



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) POR ESQUEJES USANDO HORMONAS
ENRAIZANTES Y SUSTRATOS EN VIVERO,
HUAMBO-RODRÍGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS.”**

PRESENTADO POR:

AUTOR : Bach. JHORDY JANNO SOLANO VARGAS

ASESOR : M.Sc. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ

CO-ASESOR: Dr. LUIS ALBERTO ARÉVALO LÓPEZ

CHACHAPOYAS - PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) POR ESQUEJES USANDO HORMONAS
ENRAIZANTES Y SUSTRATOS EN VIVERO,
HUAMBO-RODRÍGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS.”**

PRESENTADO POR:

AUTOR : Bach. JHORDY JANNO SOLANO VARGAS

ASESOR : M.Sc. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ

CO-ASESOR: Dr. LUIS ALBERTO ARÉVALO LÓPEZ

CHACHAPOYAS - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y por estar conmigo en cada momento, cuidándome y dándome fortaleza para seguir adelante.

A mis padres Juan y Orfelía, por el apoyo moral y la confianza depositada en mí, para que de esta manera pueda auto realizarme como profesional, a mis queridos hermanos David, Luis Alejandro y Adriana Estephany, por ser mi apoyo incondicional. A todos ustedes, con amor.

Jhordy Janno Solano Vargas

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación, si bien ha requerido el esfuerzo y dedicación por parte del autor, no hubiera sido posible su realización sin el apoyo de las siguientes personas e instituciones:

Al Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad – PNICP, por brindar facilidades con materiales e insumos al presente trabajo de investigación enmarcado en el proyecto: Aplicación de Técnicas Innovadoras en la Propagación Clonal e Inoculación Micorrízica de Plantas Matrices de Café (*Coffea arabica* L.) con Alta Productividad en la Región Amazonas – Convenio N° 141 – PNICP – PIAP-2015.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, al gerente regional del IIAP SAN MARTIN Dr. Luis Alberto Arévalo López, por brindarme todas las facilidades para el desarrollo de ésta investigación.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva-INDESCES, por el apoyo con materiales e insumos y otros, al director ejecutivo Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz por su apoyo incondicional.

A las personas que formaron parte del equipo técnico del proyecto: Dr. Luis Alberto Arévalo López, Ing. Lizette Daniana Mendez Fasabi, Ing. Tito Sanchez Santillan, Bach. Derlis Monsalve Goicochea, por sus consejos, ayuda y enseñanzas brindadas durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mis amigos Natalia, Carlos, Roly, Valbino.

Jhordy Janno Solano Vargas

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector

Dr. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora De Investigación

Mg. Sc. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

Decano (E) De La Facultad De Ingeniería Y Ciencias Agrarias

Ing. WALTER DANIEL SÁNCHEZ AGUILAR

Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

VISTO BUENO DEL ASESOR

El **Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz**, Docente de la escuela profesional de agronomía de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), director ejecutivo del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva-INDES-CES deja constancia que ha asesorado el proyecto de investigación y la realización de la tesis titulada: Propagación vegetativa de café (*Coffea arabica* L.) por esquejes usando hormonas enraizantes y sustratos en vivero, Huambo-Rodríguez de Mendoza-Amazonas.”

Asimismo, avala al **Bach. Jhordy janno solano vargas**, Egresado de la escuela profesional de agronomía de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM) para la presentación del informe de tesis y me comprometo a orientarlo en el levantamiento de las observaciones y la sustentación de la tesis

Se le expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 28 de Noviembre del 2019



Ing. M.Sc Segundo Manuel Oliva Cruz
Docente asociado a tiempo completo de la UNTRM

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

El **Ing. M.Sc. Dr. Luis Alberto Arévalo López**, Gerente regional del IIAP SAN MARTIN, deja constancia que ha asesorado el proyecto de investigación y la realización de la tesis titulada: “Propagación vegetativa de café (*Coffea arabica* L.) por esquejes usando hormonas enraizantes y sustratos en vivero, huambo-rodríguez de mendoza-amazonas.”

Asimismo, avala al **Bach. Jhordy Janno Solano Vargas**, egresado de la escuela profesional de Ingeniería Agrónoma de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM) para la presentación del informe de tesis y me comprometo a orientarlo en el levantamiento de las observaciones y la sustentación de la tesis.

Se le expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 28 de Noviembre del 2019



Ing. M.Sc. Dr. Luis Alberto Arévalo López
Director Regional del IIAP-SAN MARTIN

JURADO EVALUADOR DE TESIS



Idrogo. ✓

Ing. GUILLERMO IDROGO VASQUEZ

PRESIDENTE



Ing. Mg. Sc. WALTER DANIEL SANCHEZ AGUILAR

SECRETARIO



Ms. C. MARLON ALFONSO LARA CASTILLO

VOCAL

ACTA DE EVALUACIÓN DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 3-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 16 de OCTUBRE del año 2019, siendo las 18:00 horas, el aspirante JHORDY JANNO SOLANO VARGAS defiende en sesión pública la Tesis titulada: "PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAFÉ (Coffea arabica L.) POR GRAFIELES USANDO HORMONAS ENRAIZANTES Y SUSTRATOS EN VIVERO, HUAMBO - RODRÍGUEZ DE MENDOZA - AMAZONAS."

para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: ING. GUILLERMO FERRERA VÁSQUEZ

Secretario: ING. Mg. Sc. WALTER DAVID SÁNCHEZ AGUILAR

Vocal: ING. Ms. C. MARLON ALFONSO LARA CASTILLO

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado ()

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 19:45 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 3-K

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Yo Jherdy Janno Solano Vargas
identificado con DNI N° 47738680 Estudiante()/Egresado (X) de la Escuela Profesional de
Ingeniería Agrónoma de la Facultad de:
Ingeniería y Ciencias Agrarias
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la Tesis titulada: "Propagación Vegetativa de
café (Coffea arabica L.) por esquejes usando
hormonas enraizantes y sustratos en vivero,
Huambo - Rodríguez de Mendoza - Amazonas - 2018"

que presento para
obtener el Título Profesional de: INGENIERO AGRÓNOMO



2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 03 de Diciembre de 2019


Firma del(a) tesista

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR.....	vii
JURADO EVALUADOR DE TESIS.....	viii
ACTA DE EVALUACIÓN DE TESIS	ix
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
3.1 Ubicación.....	20
3.2 Características del área experimental	20
3.3 Población, muestra y muestreo.....	21
3.4 Variables de estudio.....	21
3.5 Distribución de factores y tratamientos.....	22
3.6 Diseño de la investigación.....	23
3.7 Procedimiento.....	24
a. Colecta de sustratos	24
b. Esterilización de sustratos	24
c. Acondicionamiento de vivero	24
d. Colecta de esquejes	25
e. Proceso de preparación y aplicación hormonal.....	25
f. Siembra de esquejes de café en sustrato esterilizado	26
g. Cámara de enraizamiento.....	26

h. Suministro de riego de las camaras de enraizamiento.....	26
3.8 Evaluación de variables.....	27
3.9 Análisis de datos.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
3.1 Determinar el efecto de sustratos en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y tamaño de raíces de esquejes de café.....	29
3.2. Determinar el efecto de hormonas enraizantes en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y tamaño de raíces de esquejes de café.....	35
3.3. Evaluar la interacción de las hormonas y sustratos en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y tamaño de raíces de esquejes de café.....	39
V. DISCUSIONES.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	49
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
IX. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de tratamientos de estudio	22
Tabla 2. Cuadro ANVA.....	28
Tabla 3. Análisis de varianza para el porcentaje de sobrevivencia.....	29
Tabla 4. Prueba de significación para sustrato en la variable % de sobrevivencia.....	30
Tabla 5. Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento.....	31
Tabla 6. Prueba de significación para sustrato en la variable % de enraizamiento.....	31
Tabla 7. Análisis de varianza para el número de raíces.....	32
Tabla 8. Prueba de significación para sustrato en la variable número de raíces.....	33
Tabla 9. Análisis de varianza para tamaño de raíces.....	34
Tabla 10. Prueba de significación para sustrato en la variable tamaño de raíces.....	34
Tabla 11. Prueba de significación para hormona en la variable % de sobrevivencia.....	35
Tabla 12. Prueba de significación para hormona en la variable % de enraizamiento.....	36
Tabla 13. Prueba de significación para hormona en la variable número de raíces.....	37
Tabla 14. Prueba de significación para hormona en la variable tamaño de raíces.....	37
Tabla 15. Prueba de significación para la interacción sustrato vs hormona en la variable % de sobrevivencia.....	39
Tabla 16. Prueba de significación para la interacción sustrato vs hormona en la variable % de enraizamiento.....	40
Tabla 17. Prueba de significación para la interacción sustrato vs hormona en la variable número de raíces.....	42
Tabla 18. Prueba de tukey al 5 % para la interacción sustrato vs hormona en la variable tamaño de raíces.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Matriz de datos de % de sobrevivencia, % de enraizamiento, número y tamaño de raíces.....	52
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geopolítica del distrito de Huambo/provincia de Rodríguez de Mendoza/Amazonas.....	20
Figura 2. Diseño de la instalación del trabajo de investigación en vivero	23
Figura 3. Prueba Tukey ($P < 0,05$) de medias para el % de sobrevivencia	30
Figura 4. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el porcentaje de enraizamiento	32
Figura 5. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el número de raíces	33
Figura 6. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el tamaño de raíces	34
Figura 7. Prueba Tukey ($P < 0,05$) de medias para el % de sobrevivencia	35
Figura 8. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el % de enraizamiento.....	36
Figura 9. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el número de raíces	37
Figura 10. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el tamaño de raíces.....	38
Figura 11. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en el % de sobrevivencia...	40
Figura 12. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en el % de enraizamiento...	41
Figura 13. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en el número de raíces	42
Figura 14. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en el tamaño de raíces de caféto	43
Figura 15. Colecta de sustratos.....	52
Figura 16. Esterilización del sustrato.....	53
Figura 17. Llenado de bolsas	53
Figura 18. Jardín clonal	53
Figura 19. Corte de los brotes.....	54
Figura 20. Corte de esquejes.....	54
Figura 21. Desinfección de los esquejes.....	55
Figura 22. Corte de las hojas	55
Figura 23. Corte en forma de bisel de los esquejes	55
Figura 24. Preparación de las hormonas.....	56
Figura 25. Aplicación de la hormona ROOT-HOR.....	56
Figura 26. Aplicación de la hormona AIB (Ácido indolbutírico)	57
Figura 27. Instalación de la cámara de enraizamiento.....	57
Figura 28. Etiquetado de los tratamientos.....	58
Figura 29. Siembra de esquejes.....	58
Figura 30. Siembra total de todos los tratamientos.....	59

Figura 31. Instalación completa de la cámara de enraizamiento.....	59
Figura 32. Evaluación de raíces.....	60
Figura 33. Enraizamiento de esquejes.....	60
Figura 34. Conteo del número de raíces.....	61
Figura 35. Medición de longitud de raíces.....	61
Figura 36. Raíces del T8 (Turba + AIB).....	62

RESUMEN

La roya (*Hemileia vastatrix*) es una de las enfermedades más importantes del cultivo de café, en el distrito de huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas. El presente trabajo tiene como objetivo, evaluar el efecto de hormonas enraizantes y sustratos en el enraizamiento de esquejes de café, de la variedad típica titulado “Propagación vegetativa de café (*Coffea arabica* L.) por esquejes usando hormonas enraizantes y sustratos en vivero”, desarrollado en el INDESCES, fue planteado buscando la sostenibilidad del cultivo mediante la técnica de enraizamiento de esquejes de café, identificando un sustrato y una hormona eficiente para obtener resultados positivos, de tal modo que la ejecución de esta investigación contribuya a mejorar la competitividad del cultivo de café. La presente investigación probó un testigo y dos hormonas (AIB Y ROOT-HOR) y tres tipos de sustratos (Turba, Arena y Tierra agrícola al 100 %), en un microtúnel con condiciones controladas. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar, en arreglo Bifactorial A x B (3 x 3), expresado con 9 tratamientos y tres repeticiones, evaluándose las siguientes variables: % de sobrevivencia, % de enraizamiento, número y tamaño de raíces de esquejes de café. Los mejores resultados en cuanto al porcentaje de sobrevivencia de esquejes a los 50 días lo obtuvieron los tratamientos T4, T5, T6, T7 y el T8 con 90 % de promedio. La hormona AIB fue la que se destacó, comparado con la hormona Root-Hor. El sustrato que mayor enraizamiento obtuvo fue la turba presentando los valores más altos en los parámetros evaluados, siendo el T8 (Turba + AIB) el mejor tratamiento para las variables estudiadas.

Palabras claves: Café, Microtunel, propagación, esquejes, hormonas, sustratos.

ABSTRACT

The roya (*Hemileia vastatrix*) is one of the most important diseases of coffee cultivation, in the district of Huambo, province of Rodríguez de Mendoza, Amazonas region. The purpose of this work is to evaluate the effect of rooting hormones and substrates on the rooting of coffee cuttings, of the typical variety entitled “Vegetative propagation of coffee (*Coffea arabica* L.) by cuttings using rooting hormones and nursery substrates”, developed at INDESCES, was raised seeking the sustainability of the crop through the rooting technique of coffee cuttings, identifying a substrate and an efficient hormone to obtain positive results, so that the execution of this research contributes to improve the competitiveness of coffee cultivation. The present investigation tested a control and two hormones (AIB and ROOT-HOR) and three types of substrates (peat, sand and 100% agricultural land), in a microtunnel with controlled conditions. A Completely Random Design was applied, in Bifactorial arrangement A x B (3 x 3), expressed with 9 treatments and three repetitions, evaluating the following variables: % survival, % rooting, number and size of roots of coffee cuttings . The best results in terms of the percentage of survival of cuttings at 50 days were obtained by treatments T4, T5, T6, T7 and T8 with 90% average. The AIB hormone was the one that stood out, compared to the Root-Hor hormone. The substrate that obtained the greatest rooting was the peat, presenting the highest values in the parameters evaluated, with T8 (Turba + AIB) being the best treatment for the variables studied.

Keywords: Coffee, microtunnel, propagation, cuttings, hormones, substrates.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de café es uno de los rubros más importantes en nuestra región, el cual representa el desarrollo económico y social en la región Amazonas y del Perú; sin embargo, debemos reconocer que este cultivo al igual que la mayoría de las plantas cultivadas extensivamente enfrenta serios problemas que limitan su producción.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2017), la producción de café registró 77,197 toneladas en junio del 2017, un nivel superior en 13.6 % comparado con lo registrado en el año anterior, debido a las temperaturas favorables que incidieron en el desarrollo del cultivo.

En los años 2012/2013 aumento la incidencia de la roya de café, una enfermedad producida por un hongo identificado como *Hemileia vastatrix* además de la caída en los precios internacionales de café desde 2011 hasta finales del 2013 que desincentivó la producción, contribuyeron a una merma en la producción de café en el Perú.

Periódicamente los precios y los rendimientos han ido descendiendo, por debajo de los costos de producción, no dejando de lado la pérdida de plantas, baja calidad morfológica y fisiológica de café, son problemas primordiales a nivel regional y nacional, generados por problemas fitosanitarios, escasa fertilización, condiciones ambientales, malas prácticas agrícolas (MINAGRI, 2014).

Además, el uso irracional de variedades de café con mala calidad tanto en taza como en rendimiento no alcanzaron a obtener gran demanda en las exportaciones, siendo países líderes estados unidos, Alemania y Bélgica de 48 países que exporta nuestro país.

Estos problemas del café han afectado no sólo a los productores de nuestra región y del Perú, sino también a los miles de trabajadores temporales y permanentes: hombres, mujeres y niños que están asociados de forma directa o indirecta a esta actividad. Afecta a los exportadores y comercializadores y al comercio en general debido a la reducción de la capacidad técnica de la población. La crisis del café tiene implicaciones sociales, macro y microeconómicas.

La falta de información o desconocimiento del tema de clonación de partes vegetativas del café, obtenidas de la variedad típica de aquellas plantas que sobrevivieron al ataque de roya (*Hemileia vastatrix*), permitiendo que los clones sean más resistentes a plagas, enfermedades, factores climáticos, etc., todo esto no han sido tomados en cuenta, como una alternativa para obtener niveles superiores de productividad y calidad en taza.

Sin embargo es de mucha importancia señalar que nuestro producto cafetalero a nivel regional y nacional hoy en día presenta serios problemas tales como; contracción de la demanda internacional para el café peruano por menores cosechas y menor calidad debido a la roya, carencia de institucionalidad público-privada que impide definir estrategias únicas del producto, desordenada y contradictoria promoción del producto, tratados de libre comercio perjudiciales para café peruano como el caso de México que anularon los aranceles para importaciones de cafés de baja calidad y por último el plan de renovación con cultivares de baja calidad pone en riesgo futuros del café.

Por las razones ya mencionadas se plantea desarrollar el presente trabajo para contribuir con la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo, mejorando las condiciones socioeconómicas del productor de café en la provincia de Rodríguez de Mendoza, de la región Amazonas, obteniendo un producto de calidad que cubra la demanda de mercado tanto nacional como internacional, buscando la sostenibilidad del cultivo mediante las técnica de enraizamiento de brotes de café empleando diferentes hormonas y tipos de sustratos. Es por ello, se planteó como objetivo general; evaluar el efecto de hormonas enraizantes y sustratos en el enraizamiento de esquejes de café (*Coffea arabica L.*) variedad típica en vivero y como específicos; determinar el efecto de sustratos en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces de esquejes de café, determinar el efecto de hormonas enraizantes en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces de esquejes de café y evaluar la interacción de las hormonas y sustratos en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces de esquejes de café.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

La investigación se ubicó en el distrito de Huambo en las coordenadas $6^{\circ} 20' 10''$ s, $77^{\circ} 27' 58''$ o, a una altitud de 1630 m.s.n.m. en la provincia de Rodríguez de Mendoza. En la parcela de un productor en el caserío Santiago distrito de Huambo.

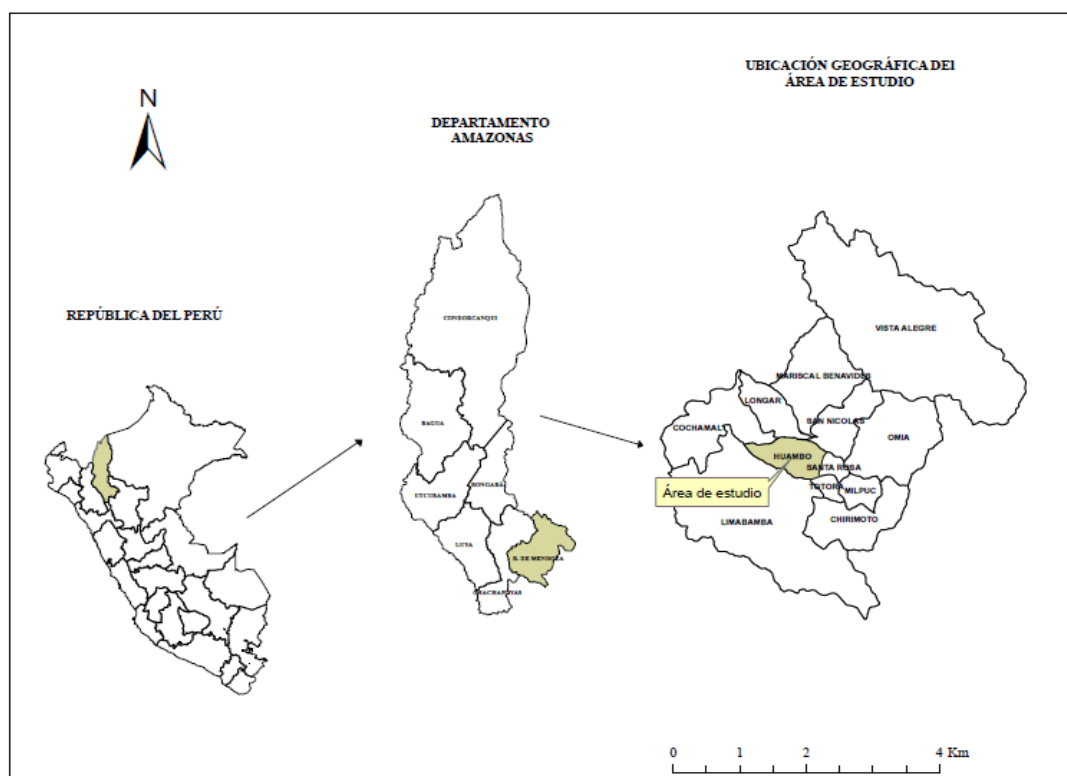


Figura 1. Ubicación geopolítica del distrito de Huambo/provincia de Rodríguez de Mendoza/Amazonas

3.2 Características del área experimental

El área experimental donde se realizó este trabajo de investigación fue en un vivero de 10 m de largo por 4 metros de anchó, este se acondicionó para no tener problemas de excesiva humedad por las precipitaciones y/o problemas de alta insolación. Se colocó grabas en el piso para mantener el drenaje y facilitar el traslado sin portar algún agente patógeno. Se circuló todo el perímetro con malla rashchell 80% para prevenir algún ingreso de animales e insectos perjudiciales.

3.3 Población, muestra y muestreo.

Población: Estará conformada por 500 plantas de café de la variedad típica, en 20 m² de área disponible del jardín clonal de donde se recolectará los brotes para el trabajo de investigación en el distrito Huambo-Región Amazonas.

Muestra: Se evaluará 8 plantas por tratamiento, siendo 9 tratamientos con 3 repeticiones, y en total 216 plantas en todo el ensayo

Para calcular el tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula de muestreo para población finita (Torres, 2013):

Dónde:

$$n = \frac{Z^2 \cdot x \cdot N \cdot p \cdot x \cdot q}{E^2 \cdot x \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot x \cdot p \cdot x \cdot q}$$

- N = 500 plantas de café
- Z = 1.96, valor puntual con un nivel de confianza del 95%
- E = 0.05, nivel de precisión para estimar la muestra
- p = 0.5, proporción de éxito con la característica de interés
- q = 0.5, proporción de fracaso sin la característica de interés

Muestreo: El tipo de muestreo a realizar es el muestreo probabilístico, en el cual 8 esquejes son evaluables por tratamiento, siendo 9 tratamientos por tres replicas.

3.4 Variables de estudio

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Hormonas enraizantes: AIB (ácido indol butírico) y ROOT-HOR.
- Sustratos: Arena, tierra agrícola y turba.

VARIABLES DEPENDIENTES

- Porcentaje de sobrevivencia
- Porcentaje de enraizamiento
- Número de raíces
- Tamaño de raíces

3.5 Distribución de factores y tratamientos

Los tratamientos fueron distribuidos en diseño completamente al azar en una cámara de enraizamiento dentro del vivero, siendo el factor (A): sustratos y el factor (B): hormonas enraizantes, donde la interacción de los dos factores da un tratamiento.

- **Factor (A): Sustrato**
 - Tierra agrícola 100 % (a1)
 - Arena 100 % (a2)
 - Turba 100 % (a3)
- **Factor (B): Hormonas**
 - Sin hormona (b1)
 - Ácido indol butírico (0.05 gr de AIB / 25 ml de alcohol) (b2)
 - Root hor – (5ml de root hor / 1 litro de agua) (b3)

Tabla 1: Descripción de tratamientos de estudio

Tratamientos	Código	Descripción
T1	a1b1	Tierra agrícola + sin hormona
T2	a1b2	Tierra agrícola + AIB
T3	a1b3	Tierra agrícola + root-hor
T4	a2b1	Arena + sin hormona
T5	a2b2	Arena + AIB
T6	a2b3	Arena + root-hor
T7	a3b1	Turba + sin hormona
T8	a3b2	Turba + AIB
T9	a3b3	Turba + root-hor

Fuente: Elaboración propia

3.6 Diseño de investigación

En el presente estudio se utilizó el DCA (Diseño Completamente al Azar), con arreglo Bifactorial 3Ax3B donde el factor A fueron las hormonas enraizantes y el factor B los sustratos, expresado en nueve tratamientos y tres repeticiones, dando un arreglo de 27 unidades experimentales, cada tratamiento con 8 esquejes haciendo un total de 216 esquejes.

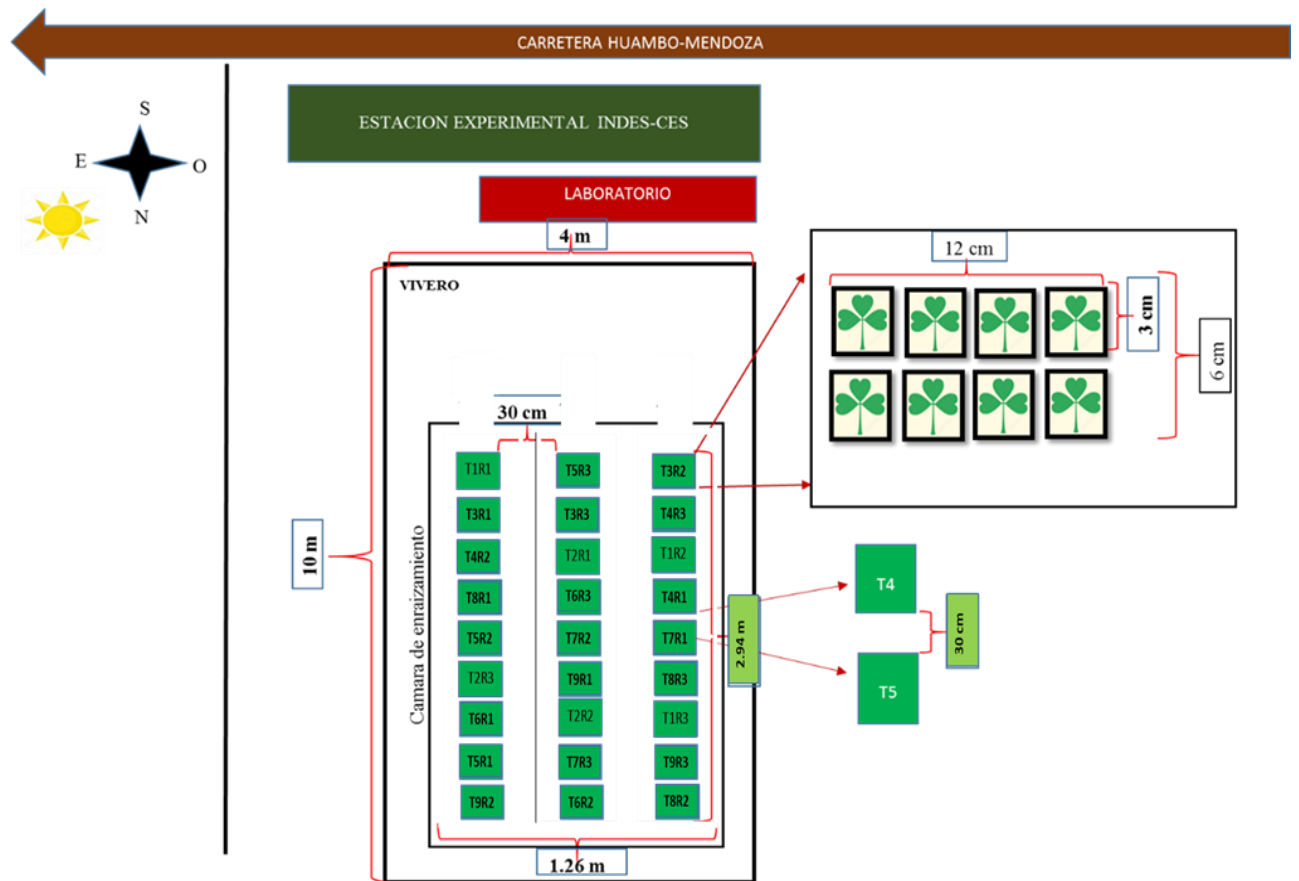


Figura 2. Diseño de la instalación del trabajo de investigación en vivero.

3.7 Procedimiento

a) Colecta de sustratos

Los sustratos utilizados fueron la arena, tierra agrícola y turba. En caso de la arena fue adquirida de las canteras de los alrededores de la zona de Huambo, la tierra se obtuvo de una finca cafetalera del sector Miraflores, y por último la turba fue colectada de los bosques del distrito mencionado anteriormente. Las muestras se recolectaron con ayuda de palanas, picos, etc. y fueron depositadas en un saco de polipropileno y luego trasladadas posteriormente a la estación experimental donde se realizó la instalación de la investigación.

b) Esterilización del sustrato

La esterilización se realizó, por separado, cada sustrato fue colocado en un recipiente, en el cual se añadió agua hervida a una $T^{\circ}=90^{\circ}\text{C}$ repitiendo esta operación 3 veces cada 10 minutos, para eliminar agentes patógenos presentes, y prevenir alguna mortandad de los brotes. Finalmente se dejó secar y posteriormente se llenaron las bolsas con cada sustrato al 100 %, las bolsas de vivero que se utilizaron son de polietileno color negro de tamaños 3x7x0.03, verificando que no presenten muchos agujeros drenadores, ya que se necesitan que el sustrato conserve la humedad.

El término “sustrato”, que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta (Pastor, 1999).

c) Acondicionamiento de vivero

El vivero se acondiciono para no tener problemas de excesiva humedad por las precipitaciones y/o problemas de alta insolación. Se colocó grabas en el piso del vivero para mantener el drenaje y facilitar el traslado sin portar algún agente patógeno. Se circuló todo el perímetro con malla rashchell 80% para prevenir algún ingreso de animales e insectos perjudiciales.

d) Colecta de esquejes

Los esquejes se colectaron de los jardines clónales instalados en invernaderos, evaluando principalmente que los tallos presenten una consistencia semilignificada o lignificada, para no tener mortandad, por lo tanto, se seleccionaron los mejores individuos, donde se utilizaron brotes de 55 a 64 y 65 a 74 días de edad. Dicha actividad se realizó con una tijera de mano, desinfectada con alcohol (96%). Se cortaron los brotes a 3 cm desde el par de hojas hacia abajo y un 1 cm encima, así mismo se realizó una sección de las hojas al 30 % del área foliar.

e) Proceso de preparación y aplicación hormonal a base de AIB (ácido indolbutírico) y ROOT-HOR

El AIB Y ROOT – HOR pertenecen al grupo de fitohormonas que actúan como reguladores de crecimiento vegetal, siendo sustancias activas o compuestos orgánicos que estimula la formación de raíces y su crecimiento en una estructura vegetal a partir de un corte a la planta (Casaretto, 2006).

La preparación de las dosis hormonales se realizó en el laboratorio, preparando una solución para cada hormona correspondiente, luego se colocó en un matraz de Erlenmeyer para ser sellada con papel aluminio.

Para ello, inicialmente se desinfectaron los esquejes sumergiéndoles en una solución fúngica de Curtine-V de 5 gr en 2 litros de agua, por un periodo de 10 minutos. Posteriormente los esquejes fueron sumergidos en soluciones previamente preparados a base de hormona AIB 2000 ppm diluida en alcohol al 96 % en una relación de peso/volumen, para así obtener la concentración deseada y Root-hor (5 ml en un litro de agua) cada uno con sus dosis indicadas según el proveedor.

Para lograr un esqueje ideal para enraizamiento, los brotes colectados tienen que ser preparados eliminando las partes oxidadas del corte de colecta, y hasta el 30 % del área foliar que permite mejor manipulación en el establecimiento del ensayo, pues la presencia del área foliar, ejerce una fuerte influencia estimulante sobre la emergencia de raíces, esto probablemente se debe a los carbohidratos traslocados de las hojas y otras sustancias (Hartmann & Kester, 1995).

f) Siembra de esquejes de café en sustrato esterilizado

Los esquejes una vez pasado por el proceso de adición de hormonas AIB y Root-hor, siguiendo las indicaciones de los productos; 8 esquejes por unidad experimental fueron sembrada en el sustrato contenidas en bolsas de vivero; abriéndose un hoyo pequeño con un repicador de 2 cm de profundidad y en ellas fueron colocados los esquejes, con sumo cuidado para no lastimarlos. Seguidamente se hizo una presión en los costados de la base de los esquejes para poner en contacto directo y no dejar cámaras de aire.

Los esquejes fueron colocados según la distribución de cada tratamiento del ensayo. El etiquetado se colocó una vez instalado el ensayo indicándose el código de la combinación de factores en estudio

g) Cámara de enraizamiento

Para el proceso de enraizamiento se utilizó una cámara de enraizamiento dentro del vivero de 3.50 m de largo por 2 m de ancho y 0,80 m de altura, se construyó utilizando plástico transparente o de invernadero colocado sobre una estructura de arcos de tuberías flexibles asegurados a los extremos con firmeza, de este modo se forma una especie de túnel o techo con dos aguas, a una altura de 0,80 m del suelo, siendo el soporte de material de piedras chancadas, para el depósito de las bolsas donde se depositaron los brotes. Se realizó la limpieza y desinfección con la finalidad de evitar cualquier tipo de contaminación al instalar el ensayo. La cámara de enraizamiento tiene por objeto mantener la humedad relativa cerca del 98 % y mantener la temperatura más o menos constante, además sirve para evitar el exceso de agua o lluvia que ocasiona pudrición a las estacas recién plantadas (Orellana, 1998).

h) Suministro del riego de la cámara de enraizamiento

Se proporcionó el riego con una mochila de fumigar en el interior de la cámara, 3 veces al día durante el lapso de 10 segundos por cada unidad experimental, con el fin de lograr la humedad relativa óptima.

Debido a la alta humedad generada en el interior de la cámara se crea un ambiente con condiciones propicias para la propagación de hongos y otros patógenos, por lo que se realizó una adecuada

limpieza de hojas caídas o estacas con necrosis, limpieza de la superficie interna y externa con una solución de agua y lejía para prevenir la propagación de patógenos, ésta actividad se realizó una vez a la semana.

3.8 Evaluación de las variables

Los datos para estos 2 primeros parámetros (porcentaje de enraizamiento y porcentaje de mortandad) fueron transformados mediante la fórmula de arcosen $\sqrt{(\%)}$.

Porcentaje de sobrevivencia: esta variable se evaluó a los 15, 30 y 50 días, consistió en identificar las plantas que iban muriendo, las cuales se retiraron y la información levantada fue sistematizada para realizar el cálculo del porcentaje de sobrevivencia por tratamiento.

$$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{\text{Número de esquejes vivos por unidad experimental}}{\text{Número de esquejes por unidad experimental}} \times 100$$

Porcentaje de enraizamiento: se evaluó a los 50 días, evaluando la formación de raíces que emitió cada esqueje por unidad experimental del ensayo

Se considera un brote enraizado a aquel que presenta al menos una raíz de 5 milímetros o más de longitud Santelices (1998). Además, se considera la categoría de enraizamiento según lo propuesto por Río & Caballero (2005), en función de la variabilidad observada, estableciéndose las siguientes categorías:

- Enraizamiento muy alto: 80-100%
- Enraizamiento alto: 60-80%
- Enraizamiento medio: 40-60%
- Enraizamiento bajo: 20-40%
- Enraizamiento muy bajo: 1-20%

$$\% \text{ Enraizamiento} = \frac{\text{Número de esquejes enraizadas por unidad experimental}}{\text{Número de esquejes por unidad experimental}} \times 100$$

Numero de raíces: Se evaluó al final (50 días) de la investigación, contabilizando el número de raíces en cada esqueje por unidad experimental.

Tamaño de raíz: Se evaluó al final de la investigación, midiéndose con un vernier todas las raíces por cada esqueje por unidad experimental, estos datos se sistematizaron para luego obtener un promedio de raíces.

3.9 Análisis de los datos

Los datos fueron registrados en una libreta de campo y se procesó los datos en un software estadístico de Infostat versión 2017. En los datos evaluados, fueron transformados mediante la fórmula del arcosen $\sqrt{(\%)}$. Los promedios fueron sometidos a la prueba Tukey con nivel de significancia de $p < 0,05$.

Modelo estadístico para este proyecto de investigación

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Dónde: i: 1,2,3 (a) j: 1,2,3 (b) k: 1,2,3 (repeticiones) Tratamientos: ab = 9

Y_{ijk} = Total de una observación.

μ = Media de la población.

A_i = Efecto iésimo de los niveles del factor A.

B_j = Efectos jotaésimo de los niveles del factor B.

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los niveles del factor A con los niveles del factor B.

E_{ijk} = Efecto aleatorio.

Tabla2. Cuadro ANVA

F de V	Gl	SC	CM	F
Tratamientos	ab-1	T_{yy}	T	T/E
A	a-1	A_{yy}	A	A/E
B	b-1	B_{yy}	B	B/E
AB	(a-1)(b-1)	AB_{yy}	AB	AB/E
Error	(ab-1)(r-1)	E_{yy}	E	
Total	abr-1	W_{yy}	W	

Fuente: Cuadro ANVA (Torres, 2013)

III. RESULTADOS

3.1 Determinar el efecto de sustratos en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y tamaño de raíces de esquejes de café.

En la tabla N° 3, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) al 5 % de significancia, para la variable % de sobrevivencia, donde se observa que si existe diferencia estadística significativa donde sus efectos fueron estadísticamente diferentes entre los factores sustrato y hormona.

Sin embargo, para interacción entre los dos factores no se halló significancia estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente uno del otro, obteniendo un coeficiente de variabilidad de 8,49 %, valor que confiere confiabilidad a los resultados presentes.

Tabla 3. Análisis de varianza para el porcentaje de sobrevivencia.

% SOBREVIVENCIA	Tukey alfa=0.05				
FV	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	2038.11	8	254.76	4.50	0.005
SUSTRATO	857.04	2	428.52	8.43	0.003
HORMONA	761.78	2	380.89	7.49	0.004
SUSTRATO*HORMONA	419.29	4	104.82	2.06	0.128
Error	914.99	18	50.83		
Total	2953.1	26			

C.V = 8.49 %

Se presentan los promedios de significación y la prueba de tukey al 5 % de probabilidad para la variable % de sobrevivencia, (tabla 4, figura 3), evaluados a los 50 días, se observa que el sustrato arena presenta mayor cantidad de esquejes vivos con una media del 90 % de sobrevivencia; mientras que el sustrato turba, presenta un 85,4 % de sobrevivencia y el sustrato tierra agrícola, presenta 76,43 %, siendo el valor más bajo. Este resultado se debe a que la humedad es importante en la parte área mas no en el sustrato es por este motivo que la arena al tener un buen drenaje, evita la mortandad de las estacas por exceso de humedad en el sustrato (Cuculiza, 1996).

TABLA 4. Prueba de significación para sustrato en la variable % de sobrevivencia.

SUSTRATO	SOBREVIVENCIA (%)	AGRUPACIÓN
ARENA	90	A
TURBA	85.4	A
TIERRA AGRICOLA	76.43	B

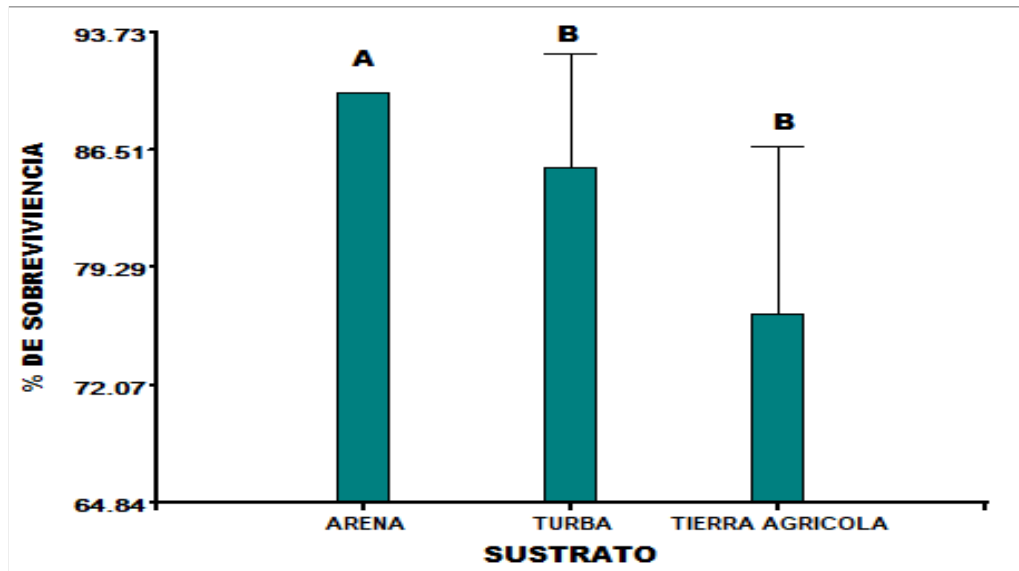


Figura 3. Prueba Tukey ($P < 0,05$) de medias para el % de sobrevivencia.

En la tabla 5, se observa el análisis de varianza para la variable % de enraizamiento, donde se puede apreciar diferencias altamente significativas para los factores en estudio; mas no así para la interacción entre ellos. El CV es igual a 12.08 %, esto quiere decir que hubo poca dispersión de los datos registrados y que los sustratos y hormonas influyeron en forma independiente en el enraizamiento de los esquejes de café.

Tabla 5. Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento.

% DE ENRAIZAMIENTO		Tukey alfa=0.05			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	4847.34	8	605.92	10.60	0.0001
SUSTRATO	934.89	2	467.44	8.54	0.0020
HORMONA	3412.96	2	1706.48	31.18	0.0000
SUSTRATO*HORMONA	499.49	4	124.87	2.28	0.1000
Error	985.24	18	54.74		
Total	5832.58	26			

C.V = 12.08 %

En la figura 4, se presentan las medias y la prueba de tukey al 5 % de probabilidad para sustratos, presentado dos rangos de diferencia para la variable % de enraizamiento (tabla 6). El mayor porcentaje de enraizamiento se observó en el sustrato turba, con un promedio de 69.37 %, al ubicarse en el primer rango de enraizamiento; el menor porcentaje de enraizamiento se registró en el sustrato tierra agrícola, con un promedio de 55.59 % ubicándose en el segundo rango de significación. Por lo tanto, se puede decir que la turba presenta un alto porcentaje de enraizamiento en comparación a los otros 2 sustratos, esto se debe a su alta capacidad de aireación, contenido de nutrientes y retención de agua.

TABLA 6. Prueba de significación para sustrato en la variable % de enraizamiento.

SUSTRATO	ENRAIZAMIENTO (%)	AGRUPACIÓN
TURBA	69.37	A
ARENA	58.81	B
TIERRA AGRICOLA	55.59	B

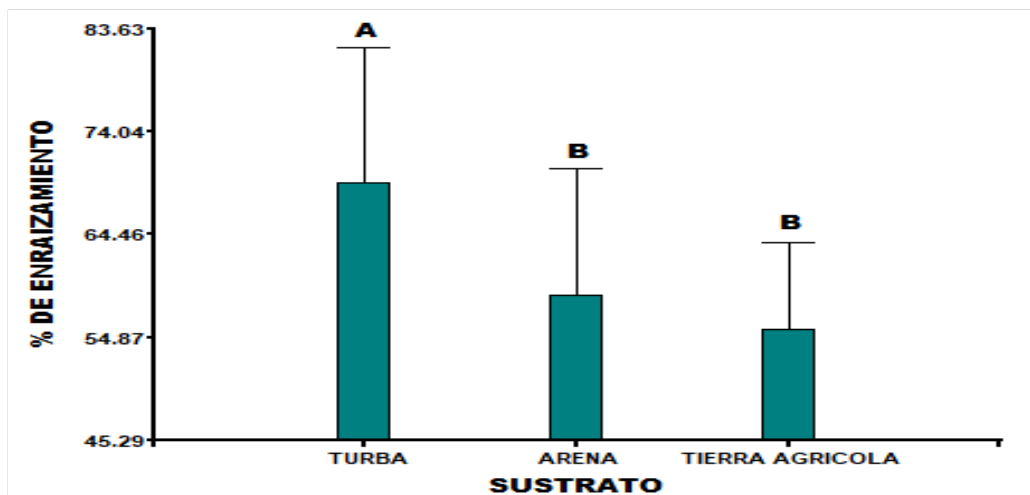


Figura 4. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el porcentaje de enraizamiento.

En la tabla 7, en el análisis de varianza para el número de raíces por esqueje a los 50 días se observa que para el factor sustrato y el factor hormona indica una alta diferenciación estadística, es decir que al menos uno tuvo mayor efecto, sin embargo, para la interacción sustrato vs hormona no se halló diferenciación estadística. El CV es igual a 10.74 %.

Tabla 7. Análisis de varianza para el número de raíces

NUMERO DE RAICES	Tukey alfa=0.05				
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	5.79	8	0.72	16.51	0.0001
SUSTRATO	1.7	2	0.85	23.74	0.0000
HORMONA	4.38	2	2.19	61.05	0.0000
SUSTRATO*HORMONA	0.15	4	0.04	1.07	0.4000
Error	0.65	18	0.04		
Total	6.88	26			

C.V = 10.74 %

En la figura 5, se presentan las medias y la prueba de tukey al 5 % de probabilidad para sustrato, presentando tres rangos de significancia para la variable número de raíces (tabla 8). El mayor número de raíces se observó en el sustrato turba, con un promedio de 2.12, al ubicarse en el primer rango de significancia; seguido del sustrato arena, con un promedio de 1.84, encontrándose en el segundo rango de significancia, y por último el menor número de raíces lo obtuvo el sustrato tierra agrícola con un promedio de 1.57, ubicándose en el tercer rango de significancia.

TABLA 8. Prueba de significación para sustrato en la variable número de raíces.

SUSTRATO	NUMERO DE RAICES	AGRUPACIÓN
TURBA	2.12	A
ARENA	1.84	B
TIERRA AGRICOLA	1.57	C

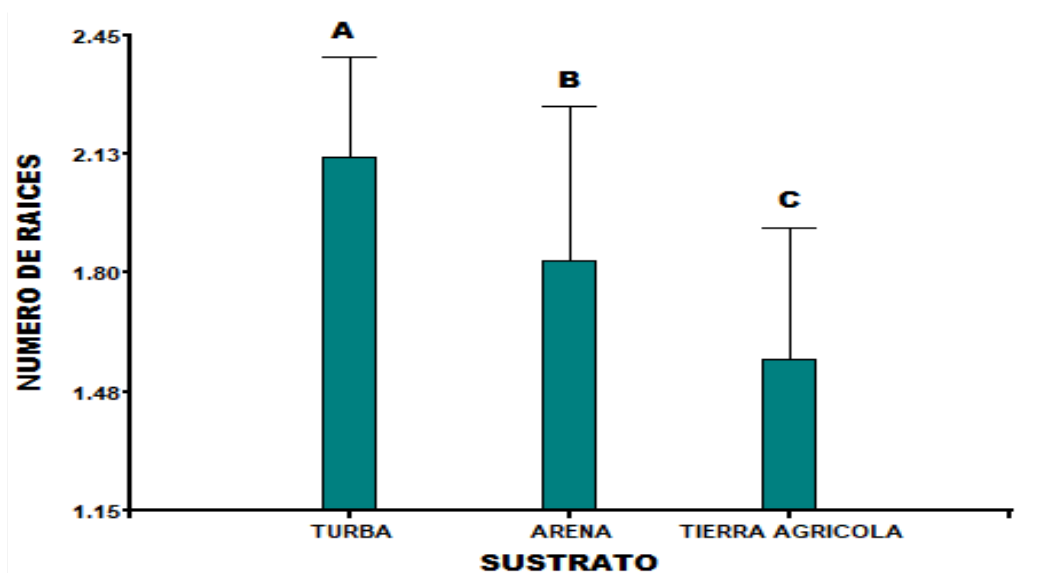


Figura 5. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el número de raíces.

En la tabla N° 9, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) al 5 % de significancia, para la variable tamaño de raíces, donde se observa que si existe diferencia estadística significativa donde sus efectos fueron estadísticamente diferentes entre los factores sustrato y hormona.

Sin embargo, para interacción entre los dos factores no se halló significancia estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente uno del otro, obteniendo un coeficiente de variabilidad de 11.25 %, valor que confiere confiabilidad a los resultados presentes.

Tabla 9. Análisis de varianza para tamaño de raíces

TAMAÑO DE RAICES	TUKEY ALFA= 0.05				
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTOS	16.70	8	2.09	11.40	0.0001
SUSTRATO	7.78	2	3.89	13.4	0.0003
HORMONA	9.8	2	4.9	16.87	0.0001
SUSTRATO*HORMONA	1.45	4	0.36	1.25	0.3271
Error	5.23	18	0.29		
Total	24.26	26			

C.V = 11.25 %

Según la prueba de significación de Tukey al 5% para sustrato (figura 6), se establecieron dos rangos de significación (tabla 10). El sustrato que mayor tamaño de raíces lo presento el sustrato turba, con un promedio de 4.6 cm, al ubicarse en el primer rango de significación; el sustrato con menor longitud de raíz fue la tierra agrícola, con un promedio de 3.55 cm, ubicándose en el último rango.

TABLA 10. Prueba de significación para sustrato en la variable tamaño de raíces.

SUSTRATO	TAMAÑO DE RAICES	AGRUPACIÓN
TURBA	4.6	A
ARENA	3.8	B
TIERRA AGRICOLA	3.55	B

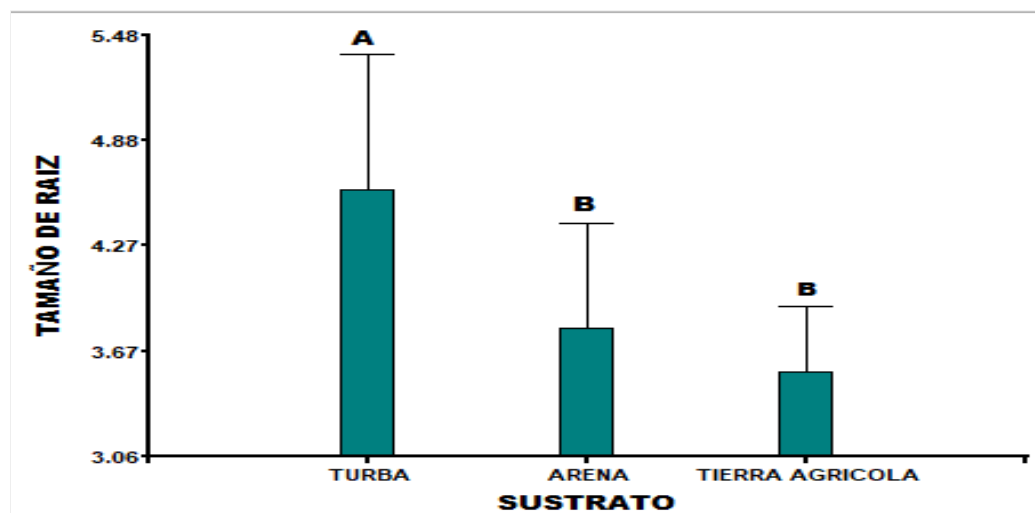


Figura 6. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el tamaño de raíces.

3.2 Determinar el efecto de hormonas enraizantes en el porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de enraizamiento, número y tamaño de raíces de esquejes de café.

Se presentan los promedios y la prueba de tukey al 5 % de probabilidad para la variable % de sobrevivencia, (tabla 11, figura 7), evaluados a los 50 días, se observa que el sustrato arena presenta mayor cantidad de esquejes vivos con una media del 90 % de sobrevivencia; mientras que el sustrato turba, presenta un 85,4 % de sobrevivencia y el sustrato tierra agrícola, presenta 76,43 %, siendo el valor más bajo. Este resultado se debe a que la humedad es importante en la parte área mas no en el sustrato es por este motivo que la arena al tener un buen drenaje, evita la mortandad de las estacas por exceso de humedad en el sustrato (Cuculiza, 1996).

TABLA 11. Prueba de significación para sustrato en la variable % de sobrevivencia.

SUSTRATO	SOBREVIVENCIA %	AGRUPACIÓN
ARENA	90	A
TURBA	85.4	A
TIERRA AGRICOLA	76.43	A

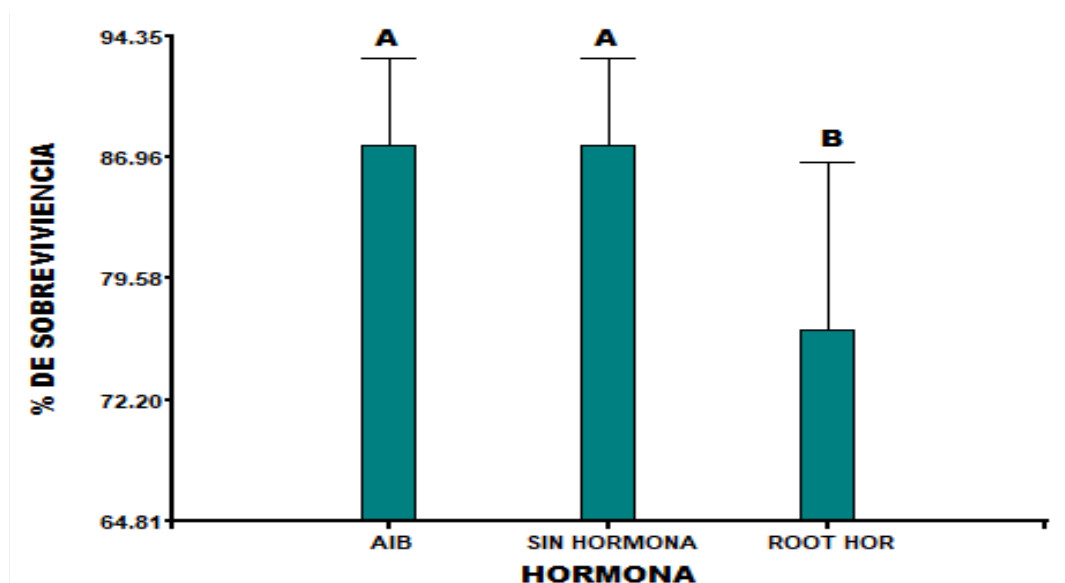


Figura 7. Prueba Tukey (P < 0,05) de medias para el % de sobrevivencia.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para hormonas (figura 8, tabla 12) se aprecian dos rangos de significancia, encontrándose en la hormona AIB (Ácido indulbutirico), con el promedio más alto de 79.07 % de esquejes enraizados; en el sin hormona con un promedio de 54.8 % de esquejes enraizados; y en la hormona ROOT HOR, con un promedio de 51.9 % de esquejes enraizados.

TABLA 12. Prueba de significación para hormona en la variable % de enraizamiento.

HORMONA	ENRAIZAMIENTO %	AGRUPACION
AIB	77.07	A
SIN HORMONA	54.8	B
ROOT HOR	51.9	B

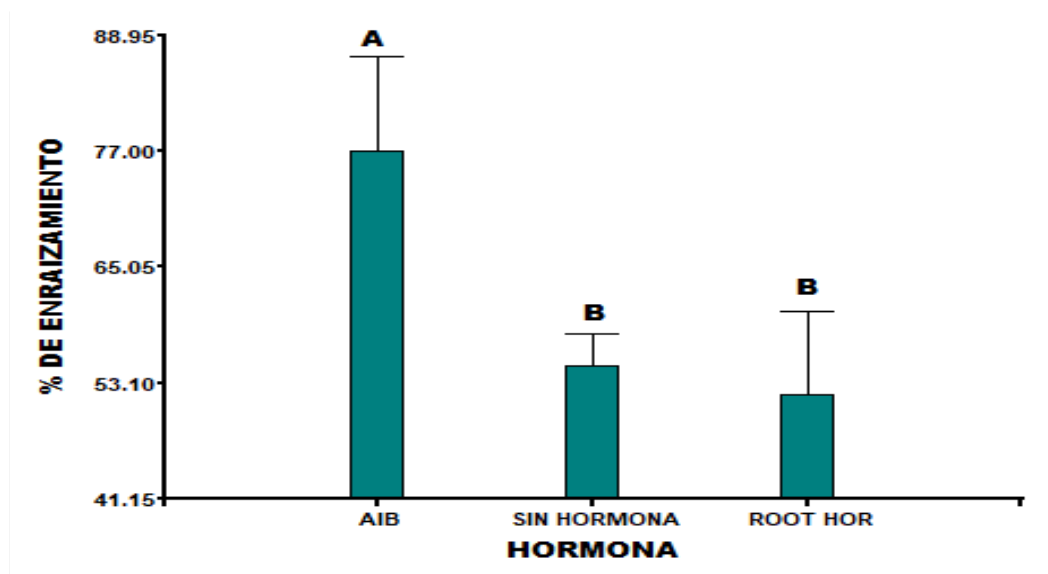


Figura 8. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el % de enraizamiento.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para hormonas (figura 9) se aprecian tres rangos de significancia (tabla 13), encontrándose en el primer rango de significancia a la hormona AIB (Ácido indulbutirico), con el promedio más alto de 2.23, mientras que en el segundo rango de significancia se encuentra el sin hormona con un promedio de 1.99; y por último se encuentra el ROOT HOR con un promedio de 1.3, encontrándose en el tercer rango de significancia.

TABLA 13. Prueba de significación para hormona en la variable número de raíces.

HORMONA	TAMAÑO DE RAICES	AGRUPACIÓN
AIB	2.23	A
SIN HORMONA	1.99	B
ROOT HOR	1.3	C

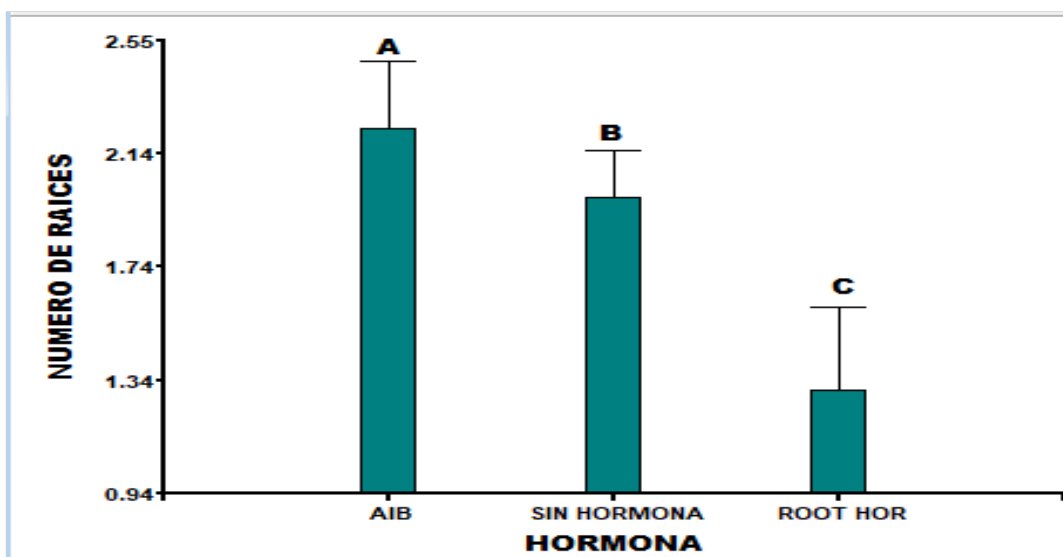


Figura 9. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el número de raíces.

En la figura 10, se detalla la prueba de significación de Tukey al 5% para hormona, donde se reconocen 3 rangos de significación (tabla 14). El mayor tamaño de raíz lo obtuvo la hormona AIB (ácido indulbutirico), con un promedio de 4.7 cm. y se ubicó en el primer rango; en el segundo rango se encontró al sin hormona, con un promedio de 3.98 cm. y en el último rango se encuentra la hormona ROOT HOR, con un promedio de 3.27 cm., presentado una menor longitud de raíz.

TABLA 14. Prueba de significación para hormona en la variable tamaño de raíces.

HORMONA	TAMAÑO DE RAICES	AGRUPACIÓN
AIB	4.7	A
SIN HORMONA	3.98	B
ROOT HOR	3.27	C

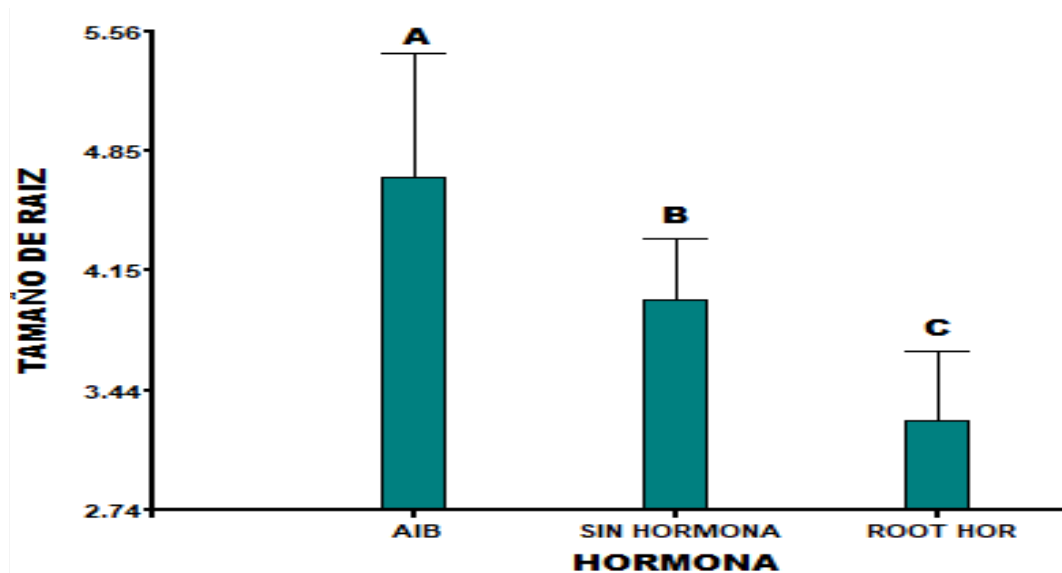


Figura 10. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para el tamaño de raíces.

3.3 Evaluar la interacción de las hormonas y sustratos en el porcentaje de Supervivencia, porcentaje de enraizamiento, número y tamaño de raíces de esquejes de café.

En la figura 11, según el análisis estadístico se observa la interacción de factores sustratos vs hormonas para la variable porcentaje de supervivencia, presentándose dos rangos de diferencia (tabla 15), en donde se observa que no reporto diferencias estadísticas, pero si numéricamente donde el T5, T6, T7, T8 y T4 sobresalieron con los valores más altos, comparado con el tratamiento T3 el que obtuvo el menor porcentaje de supervivencia con el 63.1 %.

TABLA 15. Prueba de significación para la interacción sustrato vs hormona en la variable % de supervivencia.

SUSTRATO	HORMONA	SOBREVIVENCIA (%)	AGRUPACIÓN	
TURBA	SIN HORMONA	90	A	
TURBA	AIB	90	A	
ARENA	SIN HORMONA	90	A	
ARENA	ROOT HOR	90	A	
ARENA	AIB	90	A	
TIERRA AGRICOLA	SIN HORMONA	83.1	A	B
TIERRA AGRICOLA	AIB	83.1	A	B
TURBA	ROOT HOR	76.2	A	B
TIERRA AGRICOLA	ROOT HOR	63.1		B

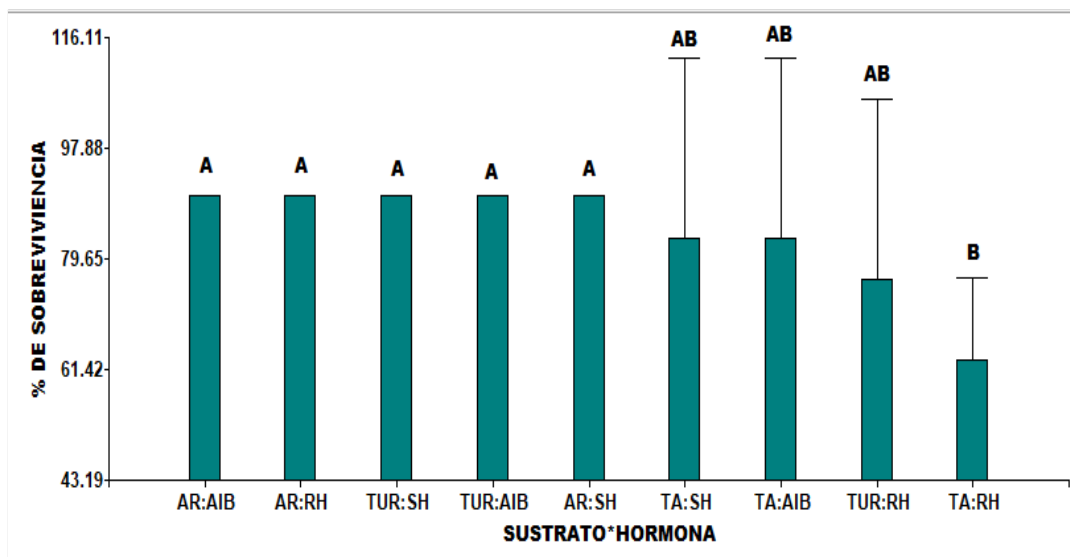


Figura 11. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en el % de sobrevivencia.

En la Figura 12, se observa la prueba de tukey al 5 %, donde indica que no hay diferencia significativa en la interacción de los factores, presentándose cuatro rangos de diferencia para la variable % de enraizamiento (tabla 16), que se presenta en los respectivos tratamientos, sin embargo, el T8 es el tratamiento con un promedio del 90 %, en comparación con el T3 que presenta el valor más bajo de 45 % de enraizamiento.

TABLA 16. Prueba de significación para la interacción sustrato vs hormona en la variable % de enraizamiento.

SUSTRATO	HORMONA	ENRAIZAMIENTO (%)	AGRUPACIÓN		
TURBA	AIB	90	A		
ARENA	AIB	74.8	A	B	
TIERRA AGRICOLA	AIB	66.4		B	C
TURBA	ROOT HOR	63.1		B	C D
TIERRA AGRICOLA	SIN HORMONA	55.3		B	C D
TURBA	SIN HORMONA	55		B	C D
ARENA	SIN HORMONA	54.1		B	C D
ARENA	ROOT HOR	47.6			C D
TIERRA AGRICOLA	ROOT HOR	45			D

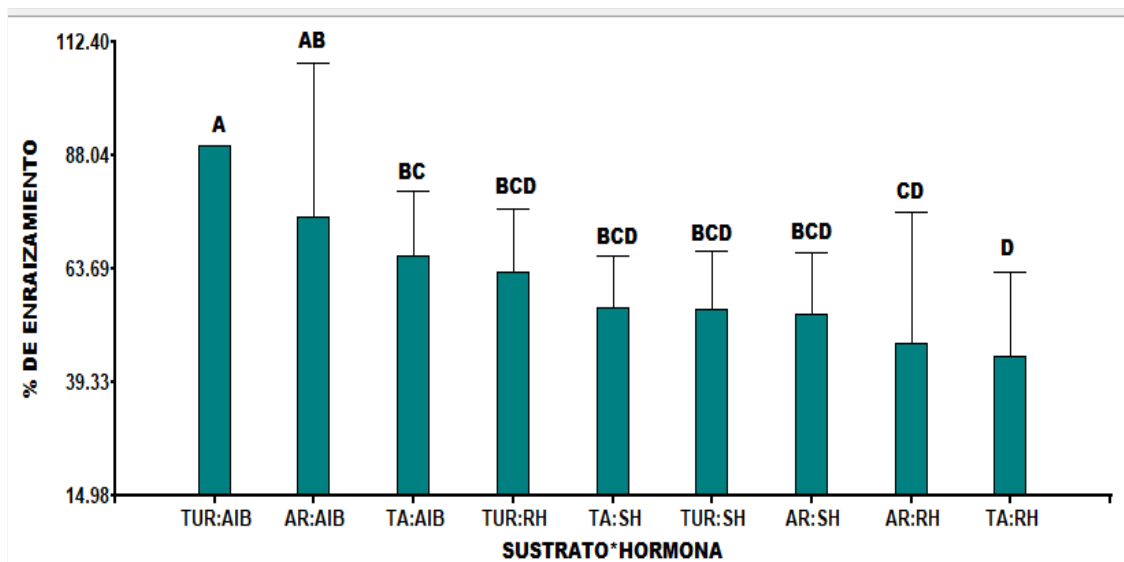


Figura 12. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en el % de enraizamiento.

Con la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción sustrato hormona (figura 13), donde se registraron tres rangos de significación para la variable número de raíces (tabla 17). La interacción T8 (turba vs sin hormona), reportan mayor número de raíces, ubicándose en el primer rango de significación. Las interacciones T5 (arena vs ácido indolbutirico), T7 (turba vs sin hormona), T4 (arena vs sin hormona), T2 (tierra agrícola vs ácido indolbutirico), T1 (tierra agrícola vs sin hormona) y el T9 (turba vs root hoo), se encuentran en el segundo rango de significación. Mientras que la interacción T6 (arena vs root hoo) y el T3 (tierra agrícola vs root hoo) son los tratamientos con menor número de raíces ubicándose en el tercer rango.

TABLA 17. Prueba de significación para la interacción sustrato vs hormona en la variable número de raíces.

SUSTRATO	HORMONA	NUMERO DE RIACES	AGRUPACIÓN	
TURBA	AIB	2.46	A	
ARENA	AIB	2.31	A	B
TURBA	SIN HORMONA	2.15	A	B
ARENA	SIN HORMONA	2.03	A	B
TIERRA AGRICOLA	AIB	1.93	A	B
TIERRA AGRICOLA	SIN HORMONA	1.79		B
TURBA	ROOT HOR	1.75		B
ARENA	ROOT HOR	1.17		C
TIERRA AGRICOLA	ROOT HOR	0.99		C

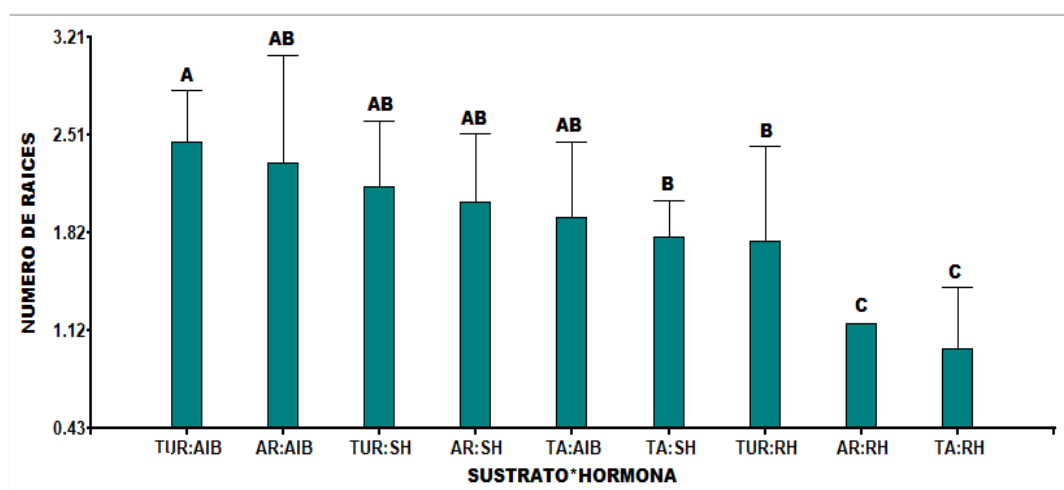


Figura 13. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en el número de raíces.

Mediante la prueba de significación de Tukey al 5% para la interacción sustrato vs hormona (figura 14), se registraron cuatro rangos de significación (tabla 18) para la variable tamaño de raíces. La interacción T8 (turba vs ácido indulbutirico), reportan mayor número de raíces, ubicándose en el primer rango de significación.

La interacción T5 (arena vs ácido indulbutirico), se encuentra en el segundo rango de significancia. La interacción T7 (turba vs sin hormona), se encuentra en el tercer rango de significancia y el T1 (tierra agrícola vs sin hormona), T2 (tierra agrícola vs ácido indulbutirico), T4 (arena vs sin hormona), el T9 (turba vs root hor), T6 (arena vs root hor) y el T3 (tierra agrícola vs root hor) son los tratamientos con menor número de raíces ubicándose en el cuarto rango.

TABLA 18. Prueba de significación para la interacción sustrato vs hormona en la variable tamaño de raíces.

SUSTRATO	HORMONA	TAMAÑO DE RAICES (cm)	AGRUPACIÓN		
TURBA	AIB	5.74	A		
ARENA	AIB	4.6	A	B	
TURBA	SIN HORMONA	4.35	B		C
TIERRA AGRICOLA	SIN HORMONA	3.87	B	C	D
TIERRA AGRICOLA	AIB	3.75	B	C	D
ARENA	SIN HORMONA	3.72	B	C	D
TURBA	ROOT HOR	3.7	B	C	D
ARENA	ROOT HOR	3.07	C		D
TIERRA AGRICOLA	ROOT HOR	3.03	D		

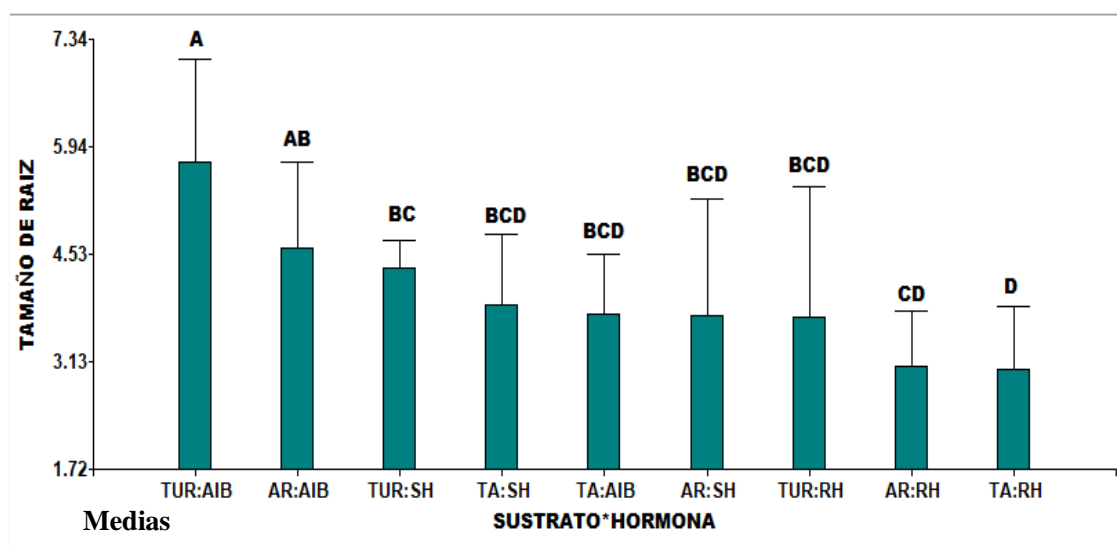


Figura 14. Prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la interacción en tamaño de raíces.

IV. DISCUSIONES

Con respecto a los efectos de los sustratos en las variables estudiadas, se encontró altas diferencias estadísticas para el factor sustrato, al evaluar el porcentaje de sobrevivencia, presentando el mayor rango significativo, el sustrato arena, para la variable de sobrevivencia con un promedio del 90 %, por presentar características óptimas tales como: humedad constante, buena aireación y mayor soltura según Pérez (2002), presentando valores superiores al trabajo de investigación de Aliaga (2009), obteniendo para el sustrato arena, un promedio de 58 % de sobrevivencia, a los 70 días de evaluación. Por otro lado, para la variable % de enraizamiento, en caso de la turba presentó una media de 69.37 siendo el más alto; el cual difiere a los resultados obtenidos de Lucero (2013), donde concluye que el mejor sustrato que obtuvo lo observó en la arena presentando una media de 83,33 % de enraizamiento; esta diferencia de promedios se debe a que la evaluación realizada por dicho autor, fue a los 90 días después de la siembra. En cuanto a la variable número de raíces, el sustrato presentó una media de 2.12; el cual fue un valor sobresaliente en comparación con los resultados obtenidos de Paladines (2008), en su tesis: respuesta de cuatro sustratos y tres métodos de aplicación hormonal para propagación clonal de café robusta (*Coffea canephora* P.), donde menciona que no encontró diferencias estadísticas para el factor sustrato, evaluadas a los 60 y 90 días después de la siembra para la variable número de raíces.

Paladines (2008), en su trabajo de investigación: respuesta de cuatro sustratos y tres métodos de aplicación hormonal para propagación clonal de café robusta (*Coffea canephora* P.), donde una de sus variables de estudio era el tamaño de raíces, donde obtuvo como resultado para el factor sustrato S1 (100 % Tierra normal), un promedio de 3.88 cm, siendo el valor más alto para esta variable de su trabajo de investigación. Este antecedente dista de nuestro resultado, dado que, en nuestra investigación, para la variable tamaño de raíces, el sustrato turba presentó un promedio de 4.6 cm, siendo este resultado mayor a lo que reporta Paladines (2008), en su investigación, esto probablemente se debe a que la turba presenta mejores condiciones para el desarrollo de las raíces de esquejes de café.

En los efectos de las hormonas enraizantes en las variables estudiadas, según el análisis de varianza, se observa altas diferencias estadísticas, para el factor hormona AIB (Ácido indolbutírico), obteniendo un promedio de 87.7 % de sobrevivencia, siendo este resultado superior al trabajo de investigación de Aliaga (2009), donde tuvo como resultado para la hormona root hor, un promedio de 54 % de sobrevivencia, a los 70 días de evaluación. Estas diferencias se pueden deber a una alta concentración de dosis que aplico con la hormona root hor, debido a esto favorece la formación de etileno, hormona que estresa a la estaca y detiene la formación de raíces, produciendo la muerte de las estacas (Leví, 1987).

Para la variable porcentaje de enraizamiento según el análisis de varianza, estuvo fuertemente influenciado por el factor hormona AIB (ácido indolbutírico), presentando el mayor porcentaje de enraizamiento, con un promedio de 77.07 %, siendo superiores a los reportados por el trabajo de investigación de Lucero, D. (2013), titulado “Enraizamiento de esquejes para la producción de plantas de café variedad robusta (*Coffea canephora* P.), en donde se evaluó el porcentaje de enraizamiento, presentando un promedio de 66.30 % para el factor hormona (hormonagro 1), esto se debe a que el AIB es una auxina sintética que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento teniendo como ventaja de que no es toxica, no se degrada fácilmente por la luz o microorganismos y es insoluble al agua, permaneciendo más tiempo en el sitio de aplicación ejerciendo un mayor efecto según Mesen (1998); igualmente Weaver (1990), menciona que el AIB (Ácido Indolbutírico), es uno de los mejores para el enraizamiento.

Así mismo para la variable número de raíces, para el factor hormona, el valor más alto se logró con el AIB con una media de 2.23, los cuales fueron valores sobresalientes en comparación con los resultados obtenidos de Paladines (2008), en su tesis: respuesta de cuatro sustratos y tres métodos de aplicación hormonal para propagación clonal de café robusta (*Coffea canephora* P.), donde menciona que no encontró diferencias estadísticas para el factor sustrato, hormonas e interacción, evaluadas a los 60 y 90 días después de la siembra para la variable número de raíces.

Con respecto a la variable tamaño de raíces, para el factor hormona el primer rango de significancia lo obtuvo la hormona AIB, con un promedio de 4.7 cm, siendo un valor significativo, a diferencia de Paladines (2008), que no presentó diferencias estadísticas a los 60 días de evaluación. Probablemente estas diferencias se deban a que la hormona AIB sea más eficiente y promueve más el enraizamiento, produciendo un mayor efecto en los esquejes.

Por último, según el análisis de varianza, para la interacción entre los dos factores no se halló significancia estadística, pero si numéricamente, por lo tanto ambos factores actúan independientemente uno del otro, en todas las variables estudiadas; en la interacción de ambos factores sustrato vs hormona, presentando la variable porcentaje de sobrevivencia, los rangos más altos el T7 (turba+ sin hormona), T8 (turba + ácido indolbutírico), T4 (arena + sin hormona), T6 (arena + root hor), T5 arena + ácido indolbutírico), presentando promedios del 90 %, valor con similitud del trabajo de investigación de Ángel (2015), logrando promedios de 96.25 y 70.50 % en los tratamientos D1S1 (10 g/l y arena) Y D2S2 (10g/l y pomina).

Para la variable porcentaje de enraizamiento, el tratamiento con el mayor rango de significancia lo presentó, el T8 (turba + ácido indolbutírico), reportando un promedio del 90 % de enraizamiento, siendo estos resultados similares a los de Lucero (2013), donde se obtuvo un promedio del 96.67 % de enraizamiento para el tratamiento S3H1D2 (arena, 12 g/l, hormonagro 1).

Paladines (2008), en su tesis: respuesta de cuatro sustratos y tres métodos de aplicación hormonal para propagación clonal de café robusta (*Coffea canephora* P.), donde menciona que no encontró diferencias estadísticas en la interacción entre factores, evaluadas a los 60 y 90 días después de la siembra para la variable número de raíces. Este antecedente dista de nuestro resultado, dado que, en nuestra investigación, el tratamiento con el mayor rango de significancia lo obtuvo el T8 (Turba + ácido indolbutírico), con un promedio de 2,46 raíces, evaluados a los 50 días.

Y para la variable tamaño de raíces, se encuentra diferencias numéricamente, en el tratamiento T8 (Turba + ácido undulbutirico), siendo el que presento el mejor resultado con un promedio de 5.74 cm, obteniendo el primer rango de significancia; del mismo modo Paladines (2008), obtuvo resultados similares en cuanto a esta variable a los 60 días después del trasplante, presentando el T6 (75% Tierra normal + 12,5% abono orgánico (pulpa de café) + 12,5 % estiércol seco de ganado vacuno + hormona en pasta), un promedio de 5.78 cm de tamaño de raíces.

V. CONCLUSIONES

El mejor sustrato es turba, ya que con este sustrato se logró conseguir una mayor sobrevivencia de los esquejes, lo cual implica que se puede conseguir un mayor número de esquejes enraizados, además se obtuvo un mayor enraizamiento, número de raíces y tamaño de raíces con las que se trabajó demostrando que este es el sustrato más eficiente para poder propagar café de variedad típica.

La mejor hormona que presento mayores resultados fue el ácido indolbutírico (AIB), presentando buen % de sobrevivencia, % de enraizamiento, de esta manera promueve el mayor número de raíces y mejor tamaño radicular de esquejes de café (*Coffea arabica* L.).

La hormona ROO HOR presento el menor rango de significancia para las todas las variables estudiadas, esto se podría deber a la alta formación de etileno, hormona que estresa a la estaca y detiene la formación de raíces.

El tratamiento sin hormona también genero condiciones para que los esquejes presenten buen % de sobrevivencia, % de enraizamiento, numero de raíces y para el tamaño de raíces, confirmando que los esquejes seleccionados para la presente experimentación contienen concentraciones optimas de auxinas para sobrevivir bajo condiciones de vivero, sin embargo no es el mejor tratamiento.

En la interacción de factores hormona vs sustratos no se encontró diferencias estadísticas, pero si numéricamente, siendo los tratamientos T5 (Arena - AIB), y el T8 (Turba - AIB), los que obtuvieron los mejores rangos de significancia, mostrando mejores promedios % de enraizamiento, número y tamaño de raíces.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pruebas de enraizamiento en diferentes variedades de café considerando como tratamiento base al sustrato turba y a la hormona AIB.

Realizar un análisis químico y microbiológico del sustrato turba ya que con este se logró un mejor enraizamiento.

Realizar estudios de propagación vegetativa en café variedad típica, aplicando otros tipos de hormonas, en diferentes dosis y en otras variedades.

Realizar otras investigaciones con la hormona ROOT-HOR, con diferentes concentraciones de dosis.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, P. (2009). Efecto de bioestimulantes en la formación de callos de *Haplorhus peruviana* E. para la propagación (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú.
- Caballero, J. M. (2005). Aptitud al enraizamiento (tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas (pp. 28). La Serena, Chile.
- Cuculiza, P. 1996. Propagación de plantas (pp. 289). Villanueva, Lima – Perú.
- Hartmann, H.; Kester, D. (1968). Plant propagation, principles and practices. 2 ed. Eglewood cliffs, practice Hall (pp. 702). N.J. EE.UU
- Hartmann, H & Kester, D. (1995). Propagación de plantas, principios y prácticas (pp. 760). México.
- Hartmann, H. Kester, D. (1997). Propagación de Plantas, Principios y Prácticas (pp. 873). Editorial Continental. México
- INEI (2017), Instituto Nacional de Estadística e Informática. Produccion nacional de café. Perú.
- Leví, Y. 1987. Propagación de estacas de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D.) con aplicación de estimulantes del enraizamiento bajo condiciones de Tingo María (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.
- Lucero, D. (2013). “Enraizamiento de esquejes para la producción de plantas de café variedad robusta *Coffea canephora* (tesis de pregrado). Universidad Técnica De Ambato-Ecuador.

- Mesen, F. (1993). Propagación vegetativa en plantas, mediante enraizamiento de estacas Juveniles (pp. 231). Mexico.
- Mesen, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub -irrigación. Manual técnico N° 30. CATIE, Proyecto PROSEFOR (pp. 20). Turrialba, Costa Rica.
- MINAGRI (2014). La caficultura peruana. PPT de exposición del representante de la Dirección General de Negocios Agrarios del Ministerio de Agricultura y Riego. Lima: MINAGRI.
- Orellana, F. (1998). Plantaciones clónales de café robusta en sistemas agroforestales para la amazonia ecuatoriana (pp. 63). Ecuador.
- Paladines, M. (2008). Respuesta de cuatro sustratos y tres métodos de aplicación hormonal para propagación clonal de café robusta (*Coffea canephora* P) (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja – Ecuador.
- Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros (pp. 231-235). Chapingo, México.
- Santelices, R. (1998). Propagación vegetativa mediante estacas procedentes de rebrotes de tocón (tesis de pregrado). Universidad de Chile.
- Torres, A. (2013). Métodos Estadísticos para la Investigación Experimental. Amazonas – Perú.
- Weaver, R. J. 1976. Reguladores del crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Editorial Trillas (pp. 622). México.

VIII. ANEXOS

CUADRO 1. MATRIZ DE DATOS DE % DE SOBREVIVENCIA, % DE ENRAIZAMIENTO, NÚMERO Y TAMAÑO DE RAÍCES.

TRATAMIENTOS	REPETICION	SUSTRATO	HORMONA	% DE SOBREVIVENCIA	% DE ENRAIZAMIENTO	NUMERO DE RAICES	TAMAÑO DE RAIZ
T1	1	TIERRA AGRICOLA	SIN HORMONA	69.295	60.00	1.77	3.46
T1	2	TIERRA AGRICOLA	SIN HORMONA	90.000	51.00	1.90	4.17
T1	3	TIERRA AGRICOLA	SIN HORMONA	90.000	55.00	1.70	3.98
T2	1	TIERRA AGRICOLA	AIB	90.000	70.00	2.12	4.10
T2	2	TIERRA AGRICOLA	AIB	69.295	60.00	1.97	3.48
T2	3	TIERRA AGRICOLA	AIB	90.000	69.30	1.70	3.66
T3	1	TIERRA AGRICOLA	ROOT HOR	69.295	45.00	1.06	3.39
T3	2	TIERRA AGRICOLA	ROOT HOR	60.000	37.76	0.79	2.75
T3	3	TIERRA AGRICOLA	ROOT HOR	60.000	52.24	1.12	2.96
T4	1	ARENA	SIN HORMONA	90.000	50.00	1.90	4.00
T4	2	ARENA	SIN HORMONA	90.000	60.00	2.26	4.15
T4	3	ARENA	SIN HORMONA	90.000	52.24	1.94	3.02
T5	1	ARENA	AIB	90.000	90.00	2.57	5.08
T5	2	ARENA	AIB	90.000	65.00	1.97	4.18
T5	3	ARENA	AIB	90.000	69.30	2.40	4.55
T6	1	ARENA	ROOT HOR	90.000	45.00	1.17	3.38
T6	2	ARENA	ROOT HOR	90.000	37.76	1.17	2.81
T6	3	ARENA	ROOT HOR	90.000	60.00	1.17	3.02
T7	1	TURBA	SIN HORMONA	90.000	50.00	1.98	4.52
T7	2	TURBA	SIN HORMONA	90.000	60.00	2.11	4.25
T7	3	TURBA	SIN HORMONA	90.000	55.00	2.35	4.27
T8	1	TURBA	AIB	90.000	90.00	2.29	6.02
T8	2	TURBA	AIB	90.000	90.00	2.52	5.12
T8	3	TURBA	AIB	90.000	90.00	2.57	6.09
T9	1	TURBA	ROOT HOR	69.295	60.00	1.66	3.86
T9	2	TURBA	ROOT HOR	90.000	69.30	2.06	4.30
T9	3	TURBA	ROOT HOR	69.295	60.00	1.54	2.94



Figura 15. Colecta de sustratos



Figura 16. Esterilización del sustrato



Figura 17. Llenado de bolsas



Figura 18. Jardín clonal

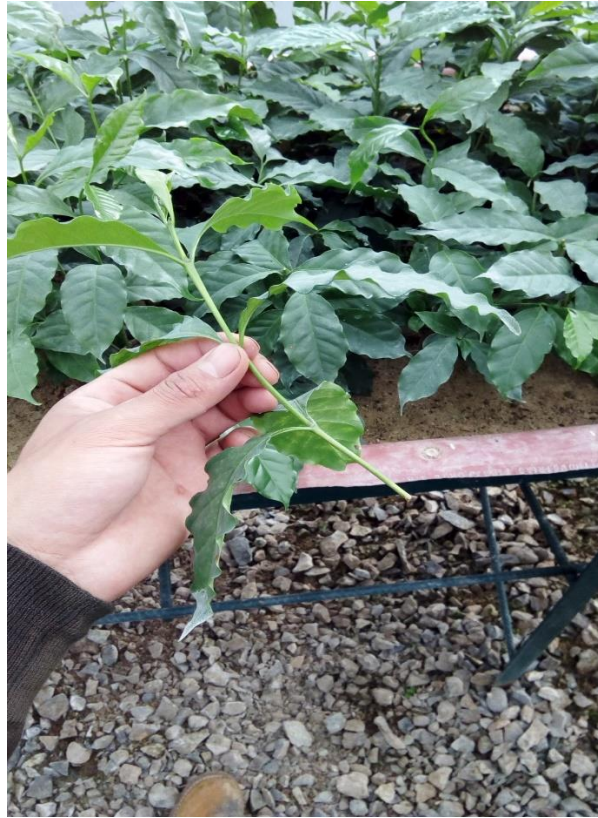


Figura 19. Corte de los brotes



Figura 20. Corte de esquejes



Figura 21. Desinfección de los esquejes



Figura 22. Corte de las hojas



Figura 23. Corte en forma de bisel de los esquejes



Figura 24. Preparación de las hormonas



Figura 25. Aplicación de la hormona ROOT-HOR



Figura 26. Aplicación de la hormona AIB (Ácido indolbutírico)



Figura 27. Instalación de la cámara de enraizamiento



Figura 28. Etiquetado de los tratamientos



Figura 29. Siembra de esquejes



Figura 30. Siembra total de todos los tratamientos



Figura 31. Instalación completa de la cámara de enraizamiento



Figura 32. Evaluación de raíces



Figura 33. Enraizamiento de esquejes



Figura 34. Conteo del número de raíces



Figura 35. Medición de longitud de raíces



Figura 36. Raíces del T8 (Turba + AIB)