

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



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

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

**EFFECTO DE TRES AUXINAS EN LA PROPAGACIÓN
ASEXUAL DE TRES VARIEDADES DE *Coffea arabica* L.
EN VIVERO.**

Autor: Bach. Alex Edmundo Huaman Quispe

Asesor: MSc. Segundo Grimaldo Chavez Quintana

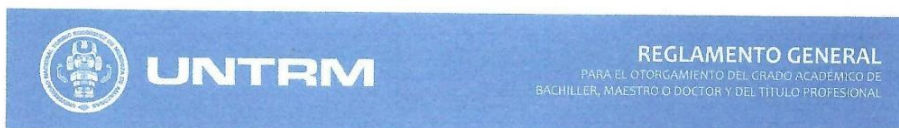
Co-Asesor: Ing. Tito Sánchez Santillan

Registro:(.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE LA PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

- Datos de autor 1**
Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Huaman Gwispe Alex Edmundo
DNI N°: 70806001
Correo electrónico: 7080600171@untrm.edu.pe
Facultad: Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional: Ingeniería Agrónoma
Datos de autor 2
Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____
- Título de la tesis para obtener el Título Profesional**
Efecto de tres auxinas en la propagación asexual de tres variedades de Coffea arabica L. en vivero.
- Datos de asesor 1**
Apellidos y nombres: Thavez Quintana Segundo Esinaldo
DNI, Pasaporte, C.E N°: 44011631
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0002-0946-3445
Datos de asesor 2
Apellidos y nombres: Sánchez Santillán Tito
DNI, Pasaporte, C.E N°: 73103700
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0002-3352-341X
- Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)**
https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
Otras ingenierías, otras tecnologías - alimentos y bebidas
- Originalidad del Trabajo**
Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.
- Autorización de publicación**
El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 22 / mayo / 2023


Firma del autor 1

Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A mis padres Gricerio Huaman Nuñez y Liduvina Quispe Fernandez, por su amor y apoyo incondicional en todos los momentos.

A mis hermanos Marleni, Zuly, Auber, Elio y Anabel por su apoyo y ánimo para seguir adelante.

Esta tesis es un homenaje a todas estas personas que han hecho posible mi formación académica y profesional.

Alex Edmundo Huaman Quispe

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por ayudarme a mantener la calma y a mis padres por su amor incondicional y por creer en mí siempre.

A mi co – asesor de tesis, Ing. Tito Sánchez Santillán, por su valiosa orientación y apoyo durante todo este proceso de investigación. Gracias por su paciencia y por compartir su sabiduría conmigo. También quiero agradecer a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por brindar el ambiente y la formación profesional.

Esta tesis es un logro que compartimos juntos.

Alex Edmundo Huaman Quispe

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

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrector de Investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

Decano de la Facultad De Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL


ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto de tres auxinas en la propagación asexual de tres variedades de Coffea arabica L. en vivero; del egresado Alex Edmundo Human Gispe de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 19 de abril de 2023


Firma y nombre completo del Asesor
Segundo Arinaldo Chavez Quintana

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto de tres oxinas en la propagación asexual de tres variedades de Coffea arabica L. en vivero del egresado Alex Edmundo Huaman Quispe de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 19 de abril de 2023

Firma y nombre completo del Asesor

Tito Sanchez Santillon

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Ing. M.Cs. César Guevara Hoyos

PRESIDENTE



Ing. M.Cs. Segundo Víctor Olivares Muñoz

SECRETARIO



Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Efecto de tres avinas en la propagación asexual de tres variedades de Coffea arabica L. en vivero

presentada por el estudiante ()/egresado (X) Alex Edmundo Human Quispe

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

con correo electrónico institucional 7080600171@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 19 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 3 de mayo del 2023


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 17 de Mayo del año 2023, siendo las 16:00 horas, el aspirante: Alex Edmundo Huaman Quispe, asesorado por Ing. Msc. Segundo Chavez Quintana defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Efecto de tres auxinas en la propagación asexual de tres variedades de Coffea arabica L. en vivero, 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. M.Cs César Eucura Hoyos

Secretario: Ing. M.Cs. Segundo Víctor Olivares Muñoz

Vocal: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, 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 de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

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

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

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

Siendo las 17:00 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:
.....

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

AUTORIZACIÓN DE LA PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIAL Y METODOS.....	20
2.1. Ubicación del Área de estudio.....	20
2.2. Metodología	20
2.2.1. Diseño de investigación.....	20
2.2.2. Descripción de los tratamientos.....	21
2.2.3. Análisis de datos.....	22
2.3. Procedimiento	22
2.3.1. Selección de plantas madres.....	22
2.3.2. Colecta y esterelización de sustratos.	23
2.3.3. Acondicionamiento del área de investigación.	23
2.3.4. Colecta de estaquillas.....	24
2.3.5. Preparado de hormonas enraizantes.....	24
2.3.6. Tratamiento auxínico a las estaquillas.....	24
2.3.7. Plantado de las estaquillas en sustrato.....	24
2.4. Evaluación de las variables dependientes.....	24

2.4.1.	Porcentaje de enraizamiento.....	25
2.4.2.	Callosidad	25
2.4.3.	Longitud promedio radicular.	25
2.4.4.	Número de raíces.	25
2.4.5.	Peso de biomasa seca radicular.	26
2.4.6.	Peso de biomasa seca foliar.	26
2.4.7.	Sobrevivencia.	26
2.4.8.	Crecimiento de planta	26
III.	RESULTADOS	27
3.1.	Porcentaje de enraizamiento.....	27
3.2.	Callosidad.....	30
3.3.	Longitud promedio radicular.....	32
3.4.	Número de raíces.....	35
3.5.	Peso de biomasa seca radicular.....	37
3.6.	Peso de biomasa seca foliar	40
3.7.	Sobrevivencia.....	40
3.8.	Incremento de tamaño	43
IV.	DISCUSIÓN	46
V.	CONCLUSIONES	51
VI.	RECOMENDACIONES	52
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
	ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Descripción y codificación de los tratamientos del experimento.</i>	22
Tabla 2. <i>Características fenotípicas de las plantas madres.</i>	23
Tabla 3. <i>Rangos de enraizamiento de estaquillas.</i>	25
Tabla 4. <i>Análisis de varianza para la variable porcentaje de enraizamiento</i>	27
Tabla 5. <i>Análisis de varianza para la variable porcentaje de callo.</i>	30
Tabla 6. <i>Análisis de varianza para la variable longitud radicular.</i>	32
Tabla 7. <i>Análisis de varianza para la variable número de raíces.</i>	35
Tabla 8. <i>Análisis de varianza para la variable de peso de biomasa seca radicular.</i>	37
Tabla 9. <i>Análisis de varianza para la variable peso de biomasa seca foliar.</i>	40
Tabla 10. <i>Análisis de varianza para la variable de sobrevivencia.</i>	40
Tabla 11. <i>Análisis de varianza para la variable de incremento de tamaño.</i>	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación geográfica del experimento. Lonya Grande, provincia de Utcubamba, región de Amazonas.</i>	20
Figura 2. <i>Distribución de los tratamientos del DCA con arreglo en parcelas divididas para el enraizamiento de las estaquillas de café.</i>	21
Figura 3. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de enraizamiento según variedad.</i>	27
Figura 4. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de enraizamiento según uso de hormona.</i>	28
Figura 5. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de enraizamiento según tratamiento.</i>	29
Figura 6. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de callo según variedad.</i>	30
Figura 7. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de callo según uso de hormona.</i>	31
Figura 8. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de callo según tratamiento.</i>	31
Figura 9. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de largo longitud según variedad.</i>	33
Figura 10. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de longitud radicular según uso de hormona y testigo.</i>	33
Figura 11. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de longitud radicular según tratamiento.</i>	34
Figura 12. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable número de raíces según variedad.</i>	35
Figura 13. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable número de raíces según uso de hormona.</i>	36
Figura 14. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable número de raíces según tratamiento.</i>	36
Figura 15. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable peso seco radicular según variedad.</i>	38
Figura 16. <i>Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable peso seco radicular según uso de hormona.</i>	38

Figura 17. Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable peso seco radicular según tratamiento.....	39
Figura 18. Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable sobrevivencia según variedad.	41
Figura 19. Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable porcentaje sobrevivencia según uso de hormona.	41
Figura 20. Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable porcentaje de sobrevivencia según tratamiento.	42
Figura 21. Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable incremento de tamaño de planta según variedad.....	43
Figura 22. Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de incremento de tamaño de la planta según uso de hormona.	44
Figura 23. Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable altura de planta según tratamiento.....	44
Figura 24. Selección de plantas madre y Corte de los primeros 3/4 partes de las ramas	58
Figura 25. Agobio y fertilización de las plantas madre.....	58
Figura 26. Colecta de sustrato.....	59
Figura 27. Esterilización de sustrato.....	59
Figura 28. Acondicionamiento del área del vivero.....	60
Figura 29. Crecimiento de brotes var. catimor.....	60
Figura 30. Colecta de estaquillas var. gueisha.....	61
Figura 31. Tratamiento auxínico de las estaquillas.....	61
Figura 32. Plantado de las estaquillas en micro túnel.....	62
Figura 33. Planta enraizada var. Catimor.....	62
Figura 34. Evaluación de estaquillas longitud radicular – número de raíces.....	63
Figura 35. Estaquillas enraizadas var. Catimor.....	63
Figura 36. Estaquillas enraizadas var. Castillo.....	64
Figura 37. Estaquillas enraizadas var. Gueisha.....	64
Figura 38. Estaquilla enraizada.....	65
Figura 39. Pesaje de raíz y biomasa aérea en balanza analítica en laboratorio UNTRM	65

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de tres tipos de auxinas en la propagación asexual de tres variedades de *Coffea arabica* L. en vivero. Se instaló en un diseño completo al azar – DCA, con arreglo en parcelas divididas, teniendo como parcela principal a las variedades (geisha, catimor, castillo) y subparcela a las auxinas Ácido indol- 3-butírico (AIB), Ácido indol- 3-acético (AIA) y Ácido alfa naftalenacético (ANA) y tratamientos testigos (sin auxina). Las estaquillas se obtuvieron por agobio de plantas madres en campo, en laboratorio fueron uniformizadas a 6 cm, las mismas fueron tratadas con las auxinas, luego se instalaron en un micro – túnel por 135 días. Los resultados muestran que, en la parcela principal, la variedad catimor destaco en: porcentaje de enraizamiento (74,99%), longitud radicular (10,08 cm), número de raíces (3,91) y peso seco radicular (0,21 g), mientras la variedad gueisha en incremento de tamaño (4,48 cm) y la variedad castillo en sobrevivencia (97,22 %). En la subparcela la hormona AIB destaco en: porcentaje de enraizamiento (83,32%), número de raíces (4,2) y sobrevivencia (98,14 %), AIB y ANA en peso seco radicular (0,17 g), AIA y ANA en incremento de tamaño (3,12 cm) y todas en longitud radicular. Con respecto a la interacción entre variedad y auxina destaco la variedad catimor + AIB (T1). Se concluye que las variedades, hormonas y su interacción tienen efectos significativos en cuanto al enraizamiento y comportamiento vegetativo de las plantas de café.

Palabras clave: cafés especiales, clonación, fitomejoramiento, Rubiaceae.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of three types of auxins on the asexual propagation of three varieties of *Coffea arabica* L. in the nursery. It was installed in a complete random design - DCA, arranged in divided plots, with the varieties (geisha, catimor, castillo) as the main plot and the auxins as a subplot Indole-3-butyric acid (IAB), Indole-3-butyric acid -acetic acid (AIA) and alpha naphthaleneacetic acid (ANA) and control treatments (without auxin). The cuttings were obtained by crushing mother plants in the field, in the laboratory they were standardized to 6 cm, they were treated with auxins, then they were installed in a micro-tunnel for 135 days. The results show that, in the main plot, the Catimor variety stood out in: rooting percentage (74,99%), root length (10,08 cm), number of roots (3,91) and root dry weight (0,21 g), while the geisha variety increased in size (4,48 cm) and the castillo variety in survival (97,22 %). In the subplot, the AIB hormone stood out in: rooting percentage (83,32%), number of roots (4,2) and survival (98,14%), AIB and ANA in root dry weight (0,17 g), AIA and ANA in increased size (3,12 cm) and all in root length. Regarding the interaction between variety and auxin, I highlight the variety catimor + AIB (T1). It is concluded that varieties, hormones and their interaction have significant effects in terms of rooting and vegetative behavior of coffee plants.

Keywords: specialty coffees, cloning, plant breeding, *Rubiaceae*.

I. INTRODUCCIÓN

El café tiene origen en Etiopía, en el continente africano. Este pertenece a la familia Rubiáceae y género *Coffea*, albergando más de 100 especies (Velásquez y Trávez, 2019), de las cuales se rescatan dos como las principales, *Coffea arabica* con una producción aproximada de 70% y *Coffea canephora* con una producción aproximada del 30% a nivel mundial (Velásquez, 2019). Actualmente, Perú produce casi en su totalidad café arábica (Caballero, 2021), siendo el octavo exportador y séptimo productor de café en el mundo (MIDAGRI, 2021).

La región de Amazonas produce el 12% del café exportado a nivel nacional, a su vez el café representa el 98% de sus exportaciones regionales (MINCETUR, 2021). En dicha región las variedades de café que se cultivan son el catimor, castillo, bourbon, geisha, caturra, etc. en búsqueda de mejorar la calidad de su producto los caficultores han introducido nuevas variedades y mejores prácticas de postcosecha, lo que han hecho que ostente el segundo puesto a nivel nacional, con la mejor calidad de café en taza, específicamente el distrito de Lonya Grande de la provincia de Utcubamba, reportando que alberga el mejor café en taza a nivel regional (Machucá, 2021).

En las plantaciones de café siempre se distinguen unas plantas selectas con características fenotípicas deseables con alta productividad, porte, resistencia a enfermedades, etc. (Chichipe et al., 2021), características (rendimiento físico y en taza superiores) por las que el mercado ofrece un mejor precio (Ramos, 2019). Dichas características de la planta madre no se pueden mantener en plantaciones propagadas por semilla botánica, debido a la polinización variable (Rezende et al., 2017).

El café arábico tiene una polinización autógama, pero suele existir de un 5% hasta un 10% de polinización cruzada (Jingade et al., 2019; Fatobene et al., 2019), lo que conlleva a tener una considerable variabilidad genética. Además, se necesitan más de 20 años para producir una nueva variedad estable genéticamente (Campos et al., 2017), es por eso que la adopción de tecnologías para la mejora de las plantaciones, ha surgido la clonación o propagación vegetativa, empleando hormonas promotoras de enraizamiento útiles para el café (Inuma et al., 2018).

Las auxinas son las primeras sustancias descubiertas en las plantas (Fuentes, 2021), cuya función es promover la división celular, principalmente las células del periciclo, lo que provoca la formación de raíces laterales (Jordán y Casaretto, 2006). Varios estudios sobre el uso de auxinas en el enraizamiento de estaquillas de café demuestran que es una técnica

eficiente para multiplicar plantas madre con caracteres genéticos deseables (Matamoros et al., 2020), siendo el ácido indol - 3 - butírico (AIB) el más empleado para esta especie, con altos porcentajes de enraizamiento (>93%) (Ruiz, 2015).

En su investigación, Inuma et al. (2018) explican que otro factor fundamental dentro de la propagación vegetativa, resulta ser la edad del material vegetal, reportando que mientras más edad tengan, mayor será su capacidad rizogénica (88%), sumado a otro factor como la frecuencia de riego (4 veces por día), que son determinantes para alcanzar enraizamientos por encima del (70%). (Gonzales, 2017).

No cabe duda que el café es una especie que responde positivamente a las auxinas, principalmente a AIB, no obstante, aún está en materia de estudio validar la respuesta a otras auxinas como el AIA y ANA. Al respecto, Matamoros et al., (2020), probaron el efecto de AIA en el enraizamiento de esquejes de café, suministrada en una fórmula multimineral, sugiriendo que, la mezcla de varios compuestos puede afectar de manera negativa el proceso de enraizamiento de las estaquillas. Por su parte, Pincay (2017) estudió el efecto de la auxina AIA en conjunto con kinetina para la multiplicación in vitro de café, obteniendo de ese tratamiento el mejor resultado en número de brotes, hojas.

Respecto al uso de la auxina ANA, Fajardo (2015) verificó el efecto de las auxinas ANA y AIA en el enraizamiento de estaquillas de café, mencionando que una mezcla de ANA + AIA al 2000 mg kg⁻¹ logrando un enraizamiento del 80% y una mortalidad del 20%. Por su parte, Vargas (2017) también demostró que haciendo uso de las fitohormonas ANA y AIA son fiables para el enraizamiento de estaquillas de café.

En contraste con la información mencionada tuvo la investigación tuvo dos objetivos específicos: Evaluar el efecto de las tres auxinas en el enraizamiento de las tres variedades de café. y determinar el efecto de las tres auxinas y tres variedades de café en el comportamiento vegetativo de estaquillas de café. Todo esto con la finalidad de tener reportes y metodología definida del comportamiento según variedad y según auxina en la multiplicación de plantas madres de café con altos estándares de calidad deseables, que se deseen mantener sin ninguna variabilidad genotípica y fenotípica.

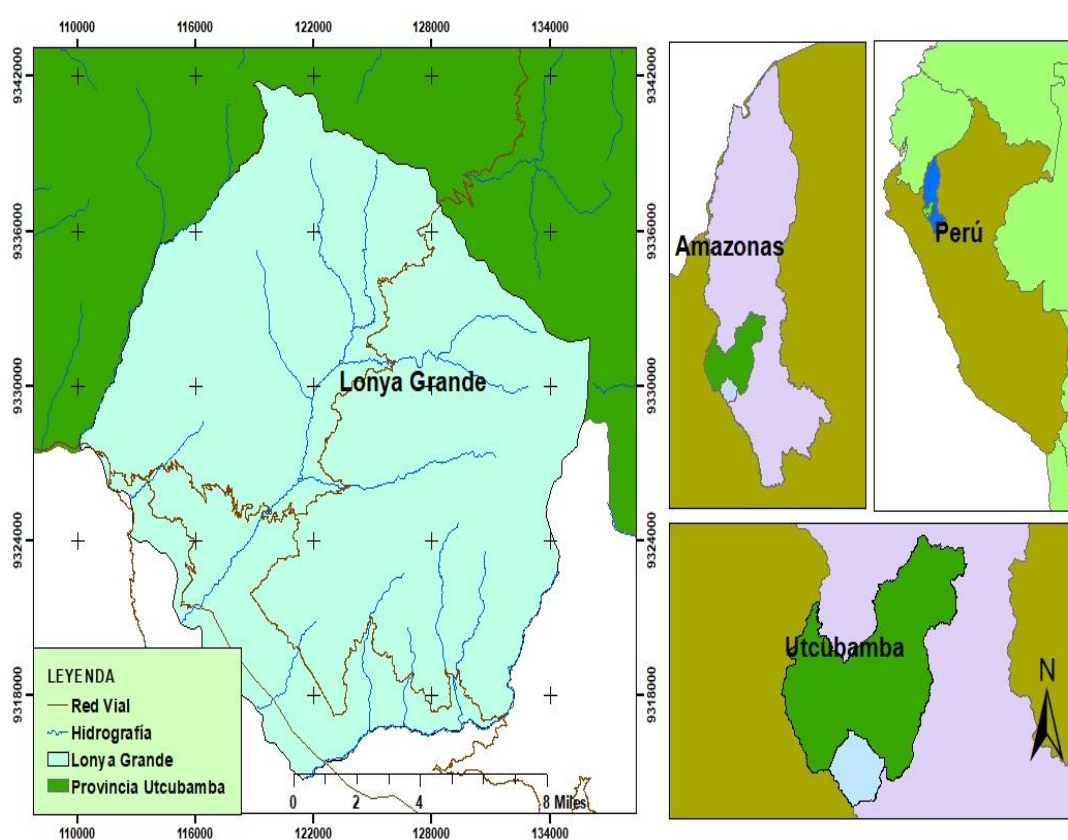
II. MATERIAL Y METODOS

2.1. Ubicación del Área de estudio

La investigación se desarrolló en distrito de Lonya Grande, provincia de Utcubamba, región de Amazonas, con coordenadas $6^{\circ}05'43.9''S$ $78^{\circ}22'59.3''W$ y altitud de 1515 m.s.n.m.

Figura 1

Ubicación geográfica del experimento. Lonya Grande, provincia de Utcubamba, región de Amazonas.



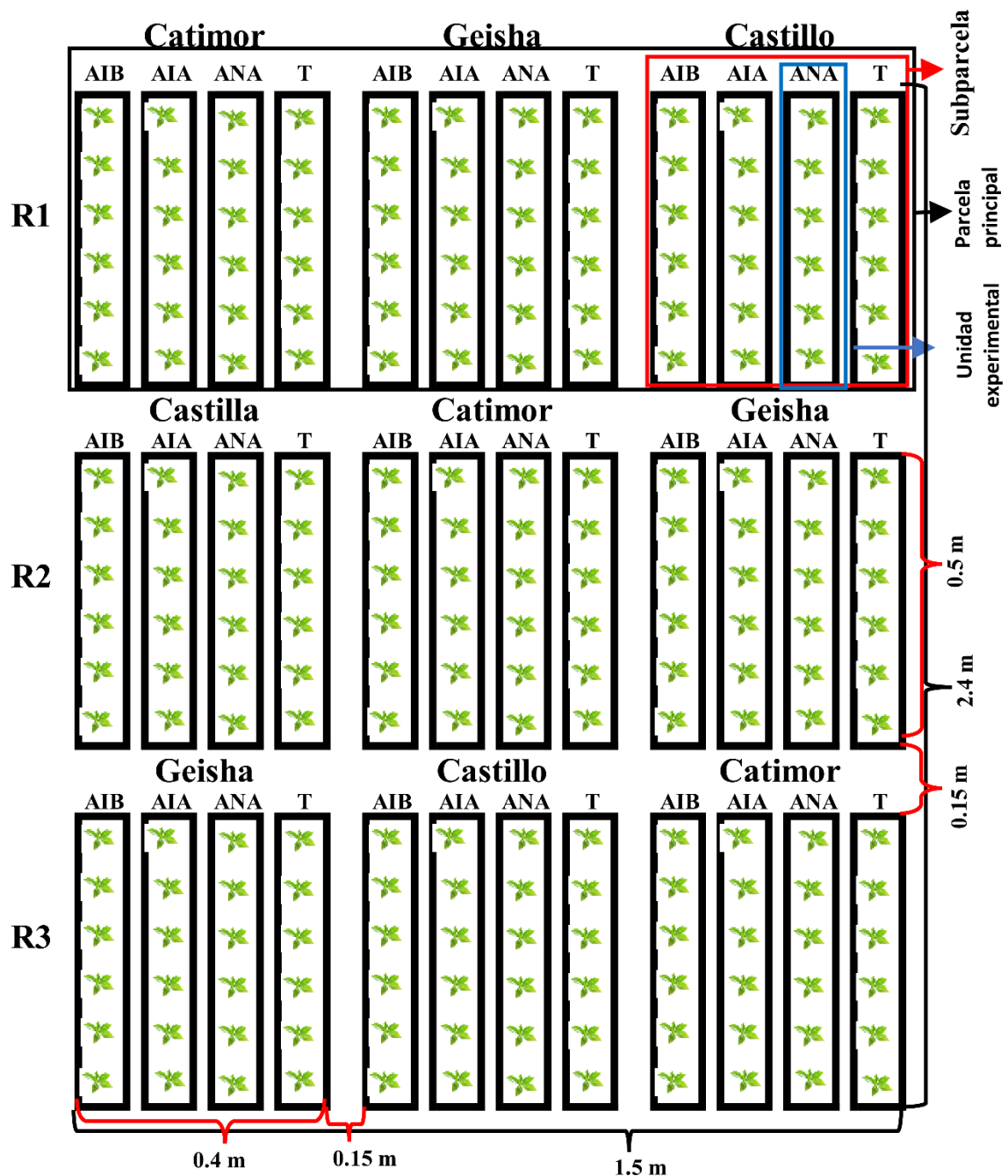
2.2. Metodología

2.2.1. Diseño de investigación

Para la fase de enraizamiento se instaló un diseño completo al azar con arreglo en parcelas divididas, teniendo como parcela principal a las tres variedades: gueisha, catimor, castillo. En la subparcela a las tres auxinas: Ácido indol - 3 - butírico (AIB), Ácido indol- 3-acético (AIA) y Ácido alfa naftalenacético (ANA) y un tratamiento testigo sin uso de auxinas, obteniendo 12 tratamientos, con tres repeticiones, dando un total de 36 unidades experimentales cada unidad experimental con 6 estaquillas.

Figura 2

Distribución de los tratamientos del DCA con arreglo en parcelas divididas para el enraizamiento de las estaquillas de café.



2.2.2. Descripción de los tratamientos

Se muestra la disposición de los tratamientos e interacción entre las variables independientes.

Tabla 1*Descripción y codificación de los tratamientos del experimento.*

Tratamiento	Factor A: variedad	Factor B: auxina	Interacción A + B
T1	Catimor	AIB	Catimor + AIB
T2	Catimor	AIA	Catimor + AIA
T3	Catimor	ANA	Catimor + ANA
T4	Catimor	Sin auxina	Catimor + Sin auxina
T5	Castillo	AIB	Castillo + AIB
T6	Castillo	AIA	Castillo + AIA
T7	Castillo	ANA	Castillo + ANA
T8	Castillo	Sin auxina	Castillo + Sin auxina
T9	Gueisha	AIB	Gueisha + AIB
T10	Gueisha	AIA	Gueisha + AIA
T11	Gueisha	ANA	Gueisha + ANA
T12	Gueisha	Sin auxina	Gueisha + Sin auxina

2.2.3. Análisis de datos

En campo se registró los datos en una cartilla y se trasladado a una base digital Excel.

Variables evaluadas**Variables independientes**

- Tipo de Hormona enraizante: AIA, ANA y AIB.
- Variedad de café: Catimor, Castillo y Geisha.

Variables dependientes

- Enraizamiento.
- Comportamiento vegetativo.
- Características morfométricas.

2.3. Procedimiento**2.3.1. Selección de plantas madres.**

La selección de las plantas madres se realizó de las variedades catimor, geisha y castillo. Teniendo algunas consideraciones básicas como: edad mayor a 5 años, buenas características agronómicas en producción y sanidad.

Tabla 2*Características fenotípicas de las plantas madres.*

Agronómicas	Productivas	Sanitarias
Tallos flexibles	Alta productividad	Libre de enfermedades
Longitud de entrenudos	Pocos frutos vanos (< 8%)	Tolerancia a plagas
Porte y arquitectura de la planta.	Maduración uniforme	

Fuente: tomado de Iliquin (2019).

Para identificar las plantas madre de la variedad gueisha se consideró aquellas plantas libres de roya.

Posteriormente las plantas fueron codificadas y georreferenciadas. Se realizó el corte de los primeros $\frac{3}{4}$ de las ramas de la planta. Luego se inclinó en dirección de este a oeste a 45° con radiación directa y todo el día; la técnica también es conocida como agobio y sirve para inducir a la emisión de brotes ortotrópicos (Inuma Et al., 2018). Las plantas seleccionadas recibieron una fertilización química, consistiendo en una aplicación de 80g de NPK (20 – 20 – 20), se aplicó el 50% del fertilizante 15 días antes del agobio, el otro 50% 15 días después del agobio siguiendo las recomendaciones propuesta por Sánchez et al. (2019).

2.3.2. Colecta y esterilización de sustratos.

Se usó turba, tierra agrícola y arena, recolectadas de zonas aledañas a la ubicación del experimento. Todos los sustratos se esterilizaron con agua hervida (100 °C) y cubiertos por un plástico para eliminar patógenos y malezas, luego pasarán por un proceso de secado (2 días en una carpa solar para tener un secado homogéneo y eficiente) y luego se homogenizó en proporción 4:2:1 v/v.

2.3.3. Acondicionamiento del área de investigación.

Se construyó un microtúnel de 4 x 1,5 x 0.6 m de largo, ancho y altura respectivamente, se colocaron tubos PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada en forma de arco sobre el suelo, asegurándolos con alambre galvanizado. Luego se cubrió con un plástico transparente y con malla rashchel (80%), proveyendo suficiente sombra para mantener equilibrado la temperatura y humedad relativa del ambiente.

2.3.4. Colecta de estaquillas.

A los 120 días de la inducción, se recolectaron los brotes, en tempranas horas de la mañana, cuando hay poca insolación, se cortó con una tijera limpia, cubriendo los brotes con papel craft, pasando a ser colocados en una caja de tecnopor, con una ligera pulverización con agua limpia, para mantener turgente los brotes. Los brotes que se recolectaron tenían como tamaño mínimo 10 cm, semilignificados.

2.3.5. Preparado de hormonas enraizantes.

Las hormonas fueron preparadas a una concentración de 2000 ppm para cada uno (ANA, AIB Y AIA). Cada auxina se diluyó en alcohol etílico al 96%, manteniéndolas en un ambiente refrigerado.

2.3.6. Tratamiento auxínico a las estaquillas.

A las estaquillas de café se les desinfectó con fungicida a base de mancozeb + cymoxanil a una concentración de 2 gramos por litro de agua. Luego se cortó a un tamaño de 6 cm, dejando un par de hojas con 50% de área foliar; se realizó un corte recto en la base e inmediatamente se sumergieron en las soluciones auxínicas previamente preparadas, introduciendo 5 mm del tallo, luego se dejaron reposar a temperatura ambiente por 10 minutos para volatilizar el alcohol y adsorber la auxina.

2.3.7. Plantado de las estaquillas en sustrato.

Posterior a los tratamientos auxínicos, se realizó el proceso de repicado de estaquillas, para ello se colocaron en el sustrato previamente homogenizado y llenado en bolsas de polietileno (5" x 8"x 2). Para evitar lesiones en las estaquillas, se realizó hoyos en el sustrato (2 – 3 cm) en el que se introdujo 2 cm de la base, comprimiendo el sustrato alrededor de la estaquilla para evitar la formación de cámaras de aire.

2.4. Evaluación de las variables dependientes.

Las variables se evaluaron tanto para el enraizamiento y el comportamiento vegetativo del café que se evaluaron a los 135 días después de plantado.

Objetivo Específico I: efecto de las tres auxinas en el enraizamiento de las tres variedades de *Coffea arabica* L.

2.4.1. Porcentaje de enraizamiento.

Para esta variable se consideró una estaquilla enraizada a cada esqueje que tenga como mínimo una raíz de 0,5 cm de longitud (Ruiz, 2015). Para obtener el porcentaje se usó la siguiente operación:

$$(\%) = \frac{\text{Total de estaquillas enraizadas por tratamiento}}{\text{Total de estaquillas por tratamiento}} \times 100$$

Tabla 3

Rangos de enraizamiento de estaquillas.

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

Fuente: tomado de Inuma et al., (2018)

2.4.2. Callosidad

Se contabilizó todas las estaquillas que solo formaron callos o raicillas menores a 0,5 cm de longitud.

2.4.3. Longitud promedio radicular.

Usando una regla se determinó el tamaño radicular de cada estaquilla, y toda la data se recopiló en cartillas, que luego fueron digitalizadas y analizadas.

2.4.4. Número de raíces.

Se contabilizó la raíces de cada esqueje, según lo establecido por Ruiz (2015), se considerará una raíz a toda aquella que alcance una longitud mínima de 0,5 cm. todos los datos se recopiló en cartillas de evaluación y toda la data obtenida se digitalizó en Excel.

2.4.5. Peso de biomasa seca radicular.

Se procedió a retirar las raíces de cada estaquilla, y usando unas bolsas de papel se las clasificó según tratamiento, posterior se puso a secar al sol por 7 días seguidos para asegurarse de eliminar toda la humedad contenida en las raíces.

Objetivo Específico II: efecto de las tres auxinas y tres variedades en el comportamiento vegetativo de estaquillas de café.

2.4.6. Peso de biomasa seca foliar.

Se procedió a retirar las raíces de cada estaquilla, y usando unas bolsas de papel se las clasificó según tratamiento, posterior se puso a secar al sol por 7 días seguidos para asegurarse de eliminar toda la humedad contenida en la biomasa foliar.

2.4.7. Supervivencia.

Para determinar el porcentaje de supervivencia las estaquillas se evaluaron cada semana, retirando las estaquillas que iban muriendo, toda estaquilla que se retiró se identificó el tratamiento y la repetición. Todas las plantas sobrevivientes fueron contabilizadas, por cada tratamiento se usó la siguiente fórmula:

$$(\%) = \frac{\text{total de estaquillas vivas por tratamiento}}{\text{total de estaquillas por tratamiento}} \times 100$$

2.4.8. Crecimiento de planta

Con una regla milimetrada se procedió a medir las plantas desde la base de la planta hasta el ápice restándole el tamaño de la estaquilla al momento de ser plantada, esta evaluación se realizó a las plantas listas para campo definitivo.

Los datos obtenidos se analizaron con el software estadístico infostart versión 2020, donde se verificó el cumplimiento de los supuestos básicos de normalidad (shapiro wilk) y homogeneidad de varianzas (levene). Los datos que cumplieron los supuestos pasaron a un análisis de varianza ($P < 0,05$) y comparación de medias con el test post-hot Duncan ($\alpha=0,05$).

III. RESULTADOS

Objetivo Específico I: Efecto de las tres auxinas en el enraizamiento de las tres variedades de *Coffea arabica* L.

3.1. Porcentaje de enraizamiento.

En la tabla 4, se muestra el análisis de varianza para la variable de porcentaje de enraizamiento. Donde se obtuvo el $P - valor < a 0,05$, entonces, se puede afirmar que las variedades, hormonas y su interacción generan diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de enraizamiento de los esquejes.

Tabla 4

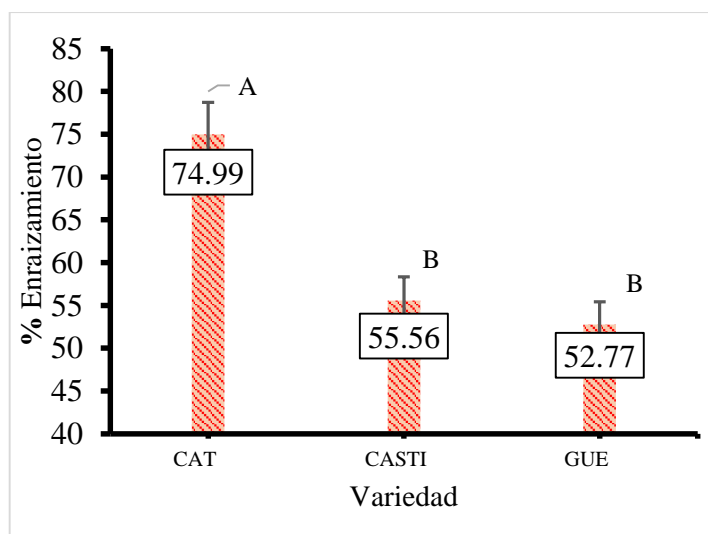
Análisis de varianza para la variable porcentaje de enraizamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	3517,59	2	1758,80	27,60	0,0009**
Variedad>Rep	382,32	6	63,72	1,11	0,3956
Hormona	24683,46	3	8227,82	143,14	0,0001**
Variedad*Hormona	1418,21	6	236,37	4,11	0,009**
Error	1034,63	18	57,48		
Total	31036,22	35			

Nota: F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher. *= significativo ($P-valor < 0,05$); **= altamente significativo ($P-valor < 0,01$).

Figura 3

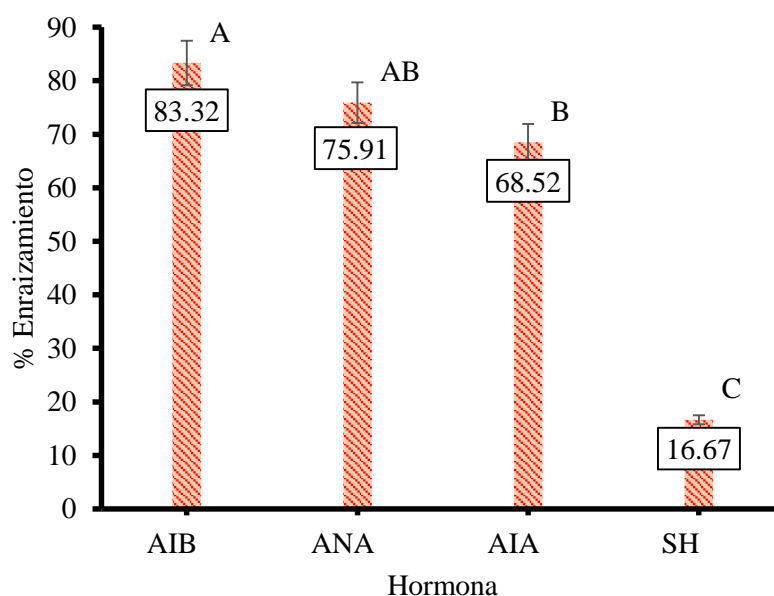
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de enraizamiento según variedad.



En la figura 3, se muestra el porcentaje de enraizamiento de las estaquillas de café según variedad, donde se observa que el mejor resultado se obtuvo en la variedad catimor (74,99%) obteniendo un porcentaje de enraizamiento alto, seguido por las variedades castillo (55,56%) y gueisha (52,77%) con un enraizamiento medio las cuales no muestran diferencias significativas. La variedad catimor muestra tener un mejor enraizamiento con 1,3 y 1,4 veces mejor que en la variedad castillo y gueisha respectivamente, las cuales obtuvieron un porcentaje de enraizamiento medio.

Figura 4

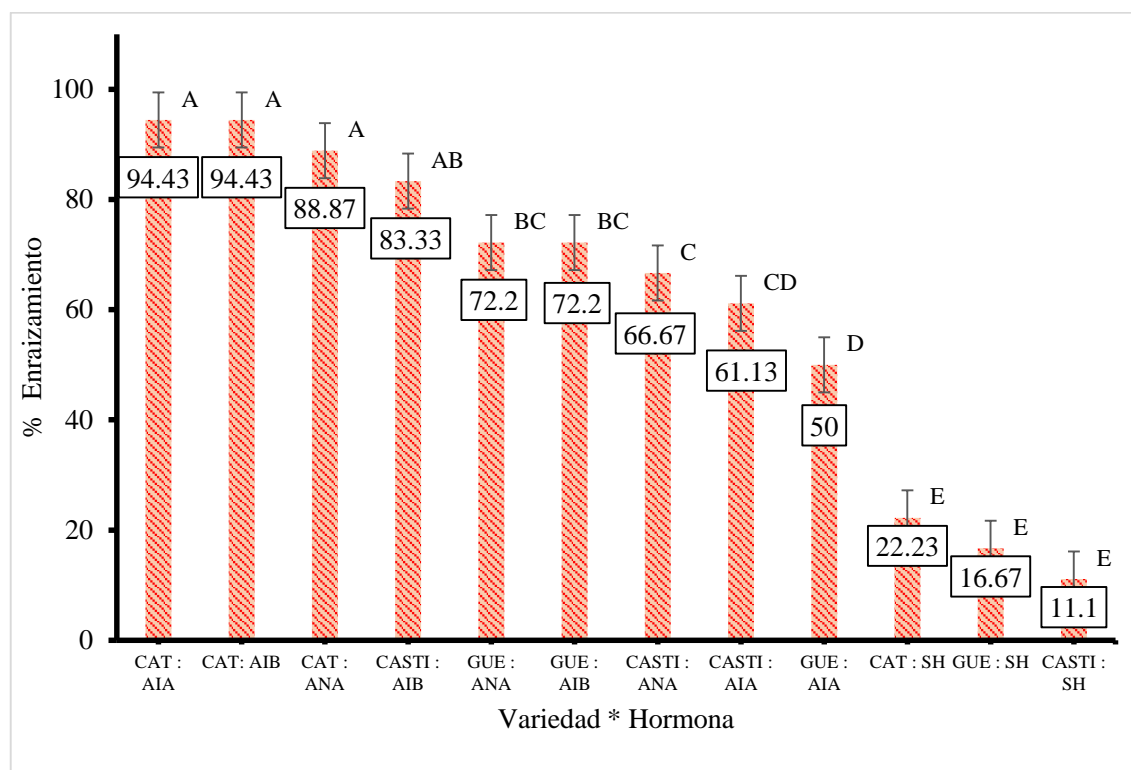
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de enraizamiento según uso de hormona.



En la figura 4, se muestra el resultado de enraizamiento de las estaquillas de café según uso de hormonas y el testigo. La hormona ANA no comparte diferencias significativas con las hormonas AIB y AIA, pero estas dos últimas si comparten diferencias significativas entre ellas. El mejor resultado se obtuvo con el uso de la hormona AIB (82,32%) con un porcentaje de enraizamiento muy alto, seguido por AIB y AIA con un porcentaje de enraizamiento alto de 75,91 y 68,52 respectivamente, se obtuvo el resultado menos favorable al no utilizar hormonas (SH) con 16,67% con un porcentaje de enraizamiento muy bajo, de esto se deduce que al emplear AIB se obtuvo 4,9 veces más estaquillas enraizadas con respecto a no usar hormonas de enraizamiento.

Figura 5

Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de enraizamiento según tratamiento.



En la figura 5, se puede observar que los mejores resultados se obtienen haciendo uso de hormonas enraizantes, en particular el mejor resultado se obtuvo en los tratamientos T1, T2 (94,43%), T3 (88,87%) y T5 (83,33%) en estos cuatro tratamientos no se observan diferencias significativas siendo estos los mejores resultados al enraizar los esquejes con porcentajes de enraizamiento muy altos, los más bajos resultados al enraizar los esquejes son los tratamientos T4 (22,23%), T12 (16,67%) y T8 (11,1%) estos tres tratamientos no muestran diferencias significativas, se deduce que las mejores interacciones de variedad y hormona son: para catimor T1 (Cat + AIB) y T2 (Cat + AIA), para castillo T5 (Casti + AIB) y para gueisha T9 (Gue + ANA) y T11 (Gue + AIB).

Se puede observar que para la variedad catimor, el uso de cualquier hormona (AIB, AIA o ANA) se obtienen los mejores resultados (88,77 – 94,43%) los cuales son estadísticamente iguales, en el caso de la variedad castillo se obtiene mejores resultados haciendo uso de las hormonas AIB (83,33%), para la variedad gueisha la mejor hormona para obtener un mayor porcentaje de enraizamiento es AIB y ANA (72,2%).

3.2. Callosidad

En la tabla 5, se muestra el análisis de varianza para la variable porcentaje de callo, donde el $P - valor < a 0,05$, entonces, se puede afirmar que las variedades, hormonas y su interacción generan diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de producción de callo.

Tabla 5

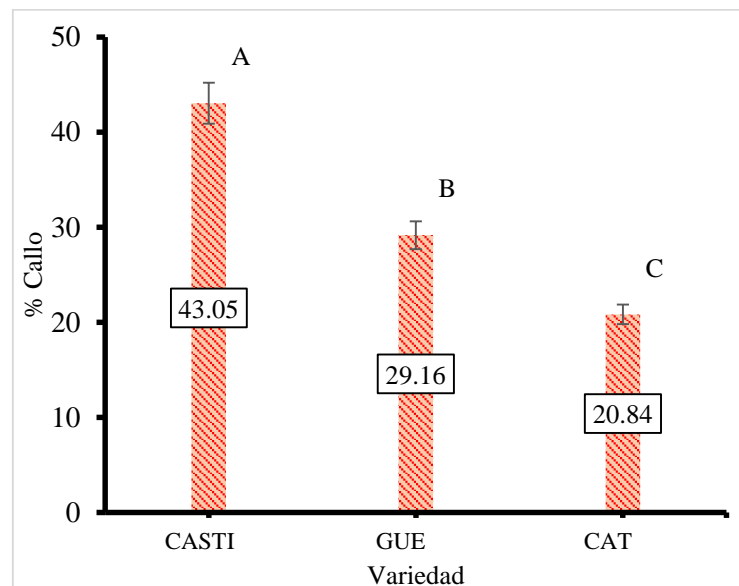
Análisis de varianza para la variable porcentaje de callo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	3021,42	2	1510,71	171,09	0,0001**
Variedad>Rep	52,98	6	8,83	1,35	0,2877
Hormona	12802,97	3	4267,66	651,43	0,0001**
Variedad*Hormona	3514,26	6	585,71	89,41	0,0001**
Error	117,92	18	6,55		
Total	19509,55	35			

Nota: F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher; *= significativo ($P-valor < 0,05$); **= altamente significativo ($P-valor < 0,01$).

Figura 6

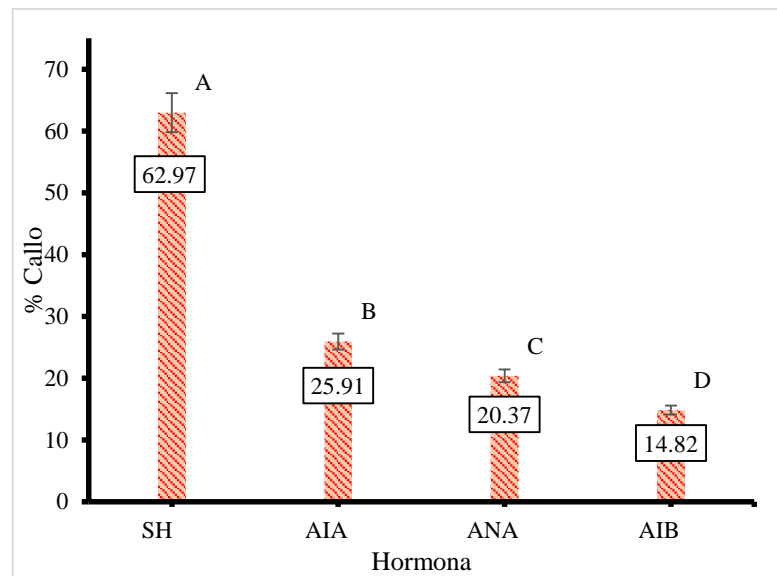
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de callo según variedad.



En la figura 6, se observa el porcentaje de estaquillas de café que solo generaron callo según variedad, se deduce que la variedad que tiene mayor porcentaje de emisión de callo es la variedad castillo (43,05%) seguido por la variedad gueisha (29,16%) y catimor (20,84%) todas mostrando diferencias significativas.

Figura 7

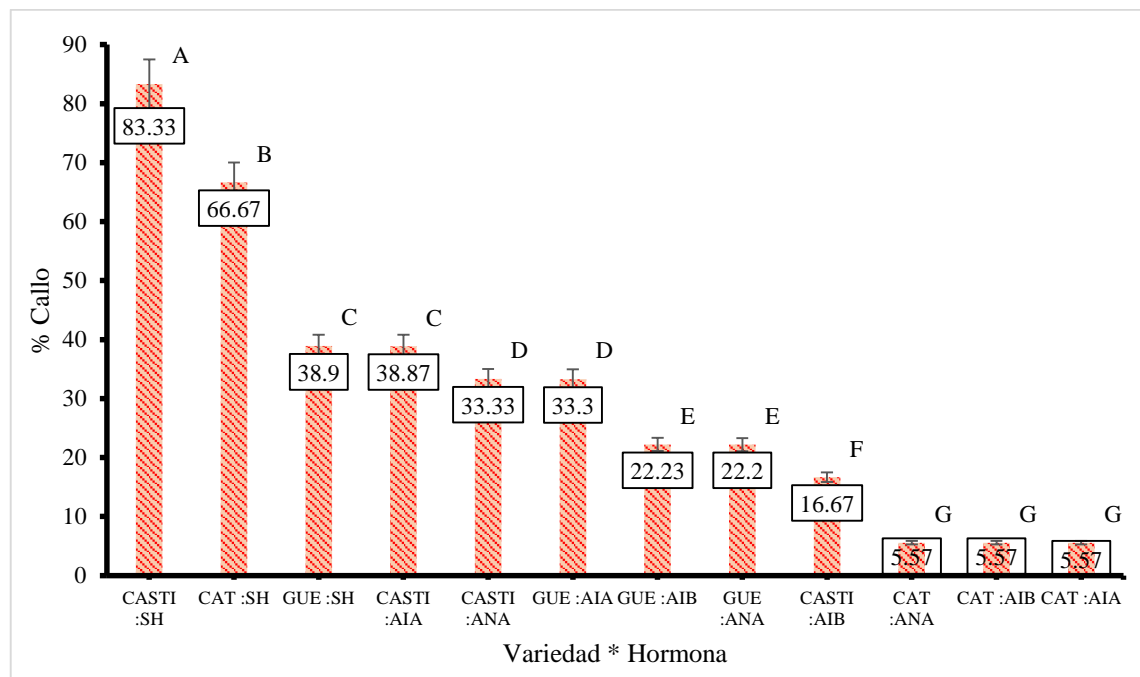
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de callo según uso de hormona.



En la figura 7, se muestra el porcentaje de estaquillas que solo generaron callo según hormona usada, los resultados indican que al no usar hormona (testigo) tiene la mayor cantidad de estaquillas que solo generaron callo (62,97%), seguido por la hormona AIA (25,91%), ANA (20,37%) y AIB (14,82%), todos mostrando diferencias significativas.

Figura 8

Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para el porcentaje de callo según tratamiento.



En la figura 8, se muestra que los principales tratamientos con mayor número de estaquillas que solo produjeron callo son: T7 (83,33%), se puede deducir que los tratamientos con mayores resultados de esquejes que solo produjeron callo son aquellos en los que no se usa ningún tipo de hormona (T7, T4 y T12), mientras que los resultados más bajos son tratamientos en los que si se usó algún tipo de hormona, (T3,T1 y T2).

Se puede observar que, en el caso de la variedad catimor cuando no se utiliza hormona (SH) se obtiene un mayor número de plantas que solo emiten callo (66,67%), en la variedad castillo cuando no se emplea hormona (SH) se obtiene un mayor número de plantas que solo emiten callo (83,33%) y en la variedad gueisha ocurre igual que en las demás variedades cuando no se usa hormona (SH) se obtiene un mayor número de plantas que solo emiten callo (38,9%).

3.3. Longitud promedio radicular.

En la tabla 6, se muestra el análisis de varianza para la variable longitud radicular, donde el $P - valor < a 0,05$, entonces, se puede afirmar que las variedades, hormonas y su interacción generan diferencias estadísticamente significativas en la longitud radicular.

Tabla 6

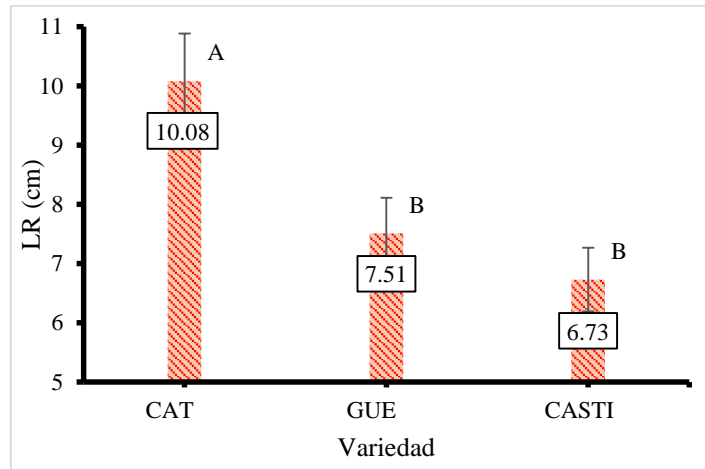
Análisis de varianza para la variable longitud radicular.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	73,82	2	36,91	20,46	0,0021**
Variedad>Rep	10,83	6	1,80	1,83	0,1499
Hormona	82,05	3	27,35	27,72	0,0001**
Variedad*Hormona	67,52	6	11,25	11,4	0,0001**
Error	17,76	18	0,99		
Total	251,97	35			

Nota: *= significativo ($P-valor < 0,05$); **= altamente significativo ($P-valor < 0,01$). F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher.

Figura 9

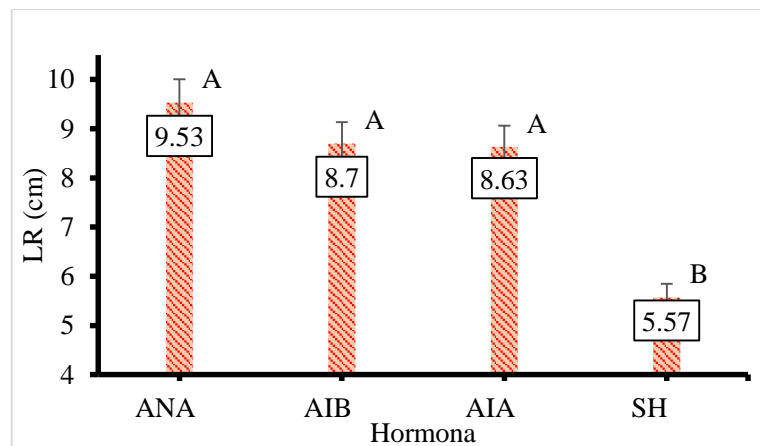
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de longitud radicular según variedad.



En la figura 9, se observa los resultados obtenidos al evaluar la variable de longitud radicular, la variedad que mostró las raíces más largas fue el catimor (10,08 cm), seguido por la variedad gueisha y castillo con 7,51 y 6,73 cm respectivamente, tanto la variedad gueisha y castillo no muestran diferencias significativas.

Figura 10

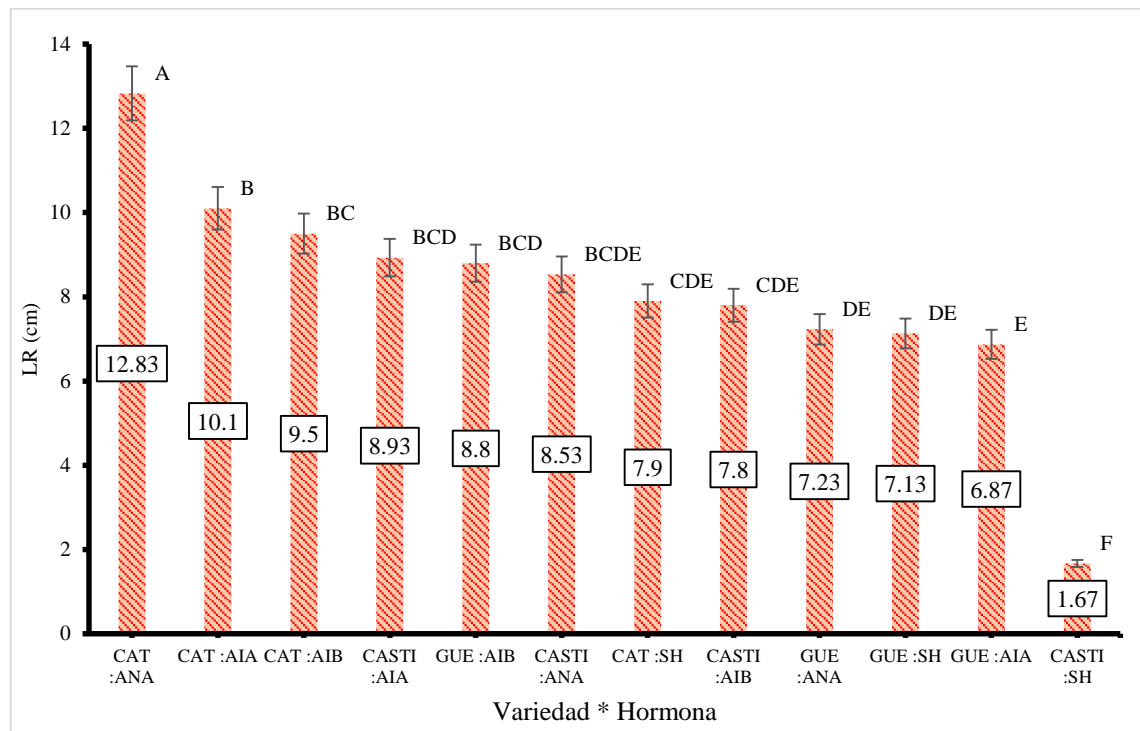
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de longitud radicular según uso de hormona y testigo.



En la figura 10, se observa no existe diferencia significativa en la longitud de raíz al usar las hormonas AIA (9,53 cm), AIB (8,7 cm) y ANA (8,63 cm), hecho que no ocurre cuando no se usa hormona (SH) en donde se obtiene un largo de raíz de 5,57 cm, se puede afirmar entonces que haciendo uso de hormonas de enraizamiento se obtiene raíces entre 1,7 – 1,5 veces más grandes que al no usarlas.

Figura 11

Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de longitud radicular según tratamiento.



En la figura 11, se observa que de todos los tratamientos, el tratamiento T3 (catimor + ANA) se obtuvo 12,83 cm y con tratamientos como el T8 (castillo + sin auxina) con el cual se obtuvo el menor longitud de raíz 1,67, se puede afirmar que con el tratamiento T11 se puede obtener 7,7 veces más grandes con respecto al tratamiento T11.

Se puede observar que, para la variedad catimor con el uso de la hormona ANA (12,83 cm) se obtienen los mejores resultados, en el caso de la variedad castillo se obtiene mejores resultados haciendo uso de las hormonas AIA (8,93 cm) y ANA (8,53 cm) en las cuales los resultados no muestran diferencias significativas y para la variedad gueisha la mejor hormona para obtener una raíz más larga es con AIB (8,8 cm).

3.4. Número de raíces.

En la tabla 7, se muestra el análisis de varianza para la variable número de raíces, donde el $P - valor < \alpha 0,05$, entonces, se puede afirmar que las variedades, hormonas y su interacción generan diferencias estadísticamente significativas en el número de raíces.

Tabla 7

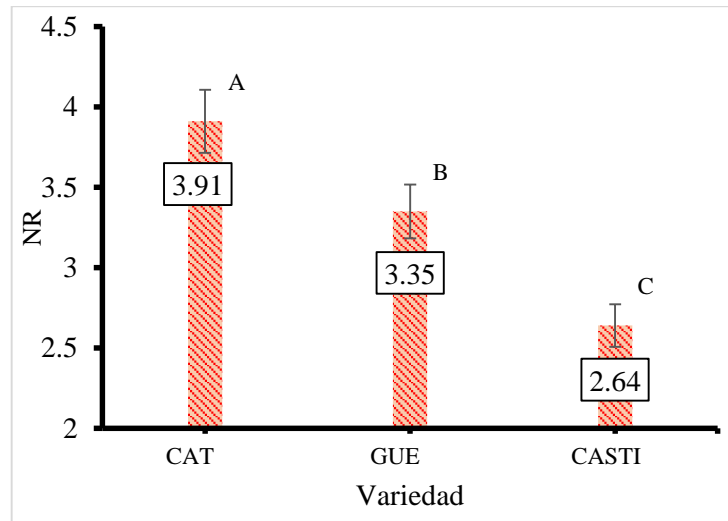
Análisis de varianza para la variable número de raíces.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	9,67	2	4,84	18,44	0,0027**
Variedad>Rep	1,57	6	0,26	154	0,221
Hormona	22,5	3	7,50	44,11	0,0001**
Variedad*Hormona	3,62	6	0,60	3,55	0,017*
Error	3,06	18	0,17		
Total	40,42	35			

Nota: *= significativo ($P-valor < 0,05$); **= altamente significativo ($P-valor < 0,01$). F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher.

Figura 12

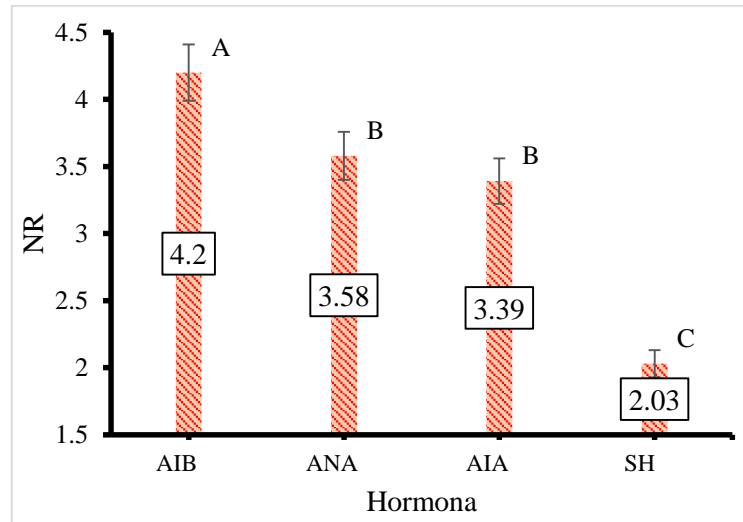
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable número de raíces según variedad.



En la figura 12, se puede observar que existe diferencia significativa entre todas las variedades, donde resalta la variedad catimor con el mayor número de raíces produjo 3,91 raíces por estaquilla enraizada, seguido por la variedad gueisha con 3,35 raíces/estaquilla enraizada y castillo con 2,64 raíces/estaquilla enraizada. Entonces la variedad catimor obtuvo un 1,16 veces y 1,48 veces más raíces que la variedad gueisha y castillo respectivamente.

Figura 13

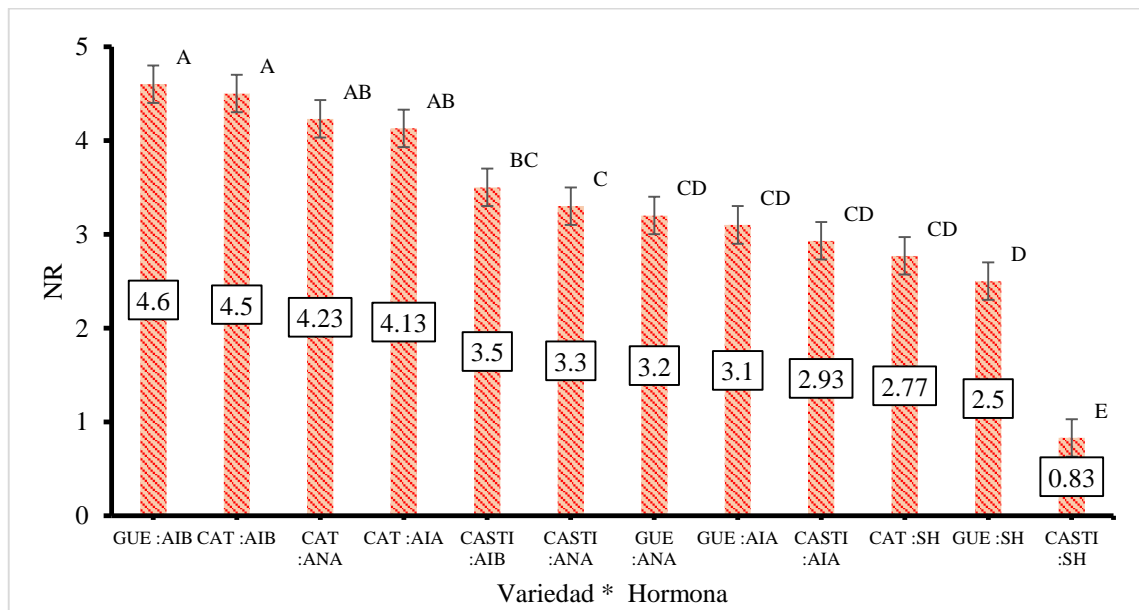
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable número de raíces según uso de hormona.



En la figura 13, se puede observar que tanto en las hormonas ANA y AIA no existe diferencia significativa, pero si existe entre AIB y SH (sin hormona). La las cuales se deduce que los tratamientos en los que se usó la hormona AIB se obtuvo el mayor número de raíces (4,2) seguido por ANA y AIA con 3,58 y 3,39 respectivamente y por SH con 2,03, entonces se puede afirmar que al usar la hormona AIB se obtiene 1,17 – 1,23 veces más raíces que al usar ANA o AIA, y 2,06 veces más que al no usar auxina (SH).

Figura 14

Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable número de raíces según tratamiento.



En la figura 14, se puede observar que existen grupos de tratamientos que no presentan diferencias significativas y otros en las que si existe, de estos tratamientos se puede deducir que los tratamientos T9 (Gue + AIB), T1 (Cat + AIB), T3 (Cat + ANA) y T2 (Cat + AIA) son los tratamientos que produjeron mayor número de raíces con respecto a los demás, entonces al hacer uso del tratamiento T9 se obtiene 1,84 y 5,54 veces más raíces que al usar el tratamiento T12 y T8 respectivamente.

Se puede observar que para la variedad catimor, el uso de cualquier hormona (AIB, AIA o ANA) se obtienen los mejores resultados los cuales son estadísticamente iguales, para la variedad castillo se obtiene mejores resultados utilizando las hormonas AIB (3,5) y ANA (3,3) en las cuales los resultados no muestran diferencias significativas, para la variedad gueisha la mejor hormona para obtener un mayor número de raíces es AIB (4,6).

3.5. Peso de biomasa seca radicular

En la tabla 8, se muestra el análisis de varianza para la variable de biomasa seca radicular, donde el $P - valor < a 0,05$, entonces, se puede afirmar que las variedades, hormonas y su interacción generan diferencias estadísticamente significativas en el peso de la biomasa seca radicular.

Tabla 8

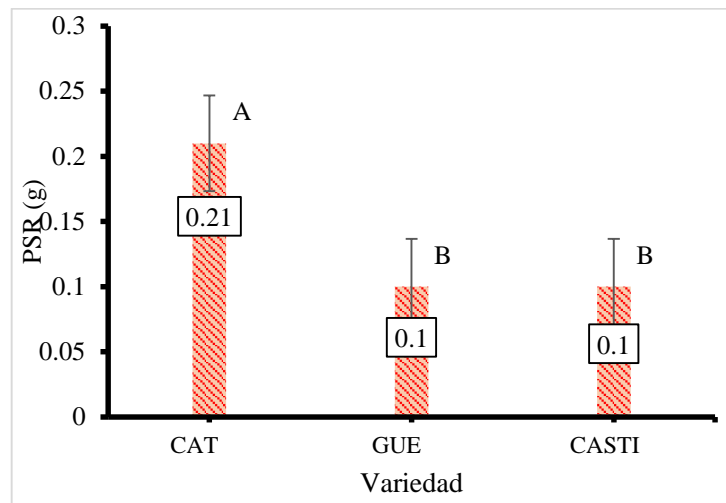
Análisis de varianza para la variable de peso de biomasa seca radicular.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	0,09	2	0,04	72,25	0,0001**
Variedad>Rep	3,70	6	6,20	3,66	0,0149
Hormona	0,08	3	0,03	149,03	0,0001**
Variedad*Hormona	0,02	6	2,50	14,88	0,0001**
Error	3,00	18	1,70		
Total	0,19	35			

Nota: *= significativo ($P-valor < 0,05$); **= altamente significativo ($P-valor < 0,01$). F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher.

Figura 15

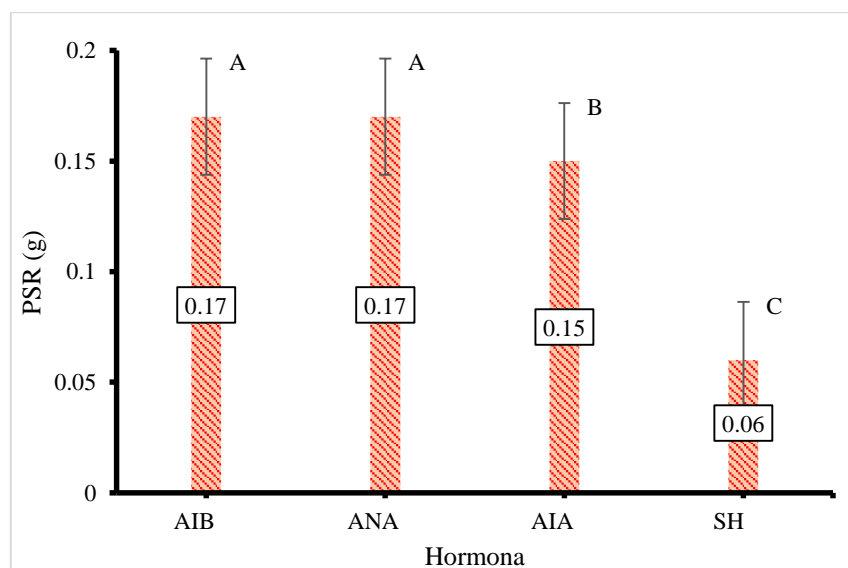
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable peso seco radicular según variedad.



En la figura 15, se puede observar que tanto la variedad gueisha (GUE) y castillo (CAST) con 0,1 g no muestran diferencia significativa entre ellas, pero si existe diferencia significativa con la variedad catimor (CAT) con 0,21 g, de estos resultados se puede afirmar que la variedad catimor obtuvo un peso entre 2,1 veces más peso que la variedad castillo y gueisha.

Figura 16

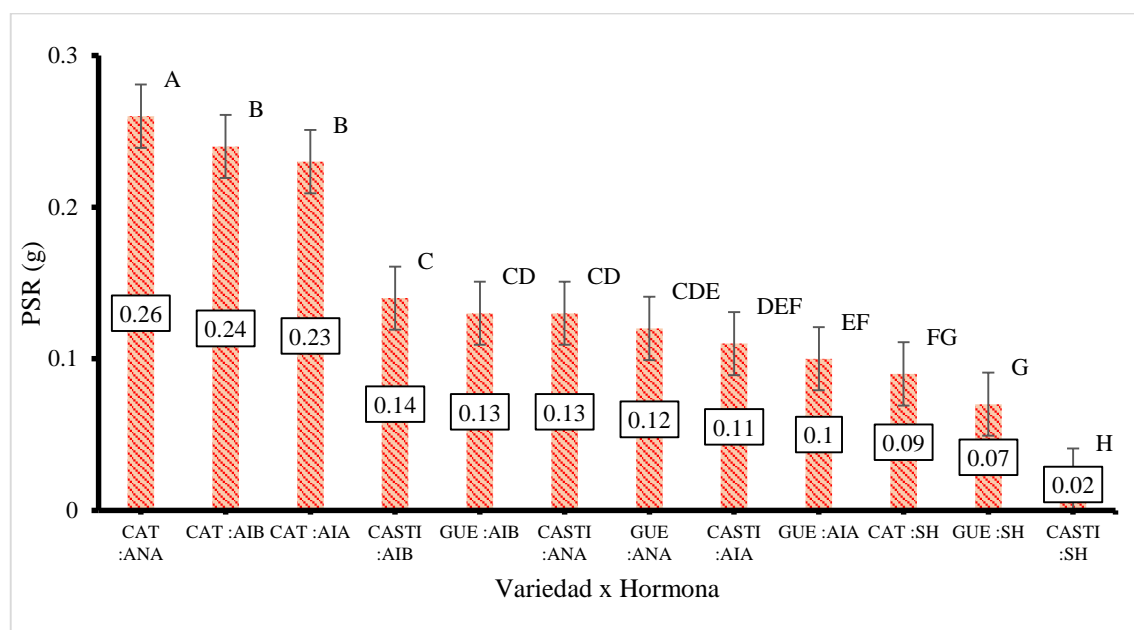
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable peso seco radicular según uso de hormona.



En la figura 16, se observa que el uso de las hormonas AIB (0,17 g) y ANA (0,17 g) no generan diferencias significativas en el peso seco de las raíces, pero si existe diferencia significativa cuando se utiliza AIA (0,15) y al no usar hormona (SH) con el que obtuvo un peso de 0,09 g, entonces se puede afirmar que al usar la hormona AIB o ANA se puede obtener 2,8 veces más peso que al no usar hormona, y al usar AIA se puede obtener 2,5 veces más peso que al no usar hormona .

Figura 17

Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable peso seco radicular según tratamiento.



En la figura 17, se observa que el tratamiento T3 (Cat + ANA) con 0,26 g es con el cual se obtuvo el mayor peso radicular, seguido por el tratamiento T1 (Cat + aib) y T2 (Cat + AIA), estos a su vez son los tratamientos donde se obtuvo un mayor peso radicular a comparación de los demás tratamientos, donde el tratamiento que presentó el menor peso radicular es en el T8 con 0,02 g (Casti + SH) siendo superado este último en 13 veces por el mejor tratamiento (T3).

Se puede observar que para la variedad catimor, con el uso de la hormona ANA se obtienen los mejores resultados, para la variedad castillo se obtiene mejores resultados haciendo uso de las hormonas AIB (0,14 g) y ANA (0,13 g) en las cuales los resultados no muestran diferencias significativas, para la variedad gueisha la mejor hormona para obtener un mayor peso radicular es con AIB (0,13 g) y ANA (0,12 g).

Objetivo Específico II: Efecto de las tres auxinas y tres variedades de café en el comportamiento vegetativo de estaquillas de café.

3.6. Peso de biomasa seca foliar

En la tabla 9, se muestra el análisis de varianza para la variable de biomasa seca foliar, donde el $P - valor > 0,05$, entonces, se puede afirmar que las variedades, hormonas y su interacción no generan diferencias estadísticamente significativas en el peso de la biomasa seca foliar.

Tabla 9

Análisis de varianza para la variable peso de biomasa seca foliar.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	0,65	2	0,33	2,26	0,1851 ns
Variedad>Rep	0,87	6	0,14	2,11	0,1025
Hormona	0,25	3	0,08	1,24	0,3251 ns
Variedad*Hormona	1,02	6	0,17	2,48	0,0634 ns
Error	1,23	18	0,07		
Total	4,02	35			

Nota: *= significativo ($p-valor < 0,05$); **= altamente significativo ($p-valor < 0,01$). F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher.

3.7. Sobrevivencia.

En la tabla 10, se muestra el análisis de varianza para la variable de sobrevivencia, donde se observa que el $p - valor < 0,05$, entonces, se puede afirmar que las variedades, hormonas y su interacción generan diferencias estadísticamente significativas en la sobrevivencia de las estaquillas.

Tabla 10

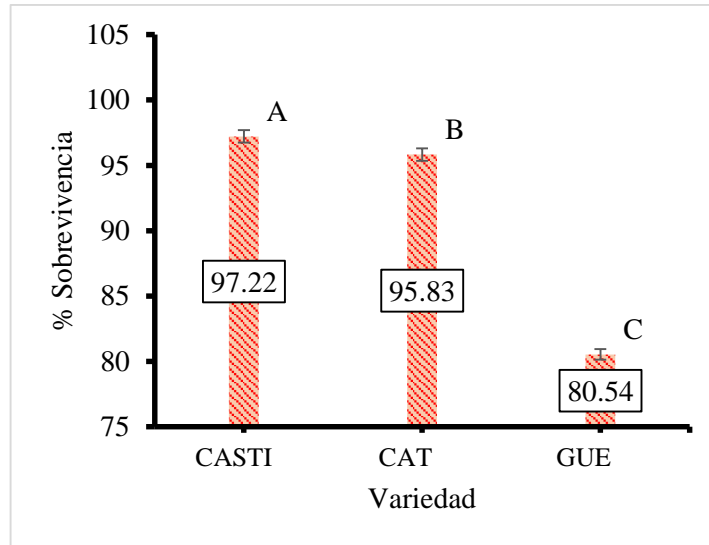
Análisis de varianza para la variable de sobrevivencia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	2054,29	2	1027,15	1599,36	0,0001**
Variedad>Rep	3,85	6	0,64	1,20	0,3507
Hormona	1751,61	3	583,87	1090,97	0,0001**
Variedad*Hormona	1277,94	6	212,99	397,97	0,0001**
Error	9,63	18	0,54		
Total	5097,32	35			

Nota: *= significativo ($p-valor < 0,05$); **= altamente significativo ($p-valor < 0,01$). F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher.

Figura 18

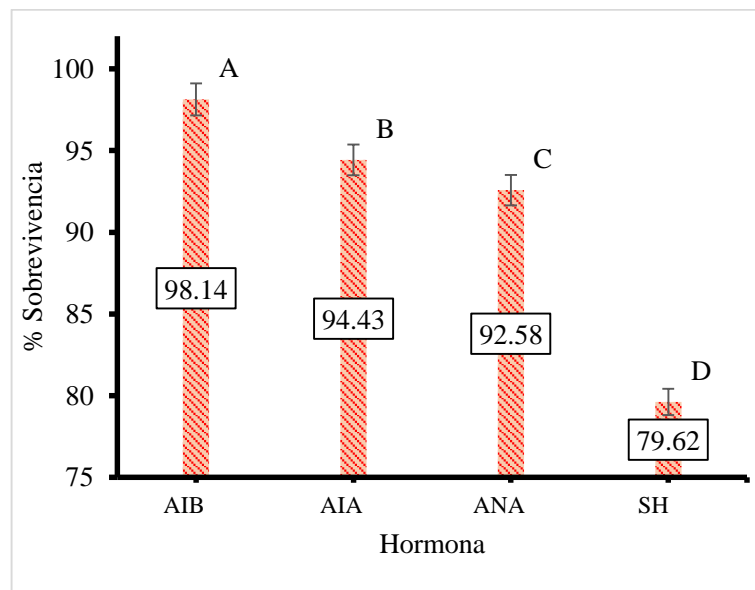
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable sobrevivencia según variedad.



En la figura 18, se puede observar que en la variedad castillo se obtuvo la mayor sobrevivencia con el 97,22% seguido por la variedad catimor con 95,83%, siendo la variedad gueisha la que presenta la menor sobrevivencia con 80,54%. Se puede afirmar entonces que la variedad castillo obtuvo un 1,2 veces más plantas sobrevivientes que la variedad gueisha, siendo las tres variedades estadísticamente diferentes.

Figura 19

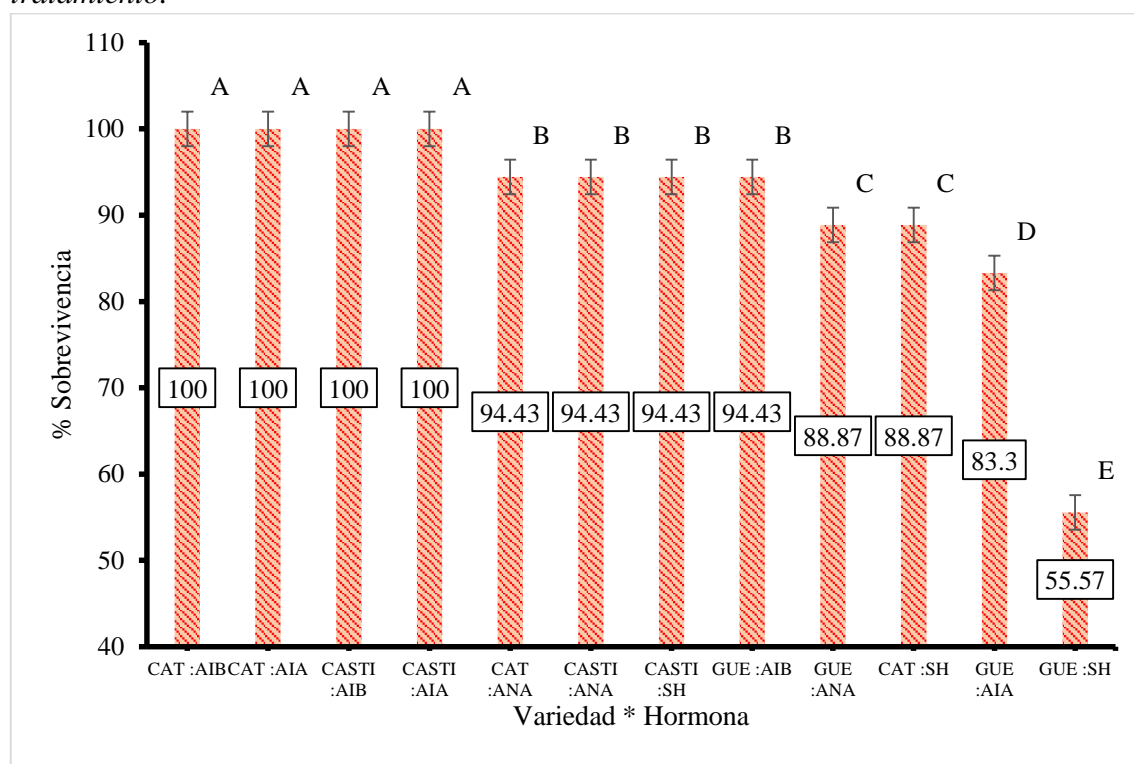
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable porcentaje sobrevivencia según uso de hormona.



En la figura 19, se puede observar que con el uso de la hormona AIB se obtuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia con 98,14%, seguido por AIA (94,43%), ANA (92,58%) y SH (79,62%) con el cual se obtuvo el menor porcentaje de sobrevivencia, además resaltar que todas las hormonas incluido el testigo se obtuvo resultados significativamente diferentes.

Figura 20

Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable porcentaje de sobrevivencia según tratamiento.



En la figura 20, se puede observar que los mejores resultados de sobrevivencia se muestran en los tratamientos T1, T2, T5 y T6 con el 100% de sobrevivencia, seguido por los tratamientos T3, T7, T8, T9 con el 94,43%, en tratamientos como T11 Y T4 se obtuvo un 88,87%, en T10 un 83,3% y el tratamiento en que se obtuvo el menor porcentaje de sobrevivencia fue el T12 con un 55,57% de sobrevivencia.

Se puede observar que para la variedad catimor, con el uso de las hormonas AIB y AIA se obtienen los mejores resultados en sobrevivencia (100%), para la variedad castillo se obtiene mejores resultados haciendo uso de las hormonas AIB y AIA (100%), para la variedad gueisha la mejor hormona para obtener un mayor porcentaje de sobrevivencia es con AIB (94,43%).

3.8. Incremento de tamaño

Tabla 11

Análisis de varianza para la variable de incremento de tamaño.

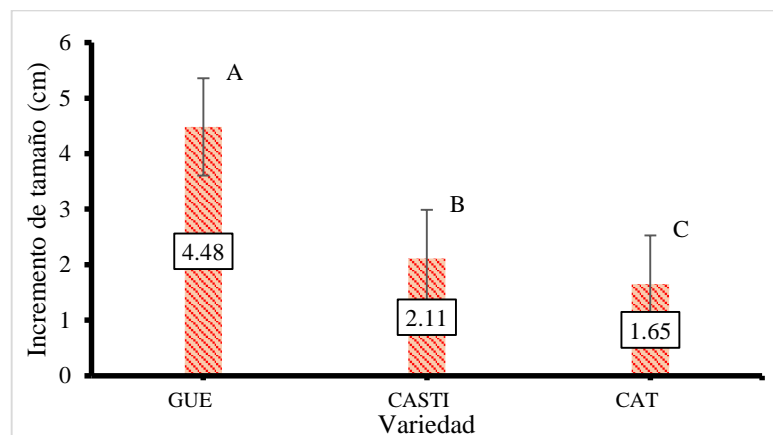
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	55,30	2	27,65	441,48	0,0001**
Variedad>Rep	0,38	6	0,06	2,59	0,055
Hormona	8,62	3	2,87	118,66	0,0001**
Variedad*Hormona	4,25	6	0,71	29,29	0,0001**
Error	0,44	18	0,02		
Total	68,98	35			

Nota: *= significativo ($p\text{-valor} < 0,05$); **= altamente significativo ($p\text{-valor} < 0,01$). F.V: Fuente de variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad; CM: Cuadrado medio; F: Fisher.

En la tabla 11, se muestra el análisis de varianza para la variable de incremento de tamaño, donde el $P - valor < a 0,05$, entonces se puede afirmar que la variedad, hormona y su interacción generan diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de las plantas.

Figura 21

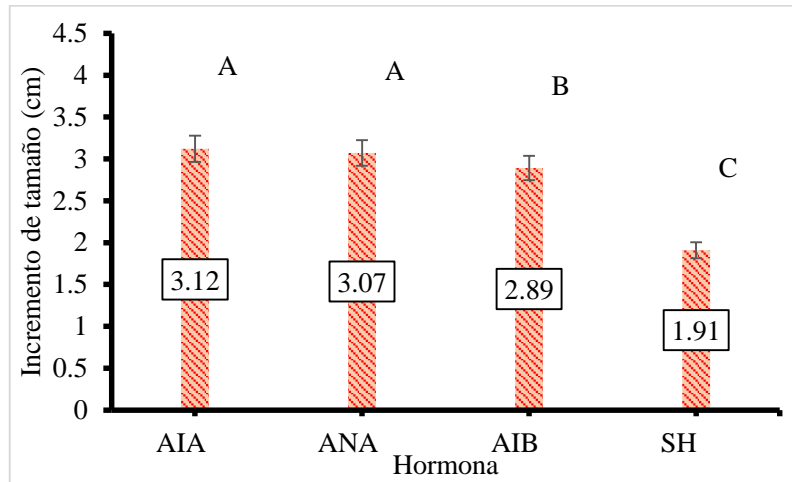
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable incremento de tamaño de planta según variedad.



En la figura 21, se puede observar que la variedad gueisha se obtuvo el mayor crecimiento de las plantas con 4,48 cm, seguido por la variedad castillo con 2,11 cm y la variedad catimor con 1,65 cm, presentando las tres variedades diferencias significativas entre ellas.

Figura 22

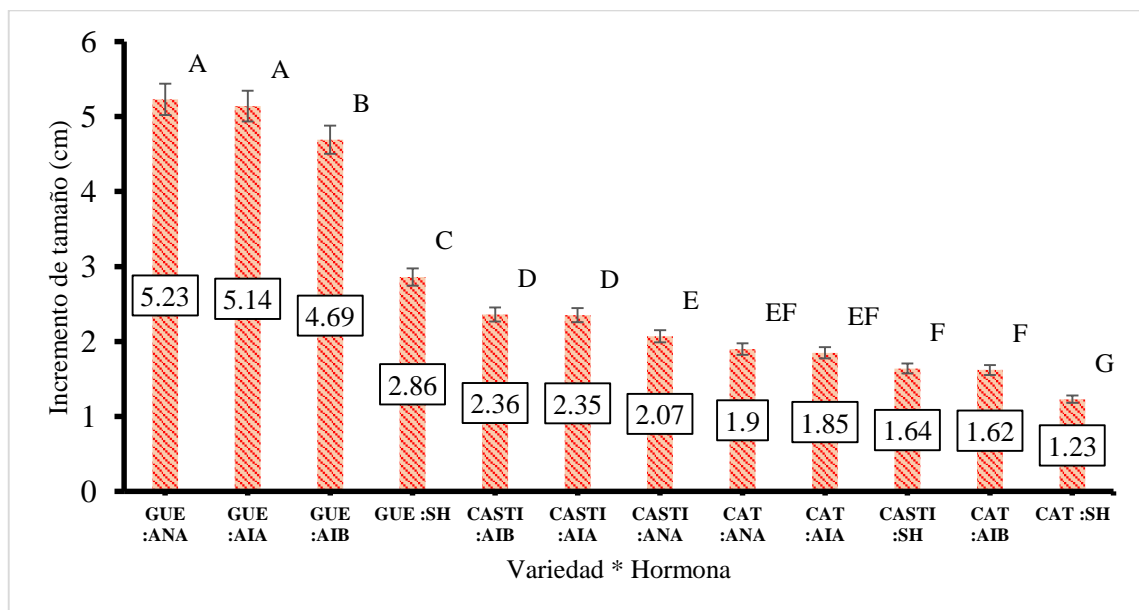
Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable de incremento de tamaño de la planta según uso de hormona.



En la figura 22, se puede observar que el mayor incremento de tamaño se da con el uso de las hormonas AIA (3,12 cm) y ANA (3,07 cm) las cuales no generan diferencias estadísticas, seguido por AIB (2,89 cm) y sin uso de hormona SH (1,91 cm), entonces se puede afirmar que al usar AIA o ANA se puede obtener un incremento de tamaño 1,6 veces más que al no usar hormona, y al usar AIB 1,5 veces que al no usar hormona.

Figura 23

Resultados del test Duncan ($\alpha=0,05$) para la variable altura de planta según tratamiento.



Nota: medias con letras iguales no difieren estadísticamente entre si

En la figura 23, se observa que los mayores resultados de crecimiento de plantas se muestran en los tratamientos T11 (5,23 cm) y T10 (5,14 cm) con inexistente diferencia significativa entre ambos tratamientos, y el menor resultado en relación con el crecimiento de las plantas fue T4 (1,23 cm)

Se puede observar que para la variedad catimor, con el uso de las hormonas ANA y AIA se obtienen los mayores resultados en el crecimiento de las plantas 1,9 y 1,85 cm respectivamente. En la variedad castillo el uso de las hormonas AIB y AIA con 2,36 y 2,35 cm respectivamente, y para la variedad gueisha obtuvo los mayores crecimientos de los esquejes fueron ANA y AIA 5,23 y 5,14 respectivamente.

IV. DISCUSIÓN

Ya expuesto los resultados obtenidos en la investigación tanto para la dimensión de enraizamiento y comportamiento vegetativo de las estaquillas de café, entonces se acepta la hipótesis propuesta en la investigación. Confirmando que las auxinas y variedades tienen efecto en la propagación asexual de *Coffea arabica* L. tanto en el enraizamiento y comportamiento vegetativo de las plantas.

Enraizamiento

Porcentaje de enraizamiento

Los resultados para la variable de enraizamiento nos muestran que la variedad catimor tiene un mayor porcentaje con 74,99% a comparación de la variedad castillo y gueisha. Según Georget, (2017) existe dificultades al realizar la multiplicación de las plántulas de café arábica, ya que estas son recalcitrantes al enraizamiento, esto explica por qué la variedad catimor tiene un alto porcentaje de enraizamiento, porque esta proviene del cruce de la variedad caturra x híbrido de Timor (OIC, 2016) y a su vez híbrido de Timor proviene del cruce natural entre la variedad arábica y robusta (Ramirez, 2017), esto explica que la variedad catimor tiene en su genoma características de la variedad robusta, si bien la variedad castillo también proviene del híbrido de Timor x caturra esta paso por una selección masal de 5 a 6 generaciones, cuyas semillas de la generación 5 y 6 se mezcla y se expende como semilla, lo cual quiere decir que la variedad castillo es una variedad compuesta de líneas mejoradas por ende una alta diversidad genética (Cortina et al, 2013) lo que podría significar que las estaquillas de la variedad castillo sean más recalcitrantes que las de la variedad catimor. Por otro lado, al hacer uso de la hormona AIB y ANA proporcionaron los mayores porcentajes de enraizamiento (76 – 83%), relacionándose estos resultados con los obtenidos por Mesén y Jiménez (2016) los cuales obtuvieron los mejores rendimientos en híbridos de café usando la hormona AIB con porcentajes de enraizamiento superiores a 90%.

Cuando en la variedad catimor se hace uso tanto a de AIA, ANA O AIB se obtuvieron enraizamientos entre 89 - 94%, mientras que en la variedad castillo al hacer uso de AIB se obtiene un porcentaje de enraizamiento de 83,33%, en cuanto a la variedad gueisha al hacer uso de la hormona ANA o AIB se obtiene un porcentaje de enraizamiento de 72,2%. Hecho que se relaciona con los resultados obtenidos en la investigación de Fajardo, (2015) quien obtuvo un enraizamiento del 80% al enraizar estaquillas de café var. típico

haciendo uso de una mezcla de las hormonas AIB y ANA a 2000 ppm, además Ruiz (2015) expone que al propagar café arábico y usar AIB en una proporción de 2000 ppm obtuvo 93% de enraizamiento.

Longitud radicular

Con respecto a la longitud radicular los resultados a los 135 días tenemos que la variedad catimor presento la mayor longitud radicular 10,08 cm, además al hacer uso de las hormonas AIA, AIB y ANA se obtienen resultados estadísticamente iguales respecto a la longitud radicular. Por ende el mejor tratamiento en la variedad catimor es el T3 (catimor + ANA) con 12,83 cm, para la variedad castillo se obtiene mejores resultados haciendo uso de los tratamientos T6 (castillo + AIA) y T7 (castillo + ANA) con 8,93 y 8,53 cm respectivamente en las cuales los resultados no muestran diferencias significativas y para la variedad gueisha la mejor hormona para obtener una raíz más larga es con el tratamiento T9 (gueisha + AIB) con 8,8 cm. Resultados que guardan relación a los obtenidos por Fajardo (2015) quien evaluó la propagación asexual del café arábica var. típica con diferentes dosis de hormonas y mezcla de estas, obteniendo que al utilizar 2000 mg kg^{-1} ANA + 2000 mg kg^{-1} AIB obtuvo los mejores resultados con una longitud radicular de 13,8 cm. Por su parte Presentación y Santos, (2015) quienes evaluaron la aplicación de fitorreguladores compuestos de AIB, ANA + nutrientes, obtuvieron una longitud radicular de 7,55 y 7,25 para la variedad catimor y bourbon respectivamente, la diferencia de longitud se debe a que este estudio se evaluó en menos tiempo (90 días) y que en este caso se aplicaron los fitorreguladores vía foliar, por su parte Aucancela, (2017) al realizar la propagación asexual mediante estaquillas en la variedad robusta uso dos hormonas ANA (Hormonagro 0,4%) y AIB obtuvo los mejores resultados respecto a la longitud radicular al hacer uso de AIB con un promedio de 13,48 cm, resaltando que la evaluación se realizó a los 45 días después de plantado, lo cual nos demuestra que la variedad robusta presenta mayor facilidad al generar raíces en menor tiempo y mayor tamaño.

Número de raíces

Se obtiene el mayor número de raíces con la variedad catimor (3,91), lo que nos indica que esta variedad presenta una mayor diferenciación de las células a comparación de la variedad gueisha (3,35) y la variedad castillo (2,64), a su vez la hormona que indujo la mayor producción de raíces adventicias fue AIB (4,2) seguido por ANA (3,58) y AIA

(3,39). Estos resultados difieren con los obtenidos con Fajardo (2015) quien menciona que se obtuvo los mejores resultados respecto al número de raíces con una mezcla de 2000 mg kg⁻¹ ANA + 2000 mg kg⁻¹ AIB con 15,55 raíces en promedio por estaquilla de café arábica típico, a su vez Samaniego y Morocho (2015) menciona que la mayor cantidad de raíces la obtuvo con una mezcla de 1200 mg(ANA) y 800 mg (AIB) con una media de 20,88 unidades, confirmando que una mezcla de hormonas podría promover una mayor formación de raíces adventicias.

Peso seco radicular

La variedad catimor fue la que mostró un mayor peso seco radicular (0,21 g) con respecto a la variedad castillo y gueisha con 0,1g. A su vez, no se muestra diferencia estadística alguna al usar las hormonas AIB y ANA (0,17 g), pero si cuando se usa AIA (0,15g) y al no usar hormona (SH) con el que se obtiene 0,09 g, al hacer uso de AIB o ANA se obtiene 2,8 veces más peso que al no usar hormona. Para la variedad catimor, con el uso de tratamiento T3 (Cat + ANA) se obtienen los mejores resultados con 0,26g, para la variedad castillo se obtiene mejores resultados haciendo uso del tratamiento T5 (Cast + AIB) y T7 (Cast + ANA) con 0,14 g promedio, en cuanto a la variedad gueisha Los mejores resultados se obtuvieron al hacer uso de los tratamientos T9 (Gue + AIB) y T11 (Gue + ANA) con 0,13 g promedio. Estos resultados obtenidos respecto al peso seco radicular guarda relación con lo expuesto por Campos (2020) quien menciona que al propagar café robusta obtuvo un peso seco radicular de 0,04 g haciendo uso de ANA en una concentración de 2000 ppm, evaluación hecha a los 85 días después de plantado. Por su parte, Lema (2012) menciona que al propagar de manera vegetativa el café robusta obtuvo un peso fresco de raíz de 9 g al utilizar Hormonagro (ANA 0,4%) este peso lo obtuvo a los 180 días después de plantados resultados que guardan relación con los obtenidos.

Callosidad

La variedad que presento en mayor proporción más estaquillas solo con callo fue castillo 43,05 % respecto a la variedad catimor (29,16 %) y gueisha (20,84 %). Cuando no se hace uso de ninguna hormona de enraizamiento se tiene un 63% de esquejes que solo generan callo, los tratamientos que mostraron la mayor cantidad de estaquillas que solo produjeron callo fue T8 (Cast + SH) con 83,33%, seguido del T4 (Cat + SH) con 66,67% y T12 (Gue + SH) con 38,9%. Según matamoros, et al (2020) esto es debido a que las

auxinas son las que promueven la diferenciación celular y los tropismos en las plantas, lo cual verifica que al no haber presencia de auxina en estos tratamientos testigos se obtendrá esquejes que solo generan callo sin diferenciación. Lo que no sucede con la utilización de hormonas, ya que se tiene porcentajes menores al 26% de estaquillas que solo generaron callo, obteniendo un mayor porcentaje de generación de raíces.

Comportamiento vegetativo

Supervivencia

Con relación a la supervivencia de las estaquillas de café se debe de tener en cuenta que se consideran las estaquillas enraizadas y las estaquillas que solo generaron callo, teniendo en cuenta lo anterior, con la variedad castillo se obtuvo la mayor supervivencia 97,22% seguido por la variedad catimor con 95,83%, siendo la variedad gueisha la que presenta la menor supervivencia con 80,54 %. Se puede afirmar entonces que la variedad castillo obtuvo un 20% más plantas sobrevivientes que la variedad gueisha. Por otro lado, al hacer uso de la hormona AIB se obtuvo el mayor porcentaje de supervivencia con 98,14 %, seguido por AIA (94,43 %), ANA (92,58 %) y SH (79,62 %) con el cual se obtuvo el menor porcentaje de supervivencia, en relación a los tratamientos se encuentran T1, T2, T5 y T6 con el 100% de supervivencia, seguido por los tratamientos T3, T7, T8, T9 con el 94,43%, en tratamientos como T11, T4 y T10 se obtuvieron supervivencias por encima de 80%, y el tratamiento en que se obtuvo el menor porcentaje de supervivencia fue el T12 con un 55,57% de supervivencia. Estos altos resultados guardan relación con lo expuesto por Samaniego y Morocho (2015) respecto a la propagación vegetativa de café robusta los resultados obtenidos mostraron que el mayor porcentaje de supervivencia se alcanzó haciendo uso de 1200 mg (ANA) y 400 mg (AIB) con una media del 95% de supervivencia y enraizamiento, Se confirma que para la variedad catimor, con el uso de las hormonas AIB y AIA se obtienen los mejores resultados en supervivencia (100%), para la variedad castillo se obtiene mejores resultados haciendo uso de las hormonas AIB y AIA (100%), para la variedad gueisha la mejor hormona para obtener un mayor porcentaje de supervivencia es con AIB (94,43%), guardando relación a lo que menciona Ruiz (2015), quien al propagar café arábico de forma vegetativa al hacer uso de AIB a 2000 ppm obtuvo el 100% de supervivencia.

Incremento de tamaño

En cuanto al incremento de tamaño de las plantas, la variedad gueisha presentó el mayor resultado con 4,48 cm, seguido por la variedad castillo con 2,11 cm y la variedad catimor con 1,65 cm, en cuanto al uso de las hormonas AIA y ANA presenta un crecimiento de 3,1 cm, seguido por AIB (2,89 cm) y sin uso de hormona SH (1,91 cm), entonces se puede afirmar que al usar AIA y ANA se puede obtener un crecimiento de planta de 1,6 veces más alta que al no usar hormona, y al usar AIB 1.5 veces más que al no usar hormona, la variedad catimor obtiene los mejores resultados con ANA o AIA en el crecimiento de las plantas con 1,87 cm en promedio, en la variedad castillo el uso de las hormonas AIB o AIA proporciona 2,36 cm en promedio, y para la variedad gueisha se obtuvo los mayores crecimientos de los esquejes con ANA o AIA 5,16 cm en promedio, resultados que guardan relación a los obtenidos por Samaniego y Morocho (2015) mencionan que lo obtuvieron con una mezcla de 1200 mg (ANA) y 800 mg (AIB) con una media de 4,95 cm a los 80 días de plantado en café robusta, además Campos (2020) menciona que al clonar café robusta por estaquillas obtuvo crecimiento de 1,22 cm al usar ANA a 2000 ppm 85 días después del plantado. La variedad gueisha es la que muestra un mayor crecimiento respecto a las demás variedades, esto puede ser debido a características propias de la variedad, pues según Geovanny (2021) menciona que la variedad gueisha es una variedad de porte alto con entrenudos más largos y una mayor elongación a comparación de la variedad castillo y catimor e híbridos de porte bajo en general.

V. CONCLUSIONES

Con respecto al enraizamiento de las estaquillas de café, La variedad catimor respondió mejor con respecto a porcentaje de enraizamiento (74,99%), longitud radicular (10,08 cm), número de raíces (3,91) y peso seco radicular (0,21 g). Además, el uso de AIB proporciona el mejor porcentaje de enraizamiento (83,32%) y número de raíces (4,2), las tres auxinas presentaron una longitud radicular entre 9,53 - 8,63 cm, así mismo el uso de AIB o ANA se obtiene el mayor peso seco radicular (0,17 g). La interacción entre variedades y hormonas, en los tratamientos T1, T2 y T3 destacaron en el porcentaje de enraizamiento (88,87 – 94,43%), con T1 y T9 en número de raíces (4,6) y T3 en longitud radicular (12,83 cm) y peso radicular (0,26 g).

En cuanto al comportamiento vegetativo, con la variedad gueisha, destaco en incremento de tamaño (4,48 cm), castillo en sobrevivencia (97,22 %). En tanto a las hormonas, AIB destaco en sobrevivencia (98,14%), el uso de AIA o ANA se mostró un mejor incremento de tamaño (3,12 cm). En cuanto su interacción, los tratamientos T1, T2, T5 Y T6 muestran una sobrevivencia de 100%, con los tratamientos T10 y T11 se obtienen un mejor incremento de tamaño (5,18 cm).

La variedad catimor muestra una mayor capacidad rizogenica en comparación a castillo y gueisha, del mismo modo la auxina más sobresaliente resulto ser el AIB para el enraizamiento y desarrollo de las estaquillas, sin duda este trabajo servirá como referencia para propagar genotipos superiores de café con el fin de instalar jardines clonales y mejorar la productividad en la caficultura.

VI. RECOMENDACIONES

Validar la investigación probando las diferentes auxinas con otras variedades específicas de café arábico a nivel de micro – túneles en diferentes pisos altitudinales.

Replicar la investigación utilizando las mismas variedades y auxinas comparadas con la propagación mediante semilla botánica.

Testar el comportamiento agronómico de las plantas clonales obtenidas mediante el método propuesto.

Para la propagación masiva de café de forma vegetativa a nivel de microtuneles aplicar ácido – 3 – butírico a una dosis de 2000 ppm.

Si se va a propagar café por estaquillas, cumplir con los riegos y el nivel de sombra en el microtunel, propuestos en la investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aucancela, D. (2017). *Propagación vegetativa de café robusta (Coffea canephora) utilizando dos hormonas enraizantes en diferentes concentraciones en el cantón Bucay.* (Bachelor's thesis). <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25046>
- Caballero, L. (2021). *Programa de especialización en inteligencia comercial y análisis de mercados internacionales.* Lima: MRE-ADEX Perú.
- Campos, A., Panis, B., y Carpentier, S. (2017). Somatic embryogenesis in coffee: the evolution of biotechnology and the integration of omics technologies offer great opportunities. *Frontiers in plant science* , 8, 1460. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01460>.
- Campos, C. (2020). *Eficacia de enraizantes en la clonación de genotipos de Coffea canephora Pierre, en Manglaralto, Santa Elena.* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.).
- Chichipe Oyarce, J., Camacho, A., Bobadilla, L., Vigo, C., Vásquez, V., y Silva Valqui, G. (2021). Clonal Propagation of Coffea arabica with Indole Butyric Acid and Acclimatization Conditions in Amazonas, Peru. *International Journal of Agronomy*, 56 - 62. <https://doi.org/10.1155/2021/8590590>.
- Cortina, H. A., Moncada, M., & Herrera, J. (2013). Variedad Castillo®: Preguntas frecuentes. *Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)*.
- Fajardo, A. (2015). Propagación vegetativa de café nacional (Coffea arabica), con el uso de hormonas estimulantes del enraizamiento ANA y AIB en el Cantón Buena Fe. *Quevedo. UTEQ.* , 62. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1469>
- Fatobene, B., Gonçalves, W., Oliveira, C., y Guerreiro, O. (2019). Clonal Arabica coffee resistant to Meloidogyne paranaensis and damage threshold on plants development. *Scientia Agricola*, 76, 227-231. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0409>
- Fuentes, B. A. (2021). *Efecto de fitohormonas enraizantes en plántulas de balsa (Ochroma pyramidale) bajo condiciones de vivero.* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).

- Georget, F., Courtel, P., Garcia, E., Hidalgo, M., Alpizar, E., Breitler, J., y Etienne, H. (2017). Somatic embryogenesis-derived coffee plantlets can be efficiently propagated by horticultural rooted mini-cuttings: a boost for somatic embryogenesis. *Scientia Horticulturae*, 216, 177-185.
- Geovanny, P. (2021). Caracterización morfoagronómica de 20 accesiones de *Coffea arabica* L. del banco de germoplasma de la UNESUM. (*Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM*).
- González, K. (2017). Determinación de la frecuencia de riego para el enraizamiento de brotes de café (*Coffea arabica*) en dos tipos de sustrato y tres concentraciones de ácido indol butírico (AIB) en condiciones de vivero con fines de mitigación ambiental. *IIAP San Martín*, <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1077>
- Iliquin, I. (2019). *Respuesta de clones de café (Coffea arabica L.) Variedad Caturra a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en condiciones de campo, Distrito de Huambo, Rodríguez de Mendoza, Amazonas*. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1756>
- Inuma, L., Montejo, A., Torres, G., López, A., Ochoa, B., Vásquez, E y Vásquez, E. (2018). Edad del material vegetativo y su efecto en el enraizamiento de brotes de café (*Coffea arabica*) variedad caturra. *Revista de Investigación Valdizana*, 215 - 222. <https://doi.org/10.33554/riv.12.4.157>
- Jingade, P., Huded, B. y Mishra, M. (2019). Diversity genotyping of Indian coffee (*Coffea arabica* L.) germplasm accessions by using SRAP markers. *Journal of Crop Improvement*, 33(3), 327-345. <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1592050>
- Jordán, M., Y Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. *Fisiología Vegetal*, 1-28.
- Lema Ramos, L. (2012). *Evaluación de eficiencia de seis enraizadores y dos sustratos para la propagación de Ramillas de Café Robusta (Coffea Canephora), en vivero, cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)*.
- Machucá Y. (30 de Agosto de 2021). *Amazonas busca convertirse en la primera región en calidad y producción de café*. Obtenido de La Republica:

<https://larepublica.pe/sociedad/2021/08/30/amazonas-busca-convertirse-en-la-primer-region-en-calidad-y-produccion-de-cafe-lrnd/>

Matamoros, A., Mesén, F., Jiménez, L. (2020). Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F1 de café (*Coffea arabica*). *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 58-75.

Mesén, F., y Jiménez, L. (2016). *Producción de clones de café por miniestacas*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza, CATIE.

MIDAGRI. (16 de Setiembre de 2021). *Perú se consolida como octavo exportador mundial de café*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/523046-midagri-peru-se-consolida-como-octavo-exportador-mundial-de-cafe>

MINCETUR. (2021). *Reporte de Comercio Regional: Primer Semestre*. Dirección General de Investigación y Estudios Sobre Comercio Exterior. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2341647/Reporte%20de%20Comercio%20-%20Reporte%20Comercio%20Regional%20-%20RCR%20-%20Amazonas%202021%20-%20I%20Sem.pdf>

International Coffee Organization – OIC (30 de febrero del 2023). *Aspectos botánicos acerca del café*. Obtenido de: [https://www.ico.org/es/botanical_c.asp#:~:text=El%20H%C3%ADbrido%20de%20Timor%20es,del%20caf%C3%A9%20\(Hemileia%20vastatrix\)](https://www.ico.org/es/botanical_c.asp#:~:text=El%20H%C3%ADbrido%20de%20Timor%20es,del%20caf%C3%A9%20(Hemileia%20vastatrix)).

Presentación, M., & Santos, B. (2015). *Influencia de la aplicación de fitoreguladores formulados a base de ácido indol butírico (AIB)-ácido naftalenacético (ANA), en el crecimiento radicular y foliar en plántones de café (Coffea arábica L.) en condiciones de vivero*, Aucayacu-2015. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/1108>

Pincay, V. (2017). Multiplicación in vitro de café caturra rojo *Coffea arábica* L. con la interacción de dos fitohormonas. *Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil*, <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18266>

Ramírez, J. (2017). *100 años del hallazgo de una planta de café extraordinaria: El híbrido de timor*. Recuperado de: <https://ramirezcaficulturadesdecostarica.com/ct-78>

- Ramos, E. (2019). *Comparación de calidad de café (Coffea arabica L.) en San Juan del Oro-Puno-Perú y Apolo-La Paz-Bolivia*. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10982>
- Rezende, T., Carvalho, S., Bueno, J., Honda, P., Simões, L., Paulino, R., y Nascimento, T. (2017). Vegetative propagation of coffee by mini-cutting. *Coffee Science*, 12(1), 91-99. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1246>
- Ruiz, W. (2015). *Propagación de café (Coffea arabica L.) mediante el enraizamiento de rebrotes utilizando cinco dosis de ácido indolbutírico y cuatro sustratos, en ambientes controlados*. Universidad Nacional de San Martín. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/662>
- Sánchez, T. (2017). *Efecto de inóculos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas clonales de café (Coffea arabica L.) variedad caturra en condiciones de invernadero, Rodríguez de Mendoza, Región Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, <http://repositorio.unrtm.edu.pe/handle/UNTRM/1300>
- Sánchez, T. Goicochea, D., Oliva, M., y López, L. (2019). Influencia del estado fenológico y nutrición de plantas matrices de café (Coffea arabica L.) en la producción de brotes, Rodríguez de Mendoza, Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(1), 74-82. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20191.485>
- Samaniego, M., Morocho, G. (2015). *Propagación vegetativa de café robusta (Coffea canephora) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutírico (aib), y ácido naftalenacetico (ana) en diferentes concentraciones en ventanas*. (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ). <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/493>
- Vargas, J. (2017). *Propagación del cultivo de café Coffea arábica L. caturra rojo, utilizando ramillas y diferentes fitohormonas*. Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil, <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19612>

Velásquez, C., y Trávez, M. (2019). *Café especial, una alternativa para el sector cafetero en Colombia*. (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT). <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/15236>

Velásquez, O. (2019). *Guía de variedades de café. Segunda edición*. Guatemala: Asociación Nacional del Café. Recuperado de: <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

ANEXOS

Figura 24

Selección de plantas madre y Corte de los primeros 3/4 partes de las ramas



Figura 25

Agobio y fertilización de las plantas madre



Figura 26

Colecta de sustrato



Figura 27

Esterilización de sustrato



Figura 28

Acondicionamiento del área del vivero



Figura 29

Crecimiento de brotes var. catimor.



Figura 30

Colecta de estaquillas var. gueisha



Figura 31

Tratamiento auxínico de las estaquillas



Figura 32

Plantado de las estaquillas en micro túnel



Figura 33

Planta enraizada var. Catimor



Figura 34

Evaluación de estaquillas longitud radicular – número de raíces



Figura 35

Estaquillas enraizadas var. Catimor



Figura 36

Estaquillas enraizadas var. Castillo



Figura 37

Estaquillas enraizadas var. Gueisha



Figura 38

Estaquilla enraizada



Figura 39

Pesaje de raíz y biomasa aérea en balanza analítica en laboratorio UNTRM

