

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Efecto de dos reguladores de crecimiento bajo tres concentraciones de auxinas en la propagación de estacas de “cacao” *Theobroma cacao* L. Var CCN-51, Rioja

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRARIO CON MENCIÓN FORESTAL**

AUTOR

Juan Carlos Becerra Martínez

ASESOR

Luis Darío Santillán García

Rioja, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 050 - 2023/UCSS/FIA/DI

Siendo las 04:00 p.m. del viernes 15 de diciembre de 2023, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. Juan Ignacio Pastén Monárdez | Presidente |
| 2. Bertha Marcelina Ruiz Jange | Primer miembro |
| 3. Jorge Alberto Torres Valles | Segundo miembro |
| 4. Luis Darío Santillán García | Asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Efecto de dos reguladores de crecimiento bajo tres concentraciones de auxinas en la propagación de estacas de "cacao" *Theobroma cacao* L. Var CCN-51, Rioja**, que presenta el bachiller en Ciencias Agrarias con mención Forestal, **Juan Carlos Becerra Martínez**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agrario con mención Forestal**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR **X**
DESAPROBAR ...

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AGRARIO CON MENCIÓN FORESTAL.

Lima, 15 de diciembre de 2023

Juan Ignacio Pastén Monárdez
Presidente

Bertha Marcelina Ruiz Jange
1° miembro

Jorge Alberto Torres Valles
2° miembro

Luis Darío Santillán García
Asesor(a)

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

RIOJA, 11 de Marzo de 2024

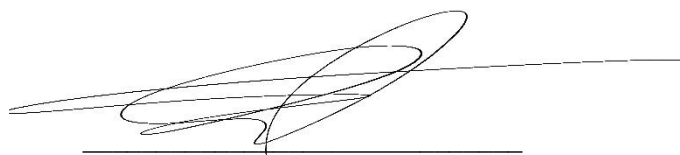
Señor(a),
Wilfredo Mendoza Caballero
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ingeniería Agraria

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis**, bajo mi asesoría, con título: **Efecto de dos reguladores de crecimiento bajo tres concentraciones de auxinas en la propagación de estacas de “cacao” *Theobroma cacao* L. Var CCN-51, Rioja**, presentado por **Juan Carlos Becerra Martínez** (código de estudiante: 2016100279 y DNI: 74820855) para optar el título profesional/grado académico de **Ingeniero Agrario con mención Forestal**, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**.* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Firma del Asesor (a)
DNI N°: 45056117
ORCID: 0000-0001-9218-764X.
Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A mi hijo Liam Alexander.

A mis padres Elena Martínez y René Becerra.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme salud y vida, siempre dándome fuerzas para seguir luchando por mis sueños.

A mis padres Elena y René, por el apoyo económico y moral incondicional y motivarme para seguir adelante en mi formación, tanto personal como profesional.

A mi hermano Maicol por el apoyo moral y económico y por sus consejos para convertirme en mejor persona cada día.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae por brindarme las facilidades para poder ser un profesional y servir a la sociedad.

Al Ing. Luis Darío Santillán García por el asesoramiento y acompañamiento la ejecución de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas especializadas	14
1.2.1. Generalidades del cultivo de cacao	14
1.2.2. Condiciones edafoclimáticas para su desarrollo	17
1.2.3. Variedades de cacao	17
1.2.4. Métodos de propagación de cacao	18
1.2.5. Reguladores de crecimiento	21
1.2.6. Hormonas auxínicas usadas para el enraizamiento	22
1.2.7. Productos comerciales a base de auxinas	23
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1. Diseño de la investigación	25
2.2. Lugar y fecha	25
2.3. Descripción del experimento	26
2.4. Tratamientos	33
2.5. Unidades experimentales	35
2.6. Identificación de variables y su mensuración	36
2.7. Diseño del experimento	38
2.8. Análisis de datos	38
CAPÍTULO III: RESULTADOS	39
3.1. Parámetros fisiológicos	39
Número de raíces.....	39
Longitud de raíz principal	41
Masa radicular	42

Número de brotes	44
3.2. Curva de crecimiento	45
3.3. Relación Beneficio/Costo	45
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES	47
4.1. Parámetros fisiológicos.....	47
Número de raíces.....	47
Longitud de raíz principal	47
Masa radicular	48
Número de brotes	49
4.2. Curva de crecimiento	50
4.3. Relación beneficio-costos.....	50
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	51
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS	53
TERMINOLOGÍA.....	59
APÉNDICES	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Clasificación taxonómica del cacao</i>	15
Tabla 2. <i>Condiciones edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo de cacao</i>	17
Tabla 3. <i>Composición del producto hormonal Max - Rayz</i>	23
Tabla 4. <i>Composición del producto hormonal Root - Hor</i>	24
Tabla 5. <i>Determinación de los volúmenes necesarios a diluir</i>	31
Tabla 6. <i>Factores y niveles en investigación</i>	33
Tabla 7. <i>Tratamientos de estudio</i>	34
Tabla 8. <i>Características del área experimental</i>	35
Tabla 9. <i>VARIABLES EN ESTUDIO</i>	37
Tabla 10. <i>Análisis de varianza para número de raíces ($\sqrt{\bar{X}}$) en cm</i>	39
Tabla 11. <i>Prueba Tukey para factor concentración en el número de raíces</i>	40
Tabla 12. <i>Análisis de varianza para longitud de raíz principal ($\sqrt{\bar{X}}$) en cm</i>	41
Tabla 13. <i>Prueba Tukey para factor concentración en la longitud de raíz principal</i>	42
Tabla 14. <i>Prueba Tukey para factor tiempo en la longitud de raíz principal</i>	42
Tabla 15. <i>Análisis de varianza para masa radicular ($\sqrt{\bar{X}}$) en g</i>	43
Tabla 16. <i>Prueba Tukey para factor concentración en la masa radicular</i>	43
Tabla 17. <i>Prueba Tukey para factor tiempo en la masa radicular</i>	43
Tabla 18. <i>Análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis) para número de brotes</i> ..	44
Tabla 19. <i>Análisis Costo/Beneficio por tratamiento</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación del vivero experimental.....	26
<i>Figura 2.</i> Reguladores de crecimiento a base de auxinas.....	27
<i>Figura 3.</i> Tinglado que se utilizó como vivero experimental	28
<i>Figura 4.</i> Preparación del sustrato en proporción 5:3:1	29
<i>Figura 5.</i> Llenado y acomodado de bolsas.....	29
<i>Figura 6.</i> Planta madre de cacao seleccionada, selección de ramillas y corte y recolección de ramillas	30
<i>Figura 7.</i> Inmersión de las estacas en la solución que corresponde.....	31
<i>Figura 8.</i> Siembra de estacas en cada bolsa	32
<i>Figura 9.</i> Curva de crecimiento del tamaño del brote.....	45

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Validación de supuestos del análisis de varianza para la variable número de raíces	61
Apéndice 2. Validación de supuestos del análisis de varianza para la variable longitud de raíz principal	62
Apéndice 3. Validación de supuestos del análisis de varianza para la variable de masa radicular	63
Apéndice 4. Registro de datos de las evaluaciones de la variable número de raíces	64
Apéndice 5. Registro de datos de las evaluaciones de la variable tamaño de raíz principal.....	65
Apéndice 6. Registro de datos de las evaluaciones de la variable masa radicular	66
Apéndice 7. Registro de datos de las evaluaciones de la variable número de brotes	67
Apéndice 8. Registro de datos de las observaciones para la variable curva de crecimiento	68
Apéndice 9. Registro de datos de la relación beneficio/costo	69
Apéndice 10. Registro fotográfico de la ejecución de la investigación.....	70

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento Root – Hor y Max – Rayz a concentraciones de 1 000, 2 000 y 3 000 ppm de auxinas en el enraizamiento de estacas de cacao var CCN-51. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial 2×4×4 (dos reguladores de crecimiento, cuatro concentraciones para cada regulador y tiempos de evaluación). Las variables evaluadas fueron: número de raíces, longitud de raíz principal, masa radicular, número de brotes, evaluación de la curva de crecimiento y la relación beneficio/costo. El mayor número de raíces (8,49), la mayor longitud de raíces (9,14 cm), la mayor masa radicular (0,32 g) y el mayor número de brotes (0,42) se obtuvo con la concentración de 2 000 ppm. El T5 y T2 presentaron mayor crecimiento de brotes (3,17 y 2,93 cm respectivamente). Max Rayz a 2 000 ppm presentó la mayor ratio beneficio-costo (S/ 2,20) y el testigo presentó la menor ratio (S/ 1,33). La conclusión fue que el uso de reguladores de crecimiento a concentración de 2 000 ppm genera mejores resultados en el enraizamiento de “cacao” *Theobroma cacao* L Var. CCN-51 en Rioja.

Palabras clave: Auxinas, reguladores de crecimiento, estacas, Max – Rayz, Root – Hor.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of the growth regulators Root – Hor and Max – Rayz at concentrations of 1,000, 2,000 and 3,000 ppm of auxin on the rooting of cocoa var CCN-51 cuttings. A completely randomized statistical design was used with a 2x4x4 factorial arrangement (two growth regulators, four concentrations for each regulator and evaluation times). The variables evaluated were: number of roots, main root length, root mass, number of shoots, evaluation of the growth curve and the benefit/cost ratio. The greatest number of roots (8.49), the greatest root length (9.14 cm), the greatest root mass (0.32 g) and the greatest number of shoots (0.42) was obtained with the concentration of 2,000 ppm. T5 and T2 presented greater shoot growth (3.17 and 2.93 cm respectively). Max Rayz at 2,000 ppm presented the highest benefit-cost ratio (S/ 2.20) and the control presented the lowest ratio (S/ 1.33). The conclusion was that the use of growth regulators at a concentration of 2,000 ppm generates better results in the rooting of “cacao” *Theobroma cacao* L Var. CCN-51 in Rioja.

Keywords: Auxins, growth regulators, stakes, Max – Rayz, Root – Hor.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2016), el “cacao” *Theobroma cacao* L., es una planta de origen tropical, específicamente de la cuenca amazónica, siendo las zonas húmedas y calurosas los lugares de mayor concentración. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2019), el cacao es una fuente principal de ingresos económicos para la agricultura nacional, alcanzando 120,8 millones de dólares americanos por un total de 37,6 mil toneladas exportadas en grano a países como Indonesia, Holanda, Italia, Bélgica y España. Adicional a ello MINAGRI (2018), indica que el departamento de San Martín contaba con la mayor área de cultivo de cacao en la variedad CCN-51 a nivel nacional, logrando alcanzar un total del 57 % del total de área cultivada en esta variedad en nuestro país. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2010) menciona que, los productores intentan mejorar la productividad de las áreas de cultivo rehabilitando las existentes e instalando nuevas áreas de cultivo mediante la reproducción asexual, lo cual les permite obtener plantas uniformes, productivas, con buen vigor y resistentes a enfermedades fungosas. Frente a ello, la Dirección Regional de Agricultura de San Martín (DRASAM, 2016), afirma que la mayor parte de los productores desconocen las prácticas adecuadas para el manejo del cultivo y se necesita de proyectos que proporcionen información confiable sobre la propagación, fertilización y todo en cuanto al manejo del cultivo.

El MINAGRI (2003) asegura que los productores están utilizando el método de propagación vegetativa por estacas para obtener plantas con características idénticas a las de la planta madre, para ello se debe tener cuidado en la etapa de formación de raíces y en lo posible utilizar productos que ayuden en la formación de raíces y nuevos brotes. La Universidad Autónoma Metropolitana de México (2016) afirma que, para asegurar un mayor porcentaje de prendimiento al momento de trasplantar, resistencia a enfermedades producidas por hongos y cultivos con producción uniforme, es necesario dotar a las plántulas de un buen sistema radicular. En la región San Martín, resulta necesario obtener información sobre este método de propagación y la respuesta de la variedad de cacao CCN-51, pues los agricultores necesitan adoptar la tecnología disponible para mejorar el manejo de sus fincas, es allí donde recae la importancia de este trabajo de investigación, pues pretende encontrar información

relevante sobre el método de propagación por estacas en el cultivo de cacao en el distrito de Pardo Miguel, utilizando reguladores de crecimiento a base de hormonas auxínicas (DRASAM, 2016).

Existen investigaciones realizadas en propagación de cacao por estacas en distintas variedades (clones), incluyendo la variedad CCN-51, usando ácido indolbutírico con buenos resultados en enraizamiento. Referente a ello Lama (2006), recomienda que en futuras investigaciones se use diferentes dosis de AIB (Ácido Indolbutírico) y con un tiempo de hasta cinco meses de evaluación. Mientras que Guizado (2015), menciona que las estacas a usar en la propagación vegetativa de cacao deben ser recolectadas de diferentes partes de la planta madre y principalmente de la variedad CCN-51, ya que esta presenta mejores resultados.

La presente investigación tuvo el objetivo de evaluar el efecto de dos reguladores de crecimiento (Max – Rayz y Root – Hor) bajo tres concentraciones de auxinas (1 000, 2 000 y 3 000 ppm) en el enraizamiento de estacas de cacao; tratando de inducir a las estacas de ramillas de cacao de la variedad CCN-51 a la formación de raíces y brotes en un menor tiempo de forma homogénea, pues el uso de estos productos reduciría el costo de producción comparado con el uso de estas auxinas puras usadas en investigaciones anteriores. El trabajo de investigación fue establecido de la siguiente manera: el Capítulo I Marco teórico, aquí se desarrolla la descripción de los antecedentes y revisión de literatura de acuerdo a las variables de la investigación. Capítulo II Materiales y Métodos, en este capítulo se describen los métodos y materiales que se utilizó y como se realizó. Capítulo III Resultados, en esta sección se realizó la tabulación de datos, análisis de muestras cuadros y datos estadísticos. Capítulo IV Discusiones, incluye el contraste de diversos argumentos con diferentes autores que mencionan acerca del tema de la investigación, así mismo, con la hipótesis. Capítulo V Conclusiones, en este capítulo se describe las conclusiones finales de acuerdo a los resultados encontrados en esta investigación. Finalmente, el capítulo VI Recomendaciones, en el que se indican las recomendaciones que se plantean de acuerdo a las conclusiones del capítulo anterior, mediante fundamentos teóricos, investigaciones, leyes que ayuden a resolver el problema planteado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de dos reguladores de crecimiento (Max Rayz y Root Hor) diluidos en agua a tres concentraciones en base a su contenido de auxinas (1 000, 2 000 y 3 000 ppm) el enraizamiento de estacas de “cacao” *Theobroma cacao* L. Var CCN-51, en Rioja.

Objetivos secundarios

- Comparar el efecto de dos reguladores de crecimiento (Max Rayz y Root Hor) diluidos en agua a tres concentraciones en base a su contenido de auxinas (1 000, 2 000 y 3 000 ppm) en los parámetros fisiológicos en el enraizamiento de estacas de cacao Var CCN-51.
- Evaluar la curva de crecimiento del cacao en etapa de vivero desde el día 45 hasta el día 115 con la aplicación de dos reguladores de crecimiento (Max Rayz y Root Hor) diluidos en agua a tres concentraciones en base a su contenido de auxinas (1 000, 2 000 y 3 000 ppm).
- Evaluar la relación Beneficio-Costo de cada tratamiento.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Internacionales

Flores (2019), realizó una investigación titulada “Evaluación de enraizador en estacas de “cacao” *Theobroma cacao* L. con tres diferentes cortes de hoja tolerantes a la monilia en la estación experimental Sapecho – Alto Beni” en La Paz – Bolivia. El objetivo fue evaluar el efecto de los ácidos naftalenacético (ANA) e indolbutírico (AIB) sobre estacas de cacao. Para lo cual desarrolló un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial $3 \times 2 \times 2$, donde el factor A fue 3 cortes de hoja, el factor B fue las fitohormonas ANA y AIB y el factor C fueron los clones de cacao III-13 y Ila-17. De la interacción resultó 12 tratamientos: T1 (hoja entera, ANA, Clon III-13), T2 (hoja entera, AIB, Clon), T3 (hoja entera, ANA, Clon), T4 (hoja entera, AIB, Clon Ila-17), T5 (media hoja, ANA, Clon III-13), T6 (media hoja, AIB, Clon III-13), T7 (media hoja, ANA, Clon Ila-17), T8 (media hoja, AIB, Clon Ila-17), T9 (sin hoja, ANA, Clon III-13), T10 (sin hoja, AIB, Clon III-13), T11 (sin hoja, ANA, Clon Ila-17), T12 (sin hoja, AIB, Clon Ila-17). Todos los datos que recolectó, fueron sometidos al análisis de varianza posteriormente aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 % de significancia estadística. Las variables que evaluó fueron: porcentaje de prendimiento, longitud de raíz, número de brotes, número de hojas y el análisis económico; para el análisis de la última variable realizó el cálculo del ingreso bruto, cálculo del ingreso neto y el cálculo de la relación beneficio/costo. El procesamiento de la información lo realizó con el Software S.A.S. V.9.4. De acuerdo a los resultados encontró que el P-valor fue de 0,026 para el factor cortes de hoja, lo cual demuestra que existe diferencias significativas entre los tratamientos. En resumen, el corte de media hoja y el uso de enraizador en polvo (ANA) y el clon III-13 generó un 62% de prendimiento, el T5 logró una longitud de raíz 80 cm, el T5 y T10 generaron 7 raíces en promedio; el T10 generó 10 hojas, el mayor beneficio económico fue con el ANA (2,62 Bs). Concluyó que, el ácido naftalenacético (ANA) fue el más recomendable para la propagación por estacas, por

mostrar mejores resultados en todas las variables evaluadas y permitió obtener mejores beneficios económicos.

Holguín (2018) realizó un estudio titulado “Enraizamiento de ramas de “cacao” *Theobroma cacao* L. CCN-51 utilizando hormonas sintéticas ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB)” en Mocache – Los Ríos – Ecuador, con el objetivo de evaluar la capacidad de enraizamiento en ramas de cacao de la variedad CCN-51 con ayuda de las hormonas sintéticas ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) en diferentes dosis. Para realizar esta evaluación utilizó un diseño estadístico completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones; los tratamientos fueron: T0 (sin hormonas), T1 (3 000 mg/kg ANA+3 000 mg/kg AIB), T2 (3 250 mg/kg ANA+3 250 mg/kg AIB), T3 (3 500 mg/kg ANA+3 500 mg/kg AIB) y T4 (3 750 mg/kg ANA+3 750 mg/kg AIB). Las variables que evaluó fueron: número de brotes, longitud de brotes (cm), número de raíces, longitud de raíz mayor (cm), porcentaje de enraizamiento, porcentaje de sobrevivencia. Para procesar los datos que recolectó, aplicó un análisis de varianza al 95 % de confiabilidad; adicional a ello, utilizó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad para evaluar las diferencias existentes entre los datos recolectados en campo. En los resultados observó que la variable número de brotes a los 30 días no presentó diferencias estadísticamente significativas, pues el P-valor fue 0,3883, obtuvo un promedio de 1,86 brotes y para la misma variable a los 45 días el promedio fue de 2,06 brotes; la variable longitud de brotes a los 30 y 45 días tampoco presentó diferencias estadísticas significativas, obtuvo un promedio general 0,87 y 1,15 cm respectivamente, las variables número de raíces a los 45 días y longitud de raíz mayor a los 45 días no tuvieron diferencias estadísticamente significativas, obtuvo como promedio de 0,9 raíces y 1,09 cm, respectivamente; las variables porcentaje de enraizamiento y porcentaje de sobrevivencia tuvo diferencias estadísticas significativas, siendo el T2 (3 250 mg/kg de ANA+ 3 250 mg/kg de AIB) el que logró el 86 % de plantas enraizadas y 78 % de plantas vivas y relación costo-beneficio más alto con 1,42 de rentabilidad, mientras que el T4 (3 750 mg/kg de ANA + 3 750 mg/kg de AIB) fue el único con relación costo-beneficio de 0,94, lo cual representó una pérdida de 0,06 por cada dólar invertido. Concluyó que el T2 tuvo mejores resultados en las variables enraizamiento y sobrevivencia, pero no influyó en la generación ni longitud de brotes y raíces.

Campoverde (2017) desarrolló una investigación titulada “Efecto de dos hormonas enraizantes sobre estacas de “cacao” *Theobroma cacao* L. de la variedad CCN-51 en la zona de Matilde Esther, en la provincia de Guayas” en Cumandá – Chimborazo - Ecuador; con el objetivo de evaluar el efecto de Ácido indolbutírico (AIB) y Hormonagro 1 con diferentes dosis o concentraciones sobre estacas de cacao de la variedad CCN-51. Para ello aplicó un diseño estadístico de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2×2, los factores sometidos a evaluación fueron H (Tipo de hormona: Hormonagro 1 y Ácido Indolbutírico) y D (Dosis: 400 y 800 mg); de la combinación, resultó 4 tratamientos: H1D1 (400 mg de Hormonagro 1), H1D2 (800 mg de Hormonagro 1), H2D1 (400 mg de AIB), H2D2 (800 mg de AIB), cada uno con 6 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de estacas prendidas a los 60 días de la propagación, número de brotes a los 65 días de la propagación, longitud de la raíz a los 70 días de la propagación (cm), volumen de masa radicular a los 70 días de la propagación (cc). Para la evaluación de los datos que recolectó, aplicó un análisis de varianza al 95 % de confiabilidad; además, para medir la diferencia entre las medias, utilizó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Los resultados que obtuvo fueron: la variable número de estacas prendidas a los 60 días con el tratamiento H2D2 (800 mg de AIB) consiguió un 80 % de prendimiento con, la variable número de brotes a los 65 días presentó 3,22 brotes (el promedio más alto) con el tratamiento H1D2 (800 mg de hormonagro 1) y 2,70 brotes con el tratamiento H1D1 (400 mg de Hormonagro 1), siendo la media más baja; mientras que, la variable longitud de raíz a los 70 días de propagación obtuvo un P-valor de <0,0001, siendo el mejor tratamiento H2D2 (800 mg de AIB) con un promedio 13,08 cm y la media más baja lo obtuvo el tratamiento H1D1 (400 mg de Hormonagro 1) con sólo 6,42 cm de longitud; la variable volumen de la masa radicular presentó un P-valor de <0,0001 y el que mejor resultado con un promedio de 2,77 cc, lo obtuvo el tratamiento H2D2 (800 mg de AIB) fue y la media más baja lo obtuvo el H1D1 (400 mg de Hormonagro 1) con solo 0,47 cc. Concluyó que el Ácido indolbutírico (AIB) presentó mejores resultados en la propagación de estacas de cacao, siendo así la fitohormona más recomendable.

Cajamarca *et al.* (2017), realizaron un trabajo de investigación titulado “Eficiencia de hormonas en el enraizamiento de ramillas de “cacao” *Theobroma cacao* L. tipo nacional x trinitario” en la Granja Experimental Santa Inés de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, parroquia El Cambio, provincia de El

Oro, República de Ecuador. El objetivo fue evaluar la eficiencia de hormonas comerciales y hormonas de síntesis natural en el enraizamiento de ramillas de cacao de tipo Nacional x Trinitario del clon ETT-48. Para ello, utilizaron un diseño estadístico completamente al azar con 6 tratamientos y 5 repeticiones para cada uno, haciendo un total de 30 unidades experimentales. Los tratamientos que estudiaron fueron T1 (Cytoquin), T2 (Eco Hormonas), T3 (Hormonagro), T4 (Extracto de Lenteja), T5 (Agua de Coco Tierno) y T6 (Hormonagro + Polímero). Utilizaron un mismo sustrato, el cual tuvo la proporción 1:2:1 (arena fina, suelo, humus) y controlaron las condiciones de humedad relativa (95 %) y temperatura (entre 26 y 32 °C) en invernadero dentro de una cámara con sarán en fundas al vacío. Evaluaron las siguientes variables: número de ramillas vivas a los 45 días, número de yemas activas a los 45 días y tamaño de yemas activas a los 45 días. Para realizar la evaluación estadística de los datos que recopilaron, usaron el programa estadístico SPSS, evaluaron un análisis de varianza al 95 % de confiabilidad y luego procedieron a aplicar la prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad, para evaluar la diferencia entre las medias. Como resultados, obtuvieron que 2 tratamientos mostraron diferencias frente a los 4 restantes existiendo un P-valor de 0,05; siendo así, superiores el T3 (29 ramillas vivas) y el T5 (26 ramillas vivas); en cuanto a la eficiencia de cada fitohormona, los autores evaluaron el porcentaje de enraizamiento como indicador, así el T3 superó a todos con 58 % y los que le seguían fueron el T5 (52 %), T6 (34 %), T2 (30 %), T4 (14 %) y T1(10 %). Concluyeron que, el T3 presentó una mayor eficiencia puesto que las auxinas sintéticas influyeron positivamente en la propagación vegetativa o asexual de las especies leñosas.

Klug (2016) realizó un trabajo de investigación titulado “Multiplicación clonal de “cacao” *Theobroma cacao* L. por el método de enraizamiento de estacas en la Aldea Salacuim, Cobán, A.V” en Guatemala. El objetivo general fue evaluar el efecto de dos hormonas reguladoras del crecimiento (ácido indolbutírico y el ácido naftalenacético) y el efecto de la miel de abeja en el enraizamiento de estacas de cacao del clon IMC-67. Utilizó un diseño estadístico multifactorial completamente al azar, los factores sometidos a evaluación fueron: el tipo de hormona (AIB y ANA), concentración hormonal (100, 200, 400 y 600 ppm), tiempo de inmersión (24 y 48 h) y miel de abeja (con y sin miel de abeja). Las variables evaluadas fueron: porcentaje de enraizamiento por tratamiento (%), longitud de raíces/planta (cm), número de raíces/planta, peso seco de raíces (g), número de brotes, tiempo al enraizamiento (día). Además, los datos que recolectó fueron sometidos a un análisis de

varianza al 95 % de probabilidad y luego a una prueba de Tukey, también al 95 % de confiabilidad. Como resultados obtuvo que existía diferencias significativas, puesto que el P-valor fue de 0,029; siendo el mejor tratamiento para la variable porcentaje de enraizamiento fue el T13, el cual estuvo conformado por Ácido Indolbutírico a 600 ppm con miel a 24 horas de inmersión, puesto que presentó la media más alta 83,33 %, la media más alta (8,2 cm) para la variable longitud de raíces la obtuvo el T15, el cual estuvo conformado por Ácido Indolbutírico a 600 ppm, sin miel e inmersión de 24 h, la variable número de raíces tuvo mejores resultados en el T13 (Ácido indolbutírico a 600 ppm, con miel e inmersión de 24 h), el cual presentó 50,62 raíces, la variable peso seco de raíces presentó la media más alta en el T13 (Ácido Indolbutírico a 600 ppm, con miel e inmersión de 24 h), alcanzando los 4,33 g, la variable tiempo al enraizamiento mostró resultados más favorables en el T13 (Ácido Indolbutírico a 600 ppm, con miel e inmersión de 24 h); finalmente, la variable número de brotes mostró resultados, a pesar de que las estacas estaban vivas. La conclusión fue que, el mejor tratamiento T13 (Ácido Indolbutírico a 600 ppm, con miel e inmersión de 24 h) sobresalió con respecto a los demás.

Nacionales

Pinedo (2022) desarrolló una investigación titulada “Propagación de estacas juveniles de *Mansoa alliacea* (Lam) A. H. Gentry (Ajo sachá), por efecto de concentraciones de ácido indolbutírico y tipos de sustratos en cámara de sub-irrigación, Atalaya-Ucayali-Perú”. El objetivo de analizar la propagación de estacas juveniles de Ajo sachá, por efecto de concentraciones de ácido indolbutírico y tipos de sustratos en cámara de sub-irrigación. Para ello, utilizó un diseño estadístico completamente al azar (DCA) con dos factores: concentraciones de ácido indolbutírico (0, 2 000, 4 000 y 6 000 ppm) y sustratos (arena, aserrín descompuesto y arena + aserrín descompuesto), de la interacción resultó 12 tratamientos: 0 ppm de AIB considerados como Testigos (T1 con arena, T2 con aserrín descompuesto y T3 con arena + aserrín descompuesto), 2 000 ppm (T4 con arena, T5 con aserrín descompuesto y T6 con arena + aserrín descompuesto), 4 000 ppm (T7 con arena, T8 con aserrín descompuesto y T9 con arena + aserrín descompuesto) y 6 000 ppm (T10 con arena, T11 con aserrín descompuesto y T12 con arena + aserrín descompuesto). Las variables que evaluó fueron porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, porcentaje de callos, porcentaje de brotes foliares y longitud de raíces. Para el procesamiento de los datos recolectados aplicó un análisis de varianza al 95 % de confiabilidad y luego procedió a

aplicar la prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad. Los resultados indican que el P-valor fue de 0,001, lo cual permitió al autor afirmar que existía diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; en relación al factor concentración de ácido indolbutírico, indicó que la concentración de 2 000 ppm de AIB presentó mejores resultados en el porcentaje de sobrevivencia (90 %) y de callos (63,33 %); la concentración 6 000 ppm de AIB mostró superioridad en el porcentaje de enraizamiento (67,78 %) y porcentaje de brotes foliares (28,89 %) y la concentración de 4 000 ppm de AIB fue superior en el porcentaje de longitud de raíces con 5,96 %; por su parte, en cuanto al factor sustratos, la arena mostró mejores resultados en porcentaje de sobrevivencia, de enraizamiento y de callos, con 89,17; 75,00 y 54,17 % respectivamente y el aserrín descompuesto presentó el porcentaje de brotes foliares (28,33 %) y de longitud de raíces (6,84 %).

Mamani (2020) realizó un trabajo de investigación titulado “Sustratos y enraizadores líquidos para estacas de tres variedades de “pera” *Pyrus communis* L. bajo condiciones de fitotoldo en el centro agronómico K’ayra-Cusco”. El objetivo fue evaluar el efecto de cuatro sustratos y dos enraizadores líquidos en el enraizamiento de estacas y el crecimiento inicial de tres variedades de pera bajo condiciones de fitotoldo. Esto bajo un diseño estadístico de bloques completamente al azar con un arreglo factorial $3 \times 4 \times 2$, resultando 24 tratamientos y 3 repeticiones para cada uno, dando un total de 72 unidades experimentales. Los factores que trabajó fueron: variedad (Williams, María y Duquesa de Angulema), sustrato (40 % tierra negra + 40 % humus + 30 % arena, 40 % tierra negra + 40 % humus + 30 % musgo, 40 % tierra negra + 40 % musgo + 30 % tierra agrícola y 100 % de tierra agrícola) y enraizador (Root - Hor 0,5 % y Rooter al 0,5 %). Las variables que evaluó fueron: crecimiento radicular inicial (longitud de raíz), crecimiento foliar inicial (longitud de rama) y prendimiento (porcentaje). Para el procesamiento de los datos aplicó un análisis de varianza al 95 % de confiabilidad y comparó las diferencias entre las medias haciendo uso del estadístico de Tukey al 95 % y 99 % de confiabilidad. Los resultados evidenciaron que en la prueba Tukey al 95 % de significancia obtuvo un P-valor de 0.005 y en la prueba Tukey al 99 % de significancia el P-valor fue de 0,001, lo que indica que existió diferencias estadísticamente significativas. Para la variable longitud de raíz, el tratamiento que presentó mejores resultados fue el que estuvo compuesto por la interacción de la variedad Williams, 40 % tierra negra + 40 % musgo + 30 % tierra agrícola y el enraizador Rooter, logró una media de 7,07 cm, en cuanto a la variable longitud de rama, los resultados más altos

(4,76 cm como media) fueron obtenidos por el tratamiento conformado por la interacción del sustrato de 40 % tierra negra + 40 % musgo + 30 % tierra agrícola, la variedad Williams y el enraizador Rooter, la variable número de hojas presentó mejores resultados en el tratamiento conformado por la variedad Williams, 40 % tierra negra + 40 % musgo + 30 % tierra agrícola y el enraizador Rooter, alcanzando una media de 5,33 hojas por planta; mientras que, la variable porcentaje de prendimiento mostró el porcentaje de prendimiento más alto en el tratamiento conformado por la variedad Williams, 40 % tierra negra + 40 % musgo + 30 % tierra agrícola y el enraizador Rooter, logrando una media de 42,78 % de prendimiento. Con ello, concluyó que la interacción conformada por la variedad Williams, 40 % tierra negra + 40 % musgo + 30 % tierra agrícola y el enraizador Rooter, fue eficiente en el proceso de enraizamiento de estacas en el cultivo de pera.

Huillca (2019) realizó una investigación titulada “Multiplicación vegetativa por ejes plagiotrópicos en dos cultivares de “cacao” *Theobroma cacao* L. en el sector Tiobamba – La Convención – Cusco”. El objetivo general fue evaluar el efecto de tres sustratos y dos concentraciones de enraizadores en las características agrobotánicas de la multiplicación vegetativa de los cultivares de cacao Chunchu y CCN-51 por medio de ejes plagiotrópicos. Dicho estudio fue de tipo experimental descriptivo, al que aplicó un diseño estadístico completamente al azar con combinaciones de tres factores, los cuales fueron los dos cultivares (Chunchu y CCN-51), tipos de sustrato (arena fina, tierra agrícola y tierra agrícola + arena fina + materia orgánica en proporción 3:2:1) y concentración de enraizador (ácido-3-indolbutírico al 0,2 y 0,4 %); de la combinación $2 \times 3 \times 2$ resultó 12 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, haciendo un total de 36 unidades experimentales con 9 bolsas cada una. Evaluó las siguientes variables: longitud de brote, diámetro de brote, número de hojas y longitud de raíz. Para el procesamiento de los datos recopilados, aplicó un análisis de varianza y posteriormente aplicó la prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad. Con ello, determinó que: la variable longitud de raíz no tuvo diferencias estadísticamente significativas, pues el P-valor fue de 0,415 y la media más alta (14,33) fue obtenida por el tratamiento conformado por el cultivar chunchu, arena fina + tierra agrícola + materia orgánica a una concentración de 0,4 %; en cuanto a la variable longitud de brote existió diferencias significativas, pues el P-valor fue de 0,002 y el tratamiento compuesto por el cultivar CCN-51 arena fina + tierra agrícola + materia orgánica a una concentración de 0,4 % presentó la mayor longitud de brote (38,67 cm); para la variable diámetro de brote

hubo diferencias significativas con un P-valor de 0,001, el tratamiento que presentó mejores resultados fue el que estuvo compuesto por el cultivar chuncho, arena fina + tierra agrícola + materia orgánica a una concentración de 0,4 %, alcanzando una media de 2,733 mm y por último, para la variable número de hojas hubo diferencias estadísticamente significativas con un P-valor de 0,0001, el tratamiento conformado por el cultivar chuncho, arena fina + tierra agrícola + materia orgánica a una concentración de 0,4 % presentó mayor número de hojas con una media de 16,33. Con ello concluyó que el nivel de concentración de AIB recomendable fue del 0,4 % y que el cultivar chuncho respondió mejor a las características agro botánicas, en comparación con el cultivar CCN-51.

Poma (2017) desarrolló un trabajo de investigación titulado “Efecto de enraizante en la propagación asexual de esquejes de “lirio” *Lilium sp.* en condiciones de invernadero”. en Huancavelica – Perú. El objetivo fue evaluar y comparar el efecto producido por diferentes dosis del enraizador Root - Hor en la propagación asexual de esquejes de lirio. El tipo de investigación fue experimental de nivel aplicado. Por ello, utilizó un diseño estadístico completamente al azar con los tratamientos T0 (0 ml de Root Hor/ Litro de agua), T1 (5 ml de Root Hor/ Litro de agua), T2 (10 ml de Root Hor/ Litro de agua) y T3 (15 ml de Root Hor/ Litro de agua), y para cada uno sumó 6 repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), número de raíces (unidades) y longitud de raíces (cm), todas ellas evaluadas a los 30 y 60 días desde la siembra. Los datos que recolectó fueron sometidos a un análisis de varianza al 99 % de confiabilidad y posteriormente comparó las medias con el estadístico de Duncan al 0,99 de probabilidad, para la parte de la estadística descriptiva utilizó el programa estadístico *SAS versión 9,4 for Windows*, y para la construcción de gráficos utilizó el Excel. Los resultados demostraron que la variable altura de planta a los 30 días presentó diferencias estadísticamente significativas con un P-valor de 0,001, así el tratamiento que presentó la media más alta (13,05 cm) fue el T3 conformado por 15 ml de Root Hor/Litro de agua, mientras que el T0 (testigo) fue el que presentó la media más baja, alcanzando sólo 5,72 cm, la misma variable evaluada los 60 días arrojó que el T3 presentó la media más alta (40,65 cm) y la media más baja (21,20 cm) fue obtenida por el T0 y a los 90 días de la siembra, la media más alta (87,75 cm) fue alcanzada por el T3 y la más baja (44,58 cm) fue obtenida por el T0, en cuanto a la variable longitud de raíz a los 30 días, la media más alta (9,90 cm) fue obtenida por el T2 (10 ml de Root Hor/Litro de agua) y la media más baja

(3,97 cm) fue obtenida por el T0, a los 60 días, el tratamiento que presentó la media más alta (10,30 cm) fue el T2 y la media más baja (4,33 cm), fue obtenida por el T0 y a los 90 días, la media más alta (11,83 cm) fue lograda por el T3 (15 ml de Root Hor/Litro de agua) y la baja (5,35 cm) lo logró el T0, la variable número de raíces a los 30 días, el T3 (15 ml de Root Hor/Litro de agua) presentó la media más alta (3,81 raíces) y la media más baja (2,38 raíces) lo alcanzó el T0, a los 60 días, el T3 obtuvo la media más alta (3,91 raíces) y la más baja (2,68 raíces) lo alcanzó el T0, a los 90 días, la media más alta (4,12 raíces) fue alcanzada por el T3 y la más baja (2,93 raíces) lo obtuvo el T0. Concluyó que, el mejor tratamiento para la propagación asexual de esquejes de lirio fue el T3 (15 ml de Root Hor/Litro de agua), pues influyó positivamente en el prendimiento de los esquejes.

Guizado (2015) llevó a cabo una investigación titulada “Enraizamiento de estaca basal de los clones de “cacao” *Theobroma cacao* L. ICS-95, CCN-51, ICS-1, CMP-15, porcelana y criollo; utilizando ácido indolbutírico (AIB) en el centro poblado de Valle Esmeralda, Río Ene”, en Satipo – Perú. El objetivo fue determinar la capacidad de enraizamiento de 6 clones de cacao (ICS-95, CCN-51, ICS-1, CMP-15, porcelana y criollo) utilizando una dosis de 4 000 ppm de ácido indolbutírico. Utilizó un diseño estadístico completamente al azar con 6 tratamientos, constituidos por cada uno de los clones de cacao y 3 repeticiones para cada uno, haciendo un total de 18 unidades experimentales. Evaluó las variables porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces, peso seco de raíces, tamaño de brotes, número de hojas y área foliar. Además, los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza al 95 % de probabilidad y posteriormente a la prueba de Tukey al 0,05 de significancia estadística para comparar las medias de los tratamientos. Los resultados de la prueba indica que existe diferencias estadísticas significativas con un P-valor de 0,08; la variable porcentaje de enraizamiento presentó el mejor porcentaje de enraizamiento con el clon CCN-51 (70,70 %) y el cacao criollo fue el que presentó la media más baja (19,30 %), la variable número de raíces presentó la media más alta (5,93 unidades) con el clon CCN-51 y la media más baja fue obtenida por el clon CMP-15 (4,40 unidades), la variable longitud de raíces presenta la mejor media con el clon CCN-51 (13,05 cm) y el clon porcelana presentó una media de 8,40 cm, siendo la más baja, la variable número de hojas alcanzó la media más alta (14,27 unidades) con el clon CCN-51 y la media más baja (10,67) lo alcanzó el cacao porcelana, la variable número de brotes logro la media más alta (18,13 unidades) con el clon CCN-51 y la media más baja lo alcanzó el cacao porcelana con 16,20 unidades,

la variable peso de raíces logró la media más alta (114,64 gramos) con el clon CCN-51 y la media más baja lo obtuvo el cacao porcelana con 8,56 gramos, la variable área foliar presenta mejores resultados de área foliar (46,05 cm cuadrados) con el clon CCN-51 y la media más baja fue obtenida por el clon ICS-1, alcanzando una media de 21,23 centímetros cuadrados. Llegó a la conclusión de que, el clon CCN-51 respondió eficientemente al proceso de acortamiento de la fase vegetativa.

Regionales

Alcarazo (2021) realizó una investigación titulada “Influencia de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de cladodios de “Pitahaya” *Selenicereus megalanthus* K. Schum. ex Vaupel en Nueva Cajamarca”, provincia de Rioja. El objetivo fue evaluar el efecto de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de pitahaya. Para ello, planteó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial 2*3+testigo, dando un total de 6 tratamientos y un testigo. Los tratamientos fueron: T0 (testigo), T1 (Max – Rayz a 1 000 ppm), T2 (Max – Rayz a 2 000 ppm), T3 (Max – Rayz a 1 000 ppm), T4 (Root – Hor a 1 000 ppm), T5 (Root – Hor a 2 000 ppm), y T6 (Root – Hor a 3 000 ppm). Las variables evaluadas fueron: número de raíces, tamaño de raíces, masa radicular, longitud del brote y curva de crecimiento; para dichas variables recopiló datos cada 30 días, teniendo una duración de 90 días de experimento. Los resultados que recolectó fueron sometidos a análisis de varianza y luego procedió a analizar las diferencias existentes entre los promedios con el estadístico Duncan. En resumen, la variable número de raíces mostró que, el producto Root – Hor obtuvo 5,85 raíces, la variable tamaño de raíces no presentó diferencias entre los tratamientos y el testigo, obtuvo un promedio de 26 cm a los 90 días, la variable masa radicular mostró diferencias estadísticamente significativas entre los productos, Root – Hor obtuvo 50,89 gramos, la variable longitud de brote mostró diferencias estadísticamente significativas entre los productos, Root – Hor generó 47,47 centímetros, la curva de crecimiento mostró que el tamaño de raíces tuvo un crecimiento constante durante todo el experimento (los 90 días), la masa radicular de los tratamientos tuvo crecimiento exponencial. La conclusión fue que, la aplicación de los productos hormonales Root – Hor fue eficiente para el número de raíces de los cladodios de la pitahaya.

García (2021) realizó un trabajo de investigación titulado “Efecto de dos productos hormonales bajo tres dosis auxínicas en el enraizamiento de “café” *Coffea arabica* L. var. Caturra en etapa de vivero en Moyobamba.” departamento San Martín. El objetivo fue determinar el efecto de dos productos hormonales bajo tres dosis de auxinas en el enraizamiento de café en la etapa de vivero. Planteó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo trifactorial, los factores evaluados fueron: productos hormonales (Max Rayz y Root-Hor), dosis auxínicas (1 000, 2 000 y 3 000 ppm) y tiempo de evaluación (30, 45 y 60 días) y un testigo. Evaluó las siguientes variables: peso radicular, longitud de raíces, número de brotes, número de raíces y la curva de crecimiento; para dichas variables recopiló datos en tres ocasiones (30, 45 y 60 días). Los resultados que obtuvo fueron sometidos a análisis de varianza y luego midió las diferencias estadísticas entre las medias con un P-valor de 0,05, por lo que procedió a aplicar el estadístico de Duncan. Los resultados indicaron que la variable peso radicular obtuvo mejores resultados con la dosis de 1 000 ppm de Max Rayz con 2,62 g, la variable longitud de raíces en cuanto al factor producto mostró superioridad con el producto Max Rayz con 2,47 cm sobre el producto Root Hor que solo presentó 2,33 cm de raíces, la variable número de brotes demostró que, a la primera evaluación (30 días) más del 90 % de los esquejes ya habían emitido 1 o 2 brotes, la variable número de raíces mostró mejores resultados con la concentración de 1 000 ppm obteniendo 2,65 raíces por estaca y la curva de crecimiento demostró que a los 30 y 45 días los resultados fueron muy similares y a los 60 días hubo un mayor crecimiento, los valores más altos los obtuvo el producto hormonal Max Rayz a 1 000 ppm con 6,03 centímetros. Con ello, llegó a la conclusión de que el uso de los dos productos hormonales Max Rayz y Root Hor a 1 000 ppm generaron mejores resultados que las concentraciones más altas en el enraizamiento de café var. Caturra en etapa de vivero.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Generalidades del cultivo de cacao

Origen

El cacao, de acuerdo con Miguel *et al.* (2011), es un cultivo originario del continente americano, pero aún no se ha logrado determinar de qué lugar exactamente; se cree que se empezó a cultivar en México o América Central. En Sudamérica, cuando los españoles

llegaron, no encontraron esta planta cultivada sino creciendo de forma natural cerca de los ríos Amazonas y Orinoco y muchos de sus afluentes, donde aún se conserva genotipos con un alto valor. Mientras tanto, IICA (2017), afirma que el cacao es originario de Sudamérica y fue llevado por el hombre a América Central antes de la colonización colombina y que los tipos genéticos forastero y criollo se atribuye a sus características genéticas y por su localización (forastero el cacao cultivado cerca al Amazonas y criollo el que se cultiva en Centroamérica); en cambio, el cacao trinitario se estableció en Trinidad gracias a la combinación genética de los tipos criollo y forastero.

Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del cacao se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cacao

Taxonomía	Nombre
Reino	Vegetal
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Sterculioideae
Género	Theobroma
Especie	<i>Theobroma cacao</i> L.

Nota: elaboración propia a base de información de IICA (2017).

Descripción botánica del cacao

El cacao, según el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2019), es un cultivo perenne y de tipo arbustivo, de acuerdo a la variedad empieza su producción a partir de los dos años en adelante. A continuación, se hará una breve revisión sobre sus características generales.

Raíz o sistema radicular. De acuerdo con Batista (2009), el sistema radicular en plantas de cacao reproducidas sexualmente, está compuesto por una raíz principal llamada pivotante que puede crecer hasta un metro y medio de profundidad de forma vertical con geotropismo positivo, de esta nacen las raíces secundarias, las cuales crecen hacia los lados dividiéndose repetidamente en los primeros 20 cm de suelo, logrando cubrir la superficie del suelo que cubre con su sombra. En cambio, las plantas reproducidas vegetativamente, forman solamente raíces primarias y secundarias, las cuales se desarrollan del mismo modo que en las plantas reproducidas por semillas. Batista (2009) también afirma que las raíces se desarrollan de acuerdo al tipo de propagación y las características que presente en suelo.

Tallo y ramas. El tallo de la planta de cacao reproducida por semillas, según Miguel *et al.* (2011), incrementa su tamaño verticalmente hasta los dos metros o hasta completar un año y medio, momento en el cual se ramifica, formando hasta 5 orquetas que crecerán horizontalmente; debajo de estas ramas se forman brotes verticales conocidos como chupones.

Hojas. Según Batista (2009), las hojas del cacao son de una coloración variada, va desde verde claro a verde oscuro, las de color oscuro están presentes en estado de crecimiento y adulto de la planta. Las hojas maduras son verdes, enteras con forma variable (ovaladas, lanceoladas, ovoides), ambas caras lisas, el nervio central es pronunciado, ápice agudo, peciolo corto (en hojas del tronco más largo que en las de las ramas), engrosado en la base. Su tamaño varía de acuerdo a la posición en la planta, factores genéticos y el alcance de la luz del sol, las hojas con más exposición al sol son más pequeñas que las que tienen menos iluminación solar.

Flores. El cacao es una planta con flores delicadas y de estructura compleja; son hermafroditas y pentámeras con todos sus verticilios florales. Estas flores, al contrario de lo que sucede con la mayoría de plantas, se desarrollan en cualquier parte del tallo o ramas. Dichas flores no tienen olor de ningún tipo, razón por la cual su polinización es de tipo entomófila; es decir, las abejas, mosquitos y otros polinizadores no las fertilizan al no ser apetitosas por falta de olor, solo las fertilizan algunos mosquitos, avispas y otros insectos de

la selva gracias al azar y no por la atracción de los olores o néctares (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2012).

Frutos y semillas. Según afirma IICA (2017), son el resultado de la correcta fecundación de las flores, estos frutos varían en color y forma de acuerdo a la variedad o tipo genético; es una fruta comúnmente conocida como mazorca, la cual lleva dentro de 20 a 60 las almendras o semillas. Las semillas, según refiere el mismo autor, están constituidas por dos cotiledones que protegen o envuelven al embrión; dichas semillas varían en tamaño y forma de acuerdo al grupo genético, estas semillas están cubiertas por una capa envuelta por mucílago.

1.2.2. Condiciones edafoclimáticas para su desarrollo

De acuerdo con el INIA (2019), las condiciones para el correcto desarrollo del cultivo de cacao son las que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

Condiciones edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo de cacao

Parámetros	Condiciones
Altitud	300-900 m s.n.m.
Temperatura	25 °C (mín. 23 y máx. de 32 °C)
Suelos	Franco arenoso hasta arcilloso, no inundables.
Materia orgánica (MO)	Alta (4,5 %)
pH	4,5 - 6,5
Precipitación	1 600 - 2 500 mm al año

Nota: elaboración propia a base de información de INIA (2019).

1.2.3. Variedades de cacao

De acuerdo con MINAGRI (2018), existen diversas variedades de cacao que se clasifican de acuerdo a su grupo genético, así tenemos: Criollo, Forastero del Alto Amazonas, Forastero del Bajo Amazonas, Nacional y el Grupo genético artificial: Trinitario y CCN-51.

Además de ello, MINAGRI (2018), afirma que el Perú posee muchas variedades nativas que se acogen a los diferentes grupos genéticos. Por ejemplo, la variedad “porcelana” (Piura), variedad “chuncho” (Cuzco) y variedades que se encuentran en los valles de los ríos Huallaga (H-8, H-12, H-24, H-35, H-40, H-56, H-59, H-61 y H-63), Ucayali-Urubamba (U-1, U-9, U-12, U-26, U-43, U-48, U-54, U-60, U-68 y U-70), Marañón (M-4, M-17, M-18, M-49, M-52, M-84, M-90 y M-96).

Cacao CCN-51. González y Tene (2015), afirman que es un cacao de tipo trinitario que ha sido desarrollado tras múltiples investigaciones por el ingeniero agrónomo Homero Castro Zurita de la ciudad de Ambato, el cual le dio el nombre que alude a su apellido, CCN-51 significa “Colección Castro Naranjal”. Además, el autor menciona que este tipo de cacao tiene una alta productividad y es resistente a enfermedades, sus frutos son de una coloración rojiza y sus semillas tienen un alto contenido de grasa, lo cual le ha permitido abrir y abarcar su propio mercado.

1.2.4. Métodos de propagación de cacao

Flores (2019), menciona que existen dos tipos de métodos de propagación de cacao, los cuales son la propagación sexual o por semillas y la propagación asexual o vegetativa, la cual se puede realizar utilizando acodos, injertos, estacas, etc.

Propagación vegetativa o asexual

De acuerdo con Gallegos (2016), se realiza utilizando una parte de una planta, denominada madre o donante, de la cual se extraerá una parte para generar una nueva planta con las mismas características; además, es un método con buenos resultados en la reproducción de plantas con mayor uniformidad y mejor estructura. Esto permite un mayor rendimiento y disminuye el costo de la cosecha de frutos.

Propagación por estacas

Según afirma Aldana (2009), este tipo de propagación consiste en seleccionar una planta que será considerada como madre, dicha planta debe ser resistente a enfermedades, productiva,

con buenos frutos y semillas, y con una adecuada forma de copa; para que transmita sus características a las ramas que serán sometidas a un proceso de enraizamiento inducido o natural.

De acuerdo con Quiroz (2010), citado por Flores (2019), al propagar el cacao mediante el enraizamiento de estacas se logra reproducir plantones con características genéticas iguales a las de la planta madre, dichos plantones al ser trasplantados a campo definitivo bajo condiciones edafoclimáticas similares va a ser fenotípicamente igual a la planta madre.

Ventajas de la propagación por estacas

Raven *et al.* (1992), citado por Huillca (2019) refiere que la propagación por estacas tiene las siguientes ventajas: es un método fácil y rápido de clonar plantas, permite obtener plantas con características idénticas a las de la planta madre, no necesita mano de obra ardua y no necesariamente tiene que ser especializada, reduce el tiempo a la fructificación de las plantas y el costo de producción por planta es menor comparado con una planta obtenida por injertos u otros métodos de propagación.

Desventajas de la propagación por estacas

De acuerdo con Huillca (2019), entre las desventajas de la propagación vegetativa por estacas se encuentra la dificultad para seleccionar la planta madre y que esta se encuentre cerca al vivero; además de las dificultades que se presenta en la ejecución de las actividades de propagación, tales como selección de las ramas a usar, humedad y tipo de sustrato que se usará y la selección y uso de hormonas enraizantes que generen excelentes resultados.

Condiciones para el enraizamiento de estacas

De acuerdo con Gárate (2010), entre los factores que determinan el éxito o no del enraizamiento de estacas están diversos parámetros ambientales y agronómicos, los cuales influyen en el progreso o fracaso de reproducción asexual de clones. Se debe proveer de un 30 % de iluminación o menos, temperatura de 21 a 27 °C en el día y en la noche de 15 °C, superficie foliar que asegure la fotosíntesis suficiente para suplir las necesidades que genera

el desarrollo radicular, la longitud y diámetro de la estaca a propagar son proporcionales de centímetros a milímetros (5 cm de longitud y 5 mm de diámetro), la planta madre debe ser adulta, etc.

Factores que influyen en el éxito de la propagación por estacas

Para Hartman y Kester (1995, como se citó en Flores, 2019) el éxito del enraizamiento depende de:

En las estacas, si la brotación de las yemas se produce antes de la emisión de raíces, aquella compete y puede agotar las reservas hídricas y nutritivas de la propia estaca. El enraizamiento es más rápido, si las áreas de esclerenquima se organizan aisladamente y están separadas por amplias zonas de parénquima. En las estacas de ramas hay que tener en cuenta su polaridad, estas enraízan por su parte basal. La eliminación de yemas o de hojas impide la formación de raíces. El estado nutricional de la estaca determina su capacidad de enraizamiento. En las especies leñosas las estacas menores a un año, enraízan mejor, aunque en algunas especies (olivo) la capacidad rizogénica aumenta con la edad de los órganos de los que se separan las estacas. En general las estacas tomadas de las plantas jóvenes enraízan mejor que las tomadas de las plantas adultas. Las técnicas culturales encaminadas a rejuvenecer las plantas (poda) o a incrementar su actividad vegetativa (riego y fertilización) mejoran la capacidad rizogénica de las estacas. Existen variaciones estacionales en la capacidad de enraizamiento. (pg. 22).

Sombra

Flores (2019) señala la importancia de asegurar una adecuada luminosidad y sombra para que las estacas puedan lograr una adecuada tasa fotosintética, puesto que la exposición prolongada a la irradiación solar causa pérdida de turgencia, cierre de estomas, deshidratación general, es recomendable asegurar entre 85 – 95 % de sombra para estimular los primordios radiculares.

Plantas madre

Soto (2004) refiere que una planta, para ser escogida como madre o progenitora debe ser una planta libre de enfermedades fúngicas, con buen vigor y con manejo agronómico adecuado, con lo cual se puede lograr mejores resultados en el enraizamiento de estacas. El mismo

autor recomienda hacer aplicaciones de fertilizantes a las plantas antes de recolectar el material vegetal para reproducir vegetativamente.

Tiempo de permanencia de las plántulas en vivero

De acuerdo con el INIAP (2010), el periodo de tiempo en que las plántulas propagadas por estacas deben permanecer aproximadamente setenta días en el propagador o vivero, lo cual depende de su desarrollo y las condiciones que se les brinda a las estacas; a partir de este tiempo se debe empezar el periodo de pre-aclimatación y posteriormente el periodo de aclimatación para trasplantar a campo definitivo.

1.2.5. Reguladores de crecimiento

Las fitohormonas o reguladores de crecimiento, de acuerdo con Taíz y Zeiger (2006a), son sustancias orgánicas que influyen en el desarrollo de las plantas a nivel de los procesos fisiológicos propios de los vegetales; es decir, influyen en los procesos de crecimiento, diferenciación y/o desarrollo vegetal, desencadenando los procesos bioquímicos y moleculares en las células vegetales. Así, Gutiérrez (2003) y Medina (2014) afirman que las fitohormonas como las auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y el ácido abscísico se forman en un tejido y translocan a otro para formar raíces, aumentar el porcentaje de enraizamiento, la cantidad y calidad de raíces, asegurando un sistema radicular más uniforme.

Funciones de los reguladores de crecimiento

La planta, en su funcionamiento normal, depende de los fitorreguladores, pues regula el funcionamiento de diferentes estructuras de la planta desde el inicio al final de su desarrollo, haciendo más fácil la comunicación y coordinación celular y sus actividades, cambiar la cantidad y sensibilidad de los tejidos vegetales para controlar las respuestas hormonales de las mismas (Fichet, 2018).

Auxinas

Alcántara *et al.* (2019) mencionan que las auxinas son fitoreguladores que actúan en distintos procesos bioquímicos de alargamiento y bipartición celular que se traducen en respuestas fisiológicas de alargamiento o crecimiento vegetal; generalmente se encuentra en todos los tejidos de las plantas. Estas hormonas son los estimulantes de la elongación y división de las células vegetales; es decir, intervienen en la formación de hojas, crecimiento de tallos, formación y crecimiento de los frutos, raíces adventicias e influyen en la dominancia apical (Guerrón y Espinoza, 2014).

1.2.6. Hormonas auxínicas usadas para el enraizamiento

Las hormonas enraizantes, de acuerdo con Campoverde (2017), son sustancias o compuestos de naturaleza orgánica producidas en un tipo de tejido vegetal, esta sustancia se traslada a otra parte de la planta para generar respuestas fisiológicas acelerando, retardando o inhibiendo algunas funciones fisiológicas de la planta.

Ácido naftalenacético (ANA)

Actúa como hormona de crecimiento y creadora de raíces, no genera toxicidad, rápidamente se moviliza en el metabolismo de plantas. También actúa como activador enzimático en la división celular, lo cual permite el desarrollo radicular y de nuevos brotes (Soudre *et al.*, 2008).

Ácido indolbutírico (AIB)

Para Soudre *et al.* (2008), es un producto químico obtenido a partir de combinaciones químicas en laboratorio; tiene una baja concentración de auxinas, pero para una propagación masiva es óptimo por no generar efectos tóxicos para las plantas a diferentes concentraciones y resulta muy efectivo para generar raíces en diferentes especies de plantas.

1.2.7. Productos comerciales a base de auxinas

Los productos descritos son Max – Rayz y Root – Hor, los cuales presentan contenido auxínico.

Max – Rayz

Según la Corporación de Agroquímicos SAC [CORDAGRO SAC] (2019), es un producto compuesto por auxinas (ácido indolbutírico y ácido naftalenacético), fósforo y ácidos quelantes, los cuales son nutrientes que penetran los tejidos de la planta y permiten una mayor concentración de ácido alfa nafatalenacético y ácido indolbutírico, con lo cual se logra un mayor desarrollo radicular en un menor tiempo, logrando así ser un enraizador eficaz en estacas y esquejes de diferentes cultivos. El mismo autor describe la composición del producto en la Tabla 3.

Tabla 3

Composición del producto hormonal Max - Rayz

Ingredientes	Unidad de medida	Cantidad
Ácido 3 indol butírico	ppm	3 100
Ácido alfa naftalenocético	ppm	650
Fósforo (P03) de ion fosfito	%	22,50
Ácidos orgánicos quelantes	%	12,50

Nota: Elaboración a base de información de la ficha técnica del producto hormonal Max - Rayz (2019).

Root – Hor

De acuerdo con Comercial Andina (2014), es un producto que funciona como regulador de crecimiento, su presentación es en concentrado soluble y se aplica al cultivo bajo inmersión o riego, favoreciendo la formación de raíces, gracias a que en su formulación contiene ácido indolbutírico al 0,1 %. Según refiere el mismo autor, este producto contiene los siguientes ingredientes (Tabla 4).

Tabla 4*Composición del producto hormonal Root - Hor*

Ingredientes	Unidad de medida	Cantidad
Ácido alfa naftalenacético	%	0,40
Ácido 3 indol butírico	%	0,10
Ácidos nucleicos	%	0,10
Sulfato de zinc	%	0,40
Solución nutritiva	%	95,40

Nota: Elaboración a base de información de ficha técnica del producto hormonal Root - Hor (2014)

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La presente investigación tuvo un diseño completamente al azar, contó con 32 tratamientos y 3 repeticiones; con ello se evaluó el efecto que las variables dependientes (reguladores de crecimiento) sobre las variables independientes (parámetros fisiológicos de propagación). El enfoque fue cuantitativo, puesto que se evaluó variables numéricas que dieron como resultados datos numéricos con los que se determinó si la hipótesis es aceptada o no. Así mismo, tuvo un alcance explicativo, pues se buscó explicar la relación de causa-efecto al manipular las variables independientes para medir el efecto de las mismas sobre las variables dependientes (Hernández *et al.*, 2014).

2.2. Lugar y fecha

La presente investigación se llevó a cabo en un área de propiedad del investigador (Figura 1), dicha área se encuentra ubicada en el Caserío San Juan del Mayo, distrito de Pardo Miguel (Naranjos), provincia de Rioja, departamento de San Martín. Esta investigación tuvo una duración de 4 meses, inició en el mes de noviembre del año 2021, y finalizó el mes de febrero del año 2022.

Ubicación política

Departamento. : San Martín
Provincia : Rioja
Distrito : Pardo Miguel
Caserío : San Juan Del Mayo

Ubicación geográfica

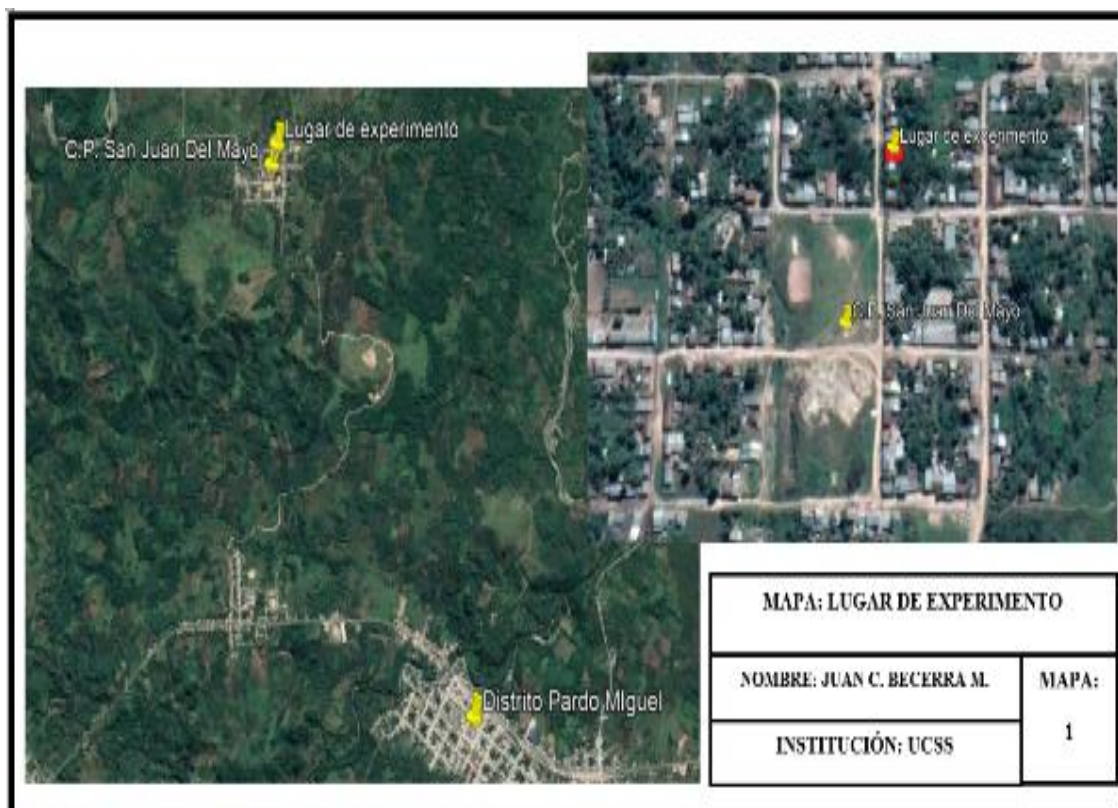
Latitud : 5°42`11,69” S

Longitud : 77°30'41,12" O

Altitud : 908 m s.n.m

Figura 1

Ubicación del vivero experimental



Nota. El punto amarillo que contiene un cuadrado rojo hace referencia a la ubicación del vivero experimental dentro del C.P. San Juan del Mayo, jurisdicción del distrito de Pardo Miguel.

2.3. Descripción del experimento

El experimento se llevó a cabo en un terreno de propiedad del investigador, ubicado en Centro Poblado San Juan del Mayo, distrito de Pardo Miguel. Para el desarrollo de esta investigación se consideró tres fases o etapas, las cuales se detallan a continuación:

a. Fase preliminar

En esta fase o etapa se realizó las siguientes actividades:

- Coordinar el traslado del material vegetativo de cacao var CCN-51 desde la parcela de la empresa “Valle del Yarinal”, hacia el vivero experimental.
- Se compró los materiales e insumos que se utilizó en el desarrollo de la investigación:

Lista de materiales e insumos utilizados en la investigación:

- ✓ Palana
- ✓ Bambú
- ✓ Alambre
- ✓ Wincha o cinta métrica
- ✓ Serrucho
- ✓ Machete
- ✓ Tijera de podar
- ✓ Cuchillo de injertar
- ✓ Malla raschell
- ✓ Paja rafia
- ✓ Clavos de 2 pulgadas
- ✓ Bolsas para plántones de 10×20 cm color negro y perforadas
- ✓ Ramillas de cacao var CCN-51
- ✓ Reguladores de crecimiento (Root – Hor y Max – Rayz)
- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Lapiceros
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Calculadora científica
- ✓ Laptop o PC
- ✓ Papel bond

Figura 2

Reguladores de crecimiento a base de auxinas



b. Fase de campo (vivero)

Se consideró los procedimientos realizados por Alcarazo (2021), Flores (2019), Holguín (2018) y Campoverde (2017). En esta fase se desarrolló las siguientes actividades:

- Limpieza de campo: se eliminó las malezas y se niveló el área de trabajo.
- Elaboración de tinglado: consistió en el levantamiento de cinco postes de madera de dos metros de altura; además, se amarró con alambre varas de madera a un metro de altura. También se cubrió la parte del techo con hojas de Shapaja (Figura 3).

Figura 3

Tinglado que se utilizó como vivero experimental



- Preparación de sustrato: se usó un sustrato a base de arena + tierra negra + materia orgánica de cáscara de café, en la proporción 5:3:1 (Figura 4)

Figura 4

Preparación del sustrato en proporción 5:3:1



- Llenado y acomodado de bolsas: se llenó las bolsas de polietileno de color negro que presentan agujeros en la base, de la dimensión 7×8 cm; se acomodaron 12 bolsas por cada repetición (Figura 5).

Figura 5

Llenado y acomodado de bolsas



- Selección de las plantas: se escogió plantas madre que sobresalgan en comparación con las demás en el fundo de la empresa “Valle del Yarinal”. Las plantas, para ser seleccionadas, debieron tener un buen vigor, sin presencia de hongos visibles y de edad productiva de 2 o 3 años.

- Selección de las ramillas: se buscó las ramillas de dos a tres meses de edad que reúnan condiciones de sanidad y vigor.
- Corte de ramillas: se recolectó las ramas seleccionadas con una tijera de podar, evitando lastimar las ramillas. Se cortó la parte apical, y se envolvió con tallo de plátano para evitar la deshidratación, hasta llevar a vivero (Figura 6).

Figura 6

Planta madre de cacao seleccionada, selección de ramillas y corte y recolección de ramillas.



- Corte de las ramillas en estacas: se cortó cada una de las ramas a 20 cm de longitud.
- Desinfección de estacas: se procedió a desinfectar con una solución de hipoclorito de sodio al 0,5 %.
- Dilución de reguladores de crecimiento: se diluyó en agua potable tres soluciones de cada uno de los productos hormonales a una concentración de 1 000, 2 000 y 3 000 ppm (Tabla 5) para cada uno de los productos hormonales. Dicha concentración se logró a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

Donde:

V_1 = Volumen del regulador de crecimiento expresado en litros

C_1 = Concentración del regulador de crecimiento expresado en ppm de auxinas

V_2 = Volumen diluido expresado en litros

C_2 = Concentración requerida expresada en ppm de auxinas

Tabla 5

Determinación de los volúmenes necesarios a diluir

Regulador de crecimiento	Concentración auxínica (C₁)	Volumen de producto (V₁)	Concentración auxínica deseada (C₂)	Volumen diluido deseado (V₂)	Cantidad de agua a aplicar
Max - Rayz	3750 ppm	1 litro	1 000 ppm	3,75 litros	2,75 litros
			2 000 ppm	1,87 litros	0,875 litros
			3 000 ppm	1,25 litros	0,25 litros
Root - Hor	5000 ppm	1 litro	1 000 ppm	5 litros	4 litros
			2 000 ppm	2,5 litros	1,5 litros
			3 000 ppm	1,66 litros	0,66 litros

- Inmersión: se sumergió las estacas a una profundidad de 3 cm en las diluciones que corresponda a su tratamiento por un periodo de 3 segundos y se retiró para proceder a sembrar las estacas (Figura 7).

Figura 7

Inmersión de las estacas en la solución que corresponde según su tratamiento.



- Siembra de estacas en las bolsas: se procedió a sembrar $\frac{1}{4}$ de la longitud de las estacas en las bolsas, fueron sometidas al proceso de enraizamiento inducidas con productos hormonales (Figura 8).

Figura 8

Siembra de estacas en cada bolsa



- Riego: fue constante, teniendo en cuenta el requerimiento hídrico por parte de las estacas.
- Evaluación de variables dependientes: se evaluó cada uno de los parámetros fisiológicos (masa del sistema radicular, longitud de raíces, número de raíces y número de brotes) retirando la estaca de la bolsa, lo que significa que en cada muestreo se siguió un procedimiento destructivo, dicho procedimiento se empezó al cumplir los 70 días desde la siembra y luego se repitió cada dos semanas hasta completar los cuatro muestreos que se planteó realizar.

c. Fase de gabinete

Al terminar el trabajo de evaluación y recolección de datos en campo, se llevó al gabinete, donde se realizó las siguientes actividades:

- Ordenamiento de datos
- Tabulación de datos
- Análisis estadístico de datos.
- Redacción del informe de tesis para su presentación y sustentación.

2.4.Tratamientos

Los factores y niveles de estudio se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6

Factores y niveles en investigación

Factores	Niveles	Clave
Reguladores de crecimiento	Max Rayz	a ₁
	Root Hor	a ₂
Dosis	0 ppm Auxinas	b ₁
	1 000 ppm Auxinas	b ₂
	2 000 ppm Auxinas	b ₃
	3 000 ppm Auxinas	b ₄
Tiempo	70 días	c ₁
	85 días	c ₂
	100 días	c ₃
	115 días	c ₄

En base a los factores y niveles en investigación, se determinó los tratamientos a evaluar en el presente estudio (Tabla 7).

Tabla 7*Tratamientos de estudio*

Tratamientos	Combinaciones	Clave
T1	Testigo a 70 días	$a_1b_1c_1$
T2	Max Raiz (1 000 ppm auxinas) a 70 días	$a_1b_2c_1$
T3	Max Raiz (2 000 ppm auxinas) a 70 días	$a_1b_3c_1$
T4	Max Raiz (3 000 ppm auxinas) a 70 días	$a_1b_4c_1$
T5	Testigo a 70 días	$a_2b_1c_1$
T6	Root Hor (1 000 ppm auxinas) a 70 días	$a_2b_1c_1$
T7	Root Hor (2 000 ppm auxinas) a 70 días	$a_2b_1c_1$
T8	Root Hor (3 000 ppm auxinas) a 70 días	$a_2b_1c_1$
T9	Testigo a 85 días	$a_1b_1c_2$
T10	Max Raiz (1 000 ppm auxinas) a 85 días	$a_1b_2c_2$
T11	Max Raiz (2 000 ppm auxinas) a 85 días	$a_1b_3c_2$
T12	Max Raiz (3 000 ppm auxinas) a 85 días	$a_1b_4c_2$
T13	Testigo a 85 días	$a_2b_1c_2$
T14	Root Hor (1 000 ppm auxinas) a 85 días	$a_2b_1c_2$
T15	Root Hor (2 000 ppm auxinas) a 85 días	$a_2b_1c_2$
T16	Root Hor (3 000 ppm auxinas) a 85 días	$a_2b_1c_2$
T17	Testigo a 100 días	$a_1b_1c_3$
T18	Max Raiz (1 000 ppm auxinas) a 100 días	$a_1b_2c_3$
T19	Max Raiz (2 000 ppm auxinas) a 100 días	$a_1b_3c_3$
T20	Max Raiz (3 000 ppm auxinas) a 100 días	$a_1b_4c_3$
T21	Testigo a 100 días	$a_2b_1c_3$
T22	Root Hor (1 000 ppm auxinas) a 100 días	$a_2b_1c_3$
T23	Root Hor (2 000 ppm auxinas) a 100 días	$a_2b_1c_3$
T24	Root Hor (3 000 ppm auxinas) a 100 días	$a_2b_1c_3$
T25	Testigo a 115 días	$a_1b_1c_4$
T26	Max Raiz (1 000 ppm auxinas) a 115 días	$a_1b_2c_4$
T27	Max Raiz (2 000 ppm auxinas) a 115 días	$a_1b_3c_4$
T28	Max Raiz (3 000 ppm auxinas) a 115 días	$a_1b_4c_4$
T29	Testigo a 115 días	$a_2b_1c_4$
T30	Root Hor (1 000 ppm auxinas) a 115 días	$a_2b_1c_4$
T31	Root Hor (2 000 ppm auxinas) a 115 días	$a_2b_1c_4$
T32	Root Hor (3 000 ppm auxinas) a 115 días	$a_2b_1c_4$

2.5. Unidades experimentales

La Tabla 8 presenta cada uno de los 32 tratamientos contó con tres repeticiones, haciendo un total de 96 unidades experimentales, cada una de las cuales contó con 12 estacas, haciendo un total de 255 estacas, dichas repeticiones estuvieron distribuidas de manera aleatoria.

Tabla 8

Características del área experimental

Características	Unidad de medida	Dimensión
Altura de techo	m	2
Altura de malla raschell	m	1
Ancho de vivero	m	3,5
Largo de vivero	m	6,5
Número de Tratamientos	unid	7
Número de repeticiones	unid	3
Número de unidades experimentales	unid	21
Número de objetos por UE	unid	18
Número de objetos por tratamiento	unid	54
Muestra por unidad experimental	unid	12
Número de objetos por muestreo	unid	3
Ancho de tratamiento	cm	45
Largo de tratamiento	cm	60
Distancia entre Tratamientos	cm	40
Superficie total	m²	22,75

2.6. Identificación de variables y su mensuración

- **Variable Independiente**

Se usaron dos reguladores de crecimiento diluidos en función a su concentración auxínica (Root – hor y Max Rayz), los cuales fueron diluidos en agua potable hasta lograr concentraciones de 1 000, 2 000 y 3 000 ppm de auxinas.

- **Variables Dependientes**

Parámetros fisiológicos

Número de raíces. Se retiró la estaca de la bolsa de forma cuidadosa para no dañar las raíces, se contó y registró el número de raíces en cada muestreo (el primer muestreo se realizó a los 70 días y luego se repitió cada dos semanas hasta completar los 4 muestreos) (Holguín, 2018).

Longitud de raíz principal. En cada muestreo (el primer muestreo se realizó a los 70 días y luego se repitió cada dos semanas hasta completar los 4 muestreos) se procedió a medir la longitud de la raíz más larga, la cual se consideró como principal. Se midió desde el cuello de la estaca hasta el extremo final de la raíz en centímetros (cm) con una wincha (Holguín, 2018, Flores, 2019).

Masa radicular. En cada muestreo (el primer muestreo se realizó a los 70 días y luego se repitió cada dos semanas hasta completar los 4 muestreos) se procedió a cortar las raíces que aparecieron en cada estaca, dichas raíces fueron sometidas a un control de masa total en una balanza gramera con error de $\pm 0,1$, esta variable se midió en gramos (g) (Campoverde, 2017).

Número de brotes. Se cuantificó todos los brotes generados en las estacas en cada uno de los muestreos (el primer muestreo se realizó a los 70 días y luego se repitió cada dos semanas hasta completar los 4 muestreos) (Flores, 2019, Klug, 2016).

Evaluación de la curva de crecimiento

Para evaluar la curva de crecimiento se tuvo en cuenta los siguientes aspectos: Emisión de primer brote, lo cual se consideró a partir de 1 cm. Crecimiento en centímetros de la primera plántula en generar brotes por cada repetición, lo cual se midió cada 10 días, a partir de la emisión del primer brote, hasta que se completó los 115 días que duró el experimento.

Relación beneficio/costo

La relación beneficio/costo se evaluó sumando todos los beneficios parciales obtenidos por la venta de las plántulas de cada tratamiento y dividiéndolo entre el costo de producción de cada tratamiento (Holguín, 2018). La relación beneficio/costo por tratamiento se hizo con - la ayuda de la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\sum B_n}{\sum C_n}$$

Donde:

B/C= relación beneficio/costo

$\sum B_n$ = Sumatoria de beneficios obtenidos por cada tratamiento

$\sum C_n$ = Sumatoria de costos de producción por tratamiento

Las variables objeto de estudio están presentes en la Tabla 9.

Tabla 9

Variables en estudio

Variables	Mensuración	Metodología
Independiente (X)		
Regulador de crecimiento	Sin producto, Root – Hor y Max Rayz	Volumen
Dosis Auxínicas	0, 1 000, 2 000 y 3 000 ppm	Concentraciones
Dependiente (Y)		
Parámetros fisiológicos		
Masa radicular	(g)	Cuantitativo
Longitud de raíces	(cm)	
Número de brotes	Unidad	
Número de raíces	Unidad	
Curva de crecimiento	(cm)	
Relación costo-beneficio	Soles	

2.7. Diseño del experimento

La presente investigación se realizó bajo un diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 4 \times 4$, dicho diseño contó 32 tratamientos, de los cuales uno fue el control (sin dosis, sin aplicación de reguladores de crecimiento) con tres repeticiones para cada uno tratamiento. Lo cual dio un total de 96 unidades experimentales. Los factores fueron:

A= reguladores de crecimiento (Root - Hor y Max - Rayz)

B= diferentes dosis (0, 1 000, 2 000 y 3 000 ppm de auxinas)

C= tiempos de evaluación (70, 85, 100 y 115 días)

2.8. Análisis de datos

Los resultados obtenidos en la fase de campo (vivero) fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad de las varianzas, en lo que se encontró que, si se cumplen los supuestos, por lo que se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) con 95 % de significancia estadística, en caso de existir diferencia significativa, se aplicó la prueba de Tukey con significancia de 5 %. Para las variables enteras, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis (análisis de varianza no paramétrico). Todo el análisis estadístico se realizó con el software *InfoStat*.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Parámetros fisiológicos

Número de raíces

Debido a la polarización de los resultados obtenidos para el número de raíces, fue necesario transformar los resultados (\sqrt{X}), el análisis de varianza está en la Tabla 10, el coeficiente de variabilidad fue de 22,85 %, existieron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones utilizadas con un P-valor de <0,0001 y a nivel de la interacción de producto*concentración con un P-valor de 0,0414. La validación de los supuestos del análisis de varianza están en el Apéndice 1, los registros obtenidos para esta variable están en el Apéndice 4.

Tabla 10

Análisis de varianza para número de raíces (\sqrt{X}) en cm

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Producto	0,29	1	0,29	0,93	0,3391
Concentración	30,82	3	10,27	33,16	<0,0001
Tiempo	1,15	3	0,38	1,24	0,3026
Producto*Concentración	2,7	3	0,9	2,91	0,0414
Producto*Tiempo	0,4	3	0,13	0,43	0,7315
Concentración *Tiempo	3,84	9	0,43	1,38	0,2174
Producto*Concentración*Tiempo	1,31	9	0,15	0,47	0,8893
Error	19,83	64	0,31		
Total	60,34	95			

Nota. Para la variable raíz (número de raíces), N= 96; R2= 0,67; R2Aj= 0,51 y CV= 22,85

La Tabla 11 presenta los resultados del análisis de comparación Tukey para el factor concentración, dicha prueba demuestra que la mayor longitud de raíces fue obtenida con la concentración de 2 000 ppm, esta dosis es estadísticamente igual a la dosis 3 000. Por lo tanto, ambas dosis causan el mismo efecto en el número de raíces.

Tabla 11

Prueba Tukey para factor concentración en el número de raíces

Concentración	Medias	n	E.E.		
2 000	8,49	24	0,62	A	
3 000	8,26	24	0,62	A	
1 000	7,22	24	0,62		B
0	2,28	24	0,62		C

Nota. Prueba de Tukey Alfa= 0,05; DMS= 0,42397; error= 0,3100; gl= 64

La Tabla 12 y la Figura 9 representan la interacción del factor producto y factor concentración, la cual refleja que el tratamiento testigo mantuvo el número de raíces mínimo, sin embargo, ante la aplicación de los productos comerciales a diferentes dosis, el efecto fue distinto. La dosis de 1 000 ppm con Root Hor y la dosis de 2 000 pm con Max Rayz, generaron el mayor número de raíces (9,33).

Tabla 12

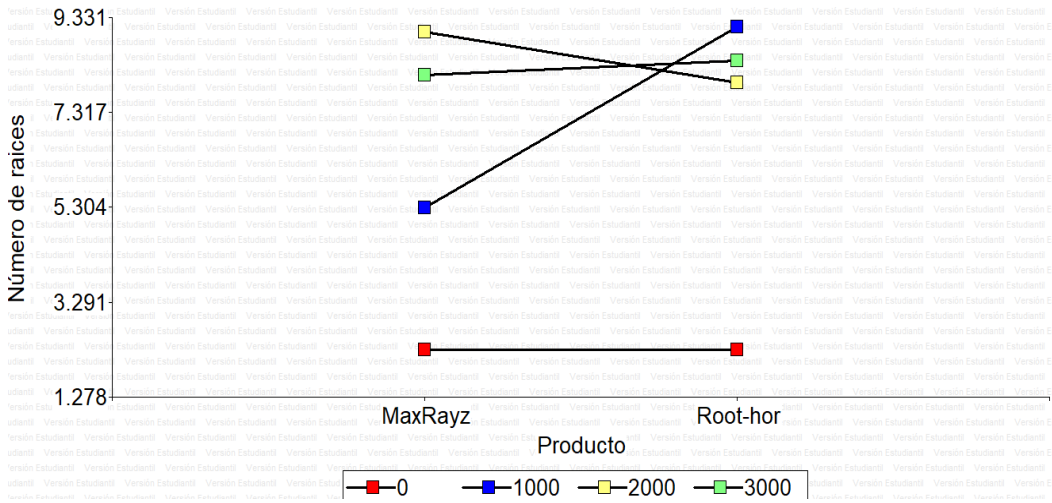
Prueba Tukey para interacción producto y concentración, en el número de raíces

Producto	Concentración	Medias	n	E.E.				
Root-hor	1 000	9,14	12	0,87	A			
MaxRayz	2 000	9,03	12	0,87	A	B		
Root-hor	3 000	8,42	12	0,87		B	C	
MaxRayz	3 000	8,11	12	0,87			C	
Root-hor	2 000	7,94	12	0,87			C	
MaxRayz	1 000	5,30	12	0,87				D
Root-hor	0	2,28	12	0,87				E
MaxRayz	0	2,28	12	0,87				E

Nota. Prueba Tukey Alfa= 0,05; DMS= 0,71222; error= 0,3100; gl= 64

Figura 9

Interacción factor producto y concentración



Longitud de raíz principal

La Tabla 13 presenta el análisis de varianza ($p < 0,05$) para la longitud de raíz principal expresada en cm, debido a la alta dispersión de los datos fue necesaria la transformación (\sqrt{X}), el coeficiente de variabilidad fue de 15,96 %, existieron diferencias significativas a nivel del factor concentración y el factor tiempo. La validación de los supuestos del análisis de varianza están en el Apéndice 2, los registros obtenidos para esta variable están en el Apéndice 5.

Tabla 13

Análisis de varianza para longitud de raíz principal (\sqrt{X}) en cm

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Producto	1,00E-01	1	1,00E-01	0,62	0,4338
Concentración	2,72E+01	3	9,05E+00	56,15	<0,0001
Tiempo	1,97E+00	3	6,60E-01	4,08	0,0103
Producto*Concentración	5,80E-01	3	1,90E-01	1,19	0,3198
Producto*Tiempo	2,40E-01	3	8,00E-02	0,5	0,6824
Concentración*Tiempo	1,42	9	1,60E-01	0,98	0,4643
Producto*Concentración*Tiempo	1,17	9	1,30E-01	0,8	0,6138
Error	10,32	64	1,60E-01		
Total	42,95	95			

Nota. Para la variable raíz (número de raíces), N= 96; R2= 0,76; R2Aj= 0,64 y CV= 15,96

La prueba de comparación múltiple Tukey para los factores concentración y tiempo están expuestos en las Tablas 14 y 15 respectivamente, la mayor longitud de raíces fue obtenida con la concentración de 2 000 ppm, así mismo, la mayor longitud fue a los 115 días de evaluación.

Tabla 14

Prueba Tukey para factor concentración en la longitud de raíz principal

Concentración	Medias	n	E.E.		
2 000	9,14	24	0,44	A	
3 000	7,77	24	0,44		B
1 000	7,49	24	0,44		B
0	2,70	24	0,44		C

Nota. Prueba Tukey Alfa= 0,05; DMS= 0,30459; error= 0,1600; gl= 64

Tabla 15

Prueba Tukey para factor tiempo en la longitud de raíz principal

Tiempo	Medias	n	E.E.		
115	7,77	24	0,44	A	
100	6,83	24	0,44		B
85	6,79	24	0,44		B
70	5,69	24	0,44		C

Nota. Prueba Tukey Alfa= 0,05; DMS= 0,30459; error= 0,1600; gl= 64

Masa radicular

Los resultados del análisis de varianza para la masa radicular están presentes en la Tabla 16, solo existen diferencias significativas en los factores concentración y tiempo. Debido a la variabilidad presente en los datos fue necesaria la transformación de los resultados, ello permitió obtener un coeficiente de variabilidad del 23,30 %, Las validaciones de los supuestos del análisis de varianza se encuentran en el Apéndice 3, los registros obtenidos para esta variable están en el Apéndice 6.

Tabla 16*Análisis de varianza para masa radicular (\sqrt{X}) en g*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Producto	5,00E-04	1	5,00E-04	0,05	0,8293
Concentración	1,78	3	0,59	56,04	<0,0001
Tiempo	0,12	3	0,04	3,9	0,0127
Producto* Concentración	0,01	3	3,50E-03	0,33	0,8011
Producto*Tiempo	0,01	3	3,40E-03	0,32	0,8118
Concentración *Tiempo	0,1	9	0,01	1,04	0,4226
Producto* Concentración *Tiempo	0,01	9	1,60E-03	0,15	0,9978
Error	0,68	64	0,01		
Total	2,72	95			

Nota. Para la variable raíz (masa radicular), N= 96; R2= 0,75; R2Aj= 0,63 y CV= 23,30

De acuerdo a los resultados obtenidos fue necesaria la realización de la prueba de comparación múltiple Tukey al 5 % de significancia para las variables concentración y tiempo, dichos resultados están en las Tablas 17 y 18 respectivamente, la concentración de 2 000 ppm sobresalió con un promedio de 0,32 g y el mayor promedio fue obtenido a los 100 días.

Tabla 17*Prueba Tukey para factor concentración en la masa radicular*

Concentración	Medias	n	E.E.				
2 000	0,32	24	0,02	A			
3 000	0,27	24	0,02		B		
1 000	0,25	24	0,02			C	
0	0,05	24	0,02				D

Nota. Prueba Tukey Alfa= 0,05; DMS= 0,01077; error= 0,0002; gl= 64

Tabla 18*Prueba Tukey para factor tiempo en la masa radicular*

Concentración	Medias	n	E.E.				
100	0,27	24	0,02	A			
85	0,25	24	0,02		B		
115	0,21	24	0,02			C	
70	0,17	24	0,02				D

Nota. Prueba Tukey Alfa= 0,05; DMS= 0,01077; error= 0,0002; gl= 64

Número de brotes

Debido a que se trata de una variable cuantitativa discreta, no fue posible cumplir con los requisitos para el análisis paramétrico de los datos, la Tabla 19 presenta el análisis de varianza no paramétrico (Prueba de Kruskal Wallis) para el número de brotes, la cual fue necesario analizar de manera aislada para detectar la existencia de diferencias entre factores de estudio, dicho análisis demuestra la existencia de diferencias significativas en los factores concentración y tiempo con un P-valor de 0,0001 y 0,0201 respectivamente. La comparación de pares demuestra que, la mayor mediana fue con la concentración de 2 000 ppm y el momento en que se generó el mayor número de brotes fue a los 70 días. Los registros obtenidos para esta variable están en el Apéndice 7.

Tabla 19

Análisis de varianza no paramétrico (Kruskal Wallis) para número de brotes

Variable	Producto	N	Medias	D,E,	Medianas	H	p
Numero de brotes	MaxRayz	48	1,14	0,55	1	1,59	0,1942
Numero de brotes	Root-hor	36	1,31	0,56	1,33		

Variable	concentración	N	Medias	D,E,	Medianas	H	p
Numero de brotes	0	12	0,53	0,3	0,33	20,77	0,0001
Numero de brotes	1 000	24	1,29	0,6	1		
Numero de brotes	2 000	24	1,42	0,5	1,5		
Numero de brotes	3 000	24	1,26	0,39	1,33		

Variable	Tiempo	N	Medias	D,E,	Medianas	H	p
Numero de brotes	70	21	1,51	0,61	1,67	9,27	0,0201
Numero de brotes	85	21	1,14	0,47	1		
Numero de brotes	100	21	1,21	0,47	1		
Numero de brotes	115	21	0,98	0,56	1		

Concentración	Medianas	
0	0,33	A
1 000	1	B
3 000	1,33	B
2 000	1,5	B

Concentración	Medianas		
115	0,83	A	
85	1	A	B
100	1	A	B
70	1,67		B

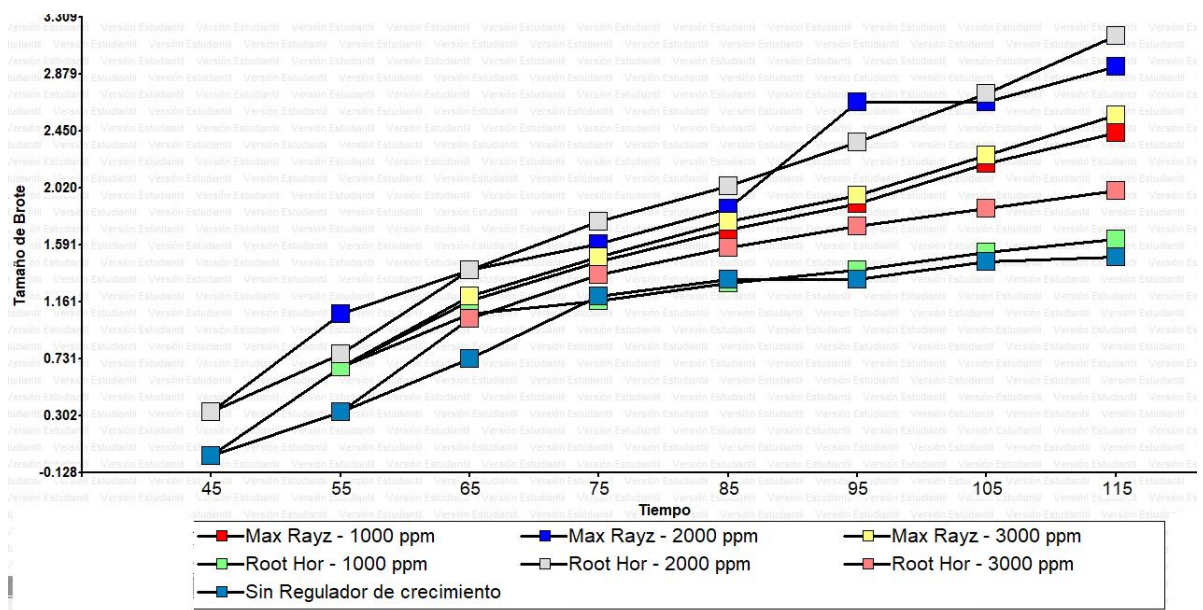
Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

3.2. Curva de crecimiento

La curva de crecimiento es una gráfica que incluye en el eje X el factor tiempo y en el eje Y el tamaño del brote, por tal motivo, las líneas de tendencia están conformadas por la interacción producto y concentración (2*3) además del testigo (sin regulador de crecimiento). De acuerdo al resultado presente en la Figura 10, durante los primeros 75 días de evaluación no existieron diferencias en el tamaño de brote, posteriormente, las diferencias entre los tratamientos se vuelven mayores, el tratamiento testigo se mantuvo casi constante a partir de los 75 días en adelante y acompañado del Root Hor a 1 000 ppm. Los tratamientos que tuvieron mayor crecimiento fueron el Root Hor a 2 000 ppm (3,17 cm) y Max Rayz a 2 000 ppm (2,93 cm).

Figura 10

Curva de crecimiento del tamaño del brote



3.3. Relación Beneficio/Costo

Los resultados del análisis de la relación beneficio-costo está en la Tabla 20, si bien es cierto el tiempo fue un factor en investigación, pero ello no significó influencia en los costos de producción, puesto que la evaluación económica está sustentada en los costos generados en un solo momento (inicio del experimento), por ello, solo fue evaluado la interacción del producto y concentración (2*3) además del testigo (sin regulador de crecimiento). Este

análisis recoge en primer lugar los costos unitarios y totales incurridos por cada tratamiento en la realización del experimento, posterior a ello se designó el precio de venta de cada bolsa almaciguera lo cual permitió obtener el beneficio obtenido por cada tratamiento. El mayor ratio fue generado por C (Max Rayz 2 000 ppm), el menor valor fue obtenido por A (Testigo), los registros obtenidos para esta variable están en el Apéndice 8.

Tabla 20

Análisis Costo/Beneficio por tratamiento

		Costos de producción								
Bienes y Servicios	Unidad	Cant	C.U (S/.)	A	B	C	D	E	F	G
Ramillas de cacao Var. CCN-51	Unidad	36	0,3	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
Root – Hor	ml		0,14	0	0	0	0	3,5	3,5	3,5
Max Rayz	ml		0,1	0	3,33	3,33	3,33	0	0	0
Arena	saco	0,42	5	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Tierra negra	saco	0,71	5	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55
Materia orgánica	saco	0,14	20	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Asistente de campo	Jornal	0,14	30	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Bolsas de polietileno	Cientos	0,36	1,5	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Total costo de producción				23,99	27,32	27,32	27,32	27,49	27,49	27,49
		Beneficio								
				A	B	C	D	E	F	G
Total de estacas por tratamiento				36	36	36	36	36	36	36
Estacas vivas por tratamiento				16	26	30	27	27	27	25
Estacas muertas por tratamiento				20	10	6	9	9	9	11
Precio de venta unitario S/.				2	2	2	2	2	2	2
Beneficio obtenido S/.				32	52	60	54	54	54	50
Relación beneficio/costo				1,33	1,90	2,20	1,98	1,96	1,96	1,82

Nota. A (Testigo), B (Max Rayz – 1 000 ppm), C (Max Rayz – 2 000 ppm), D (Max Rayz – 3 000 ppm), E (Root Hor – 1 000 ppm), F (Root Hor – 2 000 ppm), G (Root Hor – 3 000 ppm).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

4.1. Parámetros fisiológicos

Número de raíces

De acuerdo a los resultados, el factor de concentración y la interacción producto concentración provocaron diferencias estadísticamente significativas, la concentración de 2 000 ppm fue estadísticamente superior (8,49 raíces) y el Root – Hor a una concentración de 1 000 ppm generó 9,14 raíces. Al comparar estos resultados con la investigación de Holguín (2018) a los 45 días obtuvo un promedio de 2,06 raíces, mientras que en esta investigación se obtuvo 7 raíces a los 70 días. Por otro lado, la investigación realizada por Klug (2016) demostró obtener hasta 50 raíces, mientras que en esta investigación solo aparecieron 7 raíces a los 100 días, la explicación estaría en el hecho que el investigador utilizó productos hormonales puros a bajas concentraciones, Uribe *et al.* (2012 como se citó en Holguín, 2018) mencionó que las auxinas tienen efecto promotor de raíces a bajas concentraciones, sin embargo, altas concentraciones provocan efecto inhibitor sobre las raíces. Así mismo, Guizado (2015) obtuvo en promedio 5 raíces por planta con dosis de 4 000 ppm de AIB, el número de raíces fue menor que en esta investigación, lo cual puede ser debido a un uso excesivo de auxinas, que pudo haber provocado un efecto contraproducente, a pesar que, la evaluación lo realizó después de cinco meses.

Longitud de raíz principal

De acuerdo con los resultados, existieron diferencias estadísticas en el factor concentraciones y tiempo. La concentración 2 000 ppm permitió obtener un promedio de 9,14 cm, sin embargo, al evaluar la diferencia entre los tiempos de evaluación, el último día de evaluación (115 días) generó un promedio 7,7 cm de longitud, es posible concluir que las raíces crecieron un promedio 2 cm en 6 semanas. Al comparar estos resultados con la investigación realizada por Flores (2019), no encontró diferencias entre los enraizadores, sin

embargo, la longitud promedio fue de 60 cm, lo cual puede estar explicado en el hecho que utilizó productos hormonales puros, el autor deja en claro que el medio ambiente ejerce influencia en el éxito de la propagación vegetal de estacas de cacao, en dicha investigación la temperatura máxima fue de 36 °C, además de haber utilizado clones, los cuales fueron producidos a partir de plantas fenotípicamente eficientes.

Por otro lado, Campoverde (2017) obtuvo longitud promedio 13 cm, este autor utilizó la variedad CCN 51, pero utilizó la dosis máxima de 800 ppm de la hormona AIB y la última evaluación lo realizó a los 70 días, lo cual confirma la eficiencia de las hormonas puras a bajas concentraciones. Se debe agregar que, Klug (2016) obtuvo un promedio máximo de 8 cm, el autor mencionó que las hormonas que sobresalió fue el AIB a diferencia del ANA, sin embargo, la dosis máxima que utilizó fue de 600 ppm. Sin embargo, Huillca (2019) no encontró diferencias estadísticas en las concentraciones de 1 000 y 2 000 ppm de AIB que utilizó, obtuvo en promedio una longitud de 11,7 cm, lo cual estaría relacionado a que utilizó productos hormonales a base de hormonas vegetales, es decir, productos que no son 100 % puros, lo cual generó una longitud cercana a lo obtenido en la esta investigación.

Masa radicular

De acuerdo a los resultados, existieron diferencias estadísticamente significativas a nivel de concentración y tiempo de evaluación. El mayor peso promedio fue con la dosis de 2 000 ppm (0,32 g), de manera práctica es adecuado afirmar que no existen diferencias entre las demás concentraciones, pero los resultados obtenidos con las dosis auxínicas fueron superiores a los resultados obtenidos con el testigo. Así mismo, existieron diferencias estadísticas en el tiempo de evaluación, de manera práctica, las diferencias estuvieron entre la primera evaluación y la tercera evaluación cuyos valores fueron 0,17 y 0,27 g respectivamente. Sin embargo, los resultados de Campoverde (2017) a los 70 días de evaluación determinó que la dosis de 800 ppm de AIB generó un peso de 2,77 g (1 cc = 1 g), en cambio la dosis de 400 ppm de AIB generó 0,57 g. Similar situación sucedió con la investigación de Klug (2016) quien determinó que, el mayor peso radicular (4,33 g) fue obtenido con el producto AIB a una concentración de 600 ppm, estas dos investigaciones utilizaron dosis que no sobrepasaron las 1 000 ppm de auxinas. En cambio, los resultados expuestos por Guizado (2015) demostraron que la variedad CCN-51 con la dosis de

4 000 ppm de AIB alcanzó un promedio de 13 g de raíces; es preciso recalcar que esta investigación tuvo una duración total de cinco meses, además, el autor realizó el corte en forma de bisel de las estacas, argumentó que de esta forma existe mejor absorción de las auxinas.

Número de brotes

Según los resultados expuestos en la prueba de Kruskal Wallis, existieron diferencias estadísticamente significativas a nivel de concentraciones y en el tiempo de evaluación, la concentración de 2 000 ppm permitió obtener una mediana de 1,5 brotes, dicho valor es similar al obtenido con cualquiera de las dosis, pero al compararlo con el resultado del testigo (0,33 brotes) existió diferencia. A pesar de existir diferencias estadísticas en el factor tiempo de evaluación, al comparar el valor de la mediana es posible afirmar que no existen diferencias desde un punto de vista práctico.

Resultado similar fue lo obtenido en la investigación realizada por Flores (2019), determinó que solo existieron diferencias significativas a nivel del enraizador, el enraizador puro ANA obtuvo un máximo de dos brotes, es preciso recalcar que el ANA también es una auxina, el autor agrega que la respuesta fisiológica de la planta no solo se debe al tipo de auxina, sino también a la capacidad genética de especie, pues en esta investigación se utilizó al clon III – 13 y al clón IIa - 17. Por otro lado, Campoverde (2017) realizó el análisis de esta variable a los 65 días lo cual le permitió obtener 3,17 brotes con la dosis de 800 ppm de AIB y 2,70 brotes con la dosis de 400 ppm de AIB, lo cual permite afirmar que existe mayor eficiencia del enraizador con dosis auxínicas que no sobrepasen las 1 000 ppm. Por otro lado, Cajamarca *et al.* (2017) obtuvo un máximo de tres brotes con Eco hormonas mientras que, con cytokin obtuvo hasta 2 brotes, resulta preciso aclarar que dicho autor no menciona cual fue la dosis que utilizó, lo cual es fundamental para encontrar diferencias en los resultados, pero dichos resultados fueron obtenidos a los 45 días del experimento. Por último, Klug (2016) recalcó que no obtuvo brotes a pesar de haber pasado 100 días de evaluación, el autor manifiesta que esta respuesta se debió a que las estacas no lograron alcanzar el balance óptimo de auxinas/citoquininas, a pesar que en dicha investigación utilizó un contenido auxínico menor a 1 000 ppm.

4.2. Curva de crecimiento

Conforme a los resultados de esta investigación, la curva de crecimiento para el tamaño de brote demostró la existencia de diferencias en los tratamientos a partir de los 95 días en adelante, siendo el tratamiento testigo quien quedo en último lugar con aproximadamente 1,3 cm, conforme a ello es adecuado afirmar que, el uso de algún producto hormonal influye en el tamaño de brote. La curva de crecimiento se formó del análisis realizado en diferentes momentos, las investigaciones antecesoras en cacao no plantean el análisis de la curva de crecimiento para esta variable. Sin embargo, Alcarazo (2021) evaluó la curva de crecimiento de la longitud de brote en la pitahaya con el uso de los productos hormonales utilizados en esta investigación, dicho autor concluyó que dichos productos hormonales tuvieron un menor efecto posiblemente por utilizar concentraciones elevadas lo cual habrían ocasionado un efecto contrario al esperado.

4.3. Relación beneficio-costos

De acuerdo a los resultados, el uso del Max Rayz a 2 000 ppm de auxinas generó la mayor rentabilidad (2,20), sin embargo, el tratamiento testigo obtuvo el menor índice de rentabilidad (1,33). Preciso señalar que, las investigaciones antecesoras no han puesto énfasis en la relación beneficio-costos, a pesar de ello, Flores (2019) obtuvo la mayor rentabilidad (2,6) con la dosis de 3 000 ppm, consideró el producto hormonal puro, además de tener en cuenta las condiciones de mercado (costos de insumos) fueron diferentes por tratarse de una investigación realizada en Bolivia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, se presentan las siguientes conclusiones

1. El número de raíces solo obtuvo efecto significativo a nivel de concentración del producto, las dosis de 2 000 y 3 000 ppm alcanzaron un promedio de 8,49 y 8,26 raíces respectivamente. La longitud de raíz principal solo obtuvo diferencia significativa a nivel de concentración de producto y tiempo, la dosis de 2 000 ppm alcanzó una media de 9,14 cm y a los 115 días se obtuvo un promedio de 7,7 cm. La dosis de 2 000 ppm permitió obtener 0,32 g en promedio de masa radicular. El mayor número de brotes (1,5) fue obtenido con la dosis de 2 000 ppm.
2. La curva de crecimiento para el tamaño de brote demostró diferencias entre los tratamientos a partir de los 95 días en adelante, al finalizar el experimento la dosis que sobresalió fue de 2 000 ppm con un promedio de 3 cm.
3. La relación beneficio-costo demostró que el uso de productos hormonales permitió generar mayor rentabilidad, Max Rayz a 2 000 ppm generó una ratio de 2,20.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones en la propagación de cacao por estacas con diferentes sustratos en la etapa de vivero, para poder observar si existe o no diferencias en el desarrollo del sistema radicular y la emisión de brotes en la variedad CCN-51 y en otras variedades.
2. Tener cuidado al momento de recolectar el material vegetal en la desinfección de materiales, pues esto influye en gran medida los resultados en el enraizamiento de estacas de cacao.
3. Realizar más investigaciones sobre la influencia de reguladores de crecimiento, otras hormonas y diferentes dosis en la propagación vegetativa por estacas de cacao de la variedad CCN-51.
4. Para realizar nuevas investigaciones, instalar el vivero experimental en una zona cercana al área de cultivo de donde se recolectará el material vegetal, de ese modo se asegurará que este se encuentre en buen estado y no se afecte sus características en el traslado

REFERENCIAS

- Aldana, M. (2009). La multiplicación por estaca o enraizamiento de ramilla. Una excelente alternativa para la reproducción asexual o vegetativa del cultivo de cacao. MIDAS de USAID. [http://www.midas.org.co/sitio/DownloadFTP/febrero/ramilla2\(2\).pdf](http://www.midas.org.co/sitio/DownloadFTP/febrero/ramilla2(2).pdf)
- Alcántara, J.; Acero, J.; Alcántara, D. y Sánchez, R (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129 <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Alcarazo, D. (2021). *Influencia de dos productos hormonales con tres dosis auxínicas en el enraizamiento de cladodios de "Pitahaya" (Selenicereus megalanthus K. Schum. ex Vaupel) en Nueva Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae, Facultad de Ingeniería Agraria]. Repositorio Institucional UCSS <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1517>
- Azcón, J, y Talón, M. (2013). Fundamentos de Fisiología Vegetal (2da edición). Barcelona, España. Ediciones McGraw-Hill Interamericana <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/mod/resource/view.php?id=27387>
- Batista, L. (2009). Guía Técnica. El Cultivo de cacao. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc (CEDAF). Santo Domingo, República Dominicana. <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Cajamarca, E., Quevedo, J. y García, R. (2017). Eficiencia de hormonas en el enraizamiento de ramillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional x trinitario. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 6-15. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Campoverde, J. (2017). *Efecto de dos hormonas enraizantes sobre estacas de cacao (Theobroma cacao L.) de la variedad CCN-51 en la zona de Matilde Esther, en la provincia de Guayas*. [Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato] Repositorio Institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25047>
- Comercial Andina Industrial S.A.C. (2014). Ficha técnica. ROOT HOR. http://www.grupoandina.com.pe/media/uploads/ficha_tecnica/roothor-ficha_tecnica_pdf.pdf
- Corporación de Agroquímicos S.A.C. (2019). Ficha técnica. Max - Rayz.

- Dirección Regional de Agricultura San Martín [DRASAM] (2016). Diagnóstico de la cadena de valor del cultivo cacao. <http://siar.regionsanmartin.gob.pe/download/file/fid/54909&ved=2ahUKEwiVtdijmtLpAhUbG7kGHVoEDX0QFjAAegQIBBAB&usg=AOvVaw3Q-uZNBp7g9xUaLKIKGPRa>
- Fichet, T. (2018). Fitohormonas y Reguladoras del Crecimiento Vegetal. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento>
- Flores, L. (2019). *Evaluación de enraizador en estacas de cacao (Theobroma cacao L.) con tres diferentes cortes de hoja tolerantes a la monilia en la estación experimental Sapecho – Alto Beni*. [Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés] Repositorio institucional. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/20630>
- Gallegos, J. Z. (2016). *Enraizamiento de ramillas de cacao Theobroma cacao L. utilizando dos fitohormonas* [Tesis de grado. Universidad de Guayaquil] Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16226/1/Gallegos%20Murillo%20Joselyn%20Zuleicka.pdf>
- Gárate, M. (2010). *Técnicas De Propagación Por Estacas*. [Tesis de grado. Universidad Nacional De Ucayali]. http://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1679.pdf
- García, D. (2021). *Efecto de dos productos hormonales bajo tres dosis auxínicas en el enraizamiento de “café” Coffea arabica L. var. Caturra en etapa de vivero en Moyobamba*. [Tesis de grado. Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio institucional
- González, K. y Tene, I (2015). *Estudio de la comercialización de cacao y su influencia en el rendimiento sobre la inversión de los productores cacaoteros de la zona agrícola del cantón Naranjal 2012-2014. Milagro, Ecuador*. [Tesis de grado. Universidad Estatal de Milagro]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/2557>
- Guerrón, A. y Espinoza, E. (2014). *Evaluación de diferentes tipos de estacas al enraizamiento con la utilización de dos tipos de auxinas (ANA e IBA) con tres dosis para la producción de plantas de mora de castilla (Rubus glausus Benth) Tumbaco-Quito-Ecuador*. [Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte] <https://core.ac.uk/download/pdf/200328595.pdf>

- Guizado, C. (2015). *Enraizamiento de estaca basal de los clones de cacao (Theobroma cacao L.) ICS-95, CCN-51, ICS-1, CMP-15 Y PORCELANA; utilizando ácido indolbutírico (AIB) en el centro poblado de Valle Esmeralda, Río Ene*. [Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú] <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4019>
- Gutiérrez, M. (2003). *Propagación del burío (Heliocarpus appendiculatus Turcz.) por semillas, estacas y acodos*. [Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza] <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4552&ved=2ahUKEwiWktygk6rqAhVQIrkGHStZBcYQFjAGegQIAhAB&usg=AOvVaw0-9KNuN0rK4nVhNsAqzOpN>
- Hernández, R.; Fernández, C, y Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Holguín, A. (2018). *Enraizamiento de ramas de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 utilizando hormonas sintéticas ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB)*. [Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio institucional. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3461>
- Huillca, N. (2019). *Multiplicación vegetativa por ejes plagiotrópicos en dos cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) en el sector Tiobamba – La Convención – Cusco. Cusco, Perú*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4766/253T2019069_6_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Illanes, S. (2015). *Propagación vegetativa de plátulas de cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.) con diferentes concentraciones de hormona, en el cantón Las Naves, provincia de Bolívar, año 2015*. [Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo] Repositorio institucional. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1554>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2016). Estado actual de la producción y el comercio del cacao en América. <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2793/1/BVE17048806e.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: Buenas prácticas para América latina. <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6181/1/BVE17089191e.pdf>

- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (2010). Multiplicación Clonal de Cacao por el método de Enraizamiento (Ramilla). <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2058/1/iniaplsbt149.pdf>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2019). Manual de manejo agronómico del cultivo del cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) en la región Loreto https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2019/12/Manual_Manejo_CacaoNativo_compressed.pdf
- Klug, I. (2016). *Multiplicación clonal de cacao (Theobroma cacao L.) por el método de enraizamiento de estacas en la Aldea Salacuim, Cobán, A.V.* [Tesis de grado. Universidad de San Carlos de Guatemala.]. Biblioteca central USAC http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_1142.pdf
- Lama, P. (2006). *Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y el humus de lombriz en el enraizado de dos clones de cacao (Theobroma cacao L.) en Tingo María.* [Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria de la Selva] <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/67>
- Mamani, Y. (2020). *Sustratos y enraizadores líquidos para estacas de tres variedades de pera (Pyrus communis) bajo condiciones de fitotoldo en el centro agronómico K'ayra-Cusco.* [Tesis de grado. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Repositorio institucional] <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5239?locale-attribute=en>
- Medina, J. (2014). *Estimulación del enraizado en estacas de manzano con IBA acidificado y falta de oxigenación.* Universidad autónoma de Narro. https://www.researchgate.net/publication/267750462_ESTIMULACION_DEL_ENRAIZADO_EN_ESTACAS_DE_MANZANO_CON_IBA_ACIDIFICADO_Y_FALTA_DE_OXIGENACION
- Miguel, W., Romero, X. y Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas Agroecológicas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). El Salvador. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2015/12/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego (2003). Manual de manejo técnico del cacao. Recuperado de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/manual_cultivo_cacao_2003.pdf

- Ministerio de Agricultura y Riego (2018). Análisis de la cadena productiva del cacao con enfoque en los pequeños productores de limitado acceso al mercado. <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/66/5/analisis%20de%20la%20cadena%20productiva%20del%20cacao.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego (2019). Observatorio de Commodities: cacao. Boletín de publicación trimestral-junio. <http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/index.php/economia-desarrollo-y-sociologia-rural/e71-comercio-internacional/911-observatorio-de-commodities-cacao-abril-junio>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2019). San Martín: Reporte de comercio primer trimestre-2019. https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/reporte_regional/RCR_SanMartin_Isem_2019.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012). Cacao: operaciones postcosecha. http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf&ved=2ahUKEwilkeObmdLpAhUXLbkGHRgjCe4QFjAAegQIBRAB&usg=AOvVaw1DyjZ_7gej2EPLXNW8FeTZ
- Pinedo, S. (2022). *Propagación de estacas juveniles de Mansoa alliacea (Lam) A. H. Gentry (Ajo sachá), por efecto de concentraciones de ácido indolbutírico y tipos de sustratos en cámara de sub-irrigación, Atalaya-Ucayali-Perú*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5238>
- Poma, M. (2017). *Efecto de enraizante en la propagación asexual de esquejes de lirio (Lilium sp.) en condiciones de invernadero*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de Huancavelica] Repositorio institucional. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2588>
- Soto, P. (2004). *Reproducción vegetativa por estacas en Amomyrtus luma (luma), Amomyrtus meli (meli) y Luma apiculata (arrayán) mediante el uso de plantas madres jóvenes y adultas*. [Tesis de grado. Universidad Austral de Chile] Repositorio institucional. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/10600>
- Reyes, E. (2014). *Propagación vegetativa de cacao (Theobroma cacao L.) con dos tipos de estacas y cuatro dosis de ácido indolbutírico (AIB) en cámara de subirrigación en Tingo María*. [Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1179>

Soudre, M.; Mesen, F.; Del Castillo, D. y Guerra, H. (2008). Bases técnicas para la propagación vegetativa de árboles tropicales mediante enraizamiento de estaquillas. Memoria Del Curso Internacional, Pucalpa, Perú.

Taíz, L. y Zeiger, E. (2006a). Fisiología Vegetal. (Volumen 1). Los Ángeles, US. Universidad Jaume.
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi_iOeeuNr5AhXoBrkGHdXsAHsQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Ffisiologiavegetalundec.files.wordpress.com%2F2018%2F04%2Ffv-taiz-zeiger-vol-i.pdf&usg=AOvVaw0-h1-gXMcMRZnXPr2kwAs4

Taíz, L. y Zeiger, E. (2006b). Fisiología Vegetal. (Volumen 2). Los Ángeles, US. Universidad Jaume.
<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FisiologiaVegetalVolumenII%20espanhol.pdf>

Universidad Autónoma Metropolitana de México (2016). Manual de propagación de plantas superiores. México.
http://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf

Yurkanis, P. (2015). Fundamentos de química orgánica. Editorial Person. 3° Edición. ISBN: 9788483229798.

TERMINOLOGÍA

- **Activador enzimático.** Es aquella sustancia que actúa como activador de las enzimas para que estas actúen en los diferentes procesos que se da dentro de la planta (Taíz y Zeiger, 2006b).
- **Área foliar.** Es el área total que tiene una hoja de la planta (Azcón y Talón, 2013).
- **Clon.** Es un material genético que se obtiene de un individuo por medio de una propagación vegetativa; estos individuos serán genéticamente iguales, pero no necesariamente fenotípicamente (IICA, 2017).
- **Estaca:** Es aquella parte de tallo y/o rama que fue extraída con la finalidad de que genere raíces y brotes para que se convierta en una planta nueva (Azcón y Talón, 2013).
- **Mucílago.** Es una sustancia que se forma dentro de la mazorca de cacao, dicha sustancia es de consistencia espesa, de sabor dulce y astringente (IICA, 2017).
- **Parámetros fisiológicos.** El término se refiere a aquellos parámetros que ayudan a medir el crecimiento de la planta, ya sea sobre su enraizamiento, brotación, etc. (Azcón y Talón, 2013).
- **Pecíolo.** Parte vegetativa que une la hoja al tallo del cacao (FAO, 2012).
- **Ppm:** Son las siglas con la que se representa la unidad de medida de concentraciones en partes por millón, la cual hace referencia a la “x” partes de peso o volumen en un millón de partes de peso o volumen (Yurkanis, 2015)
- **Propagación vegetativa.** Es el tipo de propagación que se realiza utilizando partes vegetativas de la planta madre, sin cambio del material genético, obteniendo plantas hijas idénticas a la planta progenitora (MINAGRI, 2003).

- **Variedad.** es la denominación que se le da a una planta para diferenciarla de otra de su misma especie, pues esta presenta algunas características únicas en su especie ((IICA, 2017).
- **Vigor.** Es la característica de las plantas con buenas características morfológicas visibles, además de presentar una considerable productividad (INIAP, 2010).
- **Vivero.** Es la estructura física que se utiliza como protección, zona de almacenamiento de sustratos, bolsas llenas de sustrato, etc. al momento de producir plantones (INIAP, 2010)

APÉNDICES

Apéndice 1

Validación de supuestos del análisis de varianza para la variable número de raíces

a) Normalidad: Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Raíz (Número de raíces)	96	0,00	0,46	0,97	0,1468

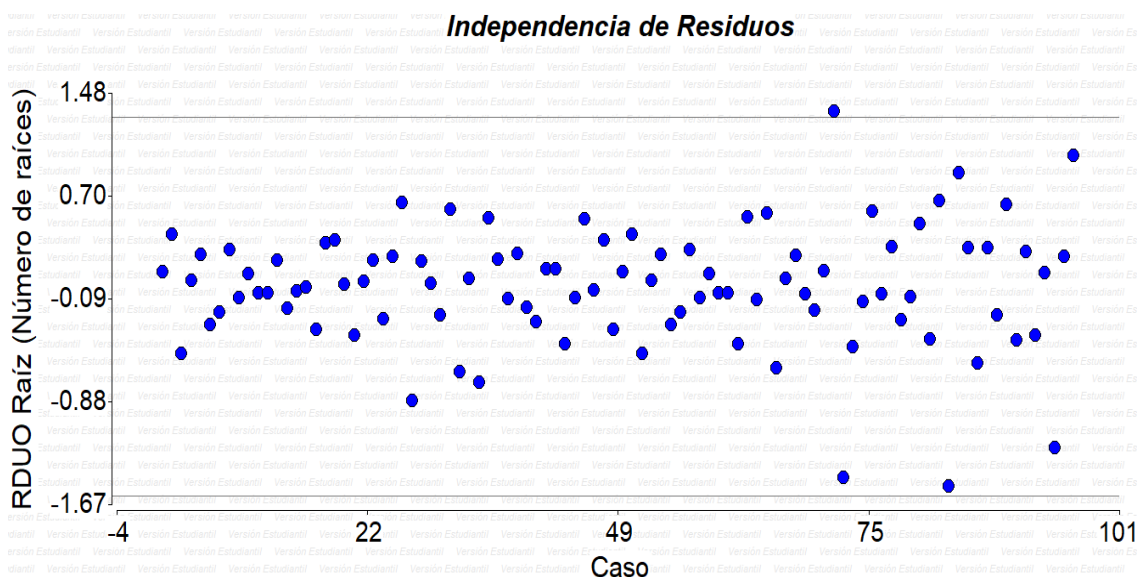
b) Homogeneidad de Varianza: Prueba de Levenne

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,09	31	0,16	2,59	0,0007
Producto	0,52	1	0,52	8,18	0,0057
Concentración	0,76	3	0,25	4,01	0,0112
Tiempo	0,8	3	0,27	4,19	0,009
Producto*Concentración	0,33	3	0,11	1,73	0,1704
Producto*Tiempo	1,02	3	0,34	5,34	0,0024
Concentración*Tiempo	1,21	9	0,13	2,11	0,0411
Producto*Concentración*Tiempo	0,46	9	0,05	0,8	0,6178
Error	4,06	64	0,06		
Total	9,15	95			

Nota. Para la variable raíz (número de raíces), N= 96; R2= 0,56; R2Aj= 0,34 y CV= 75,53

c) Independencia de los errores: Gráfica de dispersión



Apéndice 2

Validación de supuestos del análisis de varianza para la variable longitud de raíz principal

a) Normalidad: Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Raíz (Longitud de Raíz)	96	0,00	0,33	0,97	0,1133

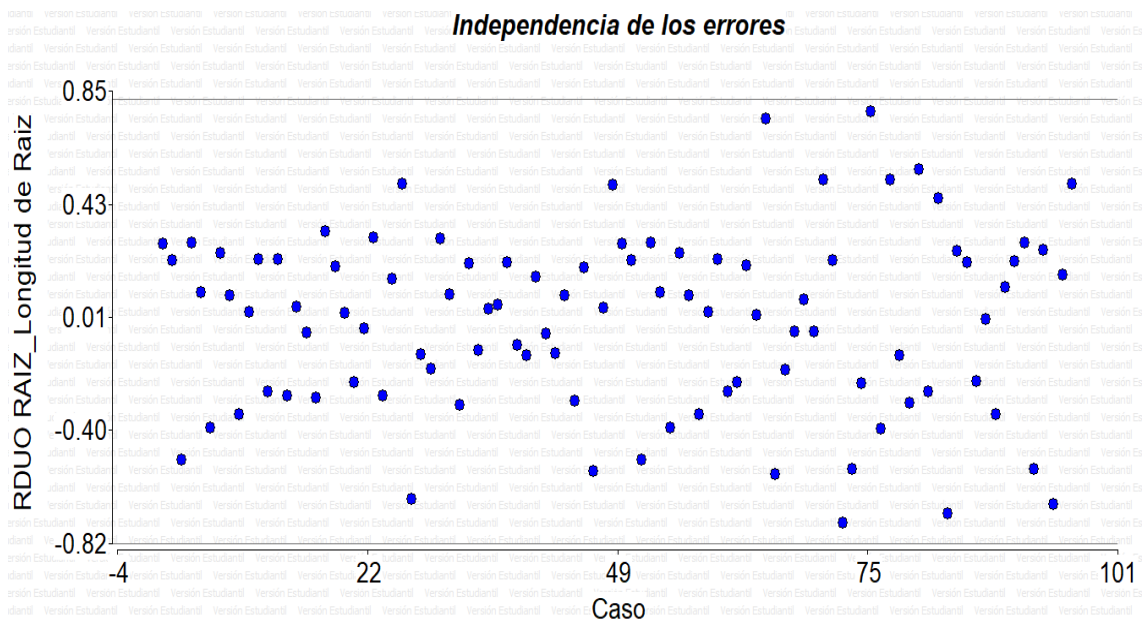
b) Homogeneidad de Varianza: Prueba de Levene

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,61	31	5,00E-02	1,88	0,0167
Producto	2,40E-01	1	2,40E-01	8,8	0,0042
Concentración	1,20E-01	3	4,00E-02	1,39	0,2535
Tiempo	8,00E-02	3	3,00E-02	0,91	0,4411
Producto*Concentración	1,20E-01	3	4,00E-02	1,44	0,2407
Producto*Tiempo	1,20E-01	3	4,00E-02	1,43	0,2431
Concentración*Tiempo	0,76	9	8,00E-02	3,04	0,0043
Producto*Concentración*Tiempo	0,18	9	2,00E-02	0,74	0,672
Error	1,76	64	3,00E-02		
Total	3,37	95			

Nota. Para la variable raíz (longitud de raíz), $N=9,60E+01$; $R^2=0,48$; $R^2_{Aj}=2,20E-01$ y $CV=61,72$

c) Independencia de los errores: Gráfica de dispersión



Apéndice 3

Validación de supuestos del análisis de varianza para la variable de masa radicular.

a) Normalidad: Prueba Shapiro-Wilks

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Raíz (Masa radicular)	96	0,00	0,08	0,99	0,8968

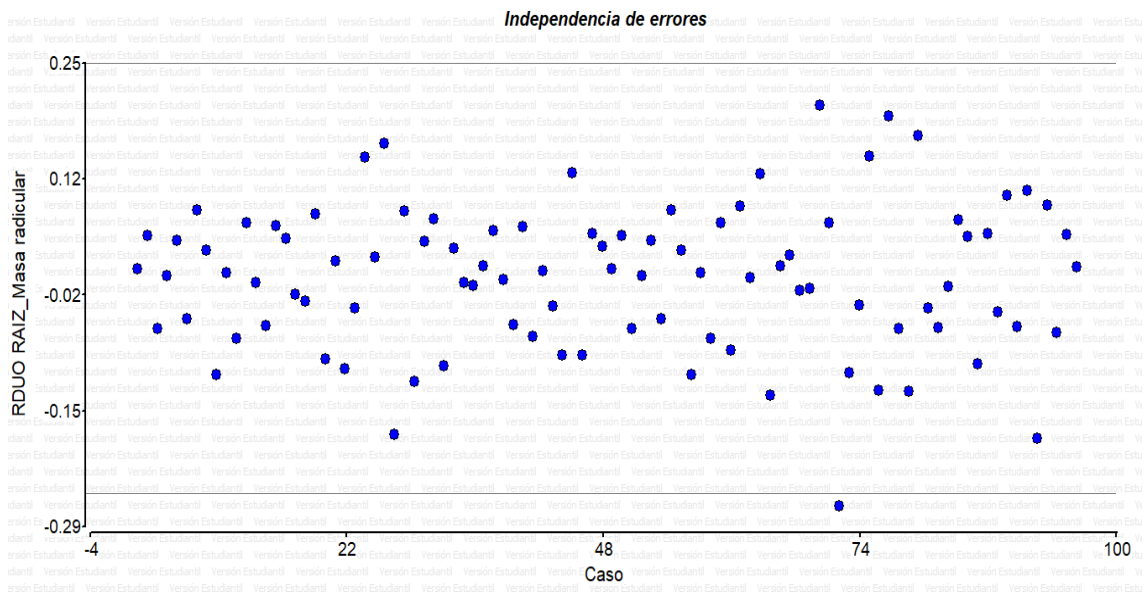
b) Homogeneidad de Varianza: Prueba de Levenne

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	31	4,00E-03	2,01	0,0093
Producto	0,01	1	0,01	3,8	0,0556
Concentración	0,01	3	4,80E-03	2,39	0,0772
Tiempo	3,50E-03	3	1,20E-03	0,59	0,6253
Producto*Concentración	2,80E-03	3	9,40E-04	0,47	0,7039
Producto*Tiempo	2,80E-03	3	9,30E-04	0,47	0,707
Concentración*Tiempo	0,07	9	0,01	4,1	0,0003
Producto*Concentración*Tiempo	0,02	9	2,20E-03	1,1	0,3753
Error	0,13	64	2,00E-03		
Total	0,25	95			

Nota. Para la variable raíz (masa radicular), N= 96; R2= 0,49; R2Aj= 0,25 y CV= 7,17

c) Independencia de los errores: Gráfica de dispersión



Apéndice 4

Registro de datos de las evaluaciones de la variable número de raíces

Tratamientos		Número de raíces (n)											
		Datos recopilados											
		70 días			85 días			100 días			115 días		
Testigo	R1	6	2	0	1	0	7	3	0	4	4	0	0
	Prom	2,667			2,667			2,333			1,333		
	R2	4	0	7	0	4	6	6	6	0	0	0	3
	Prom	3,667			3,333			4,000			1,000		
	R3	3	0	0	0	5	0	0	8	0	3	0	0
	Prom	1,000			1,667			2,667			1,000		
Max - Rayz 1 000 ppm auxinas	R1	8	7	10	8	0	7	6	7	8	5	6	0
	Prom	8,333			5,000			7,000			3,667W		
	R2	8	0	11	6	5	0	0	7	9	7	0	6
	Prom	6,333			3,667			5,333			4,333		
	R3	12	0	9	7	4	9	0	6	5	0	8	0
	Prom	7,000			6,667			3,667			2,667		
Max - Rayz 2 000 ppm auxinas	R1	9	14	12	8	9	10	16	8	17	7	5	0
	Prom	11,667			9,000			13,667			4,000		
	R2	13	16	15	0	15	9	9	0	9	18	0	14
	Prom	14,667			8,000			6,000			10,667		
	R3	11	5	0	8	5	7	10	12	8	15	11	0
	Prom	5,333			6,667			10,000			8,667		
Max - Rayz 3 000 ppm auxinas	R1	5	17	0	0	8	7	10	11	0	0	12	13
	Prom	7,333			5,000			7,000			8,333		
	R2	12	3	13	11	0	10	0	14	13	6	10	16
	Prom	9,333			7,000			9,000			10,667		
	R3	8	2	11	8	0	13		12	14	0	7	13
	Prom	7,000			7,000			13,000			6,667		
Root - Hor 1 000 ppm auxinas	R1	14	0	9	12	11	9	0	12	15	10	12	9
	Prom	7,667			10,667			9,000			10,333		
	R2	11	17	14	13	0	0	8	0	14	23	19	17
	Prom	14,000			4,333			7,333			19,667		
	R3	9	7	13	15	0	8	9	11	0	0	0	8
	Prom	9,667			7,667			6,667			2,667		
Root - Hor 2 000 ppm auxinas	R1	10	12	0	11	0	9	9	0	13	15	0	12
	Prom	7,333			6,667			7,333			9,000		
	R2	17	7	4	7	6	13	6	11	15	0	0	2
	Prom	9,333			8,667			10,667			0,667		
	R3	13	21	8	0	8	9	8	0	9	17	14	0
	Prom	14,000			5,667			5,667			10,333		
Root - Hor 3 000 ppm auxinas	R1	6	10	3	6	0	16	8	13	9	12	0	0
	Prom	6,333			7,333			10,000			4,000		
	R2	3	0	5	9	17	12	9	0	10	0	15	21
	Prom	2,667			12,667			6,333			12,000		
	R3	12	7	0	11	0	8	7	12	8	23	0	31
	Prom	6,333			6,333			9,000			18,000		

Apéndice 5

Registro de datos de las evaluaciones de la variable tamaño de raíz principal

Tratamientos		Número de raíces (n)											
		Datos recopilados											
		70 días			85 días			100 días			115 días		
Testigo	R1	6,3	2,1	0,0	4,7	0,0	6,5	7,3	0,0	4,8	8,6	0,0	0,0
	Prom	2,800			3,733			4,033			2,867		
	R2	2,4	0,0	5,4	0,0	5,3	3,9	5,4	4,9	0,0	0,0	0,0	10,7
	Prom	2,600			3,067			3,433			3,567		
	R3	2,3	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	6,0	0,0	5,9	0,0	0,0
	Prom	0,767			1,567			2,000			1,967		
Max - Rayz 1 000 ppm auxinas	R1	7,3	8,4	6,7	9,5	0,0	12,0	8,7	7,8	6,7	10,7	13,0	0,0
	Prom	7,467			7,167			7,733			7,900		
	R2	5,9	0,0	9,0	7,8	10,0	0,0	0,0	10,8	9,6	12,3	0,0	17,4
	Prom	4,967			5,933			6,800			9,900		
	R3	11,2	0,0	8,4	8,9	6,7	12,3	0,0	7,7	8,9	0,0	19,7	0,0
	Prom	6,533			9,300			5,533			6,567		
Max - Rayz 2 000 ppm auxinas	R1	7,9	5,3	9,1	8,6	7,2	13,1	12,0	10,0	9,0	14,3	12,8	0,0
	Prom	7,433			9,633			10,333			9,033		
	R2	4,9	8,3	15,2	0,0	15,0	12,9	13,7	0,0	9,9	16,7	0,0	13,2
	Prom	9,467			9,300			7,867			9,967		
	R3	6,9	4,1	0,0	9,6	14,6	13,2	11,6	10,6	11,0	12,9	17,3	0,0
	Prom	3,667			12,467			11,067			10,067		
Max - Rayz 3 000 ppm auxinas	R1	9,5	14,1	0,0	0,0	13,0	13,7	12,0	11,8	0,0	0,0	13,1	12,9
	Prom	7,867			8,900			7,933			8,667		
	R2	6,7	3,4	8,7	11,0	0,0	12,1	0,0	8,0	9,7	17,9	10,0	9,8
	Prom	6,267			7,700			5,900			12,567		
	R3	4,8	5,9	7,5	9,1	0,0	12,8	5,6	7,0	13,0	0,0	22,0	26,0
	Prom	6,067			7,300			8,533			16,000		
Root - Hor 1 000 ppm auxinas	R1	9,8	0,0	9,0	10,1	13,0	9,8	0,0	8,9	9,8	15,6	12,0	13,8
	Prom	6,267			10,967			6,233			13,800		
	R2	9,3	10,7	5,8	12,0	0,0	0,0	12,0	0,0	8,5	8,5	14,3	12,3
	Prom	8,600			4,000			6,833			11,700		
	R3	7,4	6,9	8,4	9,3	0,0	7,8	9,3	9,4	0,0	0,0	0,0	18,0
	Prom	7,567			5,700			6,233			6,000		
Root - Hor 2 000 ppm auxinas)	R1	12,0	6,4	0,0	11,0	0,0	9,1	11,5	0,0	12,0	20,6	0,0	11,0
	Prom	6,133			6,700			7,833			10,533		
	R2	11,6	7,9	3,9	13,4	14,5	9,0	14,0	13,9	12,3	0,0	0,0	13,0
	Prom	7,800			12,300			13,400			4,333		
	R3	13,1	20,0	10,1	0,0	14,0	10,5	10,0	0,0	14,2	13,0	14,9	0,0
	Prom	14,400			8,167			8,067			9,300		
Root - Hor 3 000 ppm auxinas	R1	5,9	7,4	3,2	7,9	0,0	7,6	13,0	8,9	7,6	12,9	0,0	0,0
	Prom	5,500			5,167			9,833			4,300		
	R2	4,6	0,0	6,3	8,5	5,6	8,5	10,0	0,0	5,9	0,0	14,6	11,0
	Prom	3,633			7,533			5,300			8,533		
	R3	7,8	5,9	0,0	9,0		7,1	9,5	12,0	7,5	9,8	0,0	22,0
	Prom	4,567			8,050			9,667			10,600		

Apéndice 6

Registro de datos de las evaluaciones de la variable masa radicular

Tratamientos		Masa radicular (g)											
		Datos recopilados											
		70 días			85 días			100 días			115 días		
Testigo	R1	0,10	0,02	0,00	0,07	0,00	0,08	0,17	0,00	0,11	0,13	0,00	0,00
	Prom	0,040			0,050			0,093			0,043		
	R2	0,04	0,00	0,13	0,00	0,07	0,14	0,08	0,12	0,00	0,00	0,00	0,05
	Prom	0,057			0,070			0,067			0,017		
	R3	0,05	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,04	0,00	0,21	0,00	0,00
	Prom	0,017			0,030			0,013			0,070		
Max - Rayz 1 000 ppm auxinas	R1	0,17	0,15	0,21	0,34	0,00	0,45	0,34	0,45	0,19	0,31	0,20	0,00
	Prom	0,177			0,263			0,327			0,170		
	R2	0,14	0,00	0,27	0,23	0,37	0,00	0,00	0,23	0,26	0,43	0,00	0,27
	Prom	0,137			0,200			0,163			0,233		
	R3	0,48	0,00	0,23	0,17	0,18	0,23	0,00	0,46	0,34	0,00	13,00	0,00
	Prom	0,237			0,193			0,267			4,333		
Max - Rayz 2 000 ppm auxinas	R1	0,23	0,14	0,31	0,55	0,45	0,63	0,52	0,56	0,34	0,39	0,37	0,00
	Prom	0,227			0,543			0,473			0,253		
	R2	0,18	0,23	0,70	0,00	0,56	0,31	0,51	0,00	0,29	0,48	0,00	0,27
	Prom	0,370			0,290			0,267			0,250		
	R3	0,19	0,03	0,00	0,45	0,58	0,45	0,61	0,47	0,20	0,56	0,26	0,00
	Prom	0,073			0,493			0,427			0,273		
Max - Rayz 3 000 ppm auxinas	R1	0,14	0,59	0,00	0,00	0,65	0,48	0,67	0,34	0,00	0,00	0,20	0,34
	Prom	0,243			0,377			0,337			0,180		
	R2	0,25	0,06	0,26	0,25	0,00	0,46	0,00	0,37	0,45	0,19	0,32	0,45
	Prom	0,190			0,237			0,273			0,320		
	R3	0,13	0,07	0,24	0,48	0,00	0,47	0,53	0,56	0,53	0,00	0,34	0,57
	Prom	0,147			0,317			0,540			0,303		
Root - Hor 1 000 ppm auxinas	R1	0,36	0,00	0,21	0,45	0,27	0,34	0,00	0,49	0,38	0,38	0,59	0,52
	Prom	0,190			0,353			0,290			0,497		
	R2	0,37	0,43	0,29	0,34	0,00	0,00	0,27	0,00	0,47	0,21	0,12	0,64
	Prom	0,363			0,113			0,247			0,323		
	R3	0,33	0,22	0,26	0,23	0,00	0,48	0,19	0,56	0,00	0,00	0,00	0,17
	Prom	0,270			0,237			0,250			0,057		
Root - Hor 2 000 ppm uxinas)	R1	0,30	0,21	0,00	0,37	0,00	0,31	0,26	0,00	0,35	0,19	0,00	0,37
	Prom	0,170			0,227			0,203			0,187		
	R2	0,43	0,22	0,07	0,68	0,87	0,35	0,45	0,67	0,56	0,00	0,00	0,69
	Prom	0,240			0,633			0,560			0,230		
	R3	0,34	0,85	0,13	0,00	0,45	0,45	0,34	0,00	0,56	0,37	0,56	0,00
	Prom	0,440			0,300			0,300			0,310		
Root - Hor 3 000 ppm auxinas	R1	0,23	0,27	0,09	0,35	0,00	0,36	0,54	0,37	0,55	0,49	0,00	0,00
	Prom	0,197			0,237			0,487			0,163		
	R2	0,05	0,00	0,21	0,56	0,21	0,39	0,27	0,00	0,23	0,00	0,21	0,59
	Prom	0,087			0,387			0,167			0,267		
	R3	0,36	0,24	0,00	0,32	0,00	0,34	0,38	0,56	0,45	0,27	0,00	0,42
	Prom	0,200			0,220			0,463			0,230		

Apéndice 7

Registro de datos de las evaluaciones de la variable número de brotes

Tratamientos		Número de brotes (n)											
		Datos recopilados											
		70 días			85 días			100 días			115 días		
Testigo	R1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
	Prom	0,333			0,333			0,667			0,333		
	R2	1	0	2	0	2	1	2	1	0	0	0	1
	Prom	1,000			1,000			1,000			0,333		
	R3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	Prom	0,333			0,333			0,333			0,333		
Max – Rayz 1 000 ppm auxinas	R1	2	2	2	2	0	1	2	3	1	1	1	0
	Prom	2,000			1,000			2,000			0,667		
	R2	2	0	3	1	2	0	0	2	1	2	0	1
	Prom	1,667			1,000			1,000			1,000		
	R3	3	0	2	1	1	1	0	2	1	0	2	0
	Prom	1,667			1,000			1,000			0,667		
Max - Rayz 2 000 ppm auxinas	R1	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	1	0
	Prom	2,333			1,667			2,000			1,000		
	R2	1	2	3	0	1	3	1	0	2	3	0	2
	Prom	2,000			1,333			1,000			1,667		
	R3	2	1	0	2	2	1	2	1	2	1	1	0
	Prom	1,000			1,667			1,667			0,667		
Max – Rayz 3 000 ppm auxinas	R1	2	2	0	0	2	1	1	2	0	0	2	3
	Prom	1,333			1,000			1,000			1,667		
	R2	2	0	3	3	0	2	0	1	2	1	1	1
	Prom	1,667			1,667			1,000			1,000		
	R3	2	1	2	2	0	1	2	2	1	0	2	1
	Prom	1,667			1,000			1,667			1,000		
Root - Hor 1 000 ppm auxinas	R1	3	0	2	2	1	2	0	1	2	1	2	2
	Prom	1,667			1,667			1,000			1,667		
	R2	3	3	2	1	0	0	2	0	1	3	2	2
	Prom	2,667			0,333			1,000			2,333		
	R3	2	1	2	2	0	1	1	2	0	0	0	1
	Prom	1,667			1,000			1,000			0,333		
Root - Hor 2 000 ppm uxinas)	R1	2	1	0	1	0	2	2	0	2	2	0	1
	Prom	1,000			1,000			1,333			1,000		
	R2	2	3	1	2	2	2	1	2	2	0	0	2
	Prom	2,000			2,000			1,667			0,667		
	R3	3	2	1	0	2	1	1	0	1	2	3	0
	Prom	2,000			1,000			0,667			1,667		
Root - Hor 3 000 ppm auxinas	R1	2	2	0	2	0	1	2	1	3	1	0	0
	Prom	1,333			1,000			2,000			0,333		
	R2	0	0	2	2	1	2	2	0	1	0	2	1
	Prom	0,667			1,667			1,000			1,000		
	R3	3	2	0	2	0	2	1	2	1	2	0	2
	Prom	1,667			1,333			1,333			1,333		

Apéndice 8

Registro de datos de las observaciones para la variable curva de crecimiento

		Curva de crecimiento (cm)							
		Datos recopilados							
		Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día
		45	55	65	75	85	95	105	115
T0 (Sin regulador de crecimiento)	R1	0,0	0,0	1,0	1,3	1,5	1,5	1,6	1,6
	R2	0,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7
	R3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
	Prom	0,000	0,333	0,733	1,200	1,333	1,333	1,467	1,500
T1 (Max - Rayz 1 000 ppm auxinas)	R1	0,0	1,0	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0
	R2	0,0	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,4	2,6
	R3	0,0	0,0	1,0	1,4	1,8	2,0	2,4	2,7
	Prom	0,000	0,667	1,167	1,467	1,700	1,900	2,200	2,433
T2 (Max - Rayz 2 000 ppm auxinas)	R1	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9
	R2	0,0	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,2
	R3	0,0	1,0	1,6	1,9	2,3	3,2	4,1	4,7
	Prom	0,333	1,067	1,400	1,600	1,867	2,267	2,667	2,933
T3 (Max - Rayz 3 000 ppm auxinas)	R1	0,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
	R2	0,0	0,0	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7
	R3	0,0	1,0	1,4	1,7	2,0	2,1	2,4	2,8
	Prom	0,000	0,667	1,200	1,500	1,767	1,967	2,267	2,567
T4 (Root - Hor 1 000 ppm auxinas)	R1	0,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	R2	0,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	R3	0,0	0,0	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8
	Prom	0,000	0,667	1,067	1,167	1,300	1,400	1,533	1,633
T5 (Root - Hor 2 000 ppm auxinas)	R1	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8
	R2	0,0	1,0	1,7	2,4	3,0	3,6	4,5	5,4
	R3	0,0	0,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3
	Prom	0,333	0,767	1,400	1,767	2,033	2,367	2,733	3,167
T6 (Root - Hor 3 000 ppm auxinas)	R1	0,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
	R2	0,0	0,0	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0
	R3	0,0	0,0	1,0	1,5	1,8	2,0	2,2	2,3
	Prom	0,000	0,333	1,033	1,367	1,567	1,733	1,867	2,000

Apéndice 9

Registro de datos de la relación beneficio/costo

Costos de producción										
Bienes y servicios	Unid	Cant.	Cos. Unit. S/.	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Ramillas de cacao Var, CCN-51	Unid	36	0,30	10,80	10,8	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80
Root – Hor	MI		0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	3,50	3,50
Max – Rayz	MI		0,10	0,00	3,33	3,33	3,33	0,00	0,00	0,00
Arena	Saco	0,42	5,00	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Tierra negra	Saco	0,71	5,00	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55
Materia orgánica	Saco	0,14	20,00	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Asistente de campo	Jornal	0,14	30,00	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
Bolsas de polietileno	Ciento	0,36	1,50	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Total costo de producción				23,99	27,32	27,32	27,32	27,49	27,49	27,49
Beneficio										
				T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Total de estacas por tratamiento				36	36	36	36	36	36	36
Estacas vivas por tratamiento				16	26	30	27	27	27	25
Estacas muertas por tratamiento				20	10	6	9	9	9	11
Precio de venta unitario s/.				2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Beneficio obtenido s/.				32,00	52,00	60,00	54,00	54,00	54,00	50,00
Relación beneficio/costo				1,33	1,90	2,20	1,98	1,96	1,96	1,82

Nota. A (Testigo), B (Max Rayz – 1 000 ppm), C (Max Rayz – 2 000 ppm), D (Max Rayz – 3 000 ppm), E (Root Hor – 1 000 ppm), F (Root Hor – 2 000 ppm), G (Root Hor – 3 000 ppm).

Apéndice 10

Registro fotográfico de la ejecución de la investigación



Nota. Raíces emitidas por las estacas.



Nota. Tamaño de la raíz principal.



Nota. Masa radicular.



Nota. Número de brotes.