



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

Proyecto de Investigación  
previo a la obtención del título  
de Ingeniero Agrónomo

**Título del Proyecto de Investigación**

“Efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-  
51 y EETP-801 (*Theobroma cacao* L.)”

**Autor:**

Limber David Barahona Casanova

**Director del Proyecto de Investigación:**

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M. Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Limber David Barahona Casanova**, declaro que el trabajo aquí descrito 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 trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

---

Limber David Barahona Casanova  
**Autor**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito **Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Limber David Barahona Casanova**, realizó el Proyecto de Investigación titulado **“Efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801 (*Theobroma cacao* L.)”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

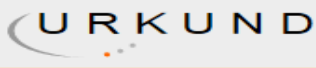
Atentamente;

---

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M. Sc.  
**Director del Proyecto de Investigación**

# REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito **Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801 (*Theobroma cacao* L.)**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Agronomía **Limber David Barahona Casanova**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (Urkund) con un porcentaje de coincidencia del 9%.



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: Limber Barahona Proy. Inv. 08.08.2021.docx (D111094366)  
Submitted: 8/9/2021 6:13:00 AM  
Submitted By: rgaibor@uteq.edu.ec  
Significance: 9 %

Sources included in the report:

- Analisis urkund de tesis Calderon.docx (D92414896)
- TESIS LUIS LIU BA 12.08.205.docx (D15037606)
- Solorzano Urkund.docx (D57471840)
- TESIS JAZMIN COELLO MUÑOZ.docx (D57481041)
- tesis\_final\_Garcia.docx (D57401140)
- Proy. Inv. Noboa Jonathan 05.06.19 corregido.docx (D53492728)
- Alarcón - Proyecto de Investigación Urkund.docx (D22356274)
- Trabajo de titulacion Jeniffer Mora.docx (D43056229)
- ENRAIZAMIENTO DE RAMAS DE CACAO CCN 51.doc (D49346063)
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2280/1/T-UTEQ-0068.pdf>
- <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/433/1/ALMA%20GUADALUPE%20GARCIA%20VERA.pdf>
- <https://www.semanticscholar.org/paper/INIAP-EETP-800-e-INIAP-EETP-801-nuevos-clones-de-y-Sol%C3%B3rzano-Cantos/9e04b567219524c07afc5fb51fff8617679b79fc>
- <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6285354.pdf>
- <https://pdfs.semanticscholar.org/987c/59a7364de22011f3b0e00d69995150389001.pdf>
- [https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe\\_CACAO\\_linea\\_base.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf)
- <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23992/1/Paola%20Daniela%20Godoy%20Betancourt.pdf>
- <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2041>
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/3848/1/T-UTEQ-0196.pdf>
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2030/1/T-UTEQ-0051.pdf>
- <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25047/1/tesis%20021%20Ingenier%C3%ADA%20Agropecuaria%20-%20Jefferson%20Campoverde%20-%20cd%20021.pdf>
- <https://docplayer.es/64280738-Universidad-tecnica-estatal-de-quevedo-unidad-de-estudios-a-distancia-modalidad-semipresencial-ingenieria-agropecuaria.html>
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/483/1/T-UTEQ-0004.pdf>
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4712/1/T-UTEQ-0229.pdf>

Instances where selected sources appear:

60

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, M. Sc.  
Director del Proyecto de Investigación



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“Efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801 (*Theobroma cacao* L.)”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título  
de:

**Ingeniero Agrónomo**

Aprobado por:

---

Dr. Juan José Reyes Pérez  
**Presidente del Tribunal**

---

Dra. Silvia Gicela Saucedo Aguiar  
**Miembro del Tribunal**

---

Ing. Luis Fernando Simba Ochoa, M. Sc.  
**Miembro del Tribunal**

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por estar a mi lado dándome sus bendiciones y no permitir que me rinda.

A mis padres que siempre han estado a mi lado durante toda mi etapa de estudios y darme su amor y consejos para no decaer y continuar hasta cumplir mis metas.

A mis hermanas Mariuxi Alexandra y Mariel Alejandra Barahona Casanova, cuya voz de aliento me ha motivado en momentos en los que he estado a punto de rendirme.

A mis compañeros Luis Pilla, Marcel González y Yosselyn Castro por los momentos compartidos y su apoyo durante esta de formación.

Al Ing. Luis Llerena Ramos, M. Sc. por su colaboración en la presente investigación.

A los miembros del Tribunal de Sustentación por las respectivas sugerencias en la redacción del presente Proyecto de Investigación.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTEQ, que con sus enseñanzas he logrado obtener conocimientos que serán de gran ayuda en mi vida profesional.

Limber David Barahona Casanova

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación a Dios por sus bendiciones, y no dejarme rendir en los momentos más difíciles, y permitir que mis padres, demás familiares, y mis amigos estén a mi lado.

A mis padres, por haberme dado la vida y guiarme siempre por el buen camino, gracias a sus consejos y por depositar su entera confianza en mí.

A mis hermanas Mariuxi Alexandra y Mariel Alejandra Barahona Casanova por quienes me he levantado antes las situaciones difíciles.

A los demás integrantes de mi familia, por alentarme a salir adelante ante cada dificultad que se me presente en la vida.

Limber David Barahona Casanova

## RESUMEN

Ante los niveles de contaminación ambiental, generados por el uso intensivo de fuentes de fertilización sintética, se han explorado alternativas como el uso de bioinsumos que han mostrado resultados satisfactorios. Considerando lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo: Evaluar el efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801. La investigación se realizó en el Campus Experimental "La María", propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se estudiaron dos clones de cacao: EETP-801 y CCN-51, bajo diferentes dosis de quitosano: 0, 100, 500 y 1000 mg L<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 4 en 3 repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron que el clon de cacao CCN-51 mostró plantas que exhibieron un mayor desarrollo tanto de la parte aérea como de la parte radicular de las plántulas de cacao, mostrando incremento del diámetro del tallo (1.05 cm), emisión foliar (4.64 hojas), número (5.25 raíces) y longitud de raíces (31.16 cm). La parte aérea de las plántulas de cacao en ambos clones, experimentaron un mayor desarrollo al aplicar quitosano en dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> (6.62 cm de diámetro y 8.11 hojas por planta), mientras que, al aplicarse la dosis más alta, trajo consigo un efecto negativo para el desarrollo de las plántulas. La dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> permitió obtener plántulas con más raíces (6.08 raíces) y más largas (35.74 cm) que sin la aplicación de quitosano en el clon INIAP-EETP-801, mientras que para el clon de cacao CCN-51, se registró un incremento de número (5.95 raíces) y longitud de raíces (35.86 cm). Al aplicarse 500 mg L<sup>-1</sup> de quitosano, considerando la producción de 1000 plántulas, en cada uno de los clones se obtuvo mayor rentabilidad, con 40.65 y 50.00 % para INIAP-EETP-801 y CCN-51, respectivamente.

**Palabras claves:** Bioestimulación, cacao plántulas, varetas.

## ABSTRACT

Given the levels of environmental pollution, generated by the intensive use of synthetic fertilization sources, alternatives such as the use of bio-inputs have been explored, which have shown satisfactory results. Considering the above, the present research aimed to: Evaluate the effect of chitosan on the vegetative propagation of cocoa clones CCN-51 and EETP-801. The research was carried out at the “La María” Experimental Campus, owned by the State Technical University of Quevedo. Two cocoa clones were studied: EETP-801 and CCN-51, under different doses of chitosan: 0, 100, 500 and 1000 mg L<sup>-1</sup>. A completely randomized design with a 2 x 4 factorial arrangement in 3 repetitions was used. The results obtained showed that the cocoa clone CCN-51 showed plants that exhibited greater development of both the aerial part and the root part of cocoa seedlings, showing increased stem diameter (1.05 cm), foliar emission (4.64 leaves), number (5.25 roots) and root length (31.16 cm). The aerial part of cocoa seedlings in both clones, experienced a greater development when applying chitosan in doses of 500 mg L<sup>-1</sup> (6.62 cm in diameter and 8.11 leaves per plant), while, when applying the highest dose, it brought with it a negative effect on the development of the seedlings. dose of 500 mg L<sup>-1</sup> allowed to obtain seedlings with more roots (6.08 roots) and longer (35.74 cm) than without the application of chitosan in the clone INIAP-EETP-801, while for the cocoa clone CCN-51, an increase in number (5.95 roots) and root length (35.86 cm). When applying 500 mg L<sup>-1</sup> of chitosan, considering the production of 1000 seedlings, in each of the clones a higher profitability was obtained, with 40.65 and 50.00% for INIAP-EETP-801 and CCN-51, respectively.

**Keywords:** Biostimulation, cocoa seedlings, rods.

## TABLA DE CONTENIDOS

Portada .....	i
Declaración de autoría y cesión de derechos .....	ii
Certificación de culminación del Proyecto de Investigación .....	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico .....	iv
Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación .....	v
Agradecimientos .....	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
Tabla de contenido.....	x
Índice de Tablas.....	xv
Índice de Anexos .....	xvi
Código Dublín .....	xviii
Introducción.....	1
<b>CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1. Problematización .....	3
1.1.1. Planteamiento del problema .....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	3
1.2. Objetivos .....	5
1.2.1. Objetivo general .....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6

## CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco teórico .....	8
2.2.	Importancia del cacao en el Ecuador.....	8
2.3.	Origen y distribución.....	8
2.4.	Descripción botánica .....	9
2.4.1.	Raíz.....	9
2.4.2.	Tallo y ramas .....	9
2.4.3.	Hojas.....	9
2.4.4.	Flores .....	9
2.4.5.	Fruto .....	9
2.5.	Requerimientos edafoclimáticos .....	10
2.5.1.	Precipitación.....	10
2.5.2.	Viento .....	10
2.5.3.	Humedad .....	10
2.5.4.	Temperatura.....	10
2.5.5.	Suelo.....	11
2.5.6.	Heliofanía .....	11
2.6.	Manejo del cultivo.....	11
2.6.1.	Preparación del terreno.....	11
2.6.2.	Siembra.....	11
2.6.3.	Control de malezas .....	12
2.6.4.	Control de enfermedades.....	12
2.6.5.	Cosecha .....	12
2.6.6.	Fermentación.....	12
2.6.7.	Secado .....	13

2.6.8.	Calidad.....	13
2.7.	Variedades en estudio.....	13
2.7.1.	CCN51.....	13
2.7.2.	EETP-801 .....	14
2.8.	Propagación .....	14
2.8.1.	Propagación sexual.....	14
2.8.2.	Propagación asexual .....	14
2.8.2.1.	Propagación por estaca.....	15
2.9.	Efecto de los bioestimulantes en los cultivos.....	15
2.9.1.	Quitosano.....	16
2.9.1.1.	Efecto del quitosano sobre los procesos de enraizamientos.....	17
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>		
3.1.	Localización de la investigación .....	20
3.2.	Tipo de investigación .....	20
3.3.	Métodos de investigación.....	20
3.4.	Fuentes de recopilación de la información.....	21
3.5.	Diseño experimental y análisis estadístico.....	21
3.5.1.	Factores en estudio .....	22
3.5.2.	Tratamientos en estudio.....	22
3.5.3.	Especificaciones del experimento .....	22
3.6.	Instrumentos de investigación .....	23
3.6.1.	Manejo específico del experimento.....	23
3.6.1.1.	Tratamientos de las estacas .....	23
3.6.1.2.	Preparación del sustrato.....	23
3.6.1.3.	Establecimiento .....	23

3.6.1.4. Control de malezas .....	23
3.6.1.5. Riego .....	24
3.6.2. Variables evaluadas .....	24
3.6.2.1. Supervivencia (%) .....	24
3.6.2.2. Diámetro del tallo (mm) .....	24
3.6.2.3. Número de hojas por planta.....	24
3.6.2.4. Número de raíces .....	24
3.6.2.5. Longitud de raíces .....	24
3.6.2.6. Biomasa de la parte aérea y radicular de las plántulas .....	25
3.6.2.7. Análisis económico .....	25
3.7. Tratamiento de los datos.....	25
3.8. Recursos humanos y materiales .....	26
3.8.1. Recursos humanos .....	26
3.8.2. Recursos materiales .....	26
3.8.2.1. Materiales de oficina .....	26
3.8.2.2. Materiales de campo.....	26
3.8.2.3. Equipos y materiales de laboratorio .....	27
3.8.2.4. Material vegetal.....	27
 <b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1. Resultados .....	29
4.1.1. Supervivencia .....	29
4.1.2. Diámetro del tallo.....	30
4.1.3. Hojas por planta.....	32
4.1.4. Número de raíces y longitud radicular .....	34
4.1.5. Biomasa de la parte aérea de la planta .....	35

4.1.6.	Biomasa de la zona radicular.....	37
4.1.7.	Análisis económico .....	38
4.2.	Discusión.....	40
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
5.1.	Conclusiones .....	44
5.2.	Recomendaciones.....	45
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA		
6.1.	Bibliografía.....	47
CAPÍTULO VII. ANEXOS		

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Esquema del análisis de varianza utilizado en el experimento .....	21
Tabla 2.	Sobrevivencia de plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.....	29
Tabla 3.	Diámetro del tallo en plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801. ....	30
Tabla 4.	Número de hojas por plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801. ....	32
Tabla 5.	Número de raíces y longitud radicular plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801. ....	34
Tabla 6.	Biomasa fresca y seca de la parte aérea de plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801. ....	35
Tabla 7.	Biomasa fresca y seca de la zona radicular en plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801. ....	37
Tabla 8.	Análisis económico de la producción de 1000 plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801. ....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable sobrevivencia (%) .....	52
Anexo 2. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 60 días .....	52
Anexo 3. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 75 días .....	52
Anexo 4. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 90 días .....	52
Anexo 5. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 120 días .....	53
Anexo 6. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 60 días .....	53
Anexo 7. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 75 días .....	53
Anexo 8. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 90 días .....	53
Anexo 9. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 120 días .....	54
Anexo 10. Análisis de varianza de la variable número de raíces .....	54
Anexo 11. Análisis de varianza de la variable longitud de la raíz .....	54
Anexo 12. Análisis de varianza de la variable biomasa aérea fresca .....	54
Anexo 13. Análisis de varianza de la variable biomasa aérea seca.....	55
Anexo 14. Análisis de varianza de la variable biomasa radicular fresca .....	55
Anexo 15. Análisis de varianza de la variable biomasa radicular seca.....	55
Anexo 16. Homogenización del sustrato utilizado en el ensayo.....	56
Anexo 17. Llenado de fundas.....	56
Anexo 18. Acondicionamiento del material vegetativo a sembrarse .....	57
Anexo 19. Siembra de varetas de cacao en el ensayo .....	57
Anexo 20. Riego de las plántulas dentro del vivero de cacao .....	58

Anexo 21. Toma de datos de crecimiento de plántulas .....	58
Anexo 22. Extracción de plántulas para el muestreo de raíces .....	59
Anexo 23. Toma de muestras de la parte aérea de las plántulas de cacao .....	59
Anexo 24. Determinación del peso seco de la biomasa de la parte aérea y radicular de las plántulas .....	60

## CÓDIGO DUBLÍN

<b>Título:</b>	Efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801 ( <i>Theobroma cacao</i> L.)
<b>Autor:</b>	Limber David Barahona Casanova
<b>Palabras clave:</b>	Bioestimulación, cacao plántulas, varetas.
<b>Fecha de publicación</b>	
<b>Editorial:</b>	Universidad Técnica Estatal de Quevedo
<b>Resumen:</b>	<p>Ante los niveles de contaminación ambiental, generados por el uso intensivo de fuentes de fertilización sintética, se han explorado alternativas como el uso de bioinsumos que han mostrado resultados satisfactorios. Considerando lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo: Evaluar el efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801. La investigación se realizó en el Campus Experimental "La María", propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se estudiaron dos clones de cacao: EETP-801 y CCN-51, bajo diferentes dosis de quitosano: 0, 100, 500 y 1000 mg L<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 4 en 3 repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron que el clon de cacao CCN-51 mostró plantas que exhibieron un mayor desarrollo tanto de la parte aérea como de la parte radicular de las plántulas de cacao, mostrando incremento del diámetro del tallo (1.05 cm), emisión foliar (4.64 hojas), número (5.25 raíces) y longitud de raíces (31.16 cm). La parte aérea de las plántulas de cacao en ambos clones, experimentaron un mayor desarrollo al aplicar quitosano en dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> (6.62 cm de diámetro y 8.11 hojas por planta), mientras que, al aplicarse la dosis más alta, trajo consigo un efecto negativo para el desarrollo de las plántulas. La dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> permitió obtener plántulas con más raíces (6.08 raíces) y más largas (35.74 cm) que sin la aplicación de quitosano en el clon INIAP-EETP-801, mientras que para el clon de cacao CCN-51, se registró un incremento de número (5.95 raíces) y longitud de raíces (35.86 cm). Al aplicarse 500 mg L<sup>-1</sup> de quitosano, considerando la producción de 1000 plántulas, en cada uno de los clones se obtuvo mayor rentabilidad, con 40.65 y 50.00 % para INIAP-EETP-801 y CCN-51, respectivamente.</p>
<b>Descripción:</b>	
<b>Url</b>	

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta perenne de origen americano, perteneciente a la familia Esterculiácea representada por 72 géneros y 1500 especies; de las cuales el cacao es una de gran interés económico debido a que sus almendras constituyen el insumo básico para la industria del chocolate y sus derivados; la industria farmacéutica, y la industria cosmética (Batista, 2009). Sin embargo, la producción de cacao en Ecuador tiene grandes dificultades. Una de las más importantes es la obtención eficiente de plantas sanas con características genéticas uniformes.

Bajo esta premisa, la presente investigación planteó la evaluación del efecto del quitosano sobre la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801, puesto que este bioinsumo ha mostrado resultados alentadores en diferentes aspectos de desarrollo de los cultivos, para de esta manera difundir resultados obtenidos de la producción de plántulas de cacao bajo este método de preparación.

La investigación consta de siete capítulos, iniciando con la contextualización del tema de estudio, exponiendo la problemática en estudio, así como los respectivos objetivos, finalizando este capítulo con la justificación de la investigación. Seguido de este apartado, se muestran los referentes y fundamentos teóricos que apoyan la investigación realizada, así como también antecedentes investigativos que ponen en evidencia los efectos beneficios del quitosano en la respuesta agronómica de varios cultivos de interés económico.

La metodología refleja cada una de las etapas de la investigación, detallando la ubicación y procedimientos seguidos en el delineamiento experimental. Se describen los tratamientos en estudio, y las correspondientes variables de respuesta tanto agronómica como económica de la producción de plántulas de cacao provenientes de propagación vegetativa. También se dan a conocer las variables de respuesta, con la respectiva metodología de evaluación y se culmina este apartado con los materiales y equipos utilizados en la investigación. En el capítulo de resultados y discusión se exponen los hallazgos de la presente investigación, los mismos que se explican y comparan con resultados obtenidos por otros autores en investigaciones similares, a fin de fundamentar el estudio realizado. Seguido se muestran las conclusiones y recomendaciones, las referencias bibliográficas y los respectivos anexos que dan soporte al proceso investigativo.

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problematización**

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Ecuador es uno de los principales países productores de cacao y en los últimos años este cultivo ha incrementado la demanda de plantas por lo que es necesaria la búsqueda de alternativas que permitan garantizar el éxito al momento de propagar mediante estacas y con un bajo costo de producción.

El cacao ocupa alrededor del 20 % de la superficie total cultivable del Ecuador. La obtención de plántulas para establecer las plantaciones es uno de los procesos más importantes para garantizar una buena producción. De una parte, la propagación sexual del cacao presenta diferentes problemas, entre ellas la dificultad del manejo de la variabilidad genética, reducido tiempo de viabilidad de las semillas y bajos porcentajes de germinación. Por su parte, la propagación vegetativa tradicional tiene como inconveniente la baja eficiencia del proceso, la presencia de enfermedades fungosas y la necesidad de empleo hormonas enraizantes comerciales altamente costosas.

Estas dificultades obligan a la búsqueda de nuevas alternativas para la regeneración de plantas sanas y genéticamente uniformes que garanticen una alta producción, tal como la utilización de bioestimulantes, dentro de los cuales se incluye el quitosano, Este producto ofrece una solución barata, innovadora, y eficaz frente a otros productos comerciales como las enzimas enraizadoras sintéticas. Adicionalmente tiene un efecto estimulante en el crecimiento vegetal y protector contra enfermedades que mejora las posibilidades de sobrevivencia y adaptación de las plantas.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿Cuál es la concentración más adecuada de quitosano que permita el desarrollo de la parte aérea de los clones CCN-51 y EETP-801?

¿De qué manera se desarrollan el sistema radicular de los clones de cacao CCN-51 y EETP-801 con diferentes dosis de quitosano?

¿Cuál es el tratamiento que representa mayor beneficio económico para el productor cacaotero?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del quitosano en la propagación vegetativa de clones de cacao CCN-51 y EETP-801.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración más adecuada de quitosano que permita el desarrollo de la parte aérea de los clones CCN-51 y EETP-801.
- Establecer el desarrollo del sistema radicular de los clones CCN-51 y EETP-801 con diferentes dosis de quitosano.
- Analizar la factibilidad económica de los tratamientos en estudio.

### **1.3. Justificación**

Desde hace mucho tiempo se han desarrollado varios métodos o técnicas para el uso de los bioestimulantes en la agricultura, no solo con el fin de disminuir los problemas de la contaminación ambiental, sino también para el aprovechamiento de sus diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas. Que inciden directamente sobre la fisiología de las plantas con lo que se mejora la calidad de los cultivos.

El cacao es considerado como un cultivo de gran importancia económica a nivel mundial. Siendo este muy producido y consumido, pero debido a los pocos conocimientos por parte de los agricultores en cuanto al uso de nuevas alternativas de producción se han generado bajos rendimientos. No obstante, el establecimiento de parcelas comerciales se ha visto limitado por los bajos porcentajes de germinación de la especie. La propagación por estacas representa una opción viable y rápida a esta problemática. La formación de raíces funcionales es fundamental en la propagación por estacas y se ha logrado mediante la aplicación de productos químicos conocidos como reguladores de crecimiento.

Por lo cual la presente investigación pretende aportar con alternativas productivas y económicas para el desarrollo de esta especie, como es determinar si la aplicación de quitosano en la zona basal de estacas mejorara la eficiencia en la regeneración vegetativa y el crecimiento de plantas de diferentes variedades de cacao. Así mismo identificar la dosis con mayor capacidad enraizadora en estacas de clones EETP-801 y CCN51.

## **CAPÍTULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco teórico**

### **2.2. Importancia del cacao en el Ecuador**

El cultivo de cacao en el Ecuador cumple un rol muy importante en el sector económico y social por ser la principal materia prima de muchas industrias locales generando así fuente de empleo y divisas para el país. Ecuador se caracteriza por ser el mayor proveedor de cacao fino de aroma a nivel mundial donde el 75 % se utiliza para la producir chocolates finos y de aroma (Vasco *et al.* 2004).

Su producción está localizada en 23 de las 24 provincias y se produce como monocultivo o asociado con otras especies. La mayor concentración del cultivo de cacao se encuentra en las provincias del Litoral “Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro”, en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes “Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay” y en las provincias del nororiente del Ecuador “Sucumbíos, Orellana y Napo” (Barrera *et al.*, 2019).

El Ecuador ha basado su producción en un tipo de cacao denominado Nacional, gracias al cual es el principal proveedor de cacao fino de aroma a nivel mundial. Sin embargo, la gran diversidad y riqueza varietal se pone de manifiesto en territorio ecuatoriano, al evidenciar el fructífero desarrollo de otros tipos de cacao, tanto en Costa como en Amazonía, tales como el CCN51, tipos acriollados, súper árboles o los cacaos de almendras blancas (Barrera *et al.*, 2019).

### **2.3. Origen y distribución**

El cacao es perteneciente al alto amazonas área constituida países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. Lugares ricos en tierras de bosques húmedos tropicales sin embargo no se puede indicar con precisión el lugar específico ni su distribución debido a la forma de vida nómada que llevaron los primeros habitantes en el continente americano. Por otra parte, existen muchos centros de dispersión de la especie donde se pueden destacar puntos importantes como la domesticación y el cultivo del mismo, pero quizás el centro con mayor relevancia sería Mesoamérica lugar donde los españoles lo hallaron cultivado (Enríquez, 2010).

## **2.4. Descripción botánica**

El cacao pertenece al orden Malvales, a la familia Esterculiácea, género *Theobroma* y especie cacao. Se considera una especie alógama con alto grado de polinización que va por encima del 95% que es realizada por una especie entomológica muy pequeña (Ríos, 2015).

### **2.4.1. Raíz**

La formación de raíz depende en su mayoría del tipo propagación. La raíz principal o pivotante está presente en las plantas obtenidas por semillas llegando a medir en ocasiones hasta dos metros, además de contar con varias raíces axilares y raicillas en la parte superficial. Mientras que en la propagación asexual no hay raíz pivotante (León, 2000).

### **2.4.2. Tallo y ramas**

En plantas provenientes de semillas el tallo crece de forma vertical produciendo 3 a 5 ramas laterales luego de alcanzar de 1 a 1.50 m de altura en donde se forma una horqueta. En la reproducción vegetativa predomina el crecimiento de ramas laterales (Alarcón, 2019).

### **2.4.3. Hojas**

Presenta hojas con un limbo duro y espeso ligeramente asimétricas y alternas con una longitud que va desde los 17 a 40 cm y un ancho de 7 a 10 cm. Su base es redondeada a ligeramente cordada y con un ápice largamente apiculado (Arvelo *et al.*, 2017).

### **2.4.4. Flores**

Presenta flores hermafroditas de 5 a 20 mm de diámetro, sépalos verdosos, blancos o rosa, pétalos un poco más extendidos de color amarillo y nervios violeta. Tiene alrededor de 10 estambres que forman un tubo y un ovario de 2—3 mm de largo en los cuales se encuentra un aproximado de 6 a 16 óvulos (Dostert *et al.*, 2012).

### **2.4.5. Fruto**

El tamaño, la forma y color dependen en gran medida del tipo y de las características genéticas de la planta, así como del manejo en la plantación. Con una longitud de 10 a 30 cm y un ancho que va desde 7 a 9 cm. Su parte exterior es gruesa y con surcos pronunciados (Estrada *et al.*, 2011).

## **2.5. Requerimientos edafoclimáticos**

Los factores edafoclimáticos son los de mayor influencia debido a que brindan un carácter más participativo al proceso de la definición del lugar adecuado para el desarrollo del cultivo (Suárez *et al.*, 2013).

### **2.5.1. Precipitación**

El cultivo de cacao requiere adecuado abastecimiento de agua para efectuar sus actividades metabólicas. En otras palabras, una precipitación de 1,600 a 2,500 mm distribuidos durante todo el año. Mientras que precipitaciones superiores a los 2,600 mm pueden afectar la producción del cultivo de cacao. De ahí que su distribución varía dependiendo del lugar o región (Paredes, 2004).

### **2.5.2. Viento**

Es el factor que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En las plantaciones expuestas continuamente a vientos fuertes se produce la defoliación o caída prematura de hojas. Siendo necesaria la siembra de barreras rompe vientos y de sombras temporales y definitivas, para reducir la evapotranspiración (Álvarez y Mendoza, 2013).

### **2.5.3. Humedad**

La humedad en el cultivo de cacao está estrechamente relacionada con la presencia de enfermedades de tipo fúngicas como Monilla y Escoba de Bruja. Siendo así necesaria una humedad relativa de 75 a 80% para un óptimo desarrollo y producción del cultivo (Morán, 2008).

### **2.5.4. Temperatura**

La planta de cacao necesita una temperatura media anual de 25 °C. Mientras que en temperaturas bajas la floración se inhibe y los frutos tardan en madurar. La temperatura máxima que soporta el cultivo de cacao es de 32°C y una temperatura mínima de 21°C (Egas, 2010).

### **2.5.5. Suelo**

El suelo para el establecimiento del cultivo de cacao debe cumplir con serie de características. Ser planos o ligeramente inclinados, de buena fertilidad suelo y profundo. Abundante materia orgánica, drenaje y un pH entre 6.0 y 7.0 (Quiroz y Mestanza, 2010). Deben evitarse suelos arcillosos, arenosos, o muy superficiales con presencia de rocas, capas arcillosas en el subsuelo o con nivel freático poco profundo. Todas estas estimaciones antes mencionadas se pueden detectar fácilmente haciendo barrenaciones o calicatas (Estrada *et al.*, 2011).

### **2.5.6. Heliofanía**

La radiación solar influye en el crecimiento y fructificación del árbol de cacao, en las zonas productivas es necesario el brillo solar en cantidad de 800 a 1000 horas/año, por lo que es preciso saber que el grado de luz que debe recibir una plantación de cacao está en concordancia a la disponibilidad de agua y nutrientes presentes en el suelo (Armijos, 2015).

## **2.6. Manejo del cultivo**

### **2.6.1. Preparación del terreno**

Es una de las primeras actividades desarrolladas por los agricultores, se lo realiza de forma manual o con maquinaria sin embargo este último tiene incidencia en los costos. Primero se tumban y retiran todas las plantaciones selváticas crecidas en el terreno, luego se realiza el repique en el suelo de manera manual. Una vez concluida la limpieza se procede a la Alineada, estaquillada y huequeada del terreno que dando así listo para la siembra (Chávez, *et al.*, 2018).

### **2.6.2. Siembra**

Si no se dispone de riego la siembra debe efectuarse después de las primeras lluvias, es decir cuando haya suficiente humedad en el suelo. En ese momento las plantitas deben tener de 4-6 meses de edad (Suárez *et al.*, 2013). La distancia de siembra en este cultivo puede variar dependiendo las condiciones del suelo y el clima en la reproducción sexual y vegetativa se recomiendan distancias de 3.0 a 3.5m en triangulo debido a que este método favorece al

desarrollo de los árboles. En suelos planos u ondulados también se puede usar distancias de 3.0 a 3.5m en cuadro, pero es preferible en triangulo para un mejor aprovechamiento del terreno (Sánchez-Mora *et al.*, 2015).

El hoyado como mínimo se recomienda que se haga de 40x40x25 de hondo, mezclando el suelo del hoyo con la materia orgánica superficial y aplicando esta mezcla al momento de la plantación (Johnson y Agüero, 2008).

### **2.6.3. Control de malezas**

Una vez establecida la plantación se deben realizar controles de malezas exhaustivas o de forma manual o mecánica para que no exista una competencia por los nutrientes presentes en el suelo. Además, se recomienda el uso de cobertura viva con especies leguminosas que ayudan a la fijación del nitrógeno (Pico *et al.*, (2012).

### **2.6.4. Control de enfermedades**

El manejo integrado de las enfermedades en cacao se realiza a través una combinación de prácticas como: la siembra de material con resistencia genética, prácticas culturales y el control biológico. Obteniendo así niveles bajos de incidencia y obtener muy buenos rendimientos (Pico *et al.*, 2012).

### **2.6.5. Cosecha**

Se realiza una vez que la mazorca ha alcanzado su madurez, lo que se aprecia esencialmente por los cambios de coloración del fruto. Se debe utilizar herramientas como la podadera, tejieras manuales con el fin evitar daños en el tronco y ramas al momento de la cosecha. La frecuencia de cosecha dependerá de la convivencia del agricultor sin embargo se recomienda no cosechar antes de que haya un cambio definido de coloración, así como tampoco mazorcas sobremaduras debido a empiezan a germinar las almendras (Suárez *et al.*, 2013).

### **2.6.6. Fermentación**

La fermentación del cacao es una etapa muy importante en el procesamiento del grano, ya que se producen cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y sabor.

Entre los cambios bioquímicos está el desarrollo de la pigmentación color marrón a partir de compuestos fenólicos, lo cual es un indicativo de la fermentación del grano de cacao. Los métodos de fermentación varían mucho de una zona productora a otra, sobre todo el tipo de fermentador y el tiempo de fermentación, siendo los más usuales las cajas de madera, saco de yute, tinas plásticas y montón (Rivera *et al.*, 2012)

### **2.6.7. Secado**

El secado es una labor necesaria para facilitar el transporte, manejo, almacenamiento y comercialización del cacao. El grano después de fermentado queda con más o menos 55% de humedad, pero ésta se debe reducir posteriormente a un rango de 6.5 a 7.5% como garantía para que se pueda vender o guardar por algún tiempo (Paredes, 2004).

### **2.6.8. Calidad**

La calidad del cacao es un factor muy importante en la producción debido a que determina el precio del mismo. Esta calidad es definida por cualidades físicas, químicas e higiénicas, así como las percibidas por los sentidos como el sabor y olor del grano que vuelven aceptable para la industria del chocolate y a los consumidores (Aguilar, 2016).

## **2.7. Variedades en estudio**

### **2.7.1. CCN51**

Es una variedad híbrida, producto de la investigación particular en el Ecuador en la zona de Naranjal, el mismo que presenta alta producción, alta calidad de fermentación y tiene mayor peso, homogeneidad y contenido de grasas, además presenta alta tolerancia a las enfermedades, pero no tiene el aroma que posee el Nacional (Morán, 2008).

El CCN-51 tiene un mayor potencial de rendimiento y resistencia a las enfermedades fungosas comunes. Si el proceso de fermentación es el adecuado puede llegar a tener buenas características de calidad. Este clon puede alcanzar a un rendimiento de 4000 kg de semillas secas/hectárea bajo exposición solar y alta densidad. Esta variedad de cacao tiene un rendimiento más alto comparado con el criollo; con un manejo adecuado desde la siembra

hasta el secado del grano, este clon puede ser utilizado como cacao de calidad para la elaboración de chocolate. Posee un índice de semilla de 1.54 gramos y un alto contenido de grasa, lo cual lo hace adecuado para la extracción de manteca. Sus características favorecen un alto rendimiento industrial (Andino *et al.*, 2005)

### **2.7.2. EETP-801**

El clon, tipo Nacional INIAP-EETP-801 lanzado al mercado en el año 2016, se destaca por iniciar su fase productiva antes de los 16 meses, lo que demuestra su precocidad. En términos económicos, esta precocidad significa ganancia en tiempo y dinero, ya que asegura un retorno más rápido de la inversión realizada por el agricultor. Este clon ha mostrado rendimientos de 2,37 y 2,19 kg de cacao seco por planta respectivamente, rendimientos que superaran al clon CCN 51, siendo este clon un referente en el país a nivel de productividad comercial (Rodríguez y Zambrano, 2019). El clon INIAP-EETP-801 dispone de un perfil sensorial potencial, característica que lo ubica dentro de los llamados cacaos finos y de aroma (Loor *et al.*, 2017).

## **2.8. Propagación**

El Cultivo de cacao se puede propagar de dos maneras: la una de manera sexual o sea por semilla y la otra de manera asexual es decir por estacas, acodos e injertos (Alarcón, 2019).

### **2.8.1. Propagación sexual**

Es el método en el cual se utiliza semilla botánica para la propagación del cacao. Cuando el cultivo se va a propagar por semilla, es necesario conocer el biotipo y las principales características de las plantas productoras de semillas para que reciban un adecuado tratamiento con la finalidad que éstas puedan crecer bien conformadas, uniformes y con alta producción (Paredes, 2004).

### **2.8.2. Propagación asexual**

Este tipo de propagación es por medio de partes vegetativas de la planta previamente seleccionada. Se puede realizar por medio de estacas o ramillas y por medios de injertos, siendo un método de propagación muy efectivo debido a que o implica un cambio en la

constitución genética ya que todas las características de la planta madre se presentan en la nueva planta (Arvelo *et al.*, 2017)

### **2.8.2.1. Propagación por estaca**

Una alternativa de solución al bajo porcentaje de germinación, es la propagación por estaca. Esta técnica consiste en separar una parte de una planta madre del tallo (raíz, hoja o tallo) y colocarla en condiciones ambientales favorables para inducir la formación de raíces y biomasa aérea, produciendo así una nueva planta independiente (López-Corona *et al.*, 2019). El objetivo de la propagación por estaca es obtenerlos con alta calidad de enraizado, con una respuesta rápida al trasplante, es decir, que tenga un porcentaje de supervivencia muy elevado, considerando una uniformidad de las plantas para garantizar la calidad del cultivo. Para conseguir este objetivo se deben tener en cuenta un gran número de factores que se pueden dividir en los que afectan duramente la pre-multiplicación, en el enraizamiento o posteriormente (López y Carazo, 2005).

La técnica de estacas se utiliza para promover la multiplicación y propagación de nuevas plantas idénticas genéticamente en gran cantidad. Sin embargo, con la finalidad de acortar los tiempos de generación de raíces y brotes fotosintéticos, se ha recurrido al uso de las fitohormonas (Lopez *et al.*, 2019). Dichos métodos buscan hacer más efectivos los cultivos, disminuir los efectos negativos en el suelo, minimizar el uso de fertilizantes químicos, así como disminuir los impactos negativos que tienen las actividades agrícolas sobre el medio ambiente (Carvajal y Mera, 2010). La importancia de la técnica de propagación por estacas, radica en la posibilidad de obtener y manejar una gran cantidad de plantas, en un espacio limitado; además de que la planta progenitora suele multiplicarse con exactitud, sin una variación genética significativa. No obstante, a pesar de que esta técnica proporciona una metodología rápida para la multiplicación masiva de plantas difíciles de germinar, su aplicación está limitada por la dificultad para formar raíces funcionales (Jordán y Casaretto, 2006).

## **2.9. Efecto de los bioestimulantes en los cultivos**

Los bioestimulantes son una variedad de productos, cuyo común denominador es que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas aumentando su

desarrollo y mejoran su productividad en la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades (González *et al.*, 2012).

En este marco se encuentra el quitosano cuyas propiedades garantizan una efectividad económica y práctica superior a otros agentes tradicionales, ya que no produce contaminantes, es biocompatible con tejidos de plantas y animales y antimicrobiano. Su aplicación potencial en la agricultura (Hernández-Pérez y Labbé, 2014), es muy importante ya que permite una gran estimulación, germinación, crecimiento y desarrollo de algunas plantas, a la vez que activa mecanismo de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos (González *et al.* 2012).

El efecto de los bioestimulantes va a depender de su composición, y de cómo se expuso anteriormente esta presenta una gran diversidad. Si se excluye el efecto de componentes de acción conocida como los reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas, etileno, etc.) el modo de acción de los bioestimulantes puede explicarse de diferentes maneras (Meléndez y Molina, 2002).

### **2.9.1. Quitosano**

El quitosano es un polímero catatónico lineal de alto peso molecular y comprende la forma N-desacetilada de la quitina, con mejores características. Resultado de la sustitución de los grupos acetamido por grupos amino (Mármol *et al.*, 2011).

Este biopolímero adquiere el nombre de quitosano cuando el grado de desacetilación de la quitina es mayor o igual al 50% y quitano cuando es del 100%. Sus grupos amino permiten que se solubilice fácilmente en medios ácidos, confiriéndole una innumerable cantidad de aplicaciones (Giraldo, 2015).

En la actualidad existen un gran número de bioproductos en los se destaca el polisacárido de quitosano que está presente naturalmente en la pared celular de algunos hongos y crustáceos. Obtenido comercialmente a partir de la quitina, por su gran biocompatibilidad, biodegradabilidad, baja toxicidad, alta bioactividad y actividad microbiana, así como, también se ha encontrado una estimulación del crecimiento, el desarrollo y los rendimientos

en cultivos (Morales *et al.*, 2015). Quitomax® es una formulación líquida basada en quitosano que ha mostrado una acción estimuladora en la germinación de semillas y el crecimiento de distintos cultivos mediante la aceleración del metabolismo vegetal, como es el caso de la papa (*Solanum tuberosum* L.) y el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Enríquez-Acosta y Reyes-Pérez, 2018)

El quitosano tiene un sin múltiple de usos en áreas muy importantes como el medio ambiente, la biomedicina, la agricultura, industria y cosméticos. En los cuales se destacan derivados como capturantes de metales pesados (Tobar, 2017), cicatrizante para quemadura, recubrimiento para conservar semillas, espumas de afeitar, adelgazantes, espesante en alimentos y formulaciones pesticidas. Por otra parte, este biocompuesto se lo puede encontrar en estado líquido, escamas, polvo y esferas o macropartículas (Bernadette *et al.*, 2014).

El quitosano cuando se aplica al inicio de la floración a los cultivos es capaz de estimular su crecimiento tanto en tallos, hojas y el tamaño de los frutos y aumentar los rendimientos de los cultivos al compararlos con las plantas que no se le aplicó esta sustancia (Héctor-Ardisana *et al.*, 2020). Su aplicación potencial en la agricultura, es muy importante ya que permite una gran estimulación, germinación, crecimiento y desarrollo de algunas plantas, a la vez que activa mecanismo de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos (Molina *et al.*, 2017).

Los efectos beneficiosos del quitosano se han observado en plantas de flora y en plantas de cosecha. Cuando se aplicaron soluciones muy diluidas de quitosano en las raíces de orquídeas, en forma de aerosol, éstas mostraron una estimulación en su crecimiento y renovaron su producción de flores entre otros efectos favorables (Jiménez *et al.*, 2013).

#### **2.9.1.1. Efecto del quitosano sobre los procesos de enraizamientos**

El enraizamiento es un factor determinante en el rendimiento de un cultivo, este factor es primordial en el establecimiento del mismo, por ello se debe realizar una adecuada selección de plantas madres maduras y sanas (López *et al.*, 2019). Ciertos reguladores de crecimiento han sido utilizados con éxito en la inducción de raíces en estacas de diversas especies,

principalmente leñosas, estimulando la división celular y la iniciación de raíces, han resultado excepcionalmente activos como generadores de raíces, produciendo un rápido crecimiento de numerosas raíces cortas y gruesas. No obstante, la respuesta al producto depende ampliamente de la variedad, la concentración y del tiempo de aplicación. Por otra parte, numerosas investigaciones han demostrado que productos de origen marino pueden estimular el crecimiento vegetal (López *et al.*, 2019).

Está demostrado que el quitosano produce un aumento del desarrollo del sistema radicular (raíces y raicillas) y fortalecimiento del vigor y grado de lignificación de las plantas mediante el mecanismo SAR (Resistencia Sistémica Adquirida). En general la eficiencia de efecto bioestimulante del quitosano se debe a su composición y característica de este polímero, una vez que la planta tiene contacto con este compuesto siente que está en presencia de algún hongo patógeno, e inmediatamente empieza a desarrollar todos sus mecanismos de defensas, esto colateralmente produce un aumento significativo en la raíz, permitiéndole absorber más nutrientes, produciendo un fortalecimiento y mayor vigor en ellas (Molina *et al.*, 2017).

## **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Localización de la investigación**

La presente investigación se llevó a cabo en terrenos de la Finca Experimental “La María”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 7 de la vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas 79° 27´ longitud Oeste y 01°06´ de latitud Sur.

El suelo es de topografía irregular con poca pendiente, textura franca – arcillosa, con pH de 5.5-7.5 y drenaje regular. La zona posee un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 24.8 °C, precipitación promedio de 2252.5 mm/año, heliofanía de 894 horas/año y humedad relativa de 84 %.

### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación llevada a cabo fue de tipo experimental, ya que se realizó una evaluación de diferentes variables de respuesta, manipulando los factores de estudio, de modo que se pudo cuantificar el efecto de las dosis de quitosano sobre el desarrollo de las plántulas de dos clones de cacao (CCN-51 e INIAP-EET-801). Además, es de tipo exploratorio, ya que, según la revisión de literatura realizada, a la actualidad de la realización del presente Proyecto de Investigación, no existen precedentes de investigaciones similares con las dosis de estudio, sobre los clones de cacao utilizados para la presente investigación en el área de influencia de la zona de Mocache.

### **3.3. Métodos de investigación**

En el proceso investigativo se hizo uso de los siguientes métodos:

- **Método inductivo:** Con este método se partió de lo particular a lo general, para delimitar las variables de respuesta que tributen al alcance de los objetivos planteados en la investigación.
- **Método deductivo:** Se utilizó este método para identificación del efecto específico de las dosis de quitosano sobre las variables de respuesta de los dos clones de cacao evaluados.

- **Método analítico:** Mediante la aplicación de este método, se analizó los datos obtenidos en la evaluación de las variables de respuesta, para la posterior generación de resultados de acuerdo a los objetivos de la investigación, haciendo énfasis en el efecto de las dosis de quitosano sobre los clones en estudio. Además, con este método se analizaron resultados de otras investigaciones, que sirvió para contrastar con los resultados del presente estudio, así como para explicar los hallazgos obtenidos.

### 3.4. Fuentes de recopilación de la información

La recopilación de información para la investigación se efectuó mediante la observación directa (fuentes primarias) a través evaluación de diferentes variables de respuesta consideradas de acuerdo a los objetivos de la investigación, así como de fuentes secundarias constituidas por libros, boletines divulgativos, manuales técnicos, revistas, publicaciones, internet.

### 3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 en 3 repeticiones, considerándose como unidad experimental a 10 plántulas. Las variables de respuesta se sometieron al correspondiente análisis de varianza, y se utilizó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad para la comparación de las medias de los clones, dosis de quitosano e interacciones. La tabulación de los datos se la realizó en Excel 2019, y el procesamiento estadístico en Infostat versión 2017.1.2. El esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo se presenta en la Tabla 1:

Tabla 1. Esquema del análisis de varianza utilizado en el experimento

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Clones	1
Dosis de quitosano	3
Interacciones	3
Error	16
Total	23

### **3.5.1. Factores en estudio**

#### **Factor A: Clones de cacao**

C<sub>1</sub>: EETP-801

C<sub>2</sub>: CCN-51

#### **Factor B: Dosis de quitosano**

D<sub>0</sub>: 0 mg L<sup>-1</sup>

D<sub>2</sub>: 100 mg L<sup>-1</sup>

D<sub>3</sub>: 500 mg L<sup>-1</sup>

D<sub>4</sub>: 1000 mg L<sup>-1</sup>

### **3.5.2. Tratamientos en estudio**

Se estudiaron ocho tratamientos, conformados por las interacciones de los dos factores en estudio:

C<sub>1</sub>D<sub>0</sub>: EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>: EETP-801 + 100 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>: EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

C<sub>1</sub>D<sub>3</sub>: EETP-801 + 1000 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

C<sub>2</sub>D<sub>0</sub>: CCN-51 + 0 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>: CCN-51 + 100 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>: CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

C<sub>2</sub>D<sub>3</sub>: CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup> de Quitosano

### **3.5.3. Especificaciones del experimento**

Número de clones:	2
Número de dosis de quitosano:	4
Número de tratamientos:	8
Número de repeticiones:	3

Número de unidades experimentales:	24
Número de plantas por unidad experimental:	10
Total de plantas por repetición:	80
Total de plantas por tratamiento:	30
Total de plantas en el ensayo:	240

## **3.6. Instrumentos de investigación**

### **3.6.1. Manejo específico del experimento**

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero de Facultad de Ciencias Agropecuarias, controlando las condiciones para el cultivo implementado. Estudiando el crecimiento y desarrollo de las estacas de los clones de cacao.

#### **3.6.1.1. Tratamientos de las estacas**

Las estacas de clones seleccionados de EETP-801 y CCN-51 se desinfectaron con hipoclorito de sodio 1%. Luego se sumergieron en disoluciones de la formulación a base de quitosano Quitomax® en dosis: 0,100, 500, 1000 mg L<sup>-1</sup> con 10 estacas por tratamiento.

#### **3.6.1.2. Preparación del sustrato**

La plantación se estableció en fundas negras perforadas de vivero de 5 x 8 pulg, con un sustrato compuesto por una mezcla en volumen de 25% de arena y 75% de tierra.

#### **3.6.1.3. Establecimiento**

Estas bolsas se transfirieron a condiciones semicontroladas (invernadero), en una casa de cultivo tapado de plástico. Para la Fitotecnia del cultivo se seguirán las orientaciones del instructivo técnico con la excepción de la aplicación de los bioestimulantes.

#### **3.6.1.4. Control de malezas**

El control de malezas se realizó en efecto de la presencia de las mismas, de forma manual con el fin de evitar cualquier interferencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas dentro de la estructura en la que se llevó a cabo el ensayo.

### **3.6.1.5. Riego**

Se efectuaron riegos semanales, evitando de esta manera estrés hídrico en las plantas. La aplicación del agua se la realizó mediante un nebulizador, mojando el sustrato en su totalidad.

## **3.6.2. Variables evaluadas**

### **3.6.2.1. Sobrevivencia (%)**

El porcentaje de sobrevivencia se evaluó a los 120 días de haber iniciado el ensayo tomando en cuenta la relación entre el número total de plantas sembradas y el número de plantas vivas dentro de cada unidad experimental.

### **3.6.2.2. Diámetro del tallo (mm)**

El diámetro del tallo se midió utilizando un calibrador digital, promediando y expresando el valor en milímetros. Se realizaron evaluaciones a los 60, 75, 90 y 120 días.

### **3.6.2.3. Número de hojas por planta**

Esta variable se determinó a los 60, 75, 90 y 120 días después de la siembra realizando un conteo simple del número de hojas por planta, para luego promediar y expresar el promedio redondeado a 2 decimales. para saber que tratamiento tuvo mayor efecto.

### **3.6.2.4. Número de raíces**

Se realizó un conteo del número de raíces presentes en cada planta a 120 días de edad de las plántulas para luego promediar de acuerdo a cada tratamiento.

### **3.6.2.5. Longitud de raíces**

Se efectuó midiendo la longitud en centímetros desde el cuello de la estaca hasta el ápice terminal de la raíz. Posteriormente, se promedió y expresó la medida en centímetros.

### **3.6.2.6. Biomasa de la parte aérea y radicular de las plántulas**

La biomasa fresca y seca de parte aérea (tallo + hojas) y radicular se determinó al final del ensayo (120 días). Para su determinación se utilizó una balanza analítica. Una vez obtenido el peso fresco de las plantas, se colocó cada tipo de biomasa en bolsas de papel y se la llevó a una estufa de secado a una temperatura de 80°C durante 72 horas hasta obtener su deshidratación completa. Posteriormente se pesó en la balanza analítica y se expresó el peso en gramos de materia vegetal seca.

### **3.6.2.7. Análisis económico**

El análisis económico se realizó considerando los costos de cada uno de los tratamientos en estudio, y el ingreso generado por la venta de 1000 plántulas, para luego hallar la relación beneficio/costo utilizando la fórmula:

$$B/C = \frac{I.B.}{C.T.P.}$$

Dónde:

B/C: Relación beneficio – costo

I.B.: Ingreso bruto

C.T.P.: Costo total de producción

## **3.7. Tratamiento de los datos**

Los datos obtenidos de la evaluación de las variables, se ingresaron en una base de datos de Excel 2019, programa en el cual se tabularon y ordenaron de acuerdo a cada unidad experimental. Posteriormente, los datos se exportaron a Infostat versión estudiantil 2017.1.2 para el procesamiento estadístico, el cual consistió en el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, considerando un 5% de probabilidad del error.

Para el análisis económico, se elaboró una tabla de todos los costos de producción de 1000 plántulas, ya que es la cantidad de plántulas que se necesita para una hectárea de cacao, luego se clasificó en costos: fijo, variables y de tratamiento, para determinar los indicadores económicos considerados.

## **3.8. Recursos humanos y materiales**

### **3.8.1. Recursos humanos**

Estudiante responsable de la investigación

Docente Tutor del Proyecto de Investigación

### **3.8.2. Recursos materiales**

#### **3.8.2.1. Materiales de oficina**

- CD-Rom
- Computador
- Carpeta
- Calculadora
- Libreta
- Hojas de papel bond
- Libreta de campo
- Regla

#### **3.8.2.2. Materiales de campo**

- Baldes
- Bolsas de papel
- Calibrador digital
- Estilete
- Fundas de vivero
- Machetes
- Plástico negro
- Qitosano
- Regadera
- Tijera de podar

### **3.8.2.3. Equipos y materiales de laboratorio**

- Estufa
- Balanza digital
- Probeta

### **3.8.2.4. Material vegetal**

- Varetas de cacao CCN-51
- Varetas de cacao INIAP-EETP-801

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados

### 4.1.1. Sobrevivencia

La sobrevivencia de plántulas de los dos clones de cacao en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de quitosano se presenta en la Tabla 2. El análisis de varianza determinó que las variedades y dosis de quitosano alcanzaron alta significancia estadística, mientras que para las interacciones no se obtuvo significancia estadística.

Tabla 2. Sobrevivencia de plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.

Tratamientos	Sobrevivencia (%)
<b>Clones</b>	55.83 b
C <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801	
C <sub>2</sub> : CCN-51	61.67 a
<b>Dosis de Quitosano</b>	
D <sub>0</sub> : 0 mg L <sup>-1</sup>	38.33 d
D <sub>1</sub> : 100 mg L <sup>-1</sup>	55.00 c
D <sub>2</sub> : 500 mg L <sup>-1</sup>	76.67 a
D <sub>3</sub> : 1000 mg L <sup>-1</sup>	65.00 b
<b>Interacciones</b>	
C <sub>1</sub> D <sub>0</sub> : INIAP-EETP-801 + 0 mg L <sup>-1</sup>	33.33 e
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801 + 100 mg L <sup>-1</sup>	53.33 cd
C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> : INIAP-EETP-801 + 500 mg L <sup>-1</sup>	73.33 ab
C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> : INIAP-EETP-801 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	63.33 abc
C <sub>2</sub> D <sub>0</sub> : CCN-51 + 0 mg L <sup>-1</sup>	43.33 de
C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> : CCN-51 + 100 mg L <sup>-1</sup>	56.67 cd
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> : CCN-51 + 500 mg L <sup>-1</sup>	80.00 a
C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> : CCN-51 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	66.67 bc
<b>Promedio</b>	58.75
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	9.19

Promedio con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )

Entre los clones de cacao, se destacó el CCN-51 que registró mayor porcentaje de sobrevivencia con 61.67%, estadísticamente superior al clon INIAP-EETP-801 que presentó un 55.83% de plantas vivas. El quitosano, al aplicarse en dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> de agua, obtuvo mayor porcentaje de sobrevivencia de plántulas con 76.67%, mostrando diferencias significativas respecto a las demás dosis que registraron valores entre 38.33 y 65.00%.

La comparación de las interacciones mostró que al combinarse el clon CCN-51 con la dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> se obtiene mayor porcentaje de sobrevivencia con 80.00%, sin diferir estadísticamente de las interacciones INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup> y INIAP-EETP-801 + 1000 mg L<sup>-1</sup> que presentaron valores de 73.33 y 66.67% respectivamente. Las mencionadas interacciones superaron estadísticamente a las demás que mostraron porcentajes de sobrevivencia de plántulas entre 33.33 y 63.33%, siendo la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>, la que presentó menor sobrevivencia.

#### 4.1.2. Diámetro del tallo

En la Tabla 3, se presenta el diámetro del tallo de plántulas de cacao provenientes de la siembra de esquejes. De acuerdo al análisis de varianza, a los 60 y 75 días después de la siembra, no se alcanzó significancia estadística para los clones e interacciones, mientras que las dosis de quitosano presentaron alta significancia estadística. En las siguientes evaluaciones, a los 90 y 120 días, se pudo apreciar que esta tendencia varió, de manera que se registró significancia estadística al 95 y al 99%, respectivamente.

Tabla 3. Diámetro del tallo en plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.

Tratamientos	Diámetro del tallo (cm)			
	60 DDS	75 DDS	90 DDS	120 DDS
<b>Clones</b>				
C <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801	5.21 a	5.46 a	5.78 b	5.98 b
C <sub>2</sub> : CCN-51	5.36 a	5.67 a	5.94 a	6.41 a
<b>Dosis de Quitosano</b>				
D <sub>0</sub> : 0 mg L <sup>-1</sup>	4.83 c	4.96 c	5.28 c	5.60 c
D <sub>1</sub> : 100 mg L <sup>-1</sup>	5.25 b	5.49 b	5.89 b	6.11 b
D <sub>2</sub> : 500 mg L <sup>-1</sup>	5.60 a	5.97 a	6.19 a	6.62 a
D <sub>3</sub> : 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.46 ab	5.85 ab	6.08 ab	6.46 a
<b>Interacciones</b>				
C <sub>1</sub> D <sub>0</sub> : INIAP-EETP-801 + 0 mg L <sup>-1</sup>	4.67 c	4.78 c	5.19 c	5.28 d
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801 + 100 mg L <sup>-1</sup>	5.10 bc	5.34 bc	5.80 ab	5.93 c
C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> : INIAP-EETP-801 + 500 mg L <sup>-1</sup>	5.56 bc	5.86 bc	6.14 ab	6.40 abc
C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> : INIAP-EETP-801 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.52 bc	5.84 bc	6.00 ab	6.32 bc
C <sub>2</sub> D <sub>0</sub> : CCN-51 + 0 mg L <sup>-1</sup>	5.00 bc	5.13 bc	5.37 c	5.92 c
C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> : CCN-51 + 100 mg L <sup>-1</sup>	5.40 bc	5.63 bc	5.99 a	6.29 bc
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> : CCN-51 + 500 mg L <sup>-1</sup>	5.64 a	6.07 a	6.25 ab	6.83 a
C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> : CCN-51 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.40 bc	5.85 bc	6.15 ab	6.60 ab
<b>Promedio</b>	5.29	5.56	5.86	6.20
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	3.85	4.99	2.57	2.85

Promedio con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

A los 60 días, no se registraron diferencias significativas entre los clones, siendo el clon CCN-51 el que presentó plántulas de mayor diámetro del tallo (5.36 mm). Por otra parte, a nivel de dosis, las dosis de 500 y 1000 mg L<sup>-1</sup> de agua de quitosano no mostraron diferencias significativas entre sí, pero, si superaron estadísticamente a las dos dosis restantes. Para lo correspondiente a las interacciones, el mayor valor se registró en la interacción CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> (5.64 mm), evidenciándose sin diferir estadísticamente de las demás interacciones a excepción de CCN-51 + 0 mg L<sup>-1</sup> y ETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>, que se ubicaron por debajo de las demás con valores de 5.00 y 4.67 mm de diámetro del tallo.

Cuando las plántulas tuvieron 75 días de edad, tampoco se registró diferencias significativas entre los clones, registrándose el mayor diámetro del tallo en el clon CCN-51 (5.67 cm). El quitosano, al aplicarse en dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> registró mayor diámetro (5.97 mm), sin diferir estadísticamente de la dosis 1000 mg L<sup>-1</sup> (5.85 mm), pero superiores a las dos dosis restantes. A nivel de interacciones, el mayor diámetro se registró en la interacción CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> (6.07 mm), sin presentar diferencias significativas para las demás interacciones a excepción de CCN-51 + 0 mg L<sup>-1</sup> y INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>, que se ubicaron por debajo de las demás con valores de 5.13 y 4.78 mm, respectivamente.

Cuando las plántulas alcanzaron los 90 días de edad, se pudo apreciar la existencia de diferencias significativas entre los dos clones de cacao, siendo el clon CCN-51 el que registró mayor diámetro del tallo, con 5.94 mm. Por otra parte, a nivel de las dosis de quitosano, la de 500 mg L<sup>-1</sup> registró mayor diámetro del tallo (6.20 mm), sin diferir estadísticamente de la de 1000 mg L<sup>-1</sup> (6.08 mm), superando estadísticamente a las demás dosis. Para las interacciones, CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> registró mayor diámetro del tallo (6.25 mm), en igualdad estadística con las demás interacciones a excepción a las interacciones INIAP-EETP-801 + 100 mg L<sup>-1</sup>, CCN-51 + 0 mg L<sup>-1</sup> y INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>, que se ubicaron por debajo con valores entre 5.19 y 5.80 mm.

A los 120 días de edad de las plántulas, los clones alcanzaron diferencias significativas, correspondiente el mayor valor al clon CCN-51 (6.41 mm). La dosis de quitosano, de 500 mg L<sup>-1</sup>, mostró mayor diámetro con 6.62 m, sin diferir de la dosis de 1000 mg L<sup>-1</sup> (6.46 mm), superiores estadísticamente a las dos dosis restantes que mostraron valores por debajo de 6.11 mm. En el caso de las interacciones, CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> presentó mayor promedio con 6.83 mm, sin diferir de las interacciones CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup> (6.60 mm) e INIAP-

EETP-801 (6.41 mm), superiores estadísticamente a las demás interacciones que presentaron valores entre 5.28 y 6.32 mm, respectivamente.

#### 4.1.3. Hojas por planta

Los promedios del número de hojas por planta a los 60, 75, 90 y 120 días se presentan en la Tabla 4. En las tres primeras evaluaciones, se pudo apreciar que únicamente las dosis de quitosano alcanzaron significancia estadística.

Tabla 4. Número de hojas por plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.

Tratamientos	Hojas por planta			
	60 DDS	75 DDS	90 DDS	120 DDS
<b>Clones</b>				
C <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801	2.68 a	4.51 a	5.51 a	6.94 b
C <sub>2</sub> : CCN-51	2.67 a	4.60 a	5.56 a	7.32 a
<b>Dosis de Quitosano</b>				
D <sub>0</sub> : 0 mg L <sup>-1</sup>	2.48 b	4.14 b	5.02 b	6.02 d
D <sub>1</sub> : 100 mg L <sup>-1</sup>	2.54 b	4.21 b	5.21 b	6.68 c
D <sub>2</sub> : 500 mg L <sup>-1</sup>	2.98 a	5.11 a	6.11 a	8.11 a
D <sub>3</sub> : 1000 mg L <sup>-1</sup>	2.70 ab	4.77 a	5.80 a	7.72 b
<b>Interacciones</b>				
C <sub>1</sub> D <sub>0</sub> : INIAP-EETP-801 + 0 mg L <sup>-1</sup>	2.42 a	4.11 d	5.00 c	6.00 c
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801 + 100 mg L <sup>-1</sup>	2.64 a	4.19 bcd	5.19 bc	6.13 c
C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> : INIAP-EETP-801 + 500 mg L <sup>-1</sup>	2.96 a	5.01 a	6.06 a	8.01 a
C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> : INIAP-EETP-801 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	2.68 a	4.74 abc	5.79 ab	7.63 ab
C <sub>2</sub> D <sub>0</sub> : CCN-51 + 0 mg L <sup>-1</sup>	2.55 a	4.17 d	5.03 c	6.03 c
C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> : CCN-51 + 100 mg L <sup>-1</sup>	2.43 a	4.23 bcd	5.23 bc	7.23 b
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> : CCN-51 + 500 mg L <sup>-1</sup>	3.00 a	5.21 a	6.17 a	8.21 a
C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> : CCN-51 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	2.72 a	4.80 ab	5.80 ab	7.80 ab
<b>Promedio</b>	2.68	4.56	5.53	7.13
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	8.93	4.61	4.46	3.13

Promedio con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

A los 60 días, no hubo diferencias significativas entre los clones, presentando 2.68 hojas por planta, en cada clon. En las diferentes dosis de quitosano, no se encontraron diferencias estadísticas entre las dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> (2.99 hojas) y 1000 mg L<sup>-1</sup> (2.70 hojas), superando a las demás dosis en estudio. A nivel de interacciones, no se observaron diferencias estadísticas, destacándose la interacción CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> por presentar el mayor promedio (3.00 hojas). Las demás interacciones presentaron valores entre 2.42 y 2.97 hojas por planta.

Al evaluar las plántulas a los 75 días de edad, no se observaron diferencias significativas entre los clones, correspondiendo el mayor valor al clon CCN-51 (4.60 hojas por planta). Las dosis de 500 y 1000 mg L<sup>-1</sup> de quitosano no presentaron diferencias significativas entre sí, presentándose el mayor promedio en la dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> (5.12 hojas), y superando a las dos dosis restantes. Las interacciones CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup>, INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup>, CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup> e INIAP-EETP-801 + 1000 mg L<sup>-1</sup> no presentaron diferencias significativas entre ellas, destacándose la primera por mostrar el mayor valor (5.21 hojas por planta), y a la vez superaron estadísticamente a las demás interacciones que presentaron promedios entre 4.11 y 4.23 hojas por planta. El menor promedio se registró en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>.

Al evaluar a los 90 días, no se observaron diferencias significativas entre los dos clones de cacao, siendo el clon CCN-51 el que registró mayor número de hojas por planta (5.56). Por otra parte, la dosis de quitosano de 500 mg L<sup>-1</sup> registró más hojas por planta (6.12), en igualdad estadística con la de 1000 mg L<sup>-1</sup> (5.80 hojas), superando estadísticamente a las demás dosis. Para las interacciones, CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> registró mayor número de hojas por planta (6.17), en igualdad estadística con las interacciones: INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup>, CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup> e INIAP-EETP-801 + 1000 mg L<sup>-1</sup>, que registraron valores entre 5.79 y 6.06, respectivamente. Las demás interacciones se ubicaron por debajo de las mencionadas anteriormente, presentando valores que fluctuaron entre 5.00 y 5.23 hojas por planta. El menor promedio se registró en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup> de quitosano.

Cuando las plántulas tuvieron 120 días de edad, el clon CCN-51 presentó mayor número de hojas por planta (7.32), sin diferir estadísticamente del clon INIAP-EET-801 (6.94). La comparación entre las dosis de quitosano, reflejó que la dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> registró el mayor número de hojas por planta (8.11) superó estadísticamente a las demás dosis que presentaron valores entre 6.02 y 7.72 hojas por plántula. Para las interacciones, CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> registró mayor número de hojas por planta (8.21), sin diferir estadísticamente de las interacciones: INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup>, CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup> e INIAP-EETP-801 + 1000 mg L<sup>-1</sup>, que registraron valores entre 7.64 y 8.01 hojas por planta. Las mencionadas interacciones superaron estadísticamente a las demás interacciones que presentaron valores que fluctuaron entre 6.00 y 7.23. El menor promedio se registró en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup> de quitosano.

#### 4.1.4. Número de raíces y longitud radicular

Los promedios del número de raíces y la longitud radicular de plántulas de los dos clones de cacao en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de quitosano se presenta en la Tabla 5. El análisis de varianza determinó que las variedades y dosis de quitosano alcanzaron alta significancia estadística para la variable número de raíces, mientras que las interacciones no registraron significancia estadística. Para la longitud de la raíz, los clones y las dosis de quitosano alcanzaron alta significancia estadística, y las interacciones presentaron significancia estadística al 95%.

Tabla 5. Número de raíces y longitud radicular plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.

Tratamientos	Número de raíces	Longitud de raíz (cm)
<b>Clones</b>		
C <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801	4.97 a	29.19 b
C <sub>2</sub> : CCN-51	5.25 b	31.16 a
<b>Dosis de Quitosano</b>		
D <sub>0</sub> : 0 mg L <sup>-1</sup>	4.19 d	24.82 d
D <sub>1</sub> : 100 mg L <sup>-1</sup>	4.66 c	25.66 c
D <sub>2</sub> : 500 mg L <sup>-1</sup>	6.08 a	35.74 a
D <sub>3</sub> : 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.51 bd	34.49 bd
<b>Interacciones</b>		
C <sub>1</sub> D <sub>0</sub> : INIAP-EETP-801 + 0 mg L <sup>-1</sup>	4.00 a	24.23 c
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801 + 100 mg L <sup>-1</sup>	4.50 ab	25.41 c
C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> : INIAP-EETP-801 + 500 mg L <sup>-1</sup>	5.95 bc	35.86 b
C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> : INIAP-EETP-801 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.42 c	33.12 bc
C <sub>2</sub> D <sub>0</sub> : CCN-51 + 0 mg L <sup>-1</sup>	4.38 d	25.25 c
C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> : CCN-51 + 100 mg L <sup>-1</sup>	4.82 de	26.07 c
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> : CCN-51 + 500 mg L <sup>-1</sup>	6.21 ef	37.30 a
C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> : CCN-51 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.60 f	34.18 bc
<b>Promedio</b>	5.11	30.18
<b>Coficiente de variación (%)</b>	2.68	2.48

Promedio con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

Los clones de cacao mostraron diferencias significativas, siendo el clon CCN-51 el que registró mayor número de raíces, con 5.26 raíces. La aplicación de quitosano en dosis de 500 mg L<sup>-1</sup>, presentó mayor número de raíces, con 6.08 raíces, superando estadísticamente a las demás dosis que registraron valores entre 4.19 y 5.51 raíces. En ausencia de la aplicación de quitosano se presentó el menor número de raíces. La comparación de las interacciones mostró que al combinarse el clon CCN-51 con la dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> se obtuvo el mayor

número de raíces (6.21) en ausencia de diferencias significativas respecto a INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup> (5.85). Estas interacciones superaron estadísticamente a las demás interacciones que mostraron promedios entre 4.00 y 5.60 raíces. El promedio más bajo se obtuvo en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>.

Para la variable longitud de la raíz, en el clon CCN-51 se presentó la mayor longitud de la raíz (31.16 cm), mostrando una diferencia significativa por encima del clon INIAP-EETP-801 (29.19 cm). Con la aplicación de la dosis de quitosano de 500 cc de quitosano por litro de agua se produjeron raíces más largas (35.74 cm), superando estadísticamente a las demás dosis de quitosano que mostraron promedios entre 24.82 y 34.49 cm de longitud de la raíz. A nivel de interacciones, la combinación CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> mostró mayor longitud radicular, con 37.30 cm, en igualdad estadística con CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup>, que registró un promedio de 35.86 cm, superiores estadísticamente a las demás interacciones que registraron valores entre 24.23 y 34.18 cm de longitud radicular. La menor longitud radicular se presentó en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>.

#### **4.1.5. Biomasa de la parte aérea de la planta**

En la Tabla 6, se presentan los promedios del peso de la biomasa fresca y seca de la parte aérea de las plántulas de cacao en respuesta a los tratamientos en estudio. Tanto para el peso fresco de la biomasa de la parte aérea, así como para el peso seco se pudo apreciar que todas las fuentes de variación alcanzaron alta significancia estadística.

Para los clones de cacao, el clon CCN-51 mostró mayor peso fresco de la biomasa de la parte aérea de las plántulas (11.49 g), superando estadísticamente al clon INIAP-EETP-801 (10.30g). En lo que respecta a las dosis de quitosano 500 mg L<sup>-1</sup> presentó el mayor peso fresco de la biomasa de la parte aérea de las plántulas, con 13.37 g, superando estadísticamente a las demás dosis que registraron valores entre 8.36 y 12.05 g. El menor peso se obtuvo en la dosis de 0 mg L<sup>-1</sup>. A nivel de las interacciones se observó que al combinarse el clon CCN-51 con la dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> se obtuvo mayor peso fresco de la biomasa del área foliar (13.53 g) en ausencia de diferencias significativas respecto a INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup> (13.21 g), INIAP-EETP-801 + 1000 mg L<sup>-1</sup> (12.11 g) y INIAP-EETP-801 + 1000 mg L<sup>-1</sup> (11.99 g). Estas interacciones superaron estadísticamente a las demás interacciones que mostraron promedios entre 7.61 y 11.21 g, respectivamente. El promedio más bajo se obtuvo en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>.

Tabla 6. Biomasa fresca y seca de la parte aérea de plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.

Tratamientos	Peso de la biomasa de la parte aérea (g)	
	Fresca	Seca
<b>Clones</b>		
C <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801	11.49 a	3.47 a
C <sub>2</sub> : CCN-51	10.30 b	3.13 b
<b>Dosis de Quitosano</b>		
D <sub>0</sub> : 0 mg L <sup>-1</sup>	8.36 d	2.59 d
D <sub>1</sub> : 100 mg L <sup>-1</sup>	9.80 c	2.98 c
D <sub>2</sub> : 500 mg L <sup>-1</sup>	13.37 a	4.00 a
D <sub>3</sub> : 1000 mg L <sup>-1</sup>	12.05 b	3.65 b
<b>Interacciones</b>		
C <sub>1</sub> D <sub>0</sub> : INIAP-EETP-801 + 0 mg L <sup>-1</sup>	7.61 c	2.41 d
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801 + 100 mg L <sup>-1</sup>	8.38 c	2.57 d
C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> : INIAP-EETP-801 + 500 mg L <sup>-1</sup>	13.21 a	3.92 ab
C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> : INIAP-EETP-801 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	11.99 ab	3.63 bc
C <sub>2</sub> D <sub>0</sub> : CCN-51 + 0 mg L <sup>-1</sup>	9.10 c	2.76 d
C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> : CCN-51 + 100 mg L <sup>-1</sup>	11.21 b	3.40 c
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> : CCN-51 + 500 mg L <sup>-1</sup>	13.53 a	4.07 a
C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> : CCN-51 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	12.11 ab	3.67 bc
<b>Promedio</b>	10.89	3.30
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	5.27	4.05

Promedio con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0.05)

En el caso del peso seco de la biomasa de la parte aérea de las plántulas, entre los clones se pudo apreciar la existencia de diferencias significativas, siendo el clon CCN-51 el que presentó el mayor promedio (3.47 g). La aplicación de 500 mg L<sup>-1</sup> de quitosano registró mayor peso seco de la biomasa de la parte aérea (4.00g), superando estadísticamente a las demás dosis. El menor peso se registró en la ausencia de quitosano.

Las interacciones: CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> (4.07 g) y INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup> (3.92 g), registraron los mayores pesos, sin diferir estadísticamente entre sí, pero a su vez superaron a las demás interacciones que mostraron valores que oscilaron entre 2.41 y 3.67 g. El menor peso seco de la biomasa de la parte aérea de las plántulas tuvo lugar en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>.

#### 4.1.6. Biomasa de la zona radicular

Los promedios del peso fresco y seco de la biomasa de la parte radicular de las plántulas de dos clones de cacao en respuesta a las diferentes dosis de quitosano se presentan en la Tabla 7. Tanto para el peso fresco de la biomasa radicular, así como en el peso seco se observó que los clones y las dosis de quitosano alcanzaron alta significancia estadística, mientras que para las interacciones no se observó significancia estadística para ambas variables.

Tabla 7. Biomasa fresca y seca de la zona radicular en plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.

Tratamientos	Peso de la biomasa de la zona radicular (g)	
	Fresca	Seca
<b>Clones</b>		
C <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801	4.37 a	1.24 a
C <sub>2</sub> : CCN-51	4.88 b	1.40 b
<b>Dosis de Quitosano</b>		
D <sub>0</sub> : 0 mg L <sup>-1</sup>	3.89 c	1.11 c
D <sub>1</sub> : 100 mg L <sup>-1</sup>	3.99 c	1.13 c
D <sub>2</sub> : 500 mg L <sup>-1</sup>	5.50 a	1.57 a
D <sub>3</sub> : 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.13 b	1.47 b
<b>Interacciones</b>		
C <sub>1</sub> D <sub>0</sub> : INIAP-EETP-801 + 0 mg L <sup>-1</sup>	3.62 d	1.03 d
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801 + 100 mg L <sup>-1</sup>	3.65 d	1.03 d
C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> : INIAP-EETP-801 + 500 mg L <sup>-1</sup>	5.26 ab	1.50 a b
C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> : INIAP-EETP-801 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	4.95 b	1.41 b
C <sub>2</sub> D <sub>0</sub> : CCN-51 + 0 mg L <sup>-1</sup>	4.16 cd	1.19 c d
C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> : CCN-51 + 100 mg L <sup>-1</sup>	4.32 c	1.23 c
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> : CCN-51 + 500 mg L <sup>-1</sup>	5.73 a	1.64 a
C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> : CCN-51 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	5.32 ab	1.52 a b
<b>Promedio</b>	4.63	1.32
<b>Coefficiente de variación (%)</b>	4.53	4.66

Promedio con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p > 0.05$ )

Para la biomasa radicular fresca, los clones de cacao alcanzaron diferencias significativas entre sí, registrándose el mayor peso en el clon CCN-51 (4.88 g). El quitosano, al aplicarse en dosis de 500 mg L<sup>-1</sup>, presentó mayor peso fresco de la biomasa radicular con 5.50 g,

superando estadísticamente a las demás dosis que registraron valores entre 3.89 y 5.14 g, respectivamente. En ausencia de la aplicación de quitosano se presentó el menor peso fresco de biomasa radicular. La comparación de las interacciones mostró que al combinarse el clon CCN-51 con la dosis de 500 mg L<sup>-1</sup> se obtuvo mayor peso fresco de la biomasa radicular (5.73 g) en ausencia de diferencias significativas respecto a CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup> (5.32 g) + 500 mg L<sup>-1</sup> y INIAP-EETP-801 + 500 mg L<sup>-1</sup> (5.26 g). Estas interacciones superaron estadísticamente a las demás interacciones que mostraron promedios entre 3.61 y 4.95 g. El promedio más bajo se obtuvo en la interacción INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>.

Para la variable peso seco de la biomasa radicular, en el clon CCN-51 se presentó el mayor peso (1.39 g), mostrando una diferencia significativa por encima del clon INIAP-EETP-801 (1.24 g). Con la aplicación de la dosis de 500 cc de quitosano por litro de agua se presentó mayor peso seco de la biomasa radicular (1.57 g), superando estadísticamente a las demás dosis de quitosano que mostraron promedios entre 1.11 y 1.47 g. El menor promedio se registró al no aplicarse quitosano. A nivel de interacciones, la combinación CCN-51 + 500 mg L<sup>-1</sup> mostró mayor peso seco de la biomasa radicular, con 1.64 g, en igualdad estadística con CCN-51 + 1000 mg L<sup>-1</sup> e INIAP-EETP-801 + 5000 mg L<sup>-1</sup>, que registraron promedios de 1.52 y 1.50 g, respectivamente. Estas interacciones superaron estadísticamente a las demás, que registraron valores entre 1.03 y 1.41 g de peso seco de la biomasa radicular. El menor promedio se obtuvo en las interacciones INIAP-EETP-801 + 100 mg L<sup>-1</sup> e INIAP-EETP-801 + 0 mg L<sup>-1</sup>, que presentaron un peso de 1.03 g, cada una.

#### **4.1.7. Análisis económico**

En la Tabla 8, se presente el análisis económico de los tratamientos en estudio en función de la producción de 1000 plántulas de cacao. En ambos clones, se obtuvo mayor rentabilidad al aplicarse la dosis de quitosano de 500 mg L<sup>-1</sup>, alcanzándose rentabilidad de 40.65 y 50.00% para los clones INIAP-EETP-801 y CCN-51, respectivamente.

Para el clon CCN-51 se obtiene una ganancia de \$ 0.50 por cada dólar invertido, mientras que para el clon INIAP-EETP-801 se registró una ganancia de \$ 0.41 por cada dólar invertido. El costo de tratamiento para la dosis mencionada, fue de \$ 403.15. Cuando no se aplicó quitosano, se registraron pérdidas económicas para cada clon, con 20.82 y 1.31 %, para INIAP-EETP-801 y CCN-51, respectivamente.

Tabla 8. Análisis económico de la producción de 1000 plántulas de cacao en respuesta a la aplicación de quitosano en la propagación vegetativa de clones CCN-51 y EETP-801.

Tratamientos	Sobre vivencia (%)	Plantas producidas	Ingreso bruto (\$)	Costo Variable (\$)	Costo del tratamiento (\$)	Costo total (\$)	Beneficio neto (\$)	B/C	Rentabilidad (%)
C <sub>1</sub> D <sub>0</sub> : INIAP-EETP-801 + 0 mg L <sup>-1</sup>	33.33	333	183.15	33.30	70.00	231.30	-48.15	0.79	-20.82
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> : INIAP-EETP-801 + 100 mg L <sup>-1</sup>	53.33	533	293.15	53.30	74.18	255.48	37.67	1.15	14.74
C <sub>1</sub> D <sub>2</sub> : INIAP-EETP-801 + 500 mg L <sup>-1</sup>	73.33	733	403.15	73.30	85.34	286.64	116.51	1.41	40.65
C <sub>1</sub> D <sub>3</sub> : INIAP-EETP-801 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	63.33	633	348.15	63.30	93.00	284.30	63.85	1.22	22.46
C <sub>2</sub> D <sub>0</sub> : CCN-51 + 0 mg L <sup>-1</sup>	43.33	433	238.15	43.30	70.00	241.30	-3.15	0.99	-1.31
C <sub>2</sub> D <sub>1</sub> : CCN-51 + 100 mg L <sup>-1</sup>	56.67	566	311.30	56.60	74.18	258.78	52.52	1.20	20.30
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub> : CCN-51 + 500 mg L <sup>-1</sup>	80.00	800	440.00	80.00	85.34	293.34	146.66	1.50	50.00
C <sub>2</sub> D <sub>3</sub> : CCN-51 + 1000 mg L <sup>-1</sup>	66.67	666	366.30	66.60	93.00	287.60	78.70	1.27	27.36

Costo plántula de cacao: 0.55  
 Costo variable: \$ 0.10  
 Costo fijo \$ 128.00/1000 plántulas  
 Costo Quitosano \$9.20  
 Costo estaca \$ 0.07

## 4.2. Discusión

Las fuentes de quitosano y quitina han surgido como grupos prometedores de sustancias biológicas que pueden inducir el crecimiento de las plantas y la resistencia a las enfermedades (Martial *et al.*, 2017). En el presente estudio, se pudo comprobar diferentes beneficios de la aplicación de quitosano en plántulas de cacao, entre los que se destaca que promovió la sobrevivencia de plántulas de cacao de ambos clones, siendo la dosis un factor determinante para la obtención de más plantas vivas en la fase de vivero, de modo que la dosis de 500 mg de quitosano por cada litro de agua, mejoró las condiciones de sobrevivencia de las plántulas, observándose un posible efecto negativo al incrementarse la dosis hasta los 1000 mg de quitosano por litro de agua. Esto concuerda con Noboa (2019), quien, a nivel de vivero de cacao, sostiene que se debe considerar a la dosis de aplicación de productos de nutrición foliar como uno de los de mayor importancia para garantizar el éxito en la obtención de plántulas, ya que una mayor dosis, podría generar efectos negativos, así como pérdidas económicas por efecto de un desperdicio de insumos (Calderón, 2021).

Otro punto a tomar en cuenta es que el clon CCN-51 mostró mayor porcentaje de sobrevivencia, lo que se puede atribuir a una mayor resistencia a condiciones ambientales, como a posibles patógenos y factores asociados al microclima dentro del invernadero. Esto concuerda con Martial *et al.* (2017), quien menciona que materiales genéticos con mayor grado de resistencia tanto a enfermedades, factores ambientales, podrían presentar mayor sobrevivencia en condiciones controladas, a consecuencia de un mayor grado de adaptabilidad, lo que también se comprueba al observarse que al interaccionar el mencionado clon con la dosis de quitosano de 500 mg L<sup>-1</sup>, el porcentaje de sobrevivencia se incrementó hasta un 80.00 %, concordando con Hernández-Pérez y Labbé (2014), quien mencionaba que la combinación de un material de siempre con una fuente de fertilización idónea, las plantas pueden sobrevivir en mayor escala al medio en el que se desarrollan.

El desarrollo de las plántulas de CCN-51 fue notablemente mayor, de modo que al cabo de 60 días (desde el día 60 al día 120), exhibieron un crecimiento de 1.05 mm, frente a los 0.77 mm de las plántulas del clon INIAP-EETP-801, lo que se puede atribuir a una mayor adaptabilidad de las plántulas del primer clon, así como a un mayor potencial de desarrollo y producción (Pérez y Freile, 2017). Además, esto se ve apoyado en la emisión foliar, que, a pesar de ser igual en ambos clones a los 60 días de edad de las plántulas, a la edad de 120

días, las plántulas del clon CCN-51, registraron una emisión de 4.64 hojas, frente al incremento de 4.26 en el clon INIAP-EETP-801, pudiéndose puntualizar que el clon CCN-51 presenta un mayor desarrollo que el clon de INIAP, sin embargo, estos resultados se contraponen a los obtenidos por Pérez y Freile (2017), quienes observaron que el clon CCN-51 se caracterizó por presentar plantas de menor altura, pero con un alto potencial productivo a nivel de campo. Esta diferencia se puede atribuir a que las condiciones de luminosidad, así como de otros factores edafoclimáticos difieren notablemente bajo cubierta, concordando con Sánchez-Mora *et al.* (2015), quienes sostienen que, bajo condiciones controladas, la respuesta de los clones de cacao puede diferir directamente en función de las condiciones en las que se desarrollan a campo abierto.

Al analizar las variables mencionadas anteriormente, en función de las dosis de quitosano, se pudo identificar un efecto significativo al incrementarse la dosis de este biopolímero, sin embargo, al incrementar excesivamente la dosis de este, se produce un efecto contradictorio, restringiendo el engrose el tallo, así como la emisión foliar de las plántulas de cacao. Esto se ve reflejado al analizar las interacciones, en las cuáles se puede apreciar que en ambos clones la dosis de 500 mg L<sup>-1</sup>, produce mejores resultados, concordando con González, Costales, y Falcón (2014), quienes sostienen que la selección de una dosis en un determinado cultivo en etapas fenológicas específicas que presente mejor respuesta, ayuda a la obtención de mejores resultados, que se ven reflejados tanto en el desarrollo, como en la productividad de los cultivos. Respecto a esto, Reyes-Pérez *et al.* (2020), reportaron resultados similares las variedades de tomate Floradade y Amalia, evidenciando que la dosis idónea bajo cubierta es la de 2 g L<sup>-1</sup>, de manera que al incrementar la dosis hasta 3 g L<sup>-1</sup>, genera un efecto negativo en el crecimiento de las plántulas en etapa de vivero.

Los parámetros del número de raíces, longitud de la raíz principal, así como la biomasa fresca y seca tanto de la parte aérea como la radicular, mostraron mayores promedios en el clon CCN-51, pudiéndose especular que este material genético, posiblemente en la etapa inicial del cultivo presenta mayor desarrollo, permitiendo aludir que el clon INIAP-EETP-801, cuando pasa a condiciones de campo abierto, presenta un mayor desarrollo, con plantas más altas (Rodríguez y Zambrano, 2019). Respecto a esto, Sánchez-Mora (2015), sostienen que en la zona de Quevedo, importante región para la producción comercial de cacao, se obtuvieron los mayores rendimientos de las variables de rendimiento y una alta incidencia de enfermedades fúngicas en las mazorcas.

En cuanto a las dosis de quitosano respecta, se pudo identificar un efecto significativo al aplicar la dosis de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , de manera que, al cabo de 120 días de estudio, la produjo un 36.15 y 33.50% más de hojas en los clones CCN-51 e INIP-EETP-801, respecto a sus respectivos testigos, correspondientemente. Por otra parte, incrementó significativamente el número de raíces, así como la longitud de las mismas en ambos clones, y a pesar de que se incrementó la dosis hasta  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ , se pudo apreciar que ésta produce un efecto negativo en las plántulas, lo que se puede deber a que se produce una fitotoxicidad, ya que por la temprana edad de las plántulas no soportan dosis elevadas de insumos. Esto cobra mayor importancia al analizarse la biomasa fresca y seca tanto de la parte aérea como de la zona radicular, que fue potenciada con la dosis de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , marcando las pautas de un efecto similar a la emisión foliar y desarrollo radicular. Esto corrobora lo sostenido por (González, *et al.*, (2014), quienes, al analizar las variables de crecimiento en el cultivo de tomate, observaron que en la mayoría de los casos la aplicación de quitosano ejerció un efecto positivo sobre la longitud de las raíces. Estos autores evidenciaron que, con las concentraciones de 0.1, 1.0 y  $2.5 \text{ g L}^{-1}$ , se alcanzaron valores superiores al control, sin embargo, al utilizar  $10 \text{ g L}^{-1}$  se produjo un efecto inhibitorio en el crecimiento, tal vez debido a que esos niveles resultan negativos para determinados eventos. Finalmente, estos autores, demostraron que, de manera general, se comprobó que las aplicaciones de quitosano influyeron en las variables de crecimiento en las plántulas de tomate. La respuesta estuvo modulada por las concentraciones del polímero, aunque los resultados también variaron con el momento en que se hicieron las determinaciones.

Finalmente, el análisis económico, mostro el efecto que genera el aumento de la dosis en la obtención de rentabilidad al producir 1000 plantas de cacao. El beneficio económico se derivó de la sobrevivencia de plántulas, de manera que la dosis de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , al permitir obtener más plántulas vivas, ayuda a la obtención de una mayor ganancia, lo que concuerda con Noboa (2019), quien sostiene que la dosis de aplicación de productos bioestimulantes, juega un papel determinante para la sobrevivencia de plántulas, y por ende para la generación de rentabilidad, puesto que una dosis que permita obtener mayor cantidad de plántulas, aportará a un mayor beneficio económico.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- El clon de cacao CCN-51 mostró plantas que exhibieron un mayor desarrollo tanto de la parte aérea como de la parte radicular de las plántulas de cacao, mostrando incremento del diámetro del tallo, emisión foliar, número y longitud de raíces.
- La parte aérea de las plántulas de cacao en ambos clones, experimentaron un mayor desarrollo al aplicar quitosano en dosis de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , mientras que, al aplicarse la dosis más alta, trajo consigo un efecto negativo para el desarrollo de las plántulas.
- La dosis de  $500 \text{ mg L}^{-1}$  permitió obtener plántulas con más de raíces y más largas que sin la aplicación de quitosano en el clon INIAP-EETP-801, mientras que para el clon de cacao CCN-51, se registró un incremento de número y longitud de raíces.
- Al aplicarse  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de quitosano, considerando la producción de 1000 plántulas, en cada uno de los clones se obtuvo mayor rentabilidad que en las demás dosis de este bioestimulante.

## **5.2. Recomendaciones**

- Evaluar distintas frecuencias de aplicación de quitosano a nivel de plántulas de cacao en fase de vivero con la finalidad de contrastar posibles cambios en los resultados por efecto del momento de aplicación del mencionado bioestimulante.
- Comparar el quitosano con bioestimulantes de diferente origen a fin de identificar el que promueva el mayor desarrollo de plántulas de cacao.
- Promover el uso de insumos agrícolas de bajo impacto en el medio ambiente para ayudar a salvaguardar la sustentabilidad de los sistemas productivos.

## **CAPÍTULO VI**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Bibliografía

- Aguilar, H. (2016). Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima-Honduras. 29 p.
- Alarcón, G. (2019). Evaluación del comportamiento agro morfológico de cuatro clones de *Theobroma cacao* L. (cacao) con tres distanciamientos de siembra. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa-Ecuador. 65 p.
- Álvarez, J., y Mendoza, L. (2013). Evaluación de la cosecha inicial de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en Asociación con Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* F.) y Teca (*Tectona grandis* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 106 p.
- Andino, J., Espinosa, J., Mite, F., y Sergio, C. (2005). Manejo por sitio específico del cacao basado en sistemas de información. *Informaciones Agronómicas* 60: 10-14.
- Armijos, A. (2015). Validación de tres métodos de propagación en cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional y trinitario en la Finca Experimental La Represa, UTEQ. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 88 p.
- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., y Montoya, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 143 p.
- Barrera, V., Escudero, L., Racines, M., García, C., Arévalo, J., Casanova, T., . . . Domínguez, J. (2019). La cadena de valor del cacao y el bienestar de los productores en la provincia de Manabí-Ecuador. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. 204 p.
- Batista, L. (2009). Guía técnica el cultivo de cacao en la República Dominicana. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). Santo Domingo-República Dominicana. 232 p.
- Bernadette, J., Zaritzky, N., y Sequeiros, C. (2014). Obtención de quitina y quitosano a partir de exoesqueletos de crustáceos patagónicos: caracterización y aplicaciones . CONICET. Buenos Aires-Argentina. 22 p.
- Calderón, B. (2021). Efecto de Quitomax sobre el crecimiento y producción del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 63 p.
- Carvajal, J., y Mera, A. (2010). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + Limpia* 5(2): 77-96.
- Chávez, G., Olaya, L., y Maza, J. (2018). Costo de producción de cacao clonal CCN-51 en la Parroquia Bellamaria, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad* 10(4): 179-185.

- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., y Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Cacao (*Theobroma cacao* L.). Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. Lima-Perú. 20 p.
- Egas, J. (2010). Efecto de la inoculación con *Azotobacter* sp. en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao*), genotipo nacional, en la provincia de Esmeraldas. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 106 p.
- Enríquez, G. (2010). Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos. INIAP EET Pichilingue. Quevedo-Ecuador. 407 p.
- Enríquez-Acosta, E., y Reyes-Pérez, J. (2018). Evaluación de Quitomax® en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Ciencia y Tecnología de la UTEQ 11(2): 31-37.
- Estrada, W., Romero, X., y Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. CATIE-CONFRA. San Salvador-El Salvador. 22 p.
- Giraldo, J. (2015). Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano. Universidad de Concepción. Concepción-Chile. 23 p.
- González, D., Costales, D., y Falcón, A. (2014). Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cultivos Tropicales 35(1): 35-42.
- González, L., Falcón, A., Jiménez, M., Jiménez, L., Silvente, J., y Terrero, J. (2012). Evaluación de tres dosis del bioestimulante Quitosana en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un periodo tardío. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología 1(2): 42-48.
- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., . . . Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. Cultivos Tropicales 41(4): e02.
- Hernández-Pérez, A., y Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. Revista de Biología Marina y Oceanografía 49(2): 157-173.
- Jiménez, M., González, L., Falcón, A., y Espinosa, S. (2013). Evaluación de tres bioestimulantes en lechuga en condiciones de organopónico. Centro Agrícola 40(1): 79-82.
- Johnson, J. B., y Aguero, L. (2008). Manual de manejo y producción del cacaotero. Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria. León-Nicaragua. 40 p.
- Jordán, M., y Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. En F. Squeo, y L. Cardemil, Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena-Chile: 1-28.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. Editorial Agroamérica. San José-Costa Rica. 84 p.

- Loor, R., Amores, F., Vasco, S., Eskes, A., Suárez, C., Quiroz, J., . . . Subia, C. (2017). Desarrollo de nichos específicos de cacao con alta productividad y calidad sensorial: experiencia ecuatoriana. International Symposium on Cocoa Research (ISCR). Lima-Perú. 15 p.
- López, D., y Carazo, N. (2005). La producción de esquejes. Horticultura internacional (1): 22-29.
- López-Corona, B., Mondaca-Fernández, I., Gortáres-Moroyoqui, P., Meza-Montenegro, M., Balderas-Cortés, J., Ruíz-Alvarado, C., y Rueda-Puente, E. (2019). Enraizamiento de esquejes de *Salicornia bigelovii* (Torr.) por quitosano como un bioproducto de origen marino. Terra Latinoamericana 37(4): 361-369.
- Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., Aiello, C., Chandler, C., y Gutiérrez, E. (2011). Quitina y quitosano, polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones. Revista Tecnocientífica URU (1): 53-58.
- Martial, P., Ewane, C., Onomo, P., y Boudjeko, T. (2017). Effects of chitosan and snail shell powder on cocoa (*Theobroma cacao* L.) growth and resistance against black pod disease caused by *Phytophthora megakarya*. African Journal of Plant Science 11(8): 331-340.
- Meléndez, G., y Molina, E. (2002). Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Universidad de Costa Rica. San José-Costa Rica. 145 p.
- Molina, J., Colina, M., Rincón, D., y Vargas, J. (2017). Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). Revista de Investigación Agraria y Ambiental 8(2): 151-165.
- Morales, D., Torres, L., Jerez, E., Falcón, A., y Amico, J. (2015). Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Cultivos Tropicales 36(3): 133-143.
- Morán, I. (2008). Factibilidad de la producción y comercialización de cacao. Instituto de Altos Estudios Nacionales. Quito-Ecuador. 58 p.
- Moreno, J. (2019). Estudio de viabilidad de una planta de producción de quitosano. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Madrid-España. 113 p.
- Noboa, J. (2019). Efecto de la aplicación de tres productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Valencia, provincia de Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 72 p.
- Osuna, H., Osuna, A., y Fierro, A. (2016). Manual de propagación de plantas superiores. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF-México. 91 p.
- Paredes, M. (2004). Manual del cultivo del cacao. Ministerio de Agricultura Programa ProAmazonía. Lima-Perú. 83 p.

- Pérez, G., y Freile, J. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. Centro Agrícola 44(2): 44-51.
- Pico, J., Calderón, E., Fernández, F., y Díaz, A. (2012). Guía del manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en la amazonía. Joya de los Sachas, Orellana, Ecuador. INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía. Joya de los Sachas-Ecuador. 19 p.
- Quiroz, J., y Mestanza, S. (2010). Injertación de cacao. Boletín Técnico No. 148. INIAP Estación Experimental Litoral Sur. Guayaquil-Ecuador. 7 p.
- Ramírez-López, A., Désirée-Beuchelt, T., y Velasco-Misael, M. (2013). Factores de adopción y abandono del sistema de agricultura de conservación en los valles altos de México.
- Reyes-Pérez, J., Rivero-Herrada, M., García-Bustamante, E., Beltran-Morales, F., y Ruiz-Espinoza, F. (2020). Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero. Biotecnia 22(3): 156-163.
- Ríos, D. (2015). Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador. 171 p.
- Rivera, R., Mecías, F., Guzmán, Á., Peña, M., Medina, H., Casanova, L., . . . Nivelá, P. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. Ciencia y Tecnología 5(1): 7-12.
- Rodríguez, G., y Zambrano, F. (2019). Procesamiento del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa económica para los productores cacaoteros del Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Bolívar. 128 p.
- Sánchez-Mora, F., Medina-Jara, S., Díaz-Coronel, G., Ramos-Remache, R., Vera-Chang, J., Vásquez-Morán, V. F.-M.-F., y Onofre-Nodari, R. (2015). Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. Revista fitotecnia mexicana 38(3): 265-274.
- Suárez, G. F., Soto, F., y Caballero, A. (2013). Bases para la zonificación agroecológica en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por medio del criterio de expertos. Cultivos Tropicales 34(2): 30-37.
- Tobar, F. (2017). Efecto de reguladores de crecimiento en la propagación vegetativa del clon de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) por medio de ramillas en Mocache. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 64 p.
- Vasco, S., Amores, F., Zambrano, J., y Saucedo, A. (2004). Selección de híbridos de cacao productivos, tolerantes a enfermedades y con sabor arriba. INIAP EET Pichilingue. Quevedo-Ecuador. 2 p.

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable sobrevivencia (%)

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	204.1667	204.1667	7.0000	0.0176	**
Dosis	3	4745.8333	1581.9444	54.2381	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	45.8333	15.2778	0.5238	0.6721	N.S.
Error	16	466.6667	29.1667			
Total	23	5462.5000				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 60 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.1291	0.1291	3.1188	0.0965	N.S.
Dosis	3	2.0273	0.6758	16.3294	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.2021	0.0673	1.6273	0.2225	N.S.
Error	16	0.6621	0.0414			
Total	23	3.0205				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 75 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.2731	0.2731	3.5389	0.0783	N.S.
Dosis	3	3.6941	1.2314	15.9580	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.1044	0.0348	0.4511	0.7200	N.S.
Error	16	1.2346	0.0772			
Total	23	5.3062				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 90 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.1504	0.1504	6.6239	0.0204	*
Dosis	3	2.9807	0.9936	43.7534	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.0045	0.0015	0.0658	0.9772	N.S.
Error	16	0.3633	0.0227			
Total	23	3.4989				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo a los 120 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	1.0880	1.0880	34.8115	<0.0001	**
Dosis	3	3.7017	1.2339	39.4793	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.1071	0.0357	1.1427	0.3619	N.S.
Error	16	0.5001	0.0313			
Total	23	5.3969				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 60 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.0000	0.0000	0.0001	0.9933	N.S.
Dosis	3	0.9188	0.3063	5.3581	0.0095	**
Clones*Dosis	3	0.1019	0.0340	0.5943	0.6278	N.S.
Error	16	0.9146	0.0572			
Total	23	1.9354				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 75 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.0486	0.0486	1.0984	0.3102	N.S.
Dosis	3	3.9033	1.3011	29.4064	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.0231	0.0077	0.1738	0.9126	N.S.
Error	16	0.7079	0.0442			
Total	23	4.6829				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 90 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.0145	0.0145	0.2380	0.6323	N.S.
Dosis	3	4.6633	1.5544	25.5050	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.0083	0.0028	0.0453	0.9867	N.S.
Error	16	0.9751	0.0609			
Total	23	5.6612				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable número de hojas a los 120 días

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.8438	0.8438	16.9697	0.0008	**
Dosis	3	16.4537	5.4846	110.3072	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	1.0750	0.3583	7.2066	0.0028	**
Error	16	0.7955	0.0497			
Total	23	19.1679				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable número de raíces

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.4902	0.4902	26.0978	0.0001	**
Dosis	3	12.9068	4.3023	229.0472	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.0344	0.0115	0.6113	0.6174	N.S.
Error	16	0.3005	0.0188			
Total	23	13.7320				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 11. Análisis de varianza de la variable longitud de la raíz

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	23.2067	23.2067	41.4143	<0.0001	**
Dosis	3	592.0915	197.3638	352.2127	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	5.8004	1.9335	3.4505	0.0418	*
Error	16	8.9657	0.5604			
Total	23	630.0643				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 12. Análisis de varianza de la variable biomasa aérea fresca

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	8.4966	8.4966	25.7965	0.0001	**
Dosis	3	90.5294	30.1765	91.6185	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	7.0221	2.3407	7.1066	0.0030	**
Error	16	5.2699	0.3294			
Total	23	111.3180				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 13. Análisis de varianza de la variable biomasa aérea seca

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.6936	0.6936	38.6766	<0.0001	**
Dosis	3	7.3148	2.4383	135.9619	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.5543	0.1848	10.3030	0.0005	**
Error	16	0.2869	0.0179			
Total	23	8.8496				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 14. Análisis de varianza de la variable biomasa radicular fresca

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	1.5914	1.5914	36.2563	<0.0001	**
Dosis	3	11.8183	3.9394	89.7536	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.0674	0.0225	0.5120	0.6797	N.S.
Error	16	0.7023	0.0439			
Total	23	14.1793				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo

Anexo 15. Análisis de varianza de la variable biomasa radicular seca

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F. Calc</b>	<b>p-valor</b>	
Clones	1	0.1365	0.1365	36.1202	<0.0001	**
Dosis	3	0.9827	0.3276	86.6810	<0.0001	**
Clones*Dosis	3	0.0071	0.0024	0.6303	0.6060	N.S.
Error	16	0.0605	0.0038			
Total	23	1.1869				

\*\* : Altamente significativo; \* : Significativo; N.S.: No Significativo



Anexo 16. Homogenización del sustrato utilizado en el ensayo



Anexo 17. Llenado de fundas



Anexo 18. Acondicionamiento del material vegetativo a sembrarse



Anexo 19. Siembra de varetas de cacao en el ensayo



Anexo 20. Riego de las plántulas dentro del vivero de cacao



Anexo 21. Toma de datos de crecimiento de plántulas



Anexo 22. Extracción de plántulas para el muestreo de raíces



Anexo 23. Toma de muestras de la parte aérea de las plántulas de cacao



Anexo 24. Determinación del peso seco de la biomasa de la parte aérea y radicular de las plántulas