



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Efecto de fitohormonas en la reproducción vegetativa del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante la técnica de acodo aéreo en la Finca La Hermandad-San Ramon, Matagalpa, 2024

Chamorro M, Mairena Y, Montenegro F.

Tutor

PhD. Francisco Javier Chavarría Arauz.

ÁREA DE CONOCIMIENTO

Departamento de ciencia tecnología y salud

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Área de Conocimiento

Departamento de ciencia tecnología y salud

Recinto Universitario “Rubén Darío”

Nombre de tesis

Efecto de fitohormonas en la reproducción vegetativa del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante la técnica de acodo aéreo en la Finca La Hermandad-San Ramon, Matagalpa, 2024

Tesis para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Autor/es

Br. Melzar Antonio Chamorro Valle

Br. Yulio Javier Mairena Torrez

Br. Fátima Vanessa Montenegro Cruz

Diciembre, 2024





¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!





DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con todo mi amor y gratitud a mi madre, María Elsa Hernández Valle, por ser mi mayor inspiración y el pilar fundamental en mi vida. Sus sacrificios, enseñanzas y apoyo incondicional me han dado la fortaleza para seguir adelante y alcanzar esta meta. Todo lo que soy y todo lo que he logrado es gracias a ella.

Br. Melzar Antonio Chamorro Valle.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía constante y darme la fuerza para superar cada desafío. Su luz ha iluminado mi camino y me ha permitido llegar hasta aquí.

A mi mamá, con todo mi amor y gratitud, por ser mi pilar, mi motivación y mi ejemplo de esfuerzo y dedicación. Este logro es un reflejo de todo lo que me has enseñado y del apoyo incondicional que siempre me has brindado.

A ellos, que han sido mi mayor inspiración, les ofrezco este esfuerzo con todo mi corazón.

Br. Yulio Javier Mairena Tórriz.

DEDICATORIA

A mi querida madre, Elena Aurora Cruz Pineda dedico estas páginas con todo mi amor y gratitud. por ser la fuerza que me ha acompañado en cada paso de mi vida, el faro que ha iluminado mis días oscuros y la inspiración que ha guiado mis sueños. Gracias por tu amor incondicional, por tu sabiduría, por tus sacrificios y, sobre todo, por enseñarme con tu ejemplo que la perseverancia, la bondad y el coraje son las claves para alcanzar cualquier meta. Esta monografía es el reflejo de su apoyo, su fe en mí y el amor que siempre me ha brindado. Le agradezco más de lo que las palabras pueden expresar.

Br. Fátima Vanessa Montenegro Cruz.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por habernos dado la fortaleza, la sabiduría y la paciencia para concluir este trabajo. Su guía y su presencia han sido nuestro faro en los momentos de mayor dificultad, recordándonos que con fe todo es posible.

A nuestras madres, nuestro mayor apoyo, gracias por su amor incondicional, sus palabras de ánimo y tu confianza en mí. Han sido mi ejemplo de perseverancia y dedicación, y este logro también es suyo. Sin su respaldo y sacrificio, este proyecto no habría sido posible.

A nuestros maestros por darnos las bases del conocimiento y mostrarnos el camino para desarrollarnos en este ámbito tan bonito que es la Agronomía, son ellos los que merecen el mérito de formar profesionales capaces para liderar los nuevos retos y lograr nuestras metas.

Finalmente agradecemos al tutor Francisco Javier Chavarría por su excelente desempeño como docente a lo largo de nuestra formación como profesionales, ha sido nuestro referente de superación y perseverancia por su compromiso y dedicación para transmitir eficientemente los conocimientos esenciales.

Así como aquellos amigos y conocidos que nos motivaron y fueron parte para poder culminar nuestra formación profesional.

AVAL DEL TUTOR

A través de este medio, el suscrito Francisco Javier Chavarría Aráuz, avalo la entrega y defensa de la tesis titulada “Efecto de fitohormonas en la reproducción vegetativa del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante la técnica de acodo aéreo en la Finca La Hermandad-San Ramon, Matagalpa, 2024”. Realizado por los bachilleres: Melzar Antonio Chamorro Valle, carnet # 18604142; Yulio Javier Mairena Torrez, carnet # 19603053 y Fátima Vanessa Montenegro Cruz, carnet #.20608168.

Considero que el informe realizado por los bachilleres Chamorro Valle, Mairena Torrez y Montenegro Cruz, cumple con las normas establecidas por nuestra universidad para este tipo de modalidad de graduación. La misma tesis es un aporte muy valioso en la búsqueda de opciones de producción más sostenible.

Felicito a los jóvenes por su excelente trabajo. Les deseo éxitos en sus acciones que emprendan.

Matagalpa, 11 de diciembre del año dos mil veinticuatro.

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor de tesis

Resumen

La investigación dio inicio el día 05 de septiembre partiendo del día que se preparó el sustrato y finalizó el día 26 de noviembre cuando se concluyó con el análisis y discusión de todos los datos. El objetivo de la investigación fue obtener clones de cacao mediante la técnica de acodo aéreo haciendo uso de fitohormonas (Auxinas, Giberelinas y Citoquininas). Se llevó a cabo en la finca agroecológica “La Hermandad”, propiedad de los hermanos Mairena, ubicada en el municipio de San Ramón, comunidad Yasica sur-Matagalpa. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (BCA), donde se evaluaron 4 tratamientos con 9 repeticiones. Para determinar la diferencia entre las medias de los tratamientos; se utilizó la prueba de ANDEVA y prueba de rangos múltiples Tukey al (≤ 0.05), utilizando el software estadístico InfoStat. Fueron evaluadas variables en el sustrato, variable de desarrollo radicular y variable de efectividad a los 60 días de haberse realizado los acodos. Se determinó en el sustrato una textura Franco arcillo arenosa, pH de 6.5 y conductividad eléctrica de 85 microsiemens. Se encontró diferencia significativa en función de los tratamientos donde, el tratamiento 1 presentó un óptimo desarrollo, con 66.6 % de plantas con producción de raíces y 33.3% de producción de callos. Se encontraron diferencias muy significativas en función de los tratamientos. Se concluyó que la aplicación de fitohormonas es determinante para la formación de callos y raíces adventicias en la técnica de acodo aéreo.

Palabras clave: cacao, acodo aéreo, fitohormonas, raíces

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos de la investigación	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivo específico	6
CAPÍTULO II.....	7
2.1. Marco referencial	7
2.1.1. Antecedentes.....	7
2.2. Marco teórico	8
2.2.1. Formación de raíces adventicias en acodos	8
2.2.2. Relación entre callo y raíces adventicias.....	9
2.2.3. Callo	10
2.2.4. Formación de raíces adventicias en acodos.....	10
2.2.5. Etiolación.....	11
2.2.6. Variedades del cultivo de Cacao	13
2.2.7. Fisiología de la rama	14
2.2.8. Propagación vegetativa.....	15
2.3.6. Etiolación.....	18
2.3.7. Fitohormonas	19
2.4. Marco legal	25
2.4.1. Nacional.....	25
2.5. Hipótesis	26

2.5.1. Hipótesis general	26
2.5.2. Hipótesis específica	26
CAPÍTULO III	27
3.1. Marco metodológico	27
3.1.1. Ubicación del estudio	27
3.1.2. Tipo de investigación	28
3.1.3. Técnicas de investigación.....	28
3.1.4. Descripción de los tratamientos.....	29
3.1.5. Diseño experimental	30
3.1.6. Manejo del cultivo	31
3.1.7. Manejo del experimento	32
3.1.8. Población y muestra	35
3.1.9. Métodos y variables.....	35
3.1.10. Procesamiento y análisis de datos	37
3.1.11. Operacionalización de variables.....	38
CAPÍTULO IV	39
4.1. Análisis y discusión de los resultados.....	39
4.1.1. Textura del sustrato.	39
4.1.2. Potencial de hidrogeno y conductividad eléctrica	40
4.1.3. Número de raíces	42
4.1.4. Longitud de raíces	44
4.1.5. Diámetro de raíces	46
4.1.6. Porcentaje de efectividad.....	48
CAPÍTULO V	49
5.1. Conclusiones.....	49
5.2. Recomendaciones.....	50

5.3. Bibliografía..... 51

ANEXOS 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y etapas para la elaboración del acodo aéreo.....	18
Figura 2. Ubicación del experimento	27
Figura 3. Diseño de campo en función de los tratamientos.....	31
Figura 4. Pasos para el establecimiento del acodo aéreo.....	34

ÌNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de adaptabilidad del cultivo del cacao.....	13
Tabla 2. Descripción de los tratamientos.....	30
Tabla 3. Costos de los tratamientos	30
Tabla 4. Dosis de los tratamientos.....	33
Tabla 5. Operacionalización de variables.....	38
Tabla 6. Resultados de textura de suelo	40
Tabla 7. Diferencias en variable número de raíces en función de los tratamientos mediante la técnica del acodo aéreo en la finca la hermandad – san ramon, matagalpa, 2024.....	43
Tabla 8. Diferencias en variable longitud de raíces en función de los tratamientos mediante la técnica del acodo aéreo en la finca la hermandad – san ramon, matagalpa, 2024.....	44
Tabla 9. Diferencias en variable diámetro de raíces en función de los tratamientos mediante la técnica del acodo aéreo en la finca la hermandad – san ramon, matagalpa, 2024.....	47
Tabla 10. Hoja de campo.....	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de raíces en función de los tratamientos.....	43
Gráfico 2. Longitud de raíces en función de los tratamientos	45
Gráfico 3. Diámetro de raíces en función de los tratamientos.....	47
Gráfica 4. Porcentaje de efectividad en función de los tratamientos.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. PREPARACIÓN Y DESINFECCIÓN.....	53
ANEXO B. PRUEBAS DE SEDIMENTACIÓN	53
ANEXO C. PRUEBAS DE PH Y CE	54
ANEXO D. BIOSMART: PRODUCTO DISTRIBUIDO POR DISAGRO.....	54
ANEXO E. AMINOFULVAT: PRODUCTO DISTRIBUIDO POR HEROGRA NICARAGUA.	55
ANEXO F. BAMBUSINA.....	55
ANEXO G. MATERIALES UTILIZADOS	55
ANEXO H. ANILLADO O DESCORTEZADO	56
ANEXO I. APLICACIÓN DE FITOHORMONAS	56
ANEXO J. LLENADO Y SELLADO.....	57
ANEXO K. RESULTADOS DEL ACODO	57
ANEXO L. LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	58

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

El Ministerio de Agricultura menciona que el cultivo de Cacao en Nicaragua ha mostrado un crecimiento significativo en los últimos años, reflejando mejoras en la conservación de la calidad, incremento de la productividad y agregación de valor, que han posicionado a Nicaragua como productor de cacao fino y de aroma en el mercado internacional; contribuyendo a la economía del País, acceso a nuevos mercados y a mejorar la rentabilidad del cultivo.

La Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN), concentra el 38% de las áreas de cacao en producción del país siendo la región más importante en cuanto a áreas, seguido por los departamentos de Matagalpa y Jinotega con el 31.54%, incluyendo Waslala.

La rentabilidad y calidad de la producción de cacao está estrechamente ligada a las prácticas de manejo agronómico, además de las variedades seleccionadas y las condiciones climáticas en las que este se establezca. Para optimizar el rendimiento de las plantaciones, la selección del material vegetativo y su manejo para reproducción es determinante para obtener los resultados esperados en la producción.

Entre ellas se encuentra el acodo aéreo, es un método de reproducción asexual que se conoce en diferentes países de Latinoamérica. Esto permite multiplicar clones de cacao con características de producción seleccionadas, estas plantas madre darán origen al clon antes mencionado, genéticamente idéntico, esto representa una ventaja al momento de

elegir estas plantas ejemplares, teniendo la posibilidad de una proyección con base a un comportamiento tangible.

Por lo antes mencionado, teniendo conocimiento del incremento en la producción y demanda de cacao, la incorporación de prácticas de reproducción vegetativa es una necesidad, para el aprovechamiento de las plantaciones en la búsqueda de ejemplares que aseguren alta producción y calidad genética, este estudio experimental pretende ejecutar esta propuesta de reproducción en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en la finca La Hermandad, Matagalpa correspondiente al segundo semestre del año 2024, con base en ello, dar a conocer resultados de dicha práctica para acortar el tiempo en el que se establecerían plantaciones nuevas.

Ho: No existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en las variables

Ha: Existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en las variables

1.2. Planteamiento del problema

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) afirma que los costos de implementación y sostenimiento de una hectárea de cacao durante 3 años es de USD 2,840 donde el mayor costo lo representa el material vegetativo a establecer en la plantación.

La producción cacaotera enfrenta diversos desafíos, desde el establecimiento en vivero, uno de ellos es el mantenimiento de una plantación improductiva hasta una edad de 3 años y esto puede verse afectado por un factor muy determinante en este cultivo, como lo es la altura sobre el nivel del mar, esto no solo afecta el desarrollo de plantas adultas, sino también las técnicas de reproducción asexual, las cuales necesitan condiciones específicas para su correcto proceso reproductivo.

La ejecución de acodos aéreos puede tener resultados de gran impacto a las nuevas tecnologías que vienen a optimizar las labores de manejo de tejido, al llevar a la práctica este proceso en campo, su resultado puede tener un gran beneficio, obteniendo una planta, la que, al ser establecida en un terreno definitivo, se estaría acortando significativamente el tiempo de espera en las etapas fenológicas de este cultivo.

Las nuevas tecnologías traen consigo el desconocimiento de sus procesos, esto puede significar una barrera a la hora de su ejecución, a pesar de los avances de la tecnología en comunicación, la adopción de estas ha sido limitada en los agricultores. Esto debido a factores como la falta de acceso a programas de extensión rural, asesoría técnica y recursos, como resultado, estas innovaciones no llegan a quienes operan en las áreas más alejadas, impidiendo que los beneficios potenciales como la reducción de costos y optimización de las practicas no sea aprovechada.

1.3. Justificación

El presente documento plantea la ejecución de un estudio experimental en el proceso de reproducción asexual del cultivo de cacao (*Theobroma Cacao*) mediante la técnica de acodo aéreo. Es importante mencionar que esta investigación promueve nuevos métodos que abrirá pautas para futuros estudios sobre el comportamiento del establecimiento de plantas propagadas por acodo aéreo en terreno definitivo. A la vez, esta investigación será un antecedente para la comunidad universitaria y agronómica, puesto que aportaría los siguientes aspectos:

Contribuye mediante en aspectos técnicos, debido a que contiene aspectos generales de los principios de la propagación por medio de la técnica de acodo aéreo y su relación con estimulantes de enraizamiento. Aspectos prácticos, ya que el estudio proporciona los materiales y métodos para la ejecución de dicha práctica, además de brindar recomendaciones para una realización de la técnica. Y finalmente consolidará aspectos metodológicos ya que esta investigación se pretende generar formación relevante que será útil para la comunidad científica.

Como estudiantes la presente investigación representa un aporte significativo al crecimiento profesional ya que nos brinda la oportunidad de traer a la práctica los conocimientos adquiridos durante estos cinco años.

Los procesos y resultados obtenidos de esta investigación servirán como base y guía para realización de esta práctica en las que se puedan incorporar mejoras para llegar a obtener mejores resultados.

El desarrollo de esta investigación no solo permitirá brindar y ampliar los conocimientos en la fisiología de esta planta, sino también en el aporte a la innovación de

conocimiento científico y práctico en el campo, que puede representar un pequeño paso a futuras investigaciones que logren dar a conocer más alternativas que diversifiquen las oportunidades de producción en un contexto sostenible.

1.4.Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de las fitohormonas para la reproducción del cacao (*Theobroma cacao*) mediante la técnica de acodo aéreo en la finca la Hermandad-San Ramón, Matagalpa, 2024.

1.4.2. Objetivo específico

1. Determinar las propiedades fisicoquímicas del sustrato utilizado.
2. Describir los procedimientos para el establecimiento del acodo aéreo para la reproducción vegetativa del cultivo de cacao.
3. Evaluar el efecto de fitohormonas en la producción de callos y raíces a partir de la técnica de acodo aéreo.

CAPÍTULO II

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes

Dada la naturaleza y relevancia de las tecnologías que se vienen incorporando a las técnicas de manejo reproductivo en un cultivo tan importante como lo es el cacao, se puede constatar que este cultivo representa una creciente fuente de ingresos en consumo tanto local como internacional para su transformación en diversidad de productos.

Santander Coronel (2018) menciona en su estudio titulado “Acodos aéreos en cacao (*Theobroma cacao. L*) CCN-51, mediante el uso de las hormonas ANA (ácido neftalenacético) y AIB (ácido indolbitírico) que, en el método de propagación por acodos aéreos, manteniendo los cuidados necesarios, sobre todo en lo que respecta en la humedad de la parcela y el sustrato favorece su correcto desarrollo, además que este último tenga las características necesarias como el usado en la investigación (arena, carboncillo y turba), donde se obtuvieron resultados positivos al momento de generar raíces en un lapso de 60 días a campo abierto. El autor también determinó que el nivel de sombra no presentó relevancia en ninguna de las variables evaluadas, por lo tanto, este factor no tiene relación directa con el desarrollo de los acodos aéreos en esta investigación.

López Santos (2021) Plantea en su estudio titulado” Uso de sustancias orgánicas con propiedades para enraizamiento en la reproducción del cultivo de guayaba (*Psidium guajava L.*). Taiwán 1 con la técnica de acodo aéreo, Managua, 2019-2020” que, el uso de ciertas hormonas utilizadas en tiempos y dosificaciones controladas, se crea una estimulación a nivel parenquimático, mostrando efectividad en la formación de callos y raíces viables para establecimiento en campo.

Sopalo (2024) en su estudio titulado “Comportamiento de acodos aéreos de Mortiño (*Vaccinium floribundum*) como una alternativa de propagación vegetativa” hace mención que, los callos formados a partir del corte realizado, son los que finalmente dan origen a las raíces adventicias, lo que muestra que la formación de callo es esencial para el enraizamiento.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Formación de raíces adventicias en acodos

Las raíces adventicias se forman a partir de tejidos no radicales como tallos y hojas. Estas se forman en respuesta a estímulos externos como estrés abiótico causado por inundaciones, déficits nutricionales o después de una herida.

Las auxinas tienen una función importante en la formación de raíces adventicias en muchas especies vegetales. Una elevada concentración endógena de esta hormona está relacionada con altos porcentajes de enraizamiento adventicio.

La condición fisiológica de la planta madre puede ser un factor que influya en la formación de raíces adventicias. Altas concentraciones de carbohidratos influyen en un mejor enraizamiento, lo que está asociado a la firmeza de la rama; es así que, ramas con bajas concentraciones son suaves y flexibles, mientras que los más ricos son firmes y rígidos. Además, un bajo contenido de nitrógeno y elevado de carbohidratos también favorece el enraizamiento.

Entre la base y ápice de una rama existen marcadas diferencias en la composición química, observándose que el mayor enraizamiento se obtiene de la porción basal. En plantas caducifolias, las mejores respuestas al enraizamiento se tienen con ramas apicales,

porque pueden contener mayores concentraciones de sustancias endógenas reguladores del enraizamiento originadas de la yema terminal.

2.2.2. Relación entre callo y raíces adventicias

Por lo general, el origen y desarrollo de raíces adventicias se originan cerca y justamente fuera del núcleo central del tejido vascular. Al salir del tallo, las raíces han formado una cofia y los tejidos usuales de la raíz, así como las conexiones vasculares completas del tallo en el que se originan, a partir de los cuales se formará un “callo” del que se diferencian después las raíces.

Cuando se hace un acodo, las células vivientes que están en la superficie cortada, son lesionadas, quedando expuestas las células muertas y conductoras del xilema. El proceso subyacente de cicatrización y regeneración ocurre en tres pasos:

Primero, al morir las células externas lesionadas, se forma una capa necrótica que sella la herida y el xilema con un material suberoso (suberina). Esta placa protege la superficie cortada de la desecación. Segundo, después de un tiempo, las células que están detrás de esta placa empiezan a dividirse y se forma una capa de células de parénquima (callo). Tercero, en ciertas células cercanas al cambium vascular y al floema se empiezan a formar primordios radiculares, desarrollo y emergencia de raíces adventicias

En la mayor parte de las plantas, la formación del callo y de raíces son independientes entre sí, y si ocurre de forma simultánea se deberá a la dependencia de condiciones internas y ambientales similares. (Kester, 1998)

2.2.3. Callo

El callo es una masa irregular de las células del parénquima en varios estados de lignificación. El callo se prolifera de células jóvenes que se encuentran en el cambium vascular, aunque también pueden contribuir células de la corteza y de medula, a partir de estas, las primeras raíces adventicias aparecen, formándose a través del callo.

2.2.4. Formación de raíces adventicias en acodos

Los acodos, siguen recibiendo el agua y sales minerales de la planta madre por el xilema ya que no se corta el tallo, pero se interrumpe la traslocación de nutrientes por el floema, mediante el descortezado, provocando que los carbohidratos, auxinas, cofactores, es decir la sabia elaborada por las hojas del brote se acumulen en la zona de corte; la savia queda bloqueada en la parte superior del corte y busca una salida para completar el ciclo circulatorio vegetal, al no encontrar raíces se ve obligada a formarlas a partir del cambium subcortical, que contiene células-madre pluripotenciales. El crecimiento de la raíz es regulado por señales endógenas que mantienen la actividad del meristemo apical radical, contribuyendo con la generación de nuevas raíces laterales, en este proceso las auxinas juegan un papel fundamental, junto a más hormonas que contribuyen a la formación de la arquitectura total de la raíz.

La formación de raíces adventicias puede depender de ciertos factores inherentes no traslocables, determinados por el genotipo de las células individuales del tejido. Sin embargo, es probable que para establecer condiciones que favorezcan la iniciación de raíces existan interacciones entre ciertos factores fijos o no modificables situados dentro de las células, como enzimas, nutrientes fácilmente conducibles y factores endógenos del enraizamiento. (Kester, 1998)

2.2.5. Etiolación

La etiolación o etiolado es un proceso que ocurre en las plantas por la ausencia prolongada de luz en una zona específica, este fenómeno se basa en la capacidad de una rama vegetal en transformar su corteza con cloroplastos, capaz de realizar la fotosíntesis, en corteza sin cloroplastos, muy parecida a la corteza de las raíces. Esto se realiza privándola de la luz mediante la colocación de una cinta opaca alrededor de la parte de la rama en donde se busque etiolar, incentivando la formación de nuevos retoños o raíces adventicias

De esta manera la corteza transformada tiene mayor facilidad en emitir raíces, lo que permite la reproducción clónica de las plantas, especialmente las muy reacias a enraizar. (Muñoz, 2016)

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Origen e historia del cacao

El árbol de cacao es originario de América, específicamente de la Alta Amazonia ubicada entre Venezuela, Colombia y Ecuador. Se cree que se comenzó a utilizar hace unos 5000 años, de modo que era bien conocido entre los pueblos originarios antes de la llegada de los colonizadores europeos.

La teoría indica que esta especie silvestre fue transportada en tiempos prehispánicos por los antiguos pobladores de la Alta Amazonía hacia Mesoamérica, donde aparentemente es domesticada y utilizada en diferentes rituales politeístas. También hay que señalar que, junto con el café y la caña de azúcar, su producción y exportación fue el principal factor de desarrollo comercial durante la época colonial, e influyó notablemente en la organización social. (Castro, 2018)

2.3.2. Generalidades del cacao

El cacao es un cultivo tropical que se desarrolla en condiciones ambientales que le permitan prosperar y desarrollar todo su potencial productivo, es decir en áreas con climas cálidos y húmedos, con precipitación promedio de 1,150 mm, 2,500 mm y temperaturas entre los 18 °C y 32 °C, con temporadas secas inferiores a 3 meses, en suelos profundos, fértiles y bien drenados, ricos en materia orgánica, con altitudes por debajo de los 1,300 msnm. Tales áreas se encuentran cercanas a la línea ecuatorial en África Occidental, Centroamérica, Sudamérica, El Caribe, Asia y Oceanía.

Tabla 1. Parámetros de adaptabilidad del cultivo del cacao.

Parámetros de adaptabilidad y rango de adaptación del cacao	
Piso altitudinal (Óptimo)	900 msnm
Rango (Mínimo y máximo)	0-1200 msnm
Temperatura (Óptima)	24° C
Rango (Mínimo y máximo)	30-30° C
Humedad relativa	77-85% (óptimo 80%)
pH Suelo	5.5- 6.5 (óptimo 6.2)
Textura	F, Fa, FL, FAL
Fotoperiodo	11.5 hl/día
Precipitación Óptima	2,500 mm (bien distribuida)
Precipitación máxima y mínima	1,500-2,500 mm
Topografía	15 a 25% de pendiente máxima

2.3.3. Variedades del cultivo de Cacao

Hay tres variedades principales de cacao, aunque se conocen 18 especies distintas.

A continuación, se mencionan las tres principales:

2.3.3.1. Criollo o nativo

Es el cacao genuino y fue bautizado así por los españoles al llegar a México. Se cultiva en Perú, Venezuela (fundamentalmente en Chuao), Honduras, Colombia, Ecuador, Nicaragua, Guatemala, Trinidad, Bolivia, Jamaica, México, Granada; y en el Caribe, en la zona del océano Índico y en Indonesia. Es un cacao reconocido como de gran calidad, de escaso contenido en tanino, reservado para la fabricación de los chocolates más finos. El árbol es frágil y de escaso rendimiento. El grano es de cáscara fina, suave y poco aromática. Representa, como mucho, el 10% de la producción mundial. Un ejemplo de la variedad criolla es el cacao Ocumare proveniente del Valle de Ocumare de la Costa, Venezuela.

(Solis, 2021)

2.3.3.2. Forastero o campesino

Originario de la alta Amazonia. Se trata de un cacao normal, con el tanino más elevado. Es el más cultivado y proviene normalmente de África. El grano tiene una cáscara gruesa, es resistente y poco aromático.

Para neutralizar sus imperfecciones, requiere un intenso tueste, de donde proceden el sabor y el aroma a quemado de la mayoría de los chocolates.

Los mejores productores usan granos forasteros en sus mezclas, para dar cuerpo y amplitud al chocolate, pero la acidez, el equilibrio y la complejidad de los mejores chocolates proviene de la variedad criolla. (Olivas, 2020)

2.3.3.3. Híbrido

Entre los que destaca el trinitario: es un cruce entre el criollo y el forastero, aunque su calidad es más próxima al del segundo. Como su nombre sugiere, es originario de Trinidad donde, después de un terrible huracán que en 1,727 destruyó prácticamente todas las plantaciones de la Isla, surgió como resultado de un proceso de cruce. De este modo, heredó la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo, y se usa también normalmente mezclado con otras variedades.

Como ejemplo de un trinitario tenemos al Carenero Superior, de Barlovento, al este de Caracas, en el estado de Miranda, Venezuela. (Arauz, 2020)

2.3.4. Fisiología de la rama

En las plantas leñosas a partir del 2º año de vida en la médula y en la zona cortical del tallo se diferencian dos capas monoestratificadas de células meristemáticas que se denominan meristemas secundarios (cambium y felógeno).

En la zona medular aparece el cambium un tejido que es responsable del crecimiento en grosor de los tallos. La división de las células del cambium produce exteriormente tejido conductor de la savia elaborada (floema) e interiormente xilema que es el tejido conductor ascendente encargado de distribuir el agua y los nutrientes absorbidos por las raíces por toda la planta. En las plantas leñosas, la xilema constituye la madera y es responsable de la consistencia de los tallos maduros.

El meristemo cortical, llamado felógeno, origina hacia adentro parénquima cortical, que sustituye a la epidermis y hacia fuera produce súber, la pérdida del parénquima clorofílico cortical hace que los tallos secundarios ya no sean verdes.

2.3.4.1. Felógeno

Es un meristema lateral, un tejido meristemático secundario cuyas células tienen capacidad de división celular y que produce súber o corcho hacia el exterior y felodermis hacia el interior. El conjunto de súber o corcho, felógeno y felodermis se denomina peridermis, tejido dérmico que reemplaza a la epidermis cuando hay crecimiento en grosor.

2.3.4.2. Súber

Capa más externa del peridermis en plantas con crecimiento secundario, que se forma por la actividad del meristema lateral llamado cambium suberógeno o felógeno. El súber es el conjunto de estratos suberosos caulinar o radicular de función protectora.

2.3.5. Propagación vegetativa

En la propagación asexual o vegetativa, no se genera la fusión de gametos, es decir, no existe cruzamiento sexual entre un árbol madre y un padre; utiliza partes vegetativas de la planta, pudiendo ser estas, varas yemeras, estacas, ramas, flores u otras estructuras

capaces de generar una nueva planta, estas no implican cambios en su constitución genética.

La propagación asexual de cacao, es una práctica importante, ya que de la calidad del material vegetativo que se utilice, va a depender el resto del proceso productivo. Sin embargo, los factores ambientales como el tipo de suelo, drenaje, contenido de materia orgánica, humedad, temperatura, intensidad de luz, densidad de siembra y otros, pueden modificar la apariencia y la sobrevivencia de la planta.

Para entender el fondo de la propagación asexual, se define que, un CLON es un organismo que deriva de otro, a través de un proceso asexual (no sexual), procedente de una sola planta madre. Por lo general, los miembros de un clon tienen características hereditarias idénticas, es decir sus genes son iguales, con excepción de algunas diferencias a causa de las mutaciones. (Navarro, 2020)

2.3.5.1. Propagación asexual

En la propagación asexual o vegetativa, no se genera la fusión de gametos, es decir, no existe cruzamiento sexual entre un árbol madre y un padre; utiliza partes vegetativas de la planta, pudiendo ser estas, varas yemeras, estacas, ramas, flores u otras estructuras capaces de generar una nueva planta, estas no implican cambios en su constitución genética.

La propagación asexual de cacao, es una práctica importante, ya que de la calidad del material vegetativo que se utilice, va a depender el resto del proceso productivo. Sin embargo, los factores ambientales como el tipo de suelo, drenaje, contenido de materia

orgánica, humedad, temperatura, intensidad de luz, densidad de siembra y otros, pueden modificar la apariencia y la sobrevivencia de la planta.

Para entender el fondo de la propagación asexual, que, un CLON es un organismo que deriva de otro, a través de un proceso asexual (no sexual), procedente de una sola planta madre. Por lo general, los miembros de un clon tienen características hereditarias idénticas, es decir sus genes son iguales, con excepción de algunas diferencias a causa de las mutaciones. (Navarro, 2020)

2.3.5.2. Acodo aéreo

Es una técnica en la que se produce una planta nueva, tomando partes de un solo árbol, el cual aporta la copa y la raíz; consiste en la estimulación de raíces en el tallo o ramas de un árbol de cacao, sin necesidad de separarlo de la planta madre.

A diferencia de otras formas de propagación, el acodado puede realizarse en pleno invierno. Las plantas obtenidas alcanzan un mayor tamaño en menos tiempo que por otros métodos, y no se requiere de hacer controles ambientales.

Luego se envuelve con polietileno transparente y se vuelve a envolver con polietileno negro. Se sujeta en ambos extremos con hilo o rafia. Para saber si está en condiciones de ser removido de la planta madre, es decir si ya se formó el sistema radical, podemos observar retirando el polietileno negro. Se propagan por este método numerosas especies leñosas.

Figura 1. Ubicación y etapas para la elaboración del acodo aéreo.



Fuente: (Davila,2019)

2.3.6. Etiolación

La etiolación o etiolado es un proceso que ocurre en las plantas por la ausencia prolongada de luz en una zona específica, este fenómeno se basa en la capacidad de una rama vegetal en transformar su corteza con cloroplastos, capaz de realizar la fotosíntesis, en corteza sin cloroplastos, muy parecida a la corteza de las raíces. Esto se realiza privándola de la luz mediante la colocación de una cinta opaca alrededor de la parte de la rama en donde se busque etiolar, incentivando la formación de nuevos retoños o raíces adventicias. De esta manera la corteza transformada tiene mayor facilidad en emitir raíces, lo que permite la reproducción clónica de las plantas, especialmente las muy reacias a enraizar.

(Muñoz, 2016)

2.3.7. Fitohormonas

Las fitohormonas, también llamadas hormonas vegetales, son compuestos químicos empleados por las plantas para generar respuestas fisiológicas a largas distancias.

Las fitohormonas viajan a través de las plantas utilizando la xilema (un sistema de vasos conductores que transportan agua desde las raíces hasta las hojas) o bien el floema (que transporta savia con nutrientes desde las hojas al resto de la planta). Las fitohormonas son responsables de una amplia gama de procesos fisiológicos en las plantas, como el crecimiento de las raíces y el tallo, la floración, la maduración de los frutos o la caída de las hojas.

En algunos de estos procesos interviene una única fitohormona, mientras que otros requieren la presencia de varias. También existen hormonas vegetales antagónicas, que se bloquean mutuamente al actuar cada una de ellas sobre procesos opuestos. Este es el caso, por ejemplo, de las giberelinas y el ácido abscísico. (Torrez, 2023)

2.3.7.1. Auxinas

Las auxinas son tal vez las fitohormonas más conocidas, intervienen en procesos de crecimiento y elongación celular. Son sintetizadas en los tallos apicales y transportadas al resto de la planta, produciéndose un gradiente de concentración.

Están presentes en plantas, hongos, algas y bacterias, siempre asociadas a fenómenos de crecimiento. La auxina más extendida en la naturaleza es el ácido indolacético. Se emplean en agricultura para promover el crecimiento de los cultivos.

Las auxinas estimulan a la división de células localizadas en el periciclo justo arriba de la zona de elongación para provocar la formación de raíces laterales. Este fenómeno también se aplica en la formación de raíces adventicias la cual puede ocurrir en varios tejidos donde existan un grupo de células en activa división.

2.3.7.2. Giberelinas

Estas hormonas vegetales cumplen una función complementaria a la de las auxinas. Mientras que las auxinas promueven el crecimiento longitudinal de los tallos, las giberelinas fomentan el crecimiento lateral de estos.

Ambas fitohormonas se combinan para que las plantas crezcan de manera adecuada, evitando los tallos demasiado finos o demasiado cortos. Un déficit de giberelinas en los cultivos provoca que las plantas sufran un “encamado” es decir, se tumben con el viento. Otra función de las giberelinas es interrumpir el periodo de latencia de las semillas para que inicien su germinación.

2.3.7.3. Citoquininas

Estas hormonas vegetales intervienen en procesos de división celular, promoviendo el crecimiento de los distintos órganos (particularmente los frutos) y de las plantas. Las citoquininas tienen aplicaciones industriales parecidas a las de las

auxinas, usándose para favorecer el crecimiento. Tienen la ventaja de que la cantidad necesaria para que se produzca una respuesta es muy baja.

Debido a que los efectos de las citocininas en plantas están relacionados principalmente en la capacidad de estimular la división y la diferenciación celular junto a otros reguladores de crecimiento (auxinas), se les utiliza en la propagación clonal de material ornamental o forestal, de calidad superior y en la regeneración masiva de plantas elite. Su uso está vinculado con la inducción de la organogénesis, especialmente la formación caulinar, de nuevos brotes adventicios y de embriones somáticos. (Casaretto, 2007)

2.3.7.4. Estimulación por fitohormonas

Las auxinas sintéticas, que se usan en forma de aerosol o de polvo, tienen varias aplicaciones en la agricultura. Estos compuestos se usan para obtener frutos sin semillas (partenocárpicos) como tomates, higos y sandías, y para estimular el crecimiento de raíces en material vegetativo (IBA, NAA). Por muchos años la búsqueda de receptores para auxinas se ha basado en el estudio respuestas características como la elongación de coleóptilos y la inducción de raíces o tallos regulado por el balance auxinas y citocininas.

En la tecnología conducente a la regeneración de plantas in vitro, el cultivo de meristemas es una metodología ampliamente utilizada con el objeto de eliminar una serie de patógenos presentes en las plantas madres. Los meristemas de plantas en activo crecimiento pueden estar libres de patógenos en forma temporal. Al ser aislados y cultivados es posible inducir a partir de ellos la formación de raíces y plantas libre de

tales enfermedades. Ello aumenta fuertemente la producción especialmente en plantas de propagación asexual (bulbos, tubérculos, estolones, y/o material multiplicado por estacas, etc.), en especial si se trata de plantas elite, escasas o de gran valor comercial o cultural. Lo mismo ocurre en la producción y comercialización de flores y plantas ornamentales. Además, actualmente los mercados exigen el comercio de plantas sanas. El rol de GAs en esta técnica es doble: primero los tejidos meristemáticos extraídos (explantes o ápices caulinares de mayor tamaño) requieren de GAs para poder crecer en esta primera fase, aunque ello requiere además de otras hormonas. En segundo lugar, es posible realizar un tratamiento previo con GAs a plantas madres con objeto de estimular previamente su crecimiento el cual, en condiciones de altas temperaturas y humedad, favorece la extracción de ápices igualmente libres de los patógenos.

(Casaretto, 2007)

Practicar heridas basales es benéfico para el enraizado de ciertas especies, en especial en las que tienen madera vieja en la base. Con frecuencia, después de las lesiones, la producción de callo y el desarrollo de raíces es mayor en los márgenes de la herida. Es evidente que en esos casos se estimula a los tejidos heridos para que entren en división celular y a producir primordios radicales. Esto se debe a una acumulación natural de auxina y de carbohidratos en el área lesionada y a un incremento en la tasa de respiración. Además, los tejidos lesionados con las heridas son estimulados para que produzcan etileno, del cual se sabe que promueve la formación de raíces adventicias.

Es probable que las áreas lesionadas absorban del medio más agua que las que no lo están y que el lesionado permita que los tejidos que se encuentran en la base de la estaca efectúen una mayor absorción de los reguladores de crecimiento aplicados. En el tejido de tallo de

ciertas especies existe un anillo esclerenquimático de células fibrosas duras en la corteza y externo al punto de origen de las raíces adventicias. (Kester, 1998)

2.3.7.5. Medio de enraizamiento

Un medio de enraizamiento ideal proporciona suficiente porosidad para permitir buena aeración, tiene una alta capacidad de retención del agua, pero permanece bien drenado y está libre de organismos patógenos.

El medio de enraizamiento puede afectar al tipo de sistema radicular que se origina de las ramas. Cuando enraízan en una mezcla como de arena y musgo turboso, o de perlita y musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles, de un tipo más apropiado para extraerse y volver a plantar.

El pH del medio de enraizamiento puede ser una consideración importante en la producción de raíces adventicias. La alcalinidad elevada no reduce de manera significativa la formación de raíces. (Castellanos, 2022)

2.3.8. pH

El pH es un parámetro que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, dicho que la solución del suelo es donde las raíces de las plantas toman los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. La escala de medición del pH está entre los valores de 0.0 a 14.0. El pH también es un indicador de múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que influyen fuertemente sobre la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas. El pH dentro de un rango específico permite que la mayoría de los nutrientes mantengan su máxima disponibilidad. (Castellanos, 2022)

2.3.9. CE (Conductividad eléctrica)

La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de la solución del suelo para transportar corriente eléctrica en función del contenido de sales disueltas o ionizadas en la solución. Los suelos con una CE menores de 1 dS/m se clasifican como un suelo libre de sales y no presentan restricción para ningún cultivo, mientras que valores entre 2 y 4 dS/m de CE (suelo moderadamente salino) reduce el rendimiento de cultivos sensibles a las sales. Por otro lado, en los suelos altamente salinos que presentan una CE de 8 a 16 dS/m solo sobreviven los cultivos resistentes a la salinidad.

La conductividad eléctrica en decisiemens por metro (dS/m) es la unidad más utilizada en estudios de suelos.

La conversión entre microsiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y decisiemens (dS/m) se establece como: $1 \text{ dS}/\text{m} = 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Esto se debe a que:

1 microsiemens (μS) es $1/1,000,000$ de un siemens (S).

1 decisiemens (dS) es $1/10$ de un siemens (S). (Cortés, 2019)

2.4. Marco legal

2.4.1. Nacional

La Asamblea nacional de la república de Nicaragua, aprueba el 20 de octubre de 1999 la ley de protección para las obtenciones vegetales ley N°. 318, el cual tiene por objeto establecer las normas para la protección de los derechos de las personas naturales o jurídicas que, ya sea por medios naturales o manipulación genética, hayan creado o descubierto y puesto a punto, una nueva variedad vegetal, a quien se le denominará el obtentor. (Nacional, 1999)

En el capítulo VI, DENOMINACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS VARIEDADES VEGETALES, establece en el Artículo 52. Condiciones para la Comercialización. El que comercialice en forma material de reproducción o de multiplicación una variedad protegida deberá utilizar la denominación correspondiente.

Cuando una variedad se ofrezca a la venta o se comercialice de otra forma, se permitirá asociar una marca de fábrica o de comercio, un nombre comercial o una indicación similar en la relación con la denominación de la variedad registrada, a reserva de que la denominación pueda reconocerse fácilmente.

El Art.78 establece que el fraude vinculado a las denominaciones de variedades. Sin perjuicio del daño emergente y el lucro cesante que pueda alegarse, toda persona natural o jurídica que haga uso de una denominación de variedad protegida sin autorización del titular de los derechos y omita utilizar una denominación registrada en violación a las disposiciones de la presente Ley, será sancionada mediante multa de C\$ 200,000.00 (doscientos mil córdobas) a C\$ 900,000.00 (novecientos mil córdobas) , aplicando como factor de cambio la tasa aprobada por el Banco Central de Nicaragua a esa fecha.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Los diferentes tipos de tratamientos, que se le aplican a los acodos aéreos, tienen efectos diferentes en función de la formación de callo y raíces sobre las variables número, longitud y diámetro.

2.5.2. Hipótesis específica

2.5.2.1. Variable número de raíces.

Ho: No existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en la variable número raíces.

Ha: Existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en la variable número raíces.

2.5.2.2. Variables longitud de raíces.

Ho: No existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en la variable longitud raíces.

Ha: Existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en la variable longitud raíces.

2.5.2.3. Variable diámetro de raíces.

Ho: No existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en la variable diámetro raíces.

Ha: Existe diferencia estadística significativa al 95 % de confianza en la variable diámetro raíces.

CAPÍTULO III

3.1. Marco metodológico

3.1.1. Ubicación del estudio

La investigación realizada, se llevó a cabo del mes de septiembre al mes de noviembre del año 2024, en la finca agroecológica La Hermandad, ubicada en el departamento de Matagalpa. municipio de San Ramón, comunidad Yasica sur, cuenta con una extensión de 78 manzanas, las cuales corresponden a la siguiente utilidad de suelo: 25 manzanas son destinadas a la producción de los diferentes cultivos en ellas establecidos, 53 manzanas son declaradas como área protegida para la preservación de la biodiversidad de flora y fauna.

Situada en latitud norte $12^{\circ} 57' 12''$ y longitud oeste $85^{\circ} 48' 50''$ a 950 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una precipitación durante el periodo de experimento de 500 milímetros por metro cuadrado y una temperatura que oscila entre 18°C a 28° , topografía inclinada, tipo de suelo predominante es Franco arcilloso, con pendientes que varían de 20 a 80%.

Figura 2. Ubicación del experimento

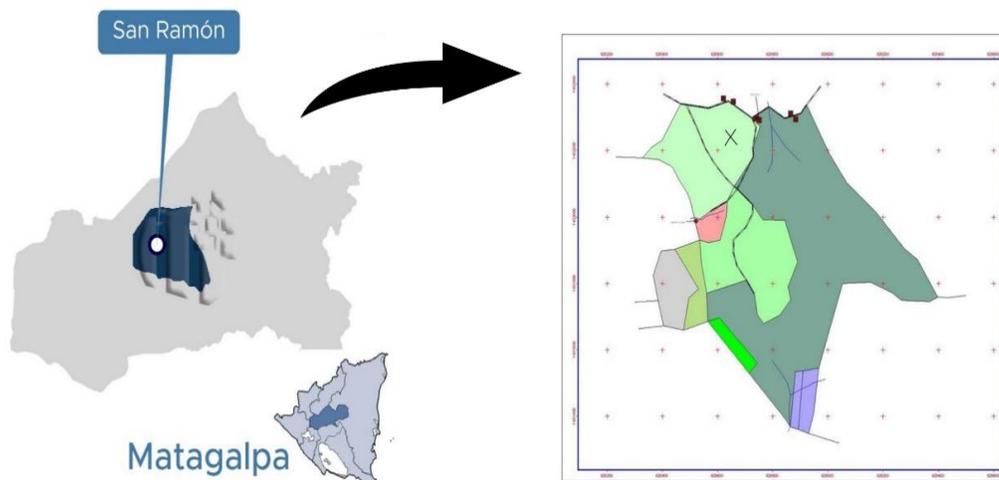


Ilustración 1 Coordenadas $12^{\circ} 57' 12'' \text{N}$, $85^{\circ} 48' 50'' \text{W}$

3.1.2. Tipo de investigación

Esta investigación pertenece al área agrícola, contribuye a la línea de investigación enfocada al uso eficiente de material genético. Esta fue realizada con fines experimentales, para obtener datos mediante la evaluación de las variables y objetivos planteados, haciendo uso de un diseño experimental para determinar el comportamiento que tienen los tratamientos por estímulo causado en ellos.

En este tipo de investigación experimental, se mantiene una base de datos actualizada en la que se registran de manera sistemática los datos obtenidos durante el estudio. Esta base de datos permite un seguimiento continuo y detallado del desarrollo de las variables involucradas, lo cual facilita la observación y análisis constante de los cambios y resultados.

Es de corte transversal, es decir, conduce a un periodo por medio el cual el investigador presenta los resultados mediante los intervalos de tiempo. El cual influyó, el ser partícipe de los procesos del acodo aéreo de inicio a fin.

El razonamiento de este estudio es clasificado como inductivo, ya que la intención es obtener conclusiones significativas, a través de la recopilación de datos para identificar relaciones que atribuyan a definir una hipótesis.

3.1.3. Técnicas de investigación

Exploratorio: Este método aplicado en la investigación nos permitió conocer las condiciones adecuadas para la elaboración del acodo aéreo, además de los niveles de aplicación de las hormonas sintéticas para el correcto desarrollo de este.

La técnica analítica: El uso de este método nos ayudó a plasmar y argumentar la elaboración del documento e investigación realizada, además de poder estructurar el proceso de la elaboración de esta, utilizado para su entendimiento, y el análisis de datos obtenidos.

La técnica descriptiva: Este también es conocido como investigación estadística en donde describimos los datos obtenidos por la toma de las variables de forma ordenada, para hacer uso de un software estadístico (Libre), el cual nos ayudara a la tabulación de los datos y obtener los resultados de los tratamientos por variable aplicada.

3.1.4. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos fueron determinados a partir de dos productos sintéticos de alto valor nutricional en el mercado, un producto orgánico elaborado a base de melaza y brotes de bambú estos contienen fitohormonas como auxinas, giberelinas y citocininas, además de un tratamiento que sirvió como testigo absoluto (sin ninguna fitohormona). Obteniendo a partir de esto la siguiente distribución de los tratamientos (Tabla 1). Tratamiento 1 acodo con aplicación de Biosmart Senestar (T1), Tratamiento 2 acodo con aplicación de Aminofulvat (T2), Tratamiento 3 acodo con aplicación de Bambusina (T3), Tratamiento 4 acodo sin ningún tipo de aplicación de Testigo (T4).

Biosmart Senestar: Es un bioestimulante que contiene fitohormonas estimuladoras de crecimiento (Auxinas, Citoquininas y Giberelinas) que activan el metabolismo de las plantas desencadenando reacciones que favorezcan al crecimiento vegetativo. **Aminofulvat:** Fertilizante KP que contiene aminoácidos, ácidos fúlvicos, azúcares y betaínas que aumentan la actividad biológica y favorecen el enraizamiento.

Bambusina: Los componentes de este bioinsumo estimulan la producción de fitohormonas

como la auxina, que promueve la formación de raíces. **Testigo:** El bloque testigo no recibe aplicaciones.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Contenido
1	Biosmart Senestar	Auxinas, Citoquininas y Giberelinas
2	Aminofulvat	aminoácidos, ácidos fúlvicos, azúcares y betaínas
3	Bambusina	Auxinas
4	Testigo	---

Tabla 3. Costos de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Cantidad	Costos C\$
1	Biosmart Senestar	1 litro	1200
2	Aminofulvat	1 litro	550
3	Bambusina	20 litros	300
4	Testigo		

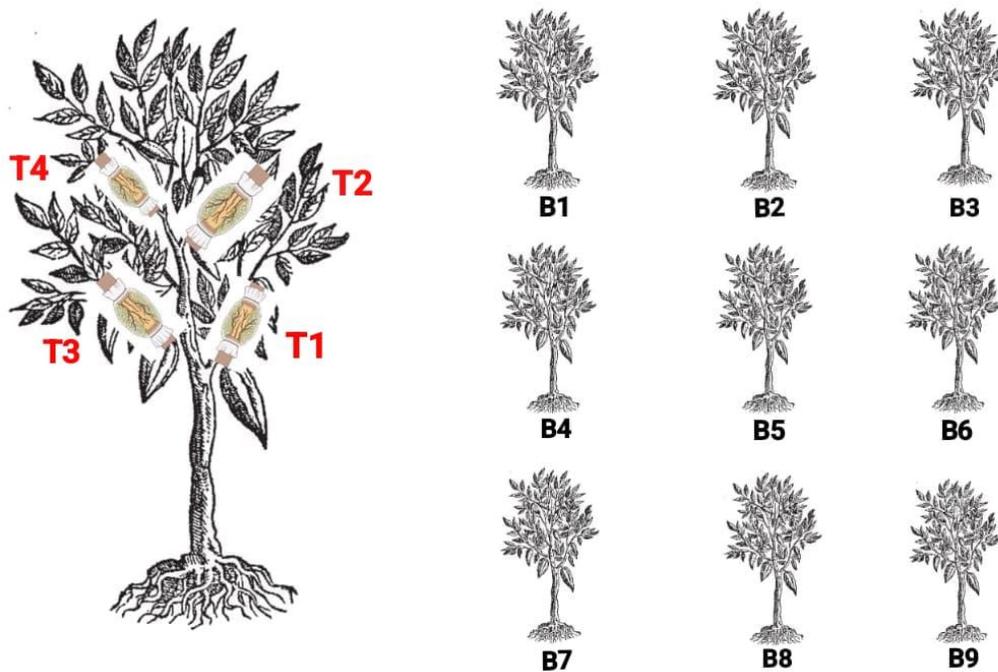
3.1.5. Diseño experimental

La investigación se llevó a cabo durante una etapa de 82 días, iniciando el día 5 de septiembre hasta el 26 de noviembre. Se realizó bajo el diseño experimental: Bloques completamente al azar (BCA) donde (Bosque, s.f.) refiere que “es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”.

Se tomó un lote de 2,500 m² aproximada mente donde se seleccionaron los árboles al azar ya que cada árbol se refiere a un bloque debido a que contó con los cuatro tratamientos en simultaneo con la intención de disminuir el riesgo a que factores externos afecten los resultados de un tratamiento en específico.

Los árboles tomados para el desarrollo de este estudio pertenecen a la variedad de cacao Criollo establecidos en este lote.

Figura 3. Diseño de campo en función de los tratamientos



3.1.6. Manejo del cultivo

En el lote “La ceiba” donde se realizó el experimento es un área en la que se estableció un sistema de cultivos asociados encontrándose el café, el cacao y el plátano, el cacao se estableció en el 2019 al día de hoy teniendo cinco años de edad obteniendo arboles de café y cacaos productivos y continuas cosechas de plátano. Cuenta con un área total de

2,500 m² donde las plantas de cacao se encuentran con una distribución de siembra de 10 metros por 12 metros dando un total de 20 plantas dentro del lote.

El cultivo de cacao dentro del lote no cuenta con un plan de fertilización ni manejo de plagas y enfermedades, ya que la producción está enfocada únicamente en el cultivo principal que en este caso es el café donde se realizan aplicaciones de fertilizantes edáficos y foliares, además de aplicaciones de fungicidas y insecticidas, el control de maleza en la parcela se realiza de manera convencional con prácticas como la chapia y la aplicación de herbicidas sintéticos como lo es el Gyphosato.

3.1.7. Manejo del experimento

Se realizó la selección del área para el experimento, se elaboró el sustrato a una relación de 2:1:1, lo que corresponde a dos partes de suelo, una parte de materia orgánica y una parte de arena, para obtener una textura uniforme se realiza el colado del suelo y la arena así como la trituración de las hojarascas (materia orgánica), una vez pesadas y homogenizadas las partes del sustrato se realizó la desinfección de este con fungicida sintético (Prevalor 84 SL) utilizando 2cc por litro para eliminar cualquier patógeno que este pudiera poseer, luego se sometió 15 días a sol directo para eliminar el exceso de humedad y posteriormente ser utilizado para la realización de los acodos.

La realización de los acodos aéreos se estableció tomando en cuenta la luna en fase cuarto creciente, ya que en esta etapa se acumula más sabia en los haces vasculares (Rivera, 2003). Una vez seleccionadas las plantas madres en las que se realizaron los acodos, las ramas destinadas para el acodo son las que presenten mejor desarrollo, coloración café, cuente con 1-2 cm de diámetro y con una posición vertical que alcance un ángulo de 45 grados con una navaja se realizó un anillado de la rama seleccionada para el acodo aéreo,

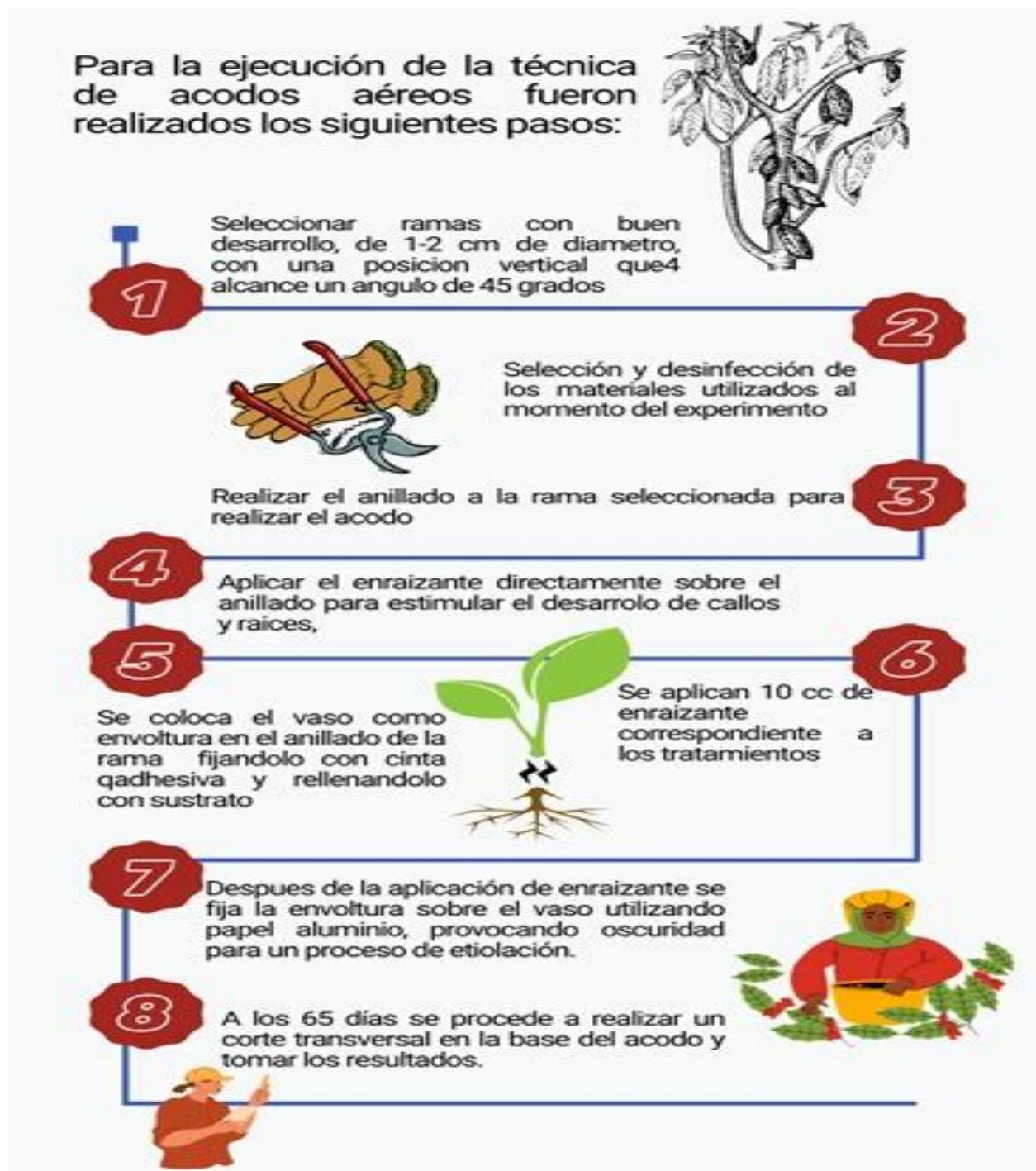
retirando una banda de corteza de 1 a 2 cm, para hacer la aplicación uniforme de las fitohormonas con ayuda de una brocha.

El último paso es posicionar el vaso de plástico y asegurarlo con teipe donde se agrega el sustrato para posteriormente envolver en papel aluminio para brindar un ambiente adecuado y oscuro en el acodo favoreciendo a los procesos de etiolación los cuales estimularan a la planta a la producción de raíces.

Tabla 4. Dosis de los tratamientos

Tratamiento	Dosis de aplicación	Capacidad de acodos por litro	Método de aplicación
1	14 cc/lit	3,570	Diluido
2	28 cc/lit	1,785	Diluido
3	50 cc/lit	1000	Diluido
4	-----		-----

Figura 4. Pasos para el establecimiento del acodo aéreo



3.1.8. Población y muestra

La población, son todos los individuos establecidos en el experimento, estos comprenden características similares según las variables a evaluar, por lo cual se debe tener presente la homogeneidad, el tiempo y el espacio en que se vaya a realizar el experimento.

El tamaño de la cantidad es sumamente importante porque ellos determinan o afectan el tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar, además la falta de recursos y tiempo también nos limita la investigación de la población que se vaya a investigar.

El experimento con 4 tratamiento distintos distribuidos en 9 árboles da una población total de 36 unidades experimentales de las cuales todas fueron seleccionadas para la medición de las variables

3.1.9. Métodos y variables

3.1.9.1. Variables del sustrato

3.1.9.1.1. Textura del sustrato

Para determinar la textura del sustrato se utilizó el método sedimentación de textura del suelo por el triángulo de Lyon, el cual se realizó de la siguiente manera: se trituro la muestra para luego pasarla por una criba número 14, en un vaso de vidrio transparente en forma de cilindro con las esquinas planas se colocó la muestra hasta alcanzar un tercio de su capacidad para luego llenarlo de agua y agitar bien durante cinco minutos, la solución se deja sedimentar por 72 horas, al ser visible el fraccionamiento de las texturas del suelo medir con una regla milimétrica el espacio que utiliza cada fracción para determinar el porcentaje de cada uno a partir del total de la altura de la muestra sedimentada, este resultado se ubicó en el triángulo de Lyon.

3.1.9.1.2. Potencial de hidrogeno y conductividad eléctrica

El sustrato fue analizado con un pH-metro de la marca “Milwaukee” modelo MW803 MAX, para determinar la variable se utilizó el método de extracción en suspensión se realizó mediante el siguiente procedimiento: se trituro la muestra para luego pasarla por una criba número 14, en vasos descartables se toman porciones de 20 gramos de muestra a las cuales fueron diluidas 50 mililitros de agua destilada según la proporción establecida (1gr/2.5cc). Posteriormente agitar durante cinco minutos, dejar reposar y seguido filtrar con un filtro de papel para obtener una solución limpia, en este punto se realizó la medición y el registro de los datos, colocando el pH-metro sobre la solución y esperar los resultados.

3.1.9.2. Variables de raíz

3.1.9.2.1. Número de raíces

Se tomaron los 9 árboles dentro de la muestra poblacional, se realizó por un método de conteo, considerando raíces efectivas aquellas que tengan una buena formación, no presenten lesiones ni presencia de hongos o nematodos.

3.1.9.2.2. Longitud de raíces

Se tomaron los 9 árboles dentro de la muestra poblacional, se midió la longitud con una regla de plástico graduada, con una longitud de 30 centímetros tomando como referencia desde la base de la rama hasta la punta de la raíz, el muestreo se realizó una vez a los 63 días después del establecimiento. Mediante un análisis estadístico se procesaron los datos.

3.1.9.2.3. Diámetro de raíces

Se tomaron los 9 árboles dentro de la muestra poblacional, se utilizó un vernier (Pie de rey) de 150 mm de largo y una precisión de ± 0.02 mm o ± 0.05 mm, la medición se

realizó en la base de la raíz, el muestreo se realizó una vez a los 63 días después del establecimiento. Mediante un análisis estadístico se procesaron los datos.

3.1.9.3. Variables de efectividad

3.1.9.3.1. Porcentaje de efectividad

A los 63 días después del establecimiento se registraron los datos de todas las muestras recolectadas por tratamiento dividiéndose en tres indicadores: ausencia de callos y raíces, presencia de callos y presencia de raíces los resultados se presentaron en porcentajes.

3.1.10. Procesamiento y análisis de datos

Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) para probar la hipótesis de los tratamientos y la prueba de rangos múltiples se realizó con la prueba de TUKEY con un nivel significativo de 0.05, mediante el software estadístico Infosat.

3.1.11. Operacionalización de variables

Tabla 5. Operacionalización de variables

Objetivo General	Objetivos Específicos	Variables	Subvariables	Unidad de medida	Instrumento	
Determinar el efecto de las fitohormonas para la reproducción del cacao (<i>Theobroma cacao</i>) mediante la técnica de acodo aéreo en la finca la Hermandad-San Ramón, Matagalpa, 2024.	Evaluar el efecto de fitohormonas en la producción de callos y raíces a partir de la técnica de acodo aéreo para la reproducción vegetativa del cultivo de cacao	Emisión de raíces	-Número de raíces -Longitud de raíces -Diámetro de raíces	-Unidades -Centímetro -Milímetros	-Conteo -Regla de 30 cm -Calibrador tipo vernier	
		Porcentaje de efectividad	-Ausencia de callos y raíces -Emisión de callos y raíces	-Porcentaje -Porcentaje	-Conteo -Conteo	
	Determinar las propiedades fisicoquímicas del sustrato utilizado.	Análisis fisicoquímico del sustrato.	Textura		Fracciones texturales	Triangulo de Lyon
			pH		Escala de pH	pH-metro
			CE		Microsiemens	

CAPÍTULO IV

4.1. Análisis y discusión de los resultados

4.1.1. Textura del sustrato.

El desarrollo de los cultivos está condicionado por muchos factores, tanto bióticos como abióticos, dentro de estos últimos se encuentran las propiedades fisicoquímicas de los suelos. (Kester, 1998)

Conocer la textura del sustrato en un acodo aéreo es esencial ya que es la base donde se dará lugar a la formación de callos y raíces, el sustrato a utilizar debe de contar con ciertos parámetros específicos como capacidad de campo, porosidad, densidad y aireación esto es determinado directamente a partir de las fracciones texturales del sustrato.

Al realizar los procedimientos del método de sedimentación y la aplicación correcta el triángulo de Lyon se obtuvo el siguiente resultado en función las fracciones texturales del sustrato arena (50%), arcilla (25%) y limo (25%) obteniendo una textura de suelo franco arcillo arenoso. (Tabla 6)

Los resultados indican una textura adecuada que asegura un efecto positivo para la formación de callos y raíces dentro del acodo aéreo, ya que es un sustrato de textura intermedia que presenta una mezcla equilibrada entre arena, arcilla y limo. La arena favorece el drenaje y la aireación, mientras que la arcilla contribuye a la retención de agua y nutrientes, mejorando su fertilidad. Este tipo de sustratos tiene una buena capacidad para retener humedad sin volverse demasiado compactos, lo que facilita el desarrollo de las raíces.

Tabla 6. Resultados de textura de suelo

FRANCO ARCILLO ARENOSO	Arena	50%
	Arcilla	25%
	Limo	25%

4.1.2. Potencial de hidrogeno y conductividad eléctrica

Conocer el pH del sustrato es crucial en la aplicación de un acodo aéreo ya que este factor influye directamente en la salud de las raíces en desarrollo y en la eficacia del proceso de enraizamiento. El pH del sustrato afecta la disponibilidad de nutrientes esenciales para el acodo, ya que ciertos nutrientes se vuelven más o menos solubles dependiendo de si el pH es ácido, neutro o alcalino.

Al analizar las muestras de sustrato se determinó el potencial de hidrogeno expresando así que para el análisis del sustrato el pH tuvo un valor de 6.5.

Un pH adecuado para la mayoría de las plantas se encuentra en un rango ligeramente ácido o neutro (entre 5.5 y 7), lo que favorece un crecimiento saludable de las raíces y mejora las probabilidades de éxito en la propagación por acodo aéreo.

Sin duda, algo que determina la calidad y fertilidad de un suelo agrícola es el contenido de sales presentes. Estas sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo muestre niveles razonables de humedad. (Castellanos, 2022)

La CE refleja la concentración de sales en el suelo, que incluyen nutrientes como el potasio, calcio, magnesio, y sodio. En suelos con baja CE, la disponibilidad de nutrientes suele ser adecuada, ya que no hay un exceso de sales que pueda competir con los nutrientes esenciales para las plantas. Esto permite que los nutrientes se mantengan disponibles en su forma más accesible para las raíces.

Al analizar las muestras de sustrato se determinó la conductividad eléctrica expresando así que para el para el análisis del sustrato la Ce tuvo un valor de 85 (μS).

Un valor de 0.00085 decisiemens por metro (dS/m) en conductividad eléctrica (CE) del suelo indica una baja salinidad. La conductividad eléctrica mide la cantidad de sales disueltas en el agua del suelo, ya que las sales son conductoras de electricidad.

Un sustrato con baja salinidad tiende a tener una estructura más estable, favoreciendo la agregación de partículas del suelo, lo cual mejora la aireación y el drenaje. En cambio, en suelos con alta salinidad, los iones pueden afectar la estructura del suelo, causando la dispersión de las partículas y reduciendo la porosidad, lo que afecta negativamente la movilidad de agua y nutrientes.

4.1.3. Número de raíces

Se encontraron diferencias muy significativas (P 0.01 a 0.0001) para la variable número de raíces en función de los tratamientos siendo el más sobresaliente T1: BioSmart Senestar con un resultado de media de 4 raíces por acodo, los tratamientos 2 y 3 presentaron resultados similares, mientras que en el tratamiento 4 no se obtuvieron respuestas positivas. (Tabla 7)

Los resultados obtenidos en esta variable muestran que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se dividen en dos grupos A y B, donde el grupo A no presenta diferencia estadísticamente significativa entre sí, lo que demuestra que la aplicación de los tratamientos 1,2 y 3 favorecen la producción de raíces de manera similar. Sin embargo T4 aplico en el grupo B, presenta una producción de raíces significativamente menor en comparación a los demás tratamientos, lo que indica un efecto nulo sobre la formación radicular.

Estos resultados sugieren que la diferencia significativa en la variable número de raíces entre los grupos se debe principalmente al efecto causado por el T4 que tiene un impacto negativo de acuerdo al análisis de varianza (ANOVA). El valor p asociado a la comparación entre los grupos indica que las diferencias entre T1, T2 y T3 no son lo suficientemente grandes estadísticamente “Muy significativas”, pero T4 es el factor que causa esta diferencia considerable generando la variabilidad observada.

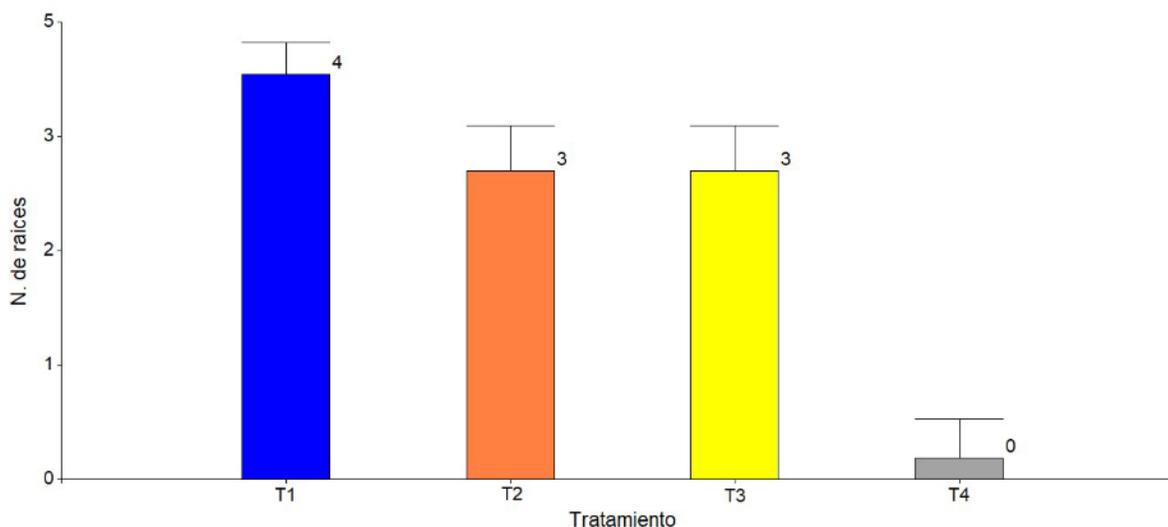
Tabla 7. Diferencias en variable número de raíces en función de los tratamientos mediante la técnica del acodo aéreo en la finca La Hermandad – San Ramon, Matagalpa, 2024

Número de raíces	
Tratamiento	Día 63
T1	4 A
T2	3 A
T3	3 A
T4	0 B
Valor p	0.0001 **
CV	13.8

Nota. Tratamientos: T1: BioSmart Senestar, T2: AminoFulvat, T3: Bambusina, T4: Testigo. Medias con letra diferente indican diferencia significativa para valor ($P \leq 0.05$), según prueba de Tukey. (ns) no significativo ($P > 0.05$), (*) Significativo ($P \leq 0.05$), (**) Muy significativo ($P 0.01$ a 0.0001)

Los resultados obtenidos para la variable número de raíces concuerdan con los presentados por Santander Coronel 2018 en ACODOS AEREOS EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) CCN-51, MEDIANTE EL USO DE LAS DE LAS HORMONAS SINTERICAS ANA Y AIB dado a que se menciona que el tratamiento 7 (S1H4) Sin sombra en el CCN-51 con 3250mg/kg c/u de hormona ANA + AIB alcanzo una media de numero de raíces de 3 por acodo aéreo observando que se encuentra una similitud con los resultados obtenidos en esta investigación.

Gráfico 1. Número de raíces en función de los tratamientos



Nota. Tratamientos: T1: BioSmart Senestar, T2: AminoFulvat, T3: Bambusina, T4: Testigo.

4.1.4. Longitud de raíces

Se encontraron diferencias muy significativas (P 0.01 a 0.0001) para la longitud de raíces entre los tratamientos donde resultó con mayor longitud el tratamiento 1: acodo con aplicación de Biosmart Senestar para el día 63 con una media de 3.75cm por acodo aéreo. El tratamiento 2 y 3 presentaron resultados con una diferencia significativa, mientras que en el tratamiento 4 no se obtuvieron respuestas positivas. (Tabla 8)

Los resultados obtenidos en esta variable muestran que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se dividen en dos grupos A, AB, B y C donde se encuentra una diferencia significativa en función de todos los tratamientos al presenta diferencia estadísticamente significativa entre sí demuestra que la aplicación de los tratamientos 1, 2, 3 y 4 tienen efectos diferentes en la producción de raíces. El T4 que aplico en el grupo C, presenta una longitud de raíces significativamente menor en comparación a los demás tratamientos, lo que indica un efecto nulo sobre la formación radicular.

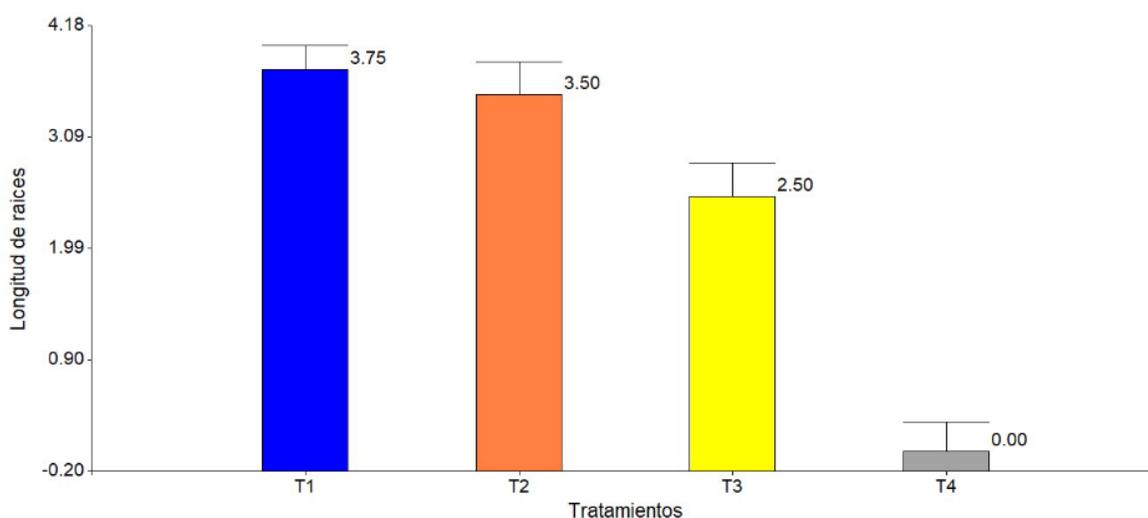
Tabla 8. Diferencias en variable longitud de raíces en función de los tratamientos mediante la técnica del acodo aéreo en la finca La Hermandad – San Ramon, Matagalpa, 2024

Longitud de raíces (cm)	
Tratamiento	Día 63
T1	3.73 A
T2	3.50 AB
T3	2.50 B
T4	0 C
Valor p	0.0001 **
CV	22.4

Nota. Tratamientos: T1: BioSmart Senestar, T2: AminoFulvat, T3: Bambusina, T4: Testigo. Medias con letra diferente indican diferencia significativa para valor ($P \leq 0.05$), según prueba de Tukey. (ns) no significativo ($P > 0.05$), (*) Significativo ($P \leq 0.05$), (**) Muy significativo (P 0.01 a 0.0001)

Los resultados obtenidos para la variable longitud de raíces no concuerdan con los presentados por Santander Coronel 2018 en ACODOS AEREOS EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) CCN-51, MEDIANTE EL USO DE LAS DE LAS HORMONAS SINTERICAS ANA Y AIB dado a que se menciona que el tratamiento 5 (S1H3) Sin sombra en el CCN-51 con 3000mg/kg c/u de hormona ANA + AIB, alcanzo una media de longitud de raíces de 7.96 cm por acodo aéreo observando que se encuentra una diferencia en relación con los resultados obtenidos en esta investigación.

Gráfico 2. Longitud de raíces en función de los tratamientos



Nota. Tratamientos: T1: BioSmart Senestar, T2: AminoFulvat, T3: Bambusina, T4: Testigo.

4.1.5. Diámetro de raíces

Se encontraron diferencias muy significativas (P 0.01 a 0.0001) para el diámetro del tallo entre los tratamientos donde resultó el mayor diámetro de raíz en el tratamiento 1: acodo con aplicación de Biosmart Senestar para el día 63 con una media de 1.47mm manteniéndose en el mismo grupo “A” que el tratamiento 2 y 3 donde hay una diferencia de 40mm aproximadamente. (Tabla 8)

Los resultados obtenidos en esta variable muestran que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se dividen en dos grupos A y B, donde el grupo A no presenta diferencia estadísticamente significativa entre sí, lo que demuestra que la aplicación de los tratamientos 1,2 y 3 favorecen a la variable diámetro de raíces de manera similar. Sin embargo T4 aplico en el grupo B, presenta una producción de raíces significativamente menor en comparación a los demás tratamientos, lo que indica un efecto nulo sobre la formación radicular.

Estos resultados sugieren que la diferencia significativa en la variable diámetro de raíces entre los grupos se debe principalmente al efecto causado por el T4 que tiene un impacto negativo de acuerdo al análisis de varianza (ANOVA). El valor p asociado a la comparación entre los grupos indica que las diferencias entre T1, T2 y T3 no son lo suficientemente grandes estadísticamente “Muy significativas”, pero T4 es el factor que causa esta diferencia considerable generando la variabilidad observada.

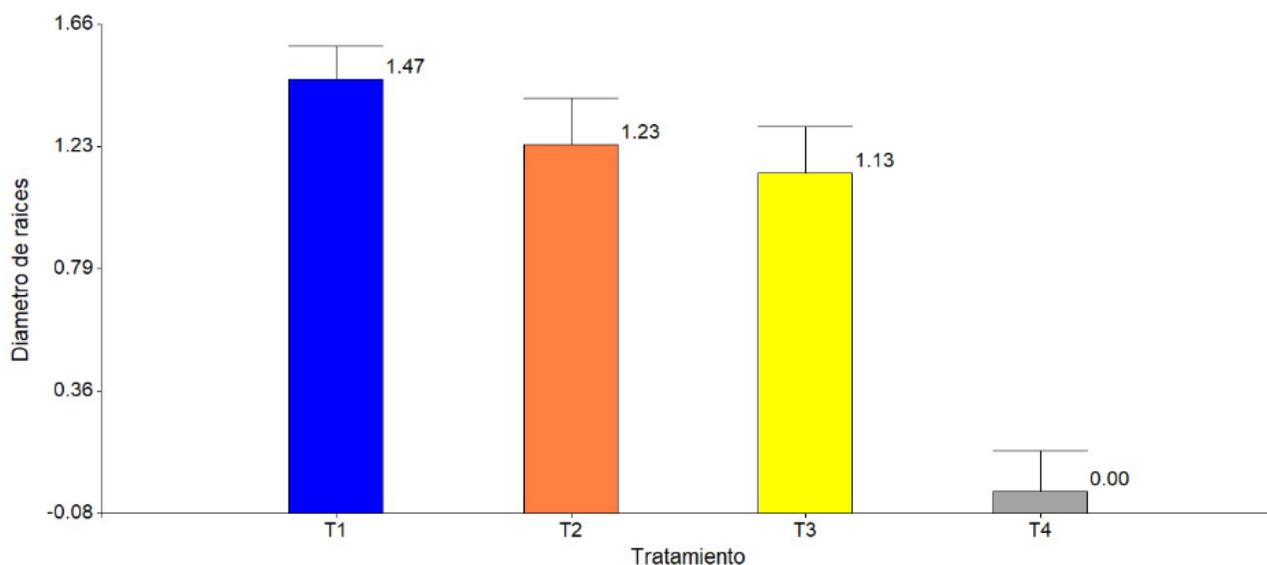
Tabla 9. Diferencias en variable diámetro de raíces en función de los tratamientos mediante la técnica del acodo aéreo en la finca La Hermandad – San Ramon, Matagalpa, 2024

Diámetro de raíces (mm)	
Tratamiento	Día 63
T1	1.47 A
T2	1.23 A
T3	1.13 A
T4	0 B
Valor p	0.0001 **
CV	28.8

Nota. Tratamientos: T1: BioSmart Senestar, T2: AminoFulvat, T3: Bambusina, T4: Testigo. Medias con letra diferente indican diferencia significativa para valor ($P \leq 0.05$), según prueba de Tukey. (ns) no significativo ($P > 0.05$), (*) Significativo ($P \leq 0.05$), (**) Muy significativo ($P 0.01$ a 0.0001)

Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos por (López, 2021) donde menciona que el T1 poseía un diámetro de (1.34 mm) y T2 (1.46 mm) lo cual es estadísticamente semejante a la forma en la que se agruparon los datos para la variable diámetro de raíces para esta investigación.

Gráfico 3. Diámetro de raíces en función de los tratamientos

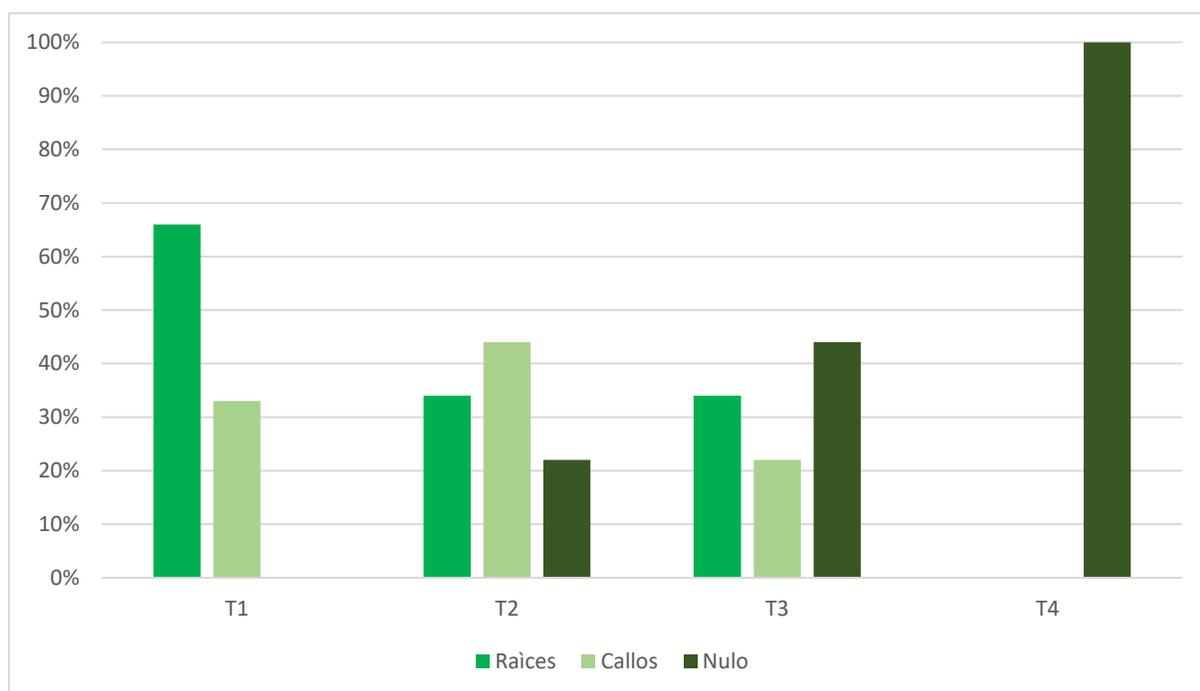


Nota. Tratamientos: T1: BioSmart Senestar, T2: AminoFulvat, T3: Bambusina, T4: Testigo.

4.1.6. Porcentaje de efectividad

Los resultados de porcentaje de efectividad presentaron los siguientes datos según los tres indicadores planteados con anterioridad: presencia nula de raíces o callos, presencia de callos y presencia de raíces en los tratamientos. El tratamiento 1: Con un porcentaje de emisión de raíces de un 66% y un 34% en producción de callos, el tratamiento 2: con un 34% de emisión de raíces, 44% en producción de callos y un 22% de presencia nula, el tratamiento 3: con un 34 % de emisión de raíces, un 22% en producción de callos y un 44% de presencia nula, el tratamiento 4 fue el único que no dio indicios de emisión de callos ni de raíces con 100% de presencia nula.

Gráfica 4. Resultados de porcentaje de efectividad en función de los tratamientos.



Nota. Tratamientos: T1: BioSmart Senestar, T2: AminoFulvat, T3: Bambusina, T4: Testigo.

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones

Luego de la aplicación de los diferentes métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas del sustrato se determinó que al utilizar proporciones propuestas se logra alcanzar una base apta para el desarrollo radicular mediante la técnica del acodo aéreo.

Se determinó que existe diferencia estadística muy significativa al 95 % de confianza en la variable número de raíces al día 63, a lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Se determinó que existe diferencia estadística muy significativa al 95 % de confianza en la variable longitud de raíces al día 63, a lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Se determinó que existe diferencia estadística muy significativa al 95 % de confianza en la variable diámetro de raíces al día 63, a lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En relación al porcentaje de efectividad se concluyó en que la aplicación de fitohormonas es determinante para aumentar formación de callos y raíces con la técnica de acodo aéreo al día 63, ya que los tratamientos que contaron con presencia de fitohormonas lograron un porcentaje de efectividad más alta en comparación al testigo.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos para determinar las propiedades fisicoquímicas del sustrato recomendamos utilizar una mezcla con al menos un 25% de arena para permitir un buen drenaje y facilitar la penetración de las raíces. Utilizar alternativas de sustratos como musgo, fibra de coco, tierra negra, cascarilla de arroz, perlita y vermiculita, con la intención de favorecer un mejor enraizamiento y aireación.

Con respecto al análisis de datos de las variables de formación de callos y raíces, se recomienda utilizar cualquier producto que contenga al menos una de las tres fitohormonas utilizadas en esta investigación (Auxinas, citoquininas o giberelinas) además de realizar las aplicaciones al momento del establecimiento y una segunda aplicación adicional 15 días después con las dosificaciones especificadas en la etiqueta.

Basado en los datos obtenidos de porcentajes de efectividad recomendamos utilizar productos con contenidos de fitohormonas preferiblemente sintéticos para obtener resultados positivos a los 63 días después del establecimiento.

5.3. Bibliografía

- Arauz, E. D. (1 de Abril de 2020). *Variedades de Cacao* . Obtenido de <https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=cacao+cultivo+informacion++&mid=3420AEF84449E783DCA13420AEF84449E783DCA1&mcid=7E7FF34254384E85AB2CFAB2443F134C&FORM>
- Casaretto, M. J. (20 de Enero de 2007). *Libro de Fisiologia Vegetal*. Obtenido de Libro de Fisiologia Vegetal: <https://www.biouls.cl>
- Castellanos. (2022). Disponibilidad de Nutrientes y el pH de suelo. *Intagri*, 13.
- Castro, F. (03 de Febrero de 2018). *La agricultura y mas*. Obtenido de http://www.munistgo.info/medio_ambiente/biblioteca_digital/Reproducci%C3%B3n_d
- Cortés, F. (2019). *La salinidad del suelo y su fertilidad*. Chile: Ediciones Martinez.
- Kester, H. T. (1998). *Propagación de plantas*. Mexico: Continental, S.A.
- Muñoz, E. (21 de Noviembre de 2016). *Portal fruticola*. Obtenido de Portal fruticola: www.portalfruticola.com
- Nacional, A. (20 de Octubre de 1999). *Ley de la optencion para especies vegetales*. Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/50E33B475568F720062570A100580157](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/50E33B475568F720062570A100580157)

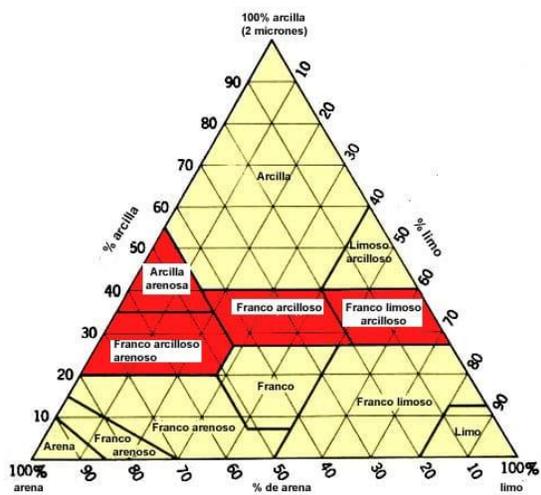
- Navarro, G. (2020). *Repositoria INIA*. Obtenido de
[file:///C:/Users/Melzar/Downloads/T%C3%89CNICA%20DE%20PROPAGACI%
C3%93N%20DE%20CACAO%20\(Theobroma%20cacao%20L.\).pdf](file:///C:/Users/Melzar/Downloads/T%C3%89CNICA%20DE%20PROPAGACI%C3%93N%20DE%20CACAO%20(Theobroma%20cacao%20L.).pdf)
- Olivas, D. (19 de Julio de 2020). *Variedades de cacao* . Obtenido de
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf>
- Rivera, J. R. (7 de Mayo de 2003). *La Luna*. Colombia. Obtenido de Slideshare.
- Ruedas, L. A. (1 de Septiembre de 2018). *Acidos en Fitohormonas*. Obtenido de
[https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-
fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento)
- Solis, P. A. (21 de Enero de 2021). *Guia tecnica sobre el cultivo del cacao* . Obtenido de
[https://cadenacacaoca.info/CDOC-
Deployment/documentos/Guia_Tecnica_sobre_el_cultivo_de_cacao.pdf](https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Guia_Tecnica_sobre_el_cultivo_de_cacao.pdf)
- Torrez, J. R. (6 de Octubre de 2023). *Fitoormonas en cacao*. Obtenido de
<https://cienciaybiologia.com/fitohormonas-las-hormonas-vegetales/>

ANEXOS

Anexo A. Preparación y desinfección.



Anexo B. Pruebas de sedimentación.



Anexo C. Pruebas de pH y Ce.



Anexo D. BioSmart Senestar: producto distribuido por Disagro.



	BIOSMART SENESTAR
Descripción: BIOSMART SENESTAR es un bioestimulante para aplicación foliar que contiene fitohormonas estimuladoras de crecimiento (Auxinas, Citoquininas y Giberelinas) que activan el metabolismo de las plantas desencadenando reacciones que favorecen el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad del cosecha en todo tipo de cultivos.	
Beneficios: <ul style="list-style-type: none"> • Estimula e induce la floración, previniendo la caída de las flores e incrementando la cantidad de frutos. • Favorece el llenado y la consistencia de los frutos mejorando el calibre y calidad de la cosecha. • Evita la abscisión de hojas, flores y frutos, retrasando el envejecimiento de la planta, promoviendo el desarrollo vegetativo cuando es aplicado en plantaciones jóvenes de especies perennes. 	
Composición % p/v	
Potasio (K ₂ O)	12.6 %
Cobre (Cu)	0.25 %
Manganeso (Mn)	0.25 %
Auxinas	0.48 %
Citoquininas	0.54 %
Giberelinas	0.006 %

Anexo E. AminoFulvat: producto distribuido por Herogra Nicaragua.



Cultura es Cultivar
Cultivar es con Herogra

AminoFulvat



Liberador de nutrientes en el suelo • Mayor desarrollo radicular

Fertilizante NK enriquecido con aminoácidos y micronutrientes totalmente asimilables por las plantas. Obtenido a partir de materias primas de origen natural, presenta un alto contenido en componentes beneficiosos para el buen desarrollo del cultivo, tales como ácidos fúlvicos, aminoácidos, azúcares, betainas, etc. En aplicación al suelo consigue mejorar su estructura, propiciar la liberación de nutrientes bloqueados, aumentar la actividad biológica y favorecer el enraizamiento. En hidrosiembra favorece la germinación de las semillas. En aplicación foliar mejora la asimilación de los abonos foliares, estimula el metabolismo de la planta, protege ante situaciones de estrés y recupera a cultivos debilitados.

Composición garantizada

Nitrógeno total (N)	2.8 % m/v	Manganeso (Mn)	0.01 % m/v
Nitrógeno orgánico (N)	2.4 % m/v	Aminoácidos totales	7.0 % m/v
Óxido de potasio total (K ₂ O)	6.3 % m/v	Extracto húmico total	25.0 % m/v
Aminoácidos libres	2.5 % m/v	Ácidos fúlvicos	25.0 % m/v
Carbono orgánico (C)	26.1 % m/v	Materia orgánica total	43.8 % m/v
Boro (B)	0.03 % m/v	Ácido Gamma Amino Butírico	0.29 % m/v
Hierro (Fe)	0.09 % m/v	Betainas	10.0 % m/v

Anexo F. Bambúsina



Anexo G. Materiales utilizados



Anexo H. Anillado o descortezado



Anexo I. Aplicación de fitohormonas



Anexo J. Llenado y sellado



Anexo K. Resultados del acodo



Anexo L. Levantamiento de datos

Tabla 10. Hoja de campo

Hoja de campo				
Tratamiento	N. de raíces	Longitud de raíces	Diámetro de raíces	Presencia de callos o raíces
T1	5	4	1.9	Raíces
T1	4	4	1.5	Raíces
T1	3	3	1.2	Raíces
T1	3	3	1	Raíces
T1	6	5	2	Raíces
T1	3	3.5	1.2	Raíces
T1	0	0	0	Callo
T1	0	0	0	Callo
T1	0	0	0	Callo
T2	3	4	1.5	Raíces
T2	3	3.5	1.2	Raíces
T2	3	3	1	Raíces
T2	0	0	0	Callo
T2	0	0	0	Callo
T2	0	0	0	Callo
T2	0	0	0	Callo
T2	0	0	0	nula
T2	0	0	0	nula
T3	3	2.5	1.2	Raíces
T3	3	2	1	Raíces
T3	3	3	1.2	Raíces
T3	0	0	0	Callo
T3	0	0	0	Callo
T3	0	0	0	nula
T3	0	0	0	nula
T3	0	0	0	nula
T3	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula
T4	0	0	0	nula

Figura 5. Cronogramas de actividades

