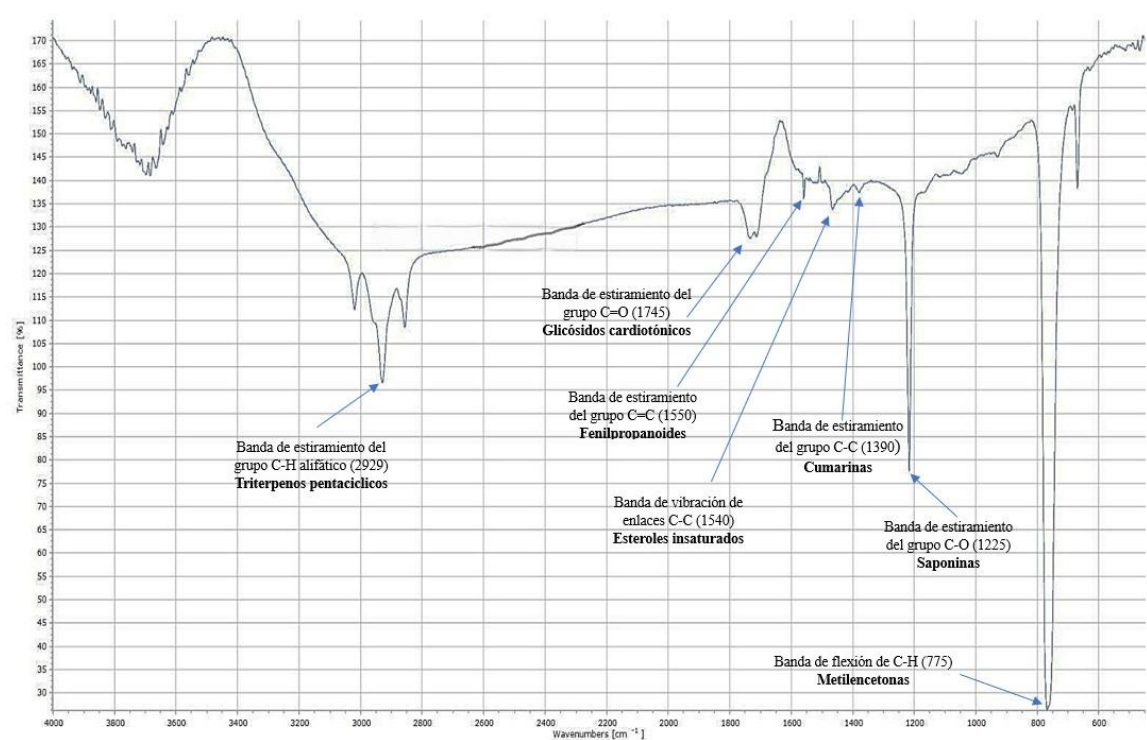


Tabla 15
Identificación de la presencia de metabolitos secundarios por medio de señales IR en el EA (Extracto de Acetona)

Metabolitos	Señales teóricas (cm ⁻¹)	Bandas en extracto	Extracto EA
Saponinas	Banda de estiramiento del grupo C-O (1000-1300)	Banda de estiramiento del grupo C-O (1216)	+
Flavonoides	Banda de estiramiento del grupo(-OH) 3300-3500	Ausencia	-

Glicósidos cardiotónicos

	Banda de estiramiento del grupo C=O (1700-1800)	Banda de estiramiento del grupo C=O (1715)	+
Glicósidos cianogénicos	Banda de estiramiento del grupo C≡N (cianuro) (2100-2260)	Ausencia	-
Polifenoles	Banda de estiramiento del grupo C=O (1650-1750)	Ausencia	-
Taninos	Banda de estiramiento de O-H (3200-3600)	Ausencia	-
Antraquinonas	Banda de estiramiento del grupo C=O (1700-1720)	Ausencia	-
Alcaloides	Banda de vibración de enlaces C-N (1000-1300)	Ausencia	-
Esteroles insaturados	Banda de vibración de enlaces C-C (1400-1600)	Banda de vibración de enlaces C-C (1458)	+
Triterpenos pentacíclicos	Banda de estiramiento del grupo C-H alifático (2800-3000)	Banda de estiramiento del grupo C-H alifático (2929)	+
Cumarinas	Banda de estiramiento del grupo C-C (1300-1500)	Ausencia	-
Metilencetonas	Banda de flexión de C-H (700-900)	Banda de flexión de C-H (758)	+
Fenilpropanoides	Banda de estiramiento del grupo C=C (1500-1600)	Ausencia	-

Presente (+) , Ausente (-)

Arvelo *et al.* (57) estipulan que, los metabolitos secundarios son compuestos químicos producidos por las plantas que no son esenciales para su crecimiento o reproducción, pero a menudo desempeñan un papel en la interacción planta-ambiente, en el caso de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), una planta ampliamente conocida por ser la fuente de granos de cacao utilizados para hacer chocolate, también se han identificado varios metabolitos secundarios en la cáscara.

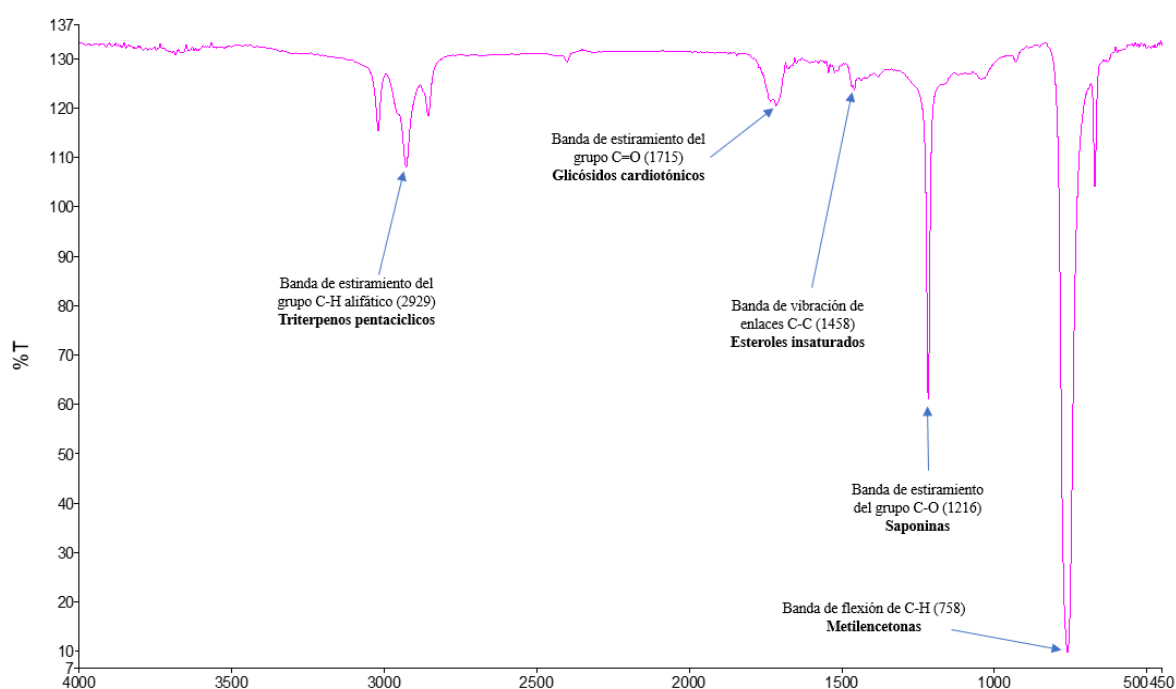
Barbosa *et al.* (58) mencionan que algunos de los metabolitos secundarios que se han identificado en la cáscara de cacao se han encontrado alcaloides como la teobromina y la teofilina, los taninos están presentes en la cáscara de cacao y pueden contribuir al sabor y astringencia del chocolate, algunos flavonoides se han identificado en la cáscara de cacao y

pueden tener beneficios para la salud, los fenilpropanoides incluyen ácido cafeico y ácido ferúlico, que son antioxidantes y pueden desempeñar un papel en la defensa de la planta.

Boolani *et al.* (59) describen que la acetona es un solvente eficaz para extraer una variedad de compuestos de la planta, y se utiliza en la industria para obtener extractos de cáscara de cacao que se pueden utilizar en la fabricación de productos relacionados con el chocolate.

Figura 7

Espectro IR del extracto de acetona en MS



4.4. Altura de planta

De acuerdo con el análisis de varianza y la prueba de Tukey ($P > 0.05$) la influencia de la aplicación del fitonutriente en la altura de las de pimiento cultivadas en un entorno de invernadero, evaluadas a los 15, 30 y 45 días después del trasplante, muestran diferencias significativas con dos rangos de distribución.

Según se muestra en la tabla 16, el T0 obtuvo el mayor promedio, con una altura media de 15,38 cm, mientras que los otros tratamientos obtuvieron unas medias de 13,53 cm, 13,60 cm y 13,25 cm (T1, T2 y T3). A los 30 días, el T0 registró la mayor altura promedio con una

media de 21.80 cm, mientras que los demás tratamientos lograron una altura promedio de 15,48 cm, 15,64 cm y 15,03 cm en los (T1, T2 y T3). La última medición de esta variable se llevó a los 45 días después del trasplante. En este punto, el T0 alcanzó la mayor altura promedio con 31,27 cm y los siguientes tratamientos registraron alturas promedias de 22,20 cm, 22,34 cm y 20,19 cm en los tratamientos (T1, T2 y T3).

Tabla 16

Valores promedios y coeficientes de variación de altura de plantas (cm) a los 15, 30 y 45 días

Trat*	15 días	30 días	45 días
T0	15,38 a	21,80 a	31,27 a
T1	13,53 b	15,48 b	22,20 b
T2	13,60 b	15,64 b	22,34 b
T3	13,25 b	15,03 b	20,19 b
C.V	11,69%	12,49%	11,76%

Vásquez (60) en su investigación de abonos orgánicos sobre la producción del híbrido de pimiento a los 15 días, el T2 (biol) fue el que obtuvo el mayor promedio con una media de 13.88 cm a los 30 días, el T4 (control) obtuvo con una media de 90.63 cm en la última toma de datos a los 45 días el T1 (humus) obtuvo el mejor promedio con 92.5 cm; sin embargo, en la presente investigación con el uso de la cáscara de cacao en polvo como un fitonutriente para el suelo se obtuvo a los 15 días una altura de 15.38 cm (tratamiento control) a los 30 y 45 días el tratamiento control mostró un mayor desarrollo de 21.80 cm y 31.27 cm a diferencia de los tratamientos evaluados que mostraron un menor crecimiento de la planta.

Li *et al.* (61) mencionan que, los fitonutrientes son compuestos químicos naturales que se encuentran en las plantas y que desempeñan una variedad de funciones en el organismo vegetal, aunque, su papel principal es proteger a las plantas de factores estresantes como las plagas, las enfermedades y la radiación ultravioleta, también pueden tener efectos beneficiosos en el crecimiento de las plantas.

Khoo *et al.* (62) describen que algunos fotoquímicos, como las auxinas, giberelinas y citoquininas, pueden estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas al influir en la

elongación de las células, la división celular y la diferenciación de tejidos, los fitonutrientes también pueden ayudar a las plantas a sobrellevar el estrés abiótico, como la sequía, el frío o el calor extremo, los fotoquímicos, como los polifenoles, pueden actuar como antioxidantes y proteger a las plantas de los daños causados por el estrés oxidativo, también pueden influir en la disponibilidad de nutrientes en el suelo esto puede mejorar la nutrición de las plantas y, en consecuencia, su crecimiento.

4.5. Diámetro de tallo

Respecto a la variable diámetro de tallo de acuerdo al análisis de varianza y la prueba de Tukey ($P > 0.05$), presentó tres rangos de distribución donde se muestran diferencias significativas a los 15, 30 y a los 45 días dos rangos después del trasplante. Conforme a los datos presentados en la tabla 17, observamos los valores promedios y los coeficientes de variación, el T0 a los 15 días destaco un promedio alto en diámetro de 3,20 mm, seguido del tratamiento T1 con un promedio de 3,08 mm, en contraste con los demás tratamientos (T2 y T3) que obtuvieron un promedio de 3,02 mm y 2,99 mm respectivamente.

Al llegar a los 30 días, nuevamente el T0 lideró con un promedio de 4,01 mm, continuamente el T1 con un promedio de 3,72 mm, en comparación con los demás tratamientos (T2 y T3) que mantuvieron promedios de 3,50 mm y 3,43 mm. La última medición de esta variable se realizó a los 45 días, momento en el cual el T0 continuó liderando con un promedio de diámetro de 5,22 mm, mientras que los otros tratamientos (T1, T2 y T3) alcanzaron promedio de 4,26 mm, 4,21 mm y 4.00 mm

Tabla 17

Valores promedios y coeficientes de variación del diámetro de plantas (mm) a los 15, 30 y 45 días

Trat*	15 días	30 días	45 días
T0	3,20 a	4,01 a	5,22 a
T1	3,08 ab	3,72 ab	4,26 b
T2	3,02 b	3,50 b	4,21 b
T3	2,99 b	3,43 b	4,00 b
C.V	7,87%	15,16%	9,28%

Elein *et al.* (63) en su investigación de bioproductos en la nutrición mineral del pimiento a los 35 dds (días después de la siembra) obtuvo un diámetro de 8,4 mm con la aplicación de bionutrientes y quitosano, los bionutrientes desempeñan un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de las plantas y son esenciales para su salud, en la presente investigación el tratamiento control (suelo sin materia vegetal) presentó los mejores resultados a los 45 dds (días después de la siembra) de 5.22 mm, la disponibilidad de nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio puede influir en el crecimiento de la planta y, en consecuencia, en el grosor del tallo un suministro equilibrado de nutrientes es esencial.

4.6. Días a floración

Para determinar el efecto de las diferentes dosis del fitonutriente sobre el cultivo de pimiento, se utilizó como variable días a floración para que el 50% de cada tratamiento florezca después del trasplante y se determinó la fecha en que las plántulas de pimiento fueron trasplantadas, de acuerdo a la tabla 18 se observó que el T0 al cual no se le aplicó el material vegetal floreció a los 31 días, por su parte el T1 al que se le aplicó el 10% del material vegetal le tomó un poco de tiempo al florecer a los 38 días, asimismo ocurrió con los tratamientos (T2 y T3) que le llevo más tiempo en florecer.

Tabla 18

Tiempo de floración de los tratamientos

Trat*	Floración (%)	Fecha de trasplante	Fecha de floración	Días transcurridos
T0	50	14/08/2023	15/09/2023	31
T1	50	14/08/2023	22/09/2023	38
T2	50	14/08/2023	25/09/2023	41
T3	50	14/08/2023	02/10/2023	48

Según Vásquez (60) observó en su investigación que el T1 aplicando humus como abono orgánico floreció a los 27 días, también al T4 aplicado abono químico le tomó los mismos 27 días, por su parte el T3 aplicada gallinaza le tomó mucho más tiempo que los demás para alcanzar el 50 % de floración con 35 días después de realizado el trasplante.

Terry *et al.* (64) describen que, los fitonutrientes en el humus no solo benefician a las plantas, sino que también pueden tener un impacto positivo en la calidad de los alimentos cultivados en suelos ricos en materia orgánica, el humus del suelo puede contener fitonutrientes que son beneficiosos para las plantas ya que pueden influir en la salud de las plantas y en la calidad de los alimentos cultivados en suelos ricos en materia orgánica.

4.7. Número de flores

De acuerdo con el análisis de varianza para evaluar el impacto del fitonutriente en el proceso de floración, como se muestra en la Tabla 19 revelo diferencias estadísticas significativas según el análisis de Tukey ($P < 0.05$), con cuatro rangos de distribución.

Al comparar la floración de las plantas que no fueron sometidas a la aplicación del fitonutriente en comparación con aquellas que, si lo recibieron, es importante destacar que el T0, que no recibió la aplicación, mostro un promedio de 5,10 flores/planta. Seguido del T1, que recibió una dosis baja del 10% de fitonutriente y registro un promedio de 4,13 flores, en contraste con los tratamientos T2 y T3, que se le aplicó un 15% y 20% del material vegetal y mostraron promedio bajo de 2,90 y 1,93 en el proceso de floración.

Tabla 19

Valores promedios y coeficiente de variación de números de flores por planta en cada tratamiento

Trat*	Número de flores por planta
T0	5.10 a
T1	4.13 b
T2	2.90 c
T3	1.93 d
C.V	21.67%

Vera (65) al evaluar diferentes abonos orgánicos los cuales contienen fitonutrientes observó que el híbrido con mayor inflorescencia y mayor número de frutos fue el California Wonder abonado con humus alcanzando unas 60 flores/planta, y 13,5 frutos promedio, mayor longitud del fruto y mayor peso, a diferencia de nuestra investigación obteniendo 5,10 flores.

Reyes *et al.* (66) estipulan que una planta de pimiento puede producir múltiples flores a lo largo de su ciclo de crecimiento, algunas flores pueden no desarrollarse en frutos y caer, mientras que otras se convertirán en pimientos, la cantidad de flores que una planta de pimiento puede producir depende de factores como la salud de la planta, la disponibilidad de nutrientes, la luz, la temperatura y la humedad.

4.8. Número de frutos cuajados

Por consiguiente, el análisis de variabilidad para valorar el efecto del fitonutriente en el número de frutos cuajados, como se detalla en la tabla 20, se identificaron diferencias estadísticas significativas de acuerdo con el análisis de Tukey ($P < 0.05$), dividiendo los datos en cuatro rangos distintos, el T0 el que no se le aplicó el material vegetal tuvo el mayor promedio de números de frutos cuajados con un valor de 4,93 en comparación a los demás tratamientos T1, T2 y T3 que se le aplicó el fitonutriente obtuvieron promedios bajos de 3,87, 2,80 y 1,80 frutos cuajados por planta.

Tabla 20

Valores promedios y coeficiente de variación números de frutos cuajados por planta en cada tratamiento

Trat*	Número de frutos cuajados
T0	4,93 a
T1	3.87 b
T2	2,80 c
T3	1,80 d
C.V	20,31%

Vera (65) con el uso de tres abonos orgánicos en el cultivo de pimiento obtuvo un número de frutos por planta abonadas con 10 l/ha⁻¹ de Humus de 12 frutos, respectivamente al ser comparadas con los tratamientos de 45 l/ha⁻¹ de Biopurín obtuvo un promedio de 11 frutos por planta y 30 l/ha⁻¹ de Fertiagro obtuvo un cociente de 10,6 frutos por planta.

Alvarado (67) menciona que el éxito en el cuajado de frutos es crucial para obtener una buena cosecha de pimientos, el cuajado se ve influenciado por varios factores, incluyendo las condiciones climáticas, la polinización y la salud de la planta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se identificaron señales de carbohidratos y proteínas en el extracto etanólico en las cáscaras de cacao, así como la presencia de saponinas, flavonoides, polifenoles, tanino, alcaloides, esteroides insaturados, metilencetonas, fenilpropanoides como metabolitos secundarios de este extracto.
- De igual manera se identificaron los metabolitos primarios (carbohidratos, proteínas y lípidos) en el extracto etéreo y acetónico; y ambos presentan similitud en el perfil de metabolitos secundarios (saponinas, glicósidos cardiotónicos, esteroides insaturados, triterpenos pentacíclicos, metilencetonas), diferenciando solo en la presencia de cumarinas y fenilpropanoides en el EEP y ausencia de los mismos en el EA.
- Con respecto a las variables de crecimiento, durante el desarrollo del cultivo, las plantas de pimiento presentan un incremento sostenido de su altura en cm, con un valor promedio de 15,38 cm, 21,80 cm y 31,27 cm para el T0, siendo este valor mayor que el obtenido en los otros 3 tratamientos. En cuanto al diámetro del tallo, se observan diferencias significativas, aunque cabe destacar el tratamiento T0 fue el mejor seguido del T1, se hizo evidente que los tratamientos con mayor cantidad de material vegetal influyo en el desarrollo de las plantas.
- En relación a los indicadores de floración y cuajado de frutos, la aplicación de fitonutrientes a base cascara de cacao al suelo tiene un efecto adverso en los parámetros que comúnmente se observan en el cultivo de pimiento, puesto que en los tratamientos en los cuales se realizó aplicación, se presentó un retraso en el tiempo a floración, un menor número de flores por planta y un menor número de frutos cuajados.
- De acuerdo con los resultados, a pesar de los nutrientes que aportan las cáscaras de cacao al suelo, existen otros factores no estudiados en esta investigación que provocan resultados inversos en los parámetros de productividad para el cultivo de pimiento.

5.2. Recomendaciones

Con base en los resultados, se recomienda para futuras investigaciones:

- Utilizar concentraciones bajas de cáscaras ya que se puede alterar el pH en suelos que son ligeramente ácidos para ensayar otros tratamientos.
- Probar la técnica de fermentación del material vegetal antes mezclar con el suelo a fin de verificar mejoras en la variabilidad de los metabolitos hacia el suelo.
- Ensayar el efecto sobre otro tipo de cultivo de hortalizas o cítricos que pueda requerir el aporte de metabolitos presentes en la cáscara de cacao.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas

1. Cedeño Guerra L, Héctor Ardisana EF, Torres García A, Fosado Téllez O. Respuestas del crecimiento y el rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido Nathalie a un lixiviado de vermicompost bovino. La Técnica: Revista de Las Agrociencias. ISSN 2477-8982, 01. 2020.
2. Pinto Mena MB. El cultivo del pimiento y el clima en el Ecuador. [Online].; 2013. Available from: <https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20del%20pimiento%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>.
3. Vásquez Reina A. Efecto de los abonos orgánicos sobre la producción del híbrido de pimiento (*Capsicum annuum*) Neymar bajo invernadero. Tesis de pregrado. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 2021.
4. Mysca AG. Mycsainc.com. [Online].; 2021. Available from: <https://mycsainc.com/newsletter/blog/2021/04/29/la-problematica-de-los-fertilizantes-sinteticos-fertilizantes-organicos-y-biofertilizantes-como-alternativa/>.
5. Mendoza-López A. EL MUNDO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) KAKAW (Maya), CACAHUATL (Nahuatl). Agro productividad. 2018; 4(2).
6. Zapata Bustamante S, Tamayo Tenorio A, Rojano BA. Efecto del Tostado Sobre los Metabolitos Secundarios y la Actividad Antioxidante de Clones de Cacao Colombiano: Effect of Roasting on the Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of Colombian Cocoa Clones. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín. 2015; 68(1): p. 7497-7507.
7. García Anzuategui O. Obtención de fibra de cacao alcalinizada a partir de la cascarilla de cacao ecuatoriano (*Theobroma cacao* L.) para reemplazo total o parcial de polvo de cacao en productos alimenticios. Tesis de grado. Quito: UCE. 2021.
8. Villamizar Jaimes , Rodríguez Guerrero S, León Castrillo L. Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51. Cuaderno Activa. 2016;(9): p. 65-75.

9. Villamizar-Jaimes AR, López-Giraldo LJ. Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: simulacion de una planta piloto para su extracion. Respuestas. 2017; 22(1): p. 75-83.
10. Pérez Laytón F, Pulido Molano NS. "Determinación experimental y modelamiento de los perfiles de extracción supercrítica para la obtención de compuestos bioactivos a partir de cáscara de cacao (Clon CCN-51)". Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander: Bucaramanga. 2014.
11. Tapia C. Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedad Arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión". [Tesis de Ingenieria en Alimentos] ed. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO; 2015.
12. Sailema R. "ABONO ORGÁNICO A BASE DE CASCARILLA DE CACAO PARA LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*)". Tesis de Ingenierio Agrónomo] ed. Guayaquil: UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR; 2021.
13. Landeta D, Alarcón I. El 47% de los suelos del Ecuador está degradado. El Comercio. 2020.
14. Masats J. Botanical-online. [Online].; 2019. Available from: <https://www.botanical-online.com/cultivo/abono-nutrientes-plantas>.
15. Belwal T, Devkota H, Ramola S, Andola H, Bhatt ID. Optimization of extraction methodologies and purification technologies to recover phytonutrients from food. Phytonutrients in Food. Elsevier Inc. 2020;; p. 2017-235.
16. Passen M. Micro Biio. Metabolitos primarios vs secundarios: definición, 12 diferencias, ejemplos. [Online].; 2021. Available from: <https://microbiio.info/metabolitos-primarios-vs-secundarios/>.
17. Tovar AK, Godínez LA, Espejel F, Ramírez-Zamora RM, Robles I. Optimization of the integral valorization process for orange peel waste using a design of experiments approach: Production of high-quality pectin and activated carbon. Waste Manag. 2019; 85: p. 202-2013.
18. Kazemi , Khodaiyan F, Hosseini , Najari N. An integrated valorization of industrial waste of eggplant: Simultaneous recovery of pectin, phenolics and sequential production of pullulan. Waste Management. 2019; 100: p. 101-111.

19. Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. AEFA. [Online].; 2021. Available from: <https://aeфа-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/fertilizante>.
20. Cotler H, Sotelo E, Domínguez J. La conservación de suelos: Un asunto de interés público. Revista Gaceta Ecológica. 2007; 83: p. 5-71.
21. Márquez K, Vega L, Alavarez L. Glosario de términos agronómicos. Primera ed. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco. 2021.
22. Rodríguez N, Chávez B, et al. El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. Revista Alianzas y Tendencias BUAP (AyTBUAP). 2022;; p. 1-16.
23. Zhunio B. “EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN EL MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) VARIEDADES: CCN-51 Y NACIONAL”. (Tesis de Ingeniero en Alimentos) ed. Quevedo: Universidad Técnica Estatal De Quevedo; 2020.
24. Castillo E, Alvarez C, Contreras Y. Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) Cosechados en Caucagua estado Miranda.Venezuela. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. 2018;; p. 95.
25. Díaz A, Ramón B, Moreno G. Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados. Revista de investigación, Desarrollo e Innovación. 2022; 12(1): p. 100.
26. Pilco Romero GT. Caracterización bromatológica de la cáscara de banano (musa paradisiaca) y posterior extracción e identificación de la fracción con mayor actividad antimicrobiana. Tesis de grado. Carrera de Química de Alimentos. Quito: UCE. 2017.
27. Idrovo G. “ENRIQUECIMIENTO PROTEICO DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao*) MEDIANTE FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO Y SU POTENCIAL EMPLEO EN LA FORMULACIÓN DE PIENSO”. (Tesis de Ingeniería Industrial) ed. Pastaza: UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA; 2016.
28. Martínez T, Plascencia F, Rodríguez L. La relación entre los carbohidratos y la vitalidad en árboles urbanos. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente. 2007;; p. 1-10.
29. FAO. FAO. [Online].; 2022. Available from: <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0d.htm>.

30. Carpio M, Camino Castillo CE. Estudio del contenido de grasa, alcaloides y polifenoles totales en almendras de cacao nacional fino de aroma en zonas del litoral ecuatoriano para comparar su calidad y facilitar su comercialización. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica. 2014.
31. Valencia E, Figueroa I, et, al. Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas. 2017;; p. 15.
32. Campos-Vega R, Nieto-Figueroa KH, Oomah D. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. Trends in Food Science and Technology. 2018; 81: p. 172-84.
33. Lim TK. *Theobroma cacao*. In: Edible Medicinal And Non Medicinal Plants. Dordrecht: Springer Netherlands. 2012;; p. 208-51.
34. Peñaloza Albarracín DF, Laiton Daza, LJ, Caballero Yáñez DF, et al.. Estudio cuantitativo de tendencias en el aprovechamiento de los subproductos del cacao (*Theobroma cacao* L.). Espacio I+D, Innovación más Desarrollo. 2021; 10(27).
35. Hotormallas. Copyright-Hotormallas. [Online].; 2016 [cited 2022 11 20. Available from: <https://www.hotormallas.com/manual/manual%20solanaceas.html#page/2>.
36. Ecoterrazas. Blog sobre plantas de aire y tendencias ecológicas. [Online].; 2013 [cited 2022 11 20. Available from: <https://www.ecoterrazas.com/blog/el-cultivo-del-pimiento/>.
37. Camposeco-Montejo N. Efecto del portainjerto en el índice y densidad estomática de pimiento morrón *Capsicum annuum* var. *annuum*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 2018; 5(15): p. 555-561.
38. Vera Santana M. Uso de tres abonos orgánicos en el desarrollo y producción de tres variedades de pimiento (*Capsicum annuum*) en el cantón El Empalme. Tesis de grado. Quevedo: UTEQ. 2015;; p. 111.
39. InfoAgro. The pepper growing. [Online].; 2022. Available from: <https://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>.
40. Armijos Encalada I. Respuesta del pimiento (*Capsicum annuum* L.) a la aplicación de bioestimulantes en la parroquia El Progreso cantón Pasaje. (Tesis de pregrado). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. 2014.
41. El Comercio. Cuatro clases de pimientos se cosechan en esta época. El Comercio. 2011.

42. INAMHI. Anuario Meteorológico. Quito- Ecuador;; 2022.
43. Thacheril S, Shiburaj S, Sabu A. Plant Metabilites: Methods, Applications and Prospects. 2020.
44. Goyal MR, Joy P, Hafiz R. Plant Secondary Metabolites for Human Health: Extraction of Bioactive Compounds. In In Africa's potential for the ecological intensification of agriculture. 1st ed.; 2019. p. 338.
45. Apolo Cumbios S. Análisis comparativo de métodos de extracción de metabolitos secundarios producidos por tres especies de plantas medicinales nativas del Ecuador. Tesis de Grado. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. UTA. 2021.
46. Albecondas, R., Parra, M., Bayona, J., Fernandez, F., Romero, C., y Alarcon, J. Efecto de la inoculación con *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* sobre la respuesta fisiológica y agronómica de plantas de pimiento cultivadas en fibra de coco. Revista Agricultura Biológica. 2017
47. Alarcón, J., Recharte, D., Moreno, S., y Buendia, M. Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Scientia Agropecuaria, 16-24. 2020
48. Murcia, K. y Castañeda, M. Evaluación del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de extractos etanólicos de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.). Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 13(2), 53 – 65. 2022
49. Souza, R. N., Grimbs, S., Behrends, B., Bernaert, H., Ullrich, M. S., & Kuhnert, N. Originbased polyphenolic fingerprinting of *Theobroma cacao* in unfermented and fermented beans. Food Research International, 2017. 99, 550–559. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.06.007>
50. Klingel, T., Kremer, I., Gottstein, V., De Rezende, R., Schwarz, S., Lachenmeier, W. A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European Union. Foods 2020, 9, 665.
51. Iriondo, A., García, A., Fernandez-Gomez, B., Guisantes-Batan, E., Escobar, V., Blanch, P., Andres, S., Sanchez-Fortun, S., & del Castillo, D. Validation of coffee by-products as novel food ingredients. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 2019, 51, 194–204.

52. Cerda, A., Gea, T., García, V., & Sánchez, A. Towards a competitive solid-state fermentation: Cellulases production from coffee husk by sequential batch operation and role of microbial diversity. *Sci. Total, Environ.* 2017, 589, 56–65.
53. Venegas, A. “Cuantificación de flavonoides totales y taninos presentes en el extracto acuoso de hojas de *Thea sinensis* L. y su capacidad antioxidante”, UCV- Scientia 4(2); 2012.
54. Jiménez, P., y Tomás, J. “Determinación del Contenido total de Polifenoles en Alimentos con el Reactivo de Folin- Ciocalteau”, *Nutrición y Bromatología*; Facultad de Medicina; Universidad de Valladolid, 20013.
55. Baena, L., y Garcia, N. Obtención y Caracterización De Fibra Dietaría A Partir De Cascarilla De Las Semillas Tostadas De *Theobroma Cacao* L. De Una Industria Chocolatera Colombiana. Universidad Tecnológica De Pereira, Facultad De Tecnologías Escuela De Química, Pereira - Colombia. 2012
56. Ordaz, G., De Armas, H., Camacho, A., Hernández, J., y Yañez, D. Identificación mediante RMN de algunos metabolitos secundarios del coral Gorgonio *Eunicea sp.* *Saber.* 25(3):309-316. 2013
57. Arvelo, A., González, D., Delgado, T., Maroto, S., Montoya, P., y Delgado, T. Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. 2017. <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6422/1/BVE18019631e.pdf>
58. Barbosa, L., Guglielmetti, A., & Zeppa, G. Pulsed Electric Field Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Cocoa Bean Shell and Coffee Silverskin. *Trends in Food Science & Technology*, 63. 2017
59. Boolani, A., Lindheimer, B., Loy, D., Crozier, S., & O'Connor, P. Acute effects of brewed cocoa consumption on attention, motivation to perform cognitive work and feelings of anxiety, energy and fatigue: a randomized, placebo-controlled crossover experiment. *BMC Nutrition* 2017 3:1, 3(1), 1–11.
60. Vásquez, M. Efecto de los abonos orgánicos sobre la producción del híbrido de pimiento (*Capsicum annuum*) Neymar bajo invernadero. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. 2021
61. Li, D., Zhang, Y., Liu, Y., Sun, R., & Xia, M. Purified anthocyanin supplementation reduces dyslipidemia, enhances antioxidant capacity, and prevents insulin resistance in diabetic patients, *The Journal of nutrition*, 145(4), 742-748. 2015

62. Khoo, H.E., Azlan, A., Tang, S.T., Lim, S. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits, Food & nutrition research, 61(1), 1361779. 2017
63. Elein, F., Ruíz, J., Ramón, B., Falcón, A., y Carrillo, Y. Bioproductos como sustitutos parciales de la nutrición mineral del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Acta Agron. vol.70 no.3 Palmira. 2021
64. Terry, E., Ruiz, P., Tejeda, P., Reynaldo, E., Carrillo, S. y Morales, H. Interacción de bioproductos como alternativas para la producción hortícola cubana. Tecnociencia, 8(3), 14-18. 2015
65. Vera. A. Uso de tres abonos orgánicos en el desarrollo y producción de tres variedades de pimiento (*Capsicum annuum*) en el Cantón El Empalme. Tesis de Ingeniería Agropecuaria. p. 111, 2015
66. Reyes, J., Ricardo, M., Mariana del Rocío, B., Zambrano, B., y Vázquez, F. Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. Centro Agrícola, Ctro. Agr. vol.44 no.4 Santa Clara oct.-dic. 2017(4), 88-94. Doi: 0253-5785
67. Alvarado, M. Comportamiento del Cultivo de Pimiento (*Capsicum Annuum* L.) A La Fertilización Mediante Fuentes Orgánicas En El Cantón Echeandía. 2018

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Fotografías de la investigación

Fotografía 1

Recolecta y picado de las cáscaras de cacao



Fotografía 2

Secado al ambiente de las cáscaras



Fotografía 3

Secado total de las cáscaras de cacao



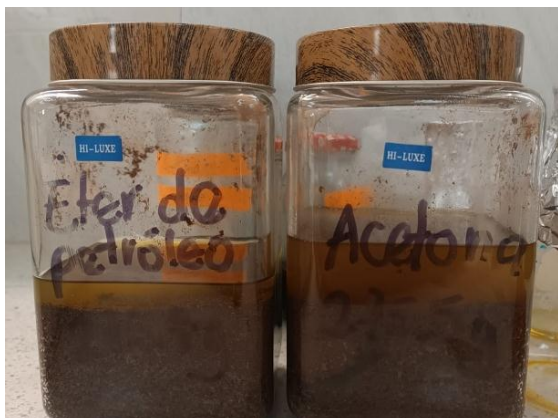
Fotografía 4

Molido de las cáscaras de cacao



Fotografía 5

Maceración del polvo en los solventes



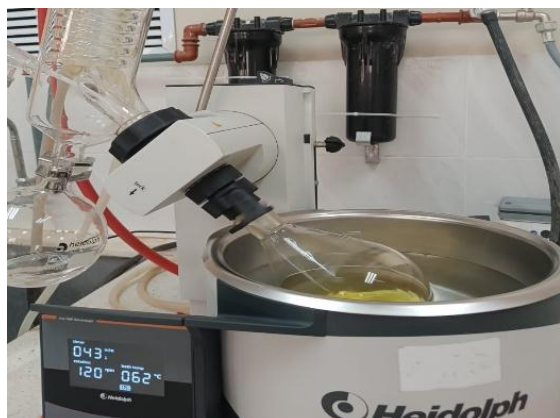
Fotografía 6

Filtrado de la solución



Fotografía 7

Rotaevaporación para sacar el extracto



Fotografía 8

Muestras de los extractos para los análisis en IR



Fotografía 9

Mezcla del suelo con el material vegetal



Fotografía 10

Llenado de fundas



Fotografía 11

Trasplante de las plántulas de pimiento



Fotografía 12

Aplicación de insecticida



Fotografía 13

Tutorado de las plantas de pimiento



Fotografía 14

Toma de altura de planta



Fotografía 15

Toma de diámetro de la planta



Fotografía 16

Floración de planta



Fotografía 17

Toma de número de flores de planta



Fotografía 18

Cuajado de frutos de planta



7.2. Análisis de laboratorio

Figura 8

Espectros de los extractos en Etanol, Éter de Petróleo y Acetona

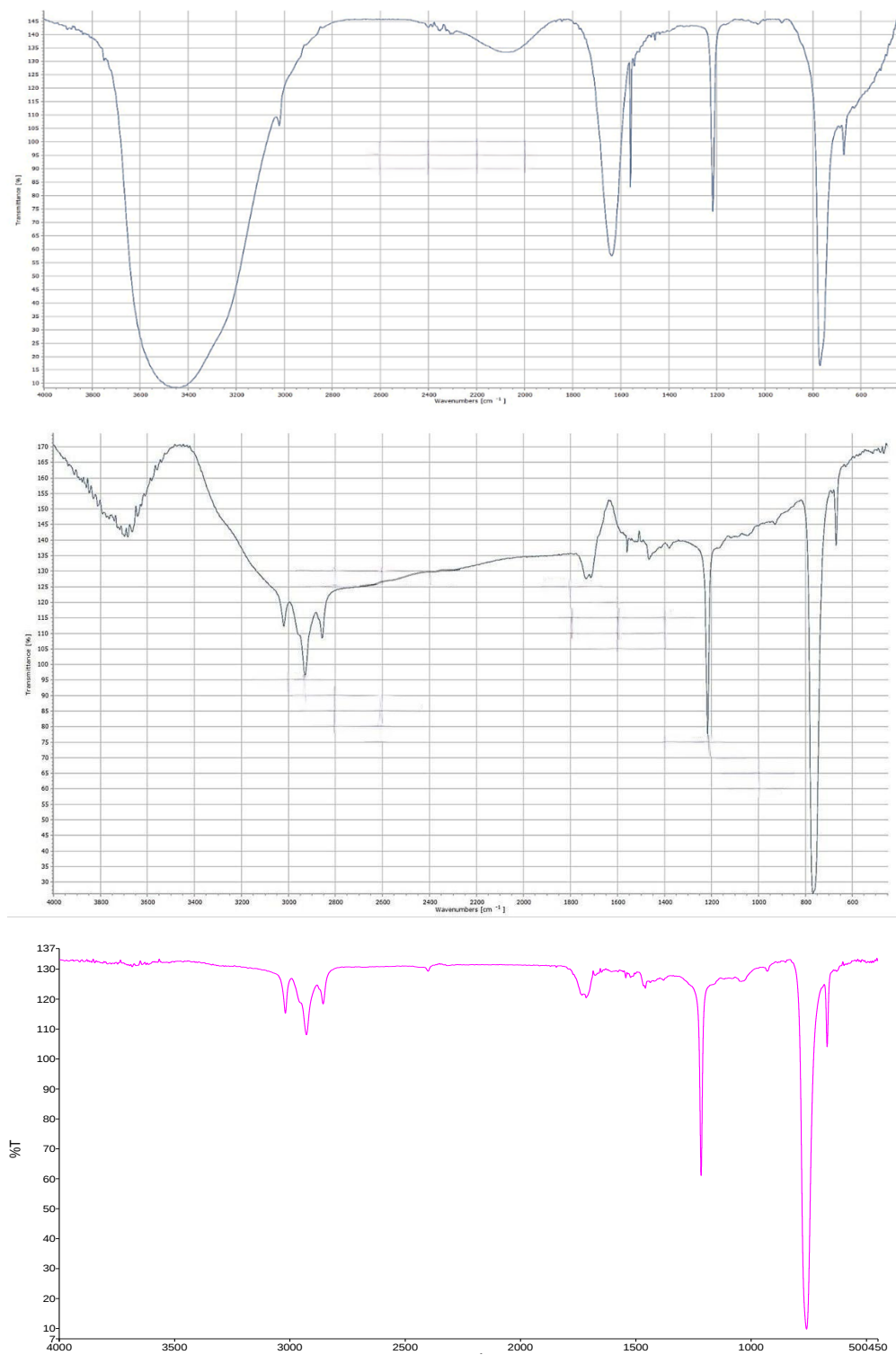


Figura 9

Análisis de pH y nutrientes del suelo del tratamiento T0



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : PALMA VERA ANDY ALI
 Dirección : 1206814632001
 Ciudad : LOS RÍOS / QUEVEDO
 Teléfono : QUEVEDO
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : UTEQ
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia : La María
 Ubicación : La María

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual :
 N° Reporte : 11051
 Fecha de Muestreo : 14/7/2023
 Fecha de Ingreso : 19/7/2023
 Fecha de Salida : 4/8/2023

N° Muest.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm							
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B			
110120	Andy Palma		6,5 LAc	26 M	22 A	1,03 A	8 M	1,3 M	12 M	3,8 M	4,6 A	205 A	2,9 B	0,86 M			

INTERPRETACION

M _{Ac} = Muy Acido	L _{Ac} = Liger. Acido	L _{Al} = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	B = Bajo
A _c = Acido	PN = Prac. Neutro	M _{Al} = Media Alcalino		M = Medio
M _{Ac} = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino		A = Alto

METODOLOGIA USADA
 pH = Suelo: agua (1:2,5)
 N,P,B = Colorimetría
 S = Turbidimetría
 K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica

EXTRACTANTES
 Olsen Modificado
 N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
 Fosfato de Calcio Monobásico
 BS


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS


 RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : PALMA VERA ANDY ALI
 Dirección : 1206814632001
 Ciudad : LOS RÍOS / QUEVEDO
 Teléfono : QUEVEDO
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : UTEQ
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia : La María
 Ubicación : La María

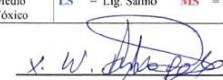
PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual :
 N° de Reporte : 11051
 Fecha de Muestreo : 14/7/2023
 Fecha de Ingreso : 19/7/2023
 Fecha de Salida : 4/8/2023

INTERPRETACION

Al+H, Al y Na	C.E.	M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Tóxico	MS = Muy Salino	A = Alto

ABREVIATURAS
 C.E. = Conductividad Eléctrica
 M.O. = Materia Orgánica
 RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
 C.E. = Conductímetro
 M.O. = Titulación de Walkley Black
 Al+H = Titulación con NaOH


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS


 RESPONSABLE LABORATORIO

Figura 10

Análisis de pH y nutrientes del suelo del tratamiento T3



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : CARPIO MORA ERIKA PAULINA
 Dirección : LOS RÍOS / QUEVEDO
 Ciudad : QUEVEDO
 Teléfono : 0989588253
 Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : S/N
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Pimiento
 N° Reporte : 11250
 Fecha de Muestreo : 28/8/2023
 Fecha de Ingreso : 27/9/2023
 Fecha de Salida : 16/10/2023

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm						
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
111086	Paulina Carpio		8,2 MeAl	21 M	41 A	7,06 A	16 A	4,1 A	115 A	10,8 A	9,2 A	209 A	124,6 A	0,30 B	



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

INTERPRETACION			
pH		Elementos: de A a B	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAAl = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino	B = Bajo
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino	M = Medio
			A = Alto


RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

METODOLOGIA USADA	EXTRACTANTES
pH = Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B = Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S = Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	BS


RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
 Nombre : CARPIO MORA ERIKA PAULINA
 Dirección : LOS RÍOS / QUEVEDO
 Ciudad : QUEVEDO
 Teléfono : 0989588253
 Fax :

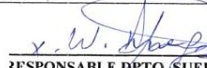
DATOS DE LA PROPIEDAD
 Nombre : S/N
 Provincia : Los Ríos
 Cantón : Mocache
 Parroquia :
 Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
 Cultivo Actual : Pimiento
 N° de Reporte : 11250
 Fecha de Muestreo : 28/8/2023
 Fecha de Ingreso : 27/9/2023
 Fecha de Salida : 16/10/2023

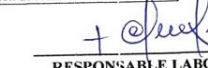


La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto


RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

ABREVIATURAS	METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductividad Eléctrica	C.E. = Conductímetro
M.O. = Materia Orgánica	M.O. = Titulación de Walkley Black
RAS = Relación de Adsorción de Sodio	Al+H = Titulación con NaOH


RESPONSABLE LABORATORIO

7.3. Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 21

Análisis de la varianza de la variable altura de planta a los 15 días

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	107,98	7	15,43	5,81	<0,0001
Tratamientos	85,30	3	28,43	10,70	<0,0001
Error	297,55	112	2,66		
Total	405,53	119			

Tabla 22

Análisis de la varianza de la variable altura de planta a los 30 días

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1054,32	7	150,63	33,45	<0,0001
Tratamientos	931,81	3	310,60	68,99	<0,0001
Error	504,23	112	4,50		
Total	1558,55	119			

Tabla 23

Análisis de la varianza de la variable altura de planta a los 45 días

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2250,40	7	321,49	40,11	<0,0001
Tratamientos	2135,85	3	711,95	88,82	<0,0001
Error	897,76	112	8,02		
Total	3148,16	119			

Tabla 24

Análisis de la varianza de la variable diámetro de planta a los 15 días

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,24	7	0,18	3,03	0,0059
Tratamientos	0,80	3	0,27	4,57	0,0047
Error	6,55	112	0,06		
Total	7,79	119			

Tabla 25

Análisis de la varianza de la variable diámetro de planta a los 30 días

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,53	7	1,8	3,49	0,0020
Tratamientos	6,17	3	2,06	6,67	0,0003
Error	34,57	112	0,31		
Total	42,11	119			

Tabla 26

Análisis de la varianza de la variable diámetro de planta a los 45 días

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27,83	7	3,98	23,60	<0,0001
Tratamientos	26,65	3	8,88	52,72	<0,0001
Error	18,87	112	0,17		
Total	46,71	119			

Tabla 27

Análisis de la varianza de la variable número de flores

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	174,95	7	24,99	43,05	<0,0001
Tratamientos	173,23	3	57,74	99,47	<0,0001
Error	65,02	112	0,58		
Total	239,97	119			

Tabla 28

Análisis de la varianza de la variable número de frutos cuajados

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	142,43	7	20,35	47,94	<0,0001
Tratamientos	141,97	3	47,32	111,50	<0,0001
Error	47,53	112	0,42		
Total	189,97	119			