

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL



TESIS

**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CINCO CULTIVARES DE CACAO
CHUNCHO (*Theobroma cacao* L.) UTILIZANDO DOS ENRAIZANTES
EN EL FUNDO POTRERO, SANTA ANA, LA CONVENCION – CUSCO**

**PRESENTADO POR:
Br. ALDO SENCIA ALARCON**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO TROPICAL**

**ASESORES:
Mag. DORIS FLOR PACHECO FARFÁN
Dra. ANALÍ LIZÁRRAGA FARFÁN**

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: PROPAGACION VEGETATIVA DE CINCO CULTIVARES DE CACAO CHUNCHO (Theobroma cacao L.) UTILIZANDO DOS ENRAIZANTES EN EL FONDO POTIZERO, SANTA ANA, LA CONVENCIÓN - CUSCO

Presentado por: ALDO SENCIA ALARCON DNI N° 77463779

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO AGRONOMO TROPICAL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 03 de SEPTIEMBRE de 2025



Firma

Post firma DORIS FROR PACHECO FARFAN

Nro. de DNI 23872782

ORCID del Asesor 0000-0002-3709-7278

ASESOR 2: 0000-0003-2673-5841

DNI: 46340155

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259-491107041

ALDO SENCIA ALARCON

TESIS ALDO SENCIA ALARCON.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:491107041

112 páginas

Fecha de entrega

3 sep 2025, 7:49 a.m. GMT-5

25.382 palabras

Fecha de descarga

3 sep 2025, 7:57 a.m. GMT-5

149.525 caracteres

Nombre del archivo

TESIS ALDO SENCIA ALARCON.pdf

Tamaño del archivo

7.9 MB

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Con profunda gratitud, dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por haber sido mi roca firme, mi guía constante y mi fuente inagotable de fuerza en los momentos más difíciles. A Él le agradezco por sostenerme con salud, iluminar mi camino y darme la energía necesaria para seguir adelante con fe, convicción y propósito en mi formación profesional.

A mis padres, Víctor Sencia Quispe y Martina Alarcón Vega, les entrego este logro con todo el amor y la admiración que les tengo. Su dedicación incondicional, su ejemplo de vida y el esfuerzo silencioso con el que me acompañaron, han sido los cimientos sobre los cuales se ha construido este camino. Gracias por enseñarme, con su ejemplo, el verdadero significado de la responsabilidad, el esfuerzo y la integridad. Este triunfo también les pertenece.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), que me acogió durante estos años de formación. En sus aulas no solo adquirí conocimientos técnicos, sino también una comprensión más profunda del valor de la agricultura como herramienta para el desarrollo sostenible de nuestras comunidades. Cada etapa vivida fue una lección que moldeó mi compromiso profesional y humano.

A la Facultad de Agronomía y Zootecnia; a la Escuela Profesional de Agronomía Tropical, y a los docentes les reconozco con sincero aprecio. Más allá de su admirable conocimiento, supieron transmitir con pasión valores esenciales que marcaron mi vocación. Su acompañamiento, exigencia y confianza fueron guía constante en mi evolución académica y personal.

A mis asesoras, la Mgt. Doris Flor Pacheco Farfán y la Dra. Analí Lizárraga Farfán, les debo un agradecimiento especial. Su orientación, paciencia y sabiduría fueron claves en el desarrollo de esta investigación. Gracias por exigirme lo mejor de mí y por estar presentes con compromiso y calidez en cada etapa. Sin su apoyo, este trabajo no habría alcanzado la solidez que hoy posee.

Finalmente, a cada persona que, con un gesto, palabra o aliento, sumó a este proceso, les digo gracias. Este logro es colectivo, y lo celebro con quienes creyeron en mí y caminaron a mi lado.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
CONTENIDO.....	iv
RESUMEN.....	vii
INTRODUCCIÓN	1
I. EL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos	4
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	5
2.1. Objetivos	5
2.1.1. Objetivo general	5
2.1.2. Objetivos específicos.....	5
2.2. Justificación.....	5
III. HIPÓTESIS.....	7
3.1. Hipótesis general.....	7
3.2. Hipótesis específicas	7
IV. MARCO TEÓRICO.....	8
4.1. Antecedentes	8
4.1.1. Internacional.....	8
4.1.2. Nacional.....	10
4.2. Bases teóricas	12
4.2.1. Generalidades del cultivo de cacao	12
4.2.1.1. Origen y domesticación	12
4.2.1.2. Clasificación taxonómica	13
4.2.1.3. Requerimientos agroecológicos.....	13
4.2.1.3.1. Requisitos climáticos	14
4.2.1.3.2. Requisitos de suelo	15
4.2.1.4. Descripción botánica	17
4.2.1.4.1. Planta.....	17
4.2.1.4.2. Tronco y ramas	17

4.2.1.4.3. Sistema radicular.....	17
4.2.1.4.4. Hojas	18
4.2.1.4.5. Flores.....	18
4.2.1.4.6. Fruto.....	19
4.2.1.4.7. Semillas.....	19
4.2.2. Caracterización del cacao “Chuncho” y sus cultivares	19
4.2.2.1. Principales características agronómicas y sensoriales.....	20
4.2.2.2. Cultivares evaluados en el estudio.....	22
4.2.2.2.1. Señorita	22
4.2.2.2.2. Achoccha.....	24
4.2.2.2.3. Chuncho de Montaña	25
4.2.2.2.4. Chuncho Común	27
4.2.2.2.5. Pamuco Rugoso	28
4.2.3. Propagación del cacao	30
4.2.3.1. Propagación sexual	30
4.2.3.2. Propagación asexual en cacao	31
4.2.3.3. Propagación por ramillas	31
4.2.4. Factores que afectan el enraizamiento de ramillas	33
4.2.4.1. Sombra.....	33
4.2.4.2. Humedad relativa.....	33
4.2.4.3. Temperatura.....	34
4.2.4.4. Sustrato	34
4.2.4.5. Reguladores de crecimiento.....	34
4.2.4.6. Riego.....	34
4.2.4.7. Material vegetal	35
4.2.5. Reguladores de crecimiento y fitohormonas	35
4.2.5.1. Definición de regulador de crecimiento	35
4.2.5.2. Definición de fitohormonas	35
4.2.5.3. Mecanismos hormonales en la inducción de raíces adventicias	36
4.2.6. Enraizantes evaluados en el estudio	36
4.2.6.1. Root Hor	36
4.2.6.2. Agrostemin-GL.....	37
4.3. Marco conceptual	38

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	41
5.1. Tipo y enfoque de la investigación	41
5.2. Ubicación espacial	41
5.3. Ubicación temporal	42
5.4. Materiales y metodología	43
5.4.1. Materiales	43
5.4.1.1. Materiales de campo	43
5.4.1.2. Materiales de gabinete	43
5.4.1.3. Material genético	43
5.4.2. Metodología	44
5.4.2.1. Diseño experimental	44
5.4.2.2. Características del campo experimental	45
5.4.2.3. Conducción del experimento	47
5.4.2.3.1. Selección y preparación del sitio experimental	47
5.4.2.3.2. Elaboración del medio de enraizamiento	48
5.4.2.3.3. Obtención, transporte y acondicionamiento de ramillas	49
5.4.2.3.4. Formulación de soluciones hormonales de enraizamiento	51
5.4.2.3.5. Aplicación de tratamientos a las ramillas	52
5.4.2.3.6. Plantación y disposición en vivero	53
5.4.2.3.7. Establecimiento de condiciones ambientales controladas	54
5.4.2.3.8. Cuidados post-plantación y control sanitario	56
5.4.2.4. Evaluaciones	56
5.4.2.5. Análisis estadístico	59
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	60
6.1. Prendimiento	60
6.2. Incidencia	65
6.3. Longitud de raíces	71
6.4. Peso fresco de raíces	77
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
7.1. Conclusiones	83
7.2. Recomendaciones	84
VIII. BIBLIOGRAFÍA	86
IX. ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferenciación del cacao “Chuncho” frente a otros cacao y clones comerciales	22
Tabla 2. Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Señorita”.	23
Tabla 3. Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Achoccha”.	24
Tabla 4. Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Chuncho de Montaña”.	26
Tabla 5. Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Chuncho Común”.	27
Tabla 6. Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar Pamuco Rugoso.	29
Tabla 7. Composición química y características de Root-Hor.	37
Tabla 8. Composición química de bioestimulante Agrostemin®-GL.	38
Tabla 9. Tratamientos experimentales según combinación (enraizantes x cultivares).	44
Tabla 10. Descripción de las soluciones hormonales utilizadas en el enraizamiento.	51
Tabla 11. Estructura de análisis de varianza (ANVA) para un (DCA).	59
Tabla 12. Valores promedio del porcentaje de prendimiento (%) de ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.	60
Tabla 13. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) del porcentaje de prendimiento (%) de ramillas...60	
Tabla 14. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre el porcentaje de prendimiento (%) de ramillas.	61
Tabla 15. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre el porcentaje de prendimiento de ramillas.	63
Tabla 16. Valores promedio de la incidencia de pudrición (%) en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.	65
Tabla 17. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) de la incidencia de pudrición (%) en ramillas.	67
Tabla 18. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre la incidencia de pudrición (%) en ramillas.	67
Tabla 19. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre la incidencia de pudrición de ramillas.	69
Tabla 20. Valores promedio de la longitud de raíces (cm) en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.	71
Tabla 21. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) de la longitud de raíces (cm) en ramillas.	72

Tabla 22. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre la longitud de raíces (cm) en ramillas.....	72
Tabla 23. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre la longitud de raíces (cm) en ramillas.....	74
Tabla 24. Valores promedio del peso fresco de raíces (g) de ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.	77
Tabla 25. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) del peso fresco de raíces (g) en ramillas.....	77
Tabla 26. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre el peso fresco de raíces (g) de ramillas.	78
Tabla 27. Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre el peso fresco de raíces (g) de ramillas.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología general del árbol de cacao “Chuncho”.	20
Figura 2. Fruto del cultivar “Señorita”.	23
Figura 3. Fruto del cultivar “Achoccha”.	25
Figura 4. Fruto del cultivar “Chuncho de Montaña”.	26
Figura 5. Fruto del cultivar “Chuncho Común”.	28
Figura 6. Fruto del cultivar “Pamuco Rugoso”.	29
Figura 7. Ramilla de cacao en proceso de plantación.	32
Figura 8. Mapa satelital de la ubicación del campo experimental en el Fundo Potrero.	42
Figura 9. Distribución de tratamientos con 15 tratamientos en el campo experimental.	46
Figura 10. Proceso de preparación del sitio experimental y construcción de vivero.	47
Figura 11. Proceso de formulación y disposición del medio de enraizamiento en vivero.	49
Figura 12. Proceso de selección, traslado y acondicionamiento de ramillas de cacao.	50
Figura 13. Proceso técnico de preparación y aplicación de soluciones hormonales de enraizamiento.	52
Figura 14. Proceso de aplicación de soluciones hormonales a ramillas de cacao.	53
Figura 15. Plantación y disposición experimental de ramillas de cacao “Chuncho” en vivero protegido.	54
Figura 16. Establecimiento de microclimas controlados mediante túneles de cobertura plástica en vivero de cacao “Chuncho”.	55
Figura 17. Representación gráfica comparativa del porcentaje de prendimiento (%) para efectos principales de ramillas de cacao “Chuncho”.	62
Figura 18. Representación gráfica comparativa del porcentaje de prendimiento (%) de ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.	64
Figura 19. Imágenes de Aislamiento e identificación de <i>Phytophthora palmivora</i> .	66
Figura 20. Representación gráfica comparativa del porcentaje de incidencia (%) para efectos principales en ramillas de cacao “Chuncho”.	68
Figura 21. Representación gráfica comparativa de la incidencia de pudrición (%) en ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.	70

Figura 22. Representación gráfica comparativa de longitud de raíces (cm) para efectos principales de ramillas de cacao “Chuncho”.	73
Figura 23. Representación gráfica comparativa de la longitud de raíces (cm) de ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.....	75
Figura 24. Representación gráfica comparativa del peso fresco de raíces (g) para efectos principales de ramillas de cacao “Chuncho”.	79
Figura 25. Representación gráfica comparativa del peso fresco de raíces (g) de ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.....	81

RESUMEN

La presente investigación titulada: “PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CINCO CULTIVARES DE CACAO CHUNCHO (*Theobroma cacao* L.) UTILIZANDO DOS ENRAIZANTES EN EL FUNDO POTRERO, SANTA ANA, LA CONVENCION – CUSCO”, tuvo como objetivo evaluar el efecto de los enraizantes Root Hor y Agrostemin sobre el prendimiento, sanidad e indicadores radiculares en ramillas de cinco cultivares élite de cacao “Chuncho” (Señorita, Achoccha, Montaña, Común y Pamuco) en condiciones de vivero. El estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3×5 (dos enraizantes y un testigo $\times$ cinco cultivares), con 15 tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron cuatro variables: porcentaje de prendimiento, incidencia de pudrición, longitud y peso fresco de raíces. El análisis estadístico incluyó Análisis de Varianza (ANVA) y la prueba de Tukey al 5 %. Los resultados evidenciaron efectos significativos de los enraizantes, tanto de forma independiente como en interacción con los cultivares. El tratamiento Root Hor + Montaña registró el mayor porcentaje de prendimiento (83.51 %), superando ampliamente al testigo (39.62 %). En cuanto a la incidencia de pudrición, el mismo tratamiento presentó la menor afectación (6.49 %), mientras que los testigos superaron el 50 %. Además, se identificó a *Phytophthora palmivora* como agente causal de la pudrición de ramillas. En cuanto a desarrollo de raíces, Root Hor + Montaña tuvo la mayor longitud de raíz (14.77 cm) y el mayor peso fresco (2.65 g), mientras que el testigo + Común, solo llegó a 6.90 cm de longitud y 1.38 g de peso fresco. Estos resultados muestran que el uso de enraizantes, especialmente Root Hor, mejora significativamente la eficiencia de la propagación vegetativa por ramillas en cacao “Chuncho”. Esto valida como una opción técnica y viable para la multiplicación de cultivares de alta calidad sensorial y valor genético.

Palabras clave: cacao Chuncho, enraizantes, propagación vegetativa, prendimiento, raíces, ramillas, mejoramiento genético.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.), especie perenne nativa de la Amazonía, ha sido fundamental en el desarrollo cultural, económico y agrícola de las civilizaciones precolombinas. Su nombre científico, "alimento de los dioses", ya da cuenta de lo valorado que ha sido este cultivo a lo largo de la historia. A nivel mundial, el cacao es un sector que involucra a más de 40 millones de personas y se cultiva en más de 50 países (Arvelo *et al.*, 2017). En este marco, Perú es el octavo productor mundial y segundo de cacao orgánico, reconocido por ser proveedor de cacao fino de aroma (MINAGRI, 2023).

En este contexto, el cacao “Chuncho” del Cusco, que es cultivado ancestralmente por la comunidad nativa Matsigenka en el valle de La Convención, es un genotipo con alto valor genético para el país. Se calcula que en la zona hay 18,500 ha de este cultivo, dispersas en 26 cultivares (Rojas *et al.*, 2017). Además, Rojas *et al.* (2017) indican que la variedad es apreciada por sus características organolépticas superiores en la pulpa fresca, pasta y chocolates, siendo galardonada en los “International Chocolate Awards” en 2017, posicionando al cacao “Chuncho” como un producto diferenciado en el mercado mundial.

La propagación del cacao se lleva a cabo principalmente de manera sexual y asexual (Paredes, 2003). Pero la reproducción sexual a través de semillas genera gran variabilidad genética, lo que afecta la uniformidad y calidad del material vegetal. Por esta restricción, la propagación vegetativa (asexual) es una mejor alternativa, por el cual se pueden multiplicar en clones los mejores genotipos. Esta técnica pretende mantener las características genéticas de la planta progenitora, acortar el ciclo productivo y multiplicar rápidamente el material vegetal (Mata, 2006; Paz *et al.*, 2020).

La propagación clonal utilizando ramillas, que son segmentos apicales de ramas sanas con yemas activas, ha sido un método eficiente y de bajo costo para reproducir cacao (Mata, 2006). La propagación vegetativa por estacas está influenciada por aspectos determinantes,

como el uso de reguladores de crecimiento. El papel de las auxinas como hormonas de enraizamiento fue descubierto a finales del siglo XIX por Charles y Francis Darwin, y su existencia fue demostrada por Frits Went en 1928, lo que llevó al desarrollo de enraizantes comerciales (Hartmann & Kester, 1990). Actualmente autores como Alcántara *et al.* (2019) y Paz *et al.* (2020) han verificado que el uso de enraizantes es indispensable para estimular raíces adventicias y lograr el enraizamiento en cacao. De acuerdo con Hartmann & Kester (1990), la propagación vegetativa exitosa no sólo está ligada al regulador de crecimiento, sino también al estado fisiológico de la planta madre y las condiciones ambientales.

En este contexto dado la importancia del cacao y en específico del cacao “Chuncho”, los métodos de propagación, los enraizantes y cultivares elite, se identifica un problema central: la ineficiente propagación del cacao “Chuncho” mediante semillas genera una alta variabilidad genética, comprometiendo la conservación de árboles elite y la sostenibilidad del cultivo. Aunque la propagación vegetativa con enraizantes es una solución técnica, no existen investigaciones experimentales que validen esta técnica en los cinco cultivares nativos más representativos del cacao “Chuncho” bajo las condiciones agroecológicas específicas del valle de La Convención. Este vacío de conocimiento limita la estandarización de protocolos de propagación para la realidad local.

Por consiguiente, la presente investigación, titulada: PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CINCO CULTIVARES DE CACAO CHUNCHO (*Theobroma cacao* L.) UTILIZANDO DOS ENRAIZANTES EN EL FUNDO POTRERO, SANTA ANA, LA CONVENCION - CUSCO, pretende llenar esta brecha. La validación experimental de esta técnica abrirá las puertas para su aplicación en viveros, conservando así germoplasma nativo y mejorando genéticamente una de las variedades más representativas del cacao peruano.

El autor

I. EL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

El cacao (*Theobroma cacao* L.), en particular el cultivar nativo “Chuncho” de Cusco, es un germoplasma de alto valor. Caracterizado por su excelencia sensorial, este material genético es un soporte económico para los pueblos del valle de La Convención y un producto cotizado en el mundo.

Sin embargo, la propagación convencional a través de semillas resulta en una alta variabilidad genética que afecta la uniformidad de los cultivos y la regularidad en rendimiento y calidad del grano. Aunque existen formas de propagación asexual como la injertación y la micropropagación *in vitro*, éstas tienen limitaciones de uso: la injertación necesita mano de obra especializada y existe incompatibilidad entre portainjerto y yema, y el cultivo *in vitro* requiere infraestructura costosa, inaccesible para pequeños productores.

Y aquí es donde surge el problema objeto a investigar: la ineficiente propagación del valioso cacao nativo “Chuncho” ya que el método tradicional mediante semillas genera una alta variabilidad genética, lo que dificulta la multiplicación uniforme de sus cultivares élite. En respuesta, la propagación vegetativa por enraizamiento de ramillas utilizando enraizantes se presenta como una alternativa viable y de bajo costo. Pero aún existe una brecha de conocimiento: no hay investigaciones que midan experimentalmente el efecto de enraizantes en los cinco cultivares nativos de cacao “Chuncho” (Señorita, Achoccha, Montaña, Común y Pamuco) en las condiciones agroecológicas de La Convención.

Esta brecha restringe el desarrollo de protocolos agronómicos adaptados y limita las posibilidades de conservación y multiplicación eficiente del germoplasma, obstaculizando la mejora productiva y la sostenibilidad del cultivo en la zona. Por lo tanto, se debe de generar una investigación experimental que evalúe de manera precisa el efecto de enraizantes sobre las variables determinantes en el proceso de enraizamiento en tales cultivares.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de dos enraizantes en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” (*Theobroma cacao* L.), en el fundo potrero, Santa Ana, La Convención – Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Qué porcentaje de prendimientos se logra en la propagación vegetativa de ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” tratados con enraizantes, bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana?
2. ¿Cuál es la incidencia de la pudrición de ramillas en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” tratados con enraizantes, bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana?
3. ¿Qué efecto tienen los enraizantes sobre la longitud de raíces formadas en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana?
4. ¿Qué efecto tienen los enraizantes en el peso fresco de raíces generadas en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo general*

Evaluar el efecto de dos enraizantes en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” (*Theobroma cacao* L.), en condiciones de vivero en el fundo Potrero, Santa Ana, La Convención – Cusco.

2.1.2. *Objetivos específicos*

1. Determinar el porcentaje de prendimiento de ramillas en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” tratadas con enraizantes, bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.
2. Evaluar la incidencia de la pudrición de ramillas en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” tratadas con enraizantes, bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.
3. Determinar el efecto de enraizantes sobre longitud de raíces de ramillas formadas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.
4. Determinar el efecto de enraizantes sobre el peso fresco de raíces generadas en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.

2.2. Justificación

Esta investigación se justifica en la necesidad de generar opciones técnicas factibles, accesibles y adaptadas a las condiciones locales para mejorar la eficiencia en la propagación del cacao “Chuncho”, un recurso genético con alto valor para el valle de La Convención. El método habitual de propagación por semilla es ineficiente, ya que induce alta variabilidad genética, lo que afecta la uniformidad del cultivo, la calidad del grano y la productividad. Frente

a ello, las técnicas como el injerto o el cultivo in vitro, son eficientes, pero costosas y con restricciones técnicas que impiden su adopción por pequeños y medianos productores. La propagación vegetativa por enraizamiento de ramillas (estacas apicales) surge como una forma eficiente y de bajo costo, siempre que se optimicen sus condiciones con el uso de enraizantes hormonales apropiados. Sin embargo, esta técnica aún no ha sido verificada experimentalmente en genotipos locales de cacao “Chuncho” en condiciones agroecológicas del distrito de Santa Ana y zonas aledañas. Es por ello que esta investigación se justifica desde cuatro perspectivas:

Económico: Este estudio busca mejorar el rendimiento de los viveros mediante un protocolo técnico de bajo costo, que permita reducir pérdidas, disminuir el tiempo de producción de plántulas y aumentar la disponibilidad de material vegetativo de alta calidad genética. Con ello, se espera incrementar la rentabilidad por unidad propagada y fortalecer la competitividad del cacao “Chuncho” en los mercados nacional e internacional.

Social: La difusión y transferencia de esta técnica a organizaciones de productores, fortalecerá la autonomía tecnológica de las familias agricultoras, generando una producción sostenible, de mayor valor agregado y más resistente a las oscilaciones del mercado.

Ambiental: La obtención de mejores plántulas, más uniformes, sanas y vigorosas, reducirá la dependencia de agroquímicos correctivos en las fases posteriores del cultivo, disminuyendo el impacto ambiental de la producción de cacao en la región.

Científico: Esta investigación proporcionará información científica sobre la respuesta de cinco cultivares de cacao “Chuncho” ante la aplicación de enraizantes hormonales, lo cual servirá como base para programas de mejoramiento genético, conservación del germoplasma local y tecnologías apropiadas de propagación clonal en vivero. Además, sus resultados apoyarán el desarrollo de la fisiología vegetal aplicada y la generación de sistemas agrícolas sostenibles en áreas amazónicas, enlazando el conocimiento científico con las necesidades prácticas de los pequeños agricultores.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La aplicación de enraizantes influye significativamente en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” (*Theobroma cacao* L.), bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero, distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco.

3.2. Hipótesis específicas

1. La aplicación de enraizantes influye significativamente en el porcentaje de prendimiento de ramillas en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.
2. La aplicación de enraizantes reduce significativamente la incidencia de pudrición de ramillas en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.
3. La aplicación de enraizantes incrementa significativamente la longitud de raíces formadas en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.
4. La aplicación de enraizantes incrementa significativamente el peso fresco de raíces de ramillas en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero en Santa Ana.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

4.1.1. Internacional

Campoverde Armijos (2017), en su tesis: *“Efecto de dos hormonas enraizantes sobre estacas de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN 51 en la localidad de Matilde Esther, provincia del Guayas”*. En Ambato, Ecuador. Con el fin de establecer cómo responden las estacas de cacao a dos reguladores de crecimiento: ácido indolbutírico (IBA) y Hormonagro 1 en dos concentraciones (400 y 800 mg). Se diseñó bajo un DCA con arreglo factorial 2×2 con seis repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron porcentaje de prendimiento, número de brotes, longitud de raíz y volumen radicular. Los resultados mostraron que la aplicación de IBA a 800 mg favoreció la rizogénesis, con raíces de 13,08 cm de largo y 2,77 cc de volumen en promedio. Además, se logró un 80% de prendimiento a los 60 días. Por otro lado, Hormonagro 1 a la misma dosis sobresalió en la emisión de yemas, promediando 3,22 yemas por estaca. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas, demostrando la sensibilidad del material vegetal al tipo y concentración hormonal. El autor recomienda la aplicación de IBA a 800 mg/l como una técnica efectiva y reproducible para mejorar la propagación clonal del cacao en zonas tropicales húmedas. En estos sistemas, la eficiencia radicular y la reducción de pérdidas son factores clave para tener sistemas productivos rentables.

Holguín Zúñiga (2018), en su tesis: *“Enraizamiento de ramas de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 utilizando hormonas sintéticas ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB)”*. En Quevedo, Ecuador. Con el fin de evaluar la influencia de combinaciones de hormonas sintéticas en el enraizamiento de estacas de cacao variedad CCN-51. Se diseñó bajo un DCA con cinco tratamientos: cuatro hormonales y un control sin aplicación; cinco repeticiones por tratamiento. Se midieron variables como número y longitud

de brotes y raíces, porcentaje de enraizamiento y supervivencia y análisis económico complementario. Los resultados mostraron que el tratamiento T2 (3250 mg/kg ANA + 3250 mg/kg AIB) fue el que mejor respondió en términos de enraizamiento (86 %) y supervivencia (78 %), con diferencias significativas ($p < 0.05$) sobre los demás tratamientos, según la prueba de Tukey. Además, este tratamiento obtuvo la mejor razón beneficio/costo (1,42), lo que la convierte en una opción rentable y tecnológicamente factible para viveristas. Por el contrario, las dosis más altas disminuyeron el prendimiento y la rizogénesis, lo cual podría explicarse por un efecto inhibitor debido a altas concentraciones hormonales. La autora concluye que la combinación de ANA y AIB promueve la propagación clonal del cacao. Esto permite una mejor manera de enraizamiento, especialmente en climas tropicales como en Ecuador.

Crespo Prado (2021), en su tesis: *“Evaluación del efecto de tres hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51, en el recinto Zhucay, provincia del Cañar”*. En Milagro, Ecuador. Con el fin de determinar el efecto de tres enraizantes naturales (agua de lenteja, agua de coco y extracto de sábila) en la propagación clonal del cacao CCN-51. El experimento se condujo bajo DCA, con cuatro repeticiones por tratamiento. Se midieron variables morfológicas como porcentaje de prendimiento, número de brotes, vigor de planta, longitud de raíz y peso fresco y seco de la parte aérea y radical. Además, se incluyó el análisis de costos por plántula como indicador de eficiencia económica. Aunque no hubo diferencias estadísticas en algunas variables como número de brotes y longitud de raíz, el tratamiento con extracto de sábila (T3) obtuvo los mejores promedios generales, logrando un prendimiento de 21,3 %, raíz de 19,7 cm y peso seco radicular de 1,23 g. Económicamente también fue superior, con un costo de producción de \$0,41 por planta, inferior al costo obtenido con Hormonagro 1 (\$0,48). El autor determina que el uso de enraizantes vegetales, específicamente el extracto de sábila, es una alternativa técnica y económica en comparación con productos sintéticos, siendo apropiado para áreas rurales con escasos recursos.

4.1.2. Nacional

Reyes Aquino (2014), en su tesis: “*Multiplicación vegetativa de cacao (*Theobroma cacao* L.) con dos tipos de estacas y cuatro dosis de ácido indolbutírico (AIB) en cámara de subirrigación en Tingo María*”. En Huánuco, Perú. Para determinar la eficiencia del enraizamiento en estaquitas juveniles del clon CCN-51, utilizando distintas concentraciones de AIB. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, bajo un diseño totalmente aleatorizado en arreglo factorial 2×4 , donde se tomaron dos tipos de estacas (intermedia y terminal) y cuatro concentraciones de AIB (0, 2000, 4000 y 6000 ppm) en cámaras de subirrigación como ambiente controlado. Las variables evaluadas fueron porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces, porcentaje de brotación, defoliación y mortalidad durante 80 días. Los resultados mostraron que el tratamiento T4 (estacas intermedias con 6000 ppm de AIB) logró los mejores valores: 68,89 % de enraizamiento, 8,3 raíces por estaca, 27,5 cm de longitud radicular, 55,56 % de brotación y menor mortalidad (31,11 %). Por el contrario, las estacas terminales tratadas con la misma concentración hormonal dieron menores resultados, por ser más susceptibles fisiológicamente. El autor determina que para una eficiente propagación vegetativa en cacao se deben utilizar estacas intermedias y dosis apropiadas de AIB, obteniéndose plantones vigorosos en condiciones controladas de vivero.

Guizado Ovando (2015), en su tesis: “*Enraizamiento de estacas basales de los clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) ICS-95, CCN-51, ICS-1, CMP-15 y Porcelana; utilizando ácido indol butírico (AIB) en el centro poblado de Valle Esmeralda – Río Ene*”. En Junín, Perú. Para determinar el comportamiento fisiológico y morfológico de seis clones de cacao expuestos a una sola aplicación de ácido indolbutírico (4000 ppm) en condiciones controladas de vivero. El experimento se condujo en un diseño completamente al azar con seis tratamientos clonales y tres repeticiones, utilizando estacas basales de 30 cm de longitud tomadas de plantas

progenitoras de tres años de edad. Los resultados indicaron que el clon CCN-51 fue superior en todas las variables evaluadas, con 70,7 % de prendimiento, 13,05 cm de longitud radicular, 5,93 raíces por estaca, 13,64 g de peso seco de raíces y 46,05 cm² de área foliar. Por el contrario, el clon Criollo presentó el menor prendimiento (19,3 %), lo que demuestra que el genotipo es determinante en la respuesta al enraizamiento. El autor determina que el clon CCN-51 tratado con AIB a 4000 ppm es altamente recomendable para la propagación clonal por estacas, obteniéndose plantas vigorosas y reduciendo significativamente la etapa vegetativa en vivero.

Huillca Huaypar (2019), en su tesis: *“Multiplicación vegetativa por ejes plagiotrópicos en dos cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) en el sector Tiobamba - La Convención – Cusco”*. En Cusco, Perú. Tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del enraizamiento en estacas plagiotrópicas de los cultivares CCN-51 y “Chuncho” utilizando distintos sustratos y concentraciones de ácido indolbutírico (AIB). La investigación se diseñó en arreglo factorial de tres tipos de sustrato (arena fina, suelo agrícola y enriquecido con materia orgánica) por dos concentraciones hormonales (0.2 % y 0.4 %), para un total de doce tratamientos con tres repeticiones en condiciones de vivero. Los resultados mostraron que el sustrato elaborado con arena fina y suelo enriquecido con materia orgánica produjo los mayores porcentajes de prendimiento en ambos cultivares. En lo que respecta a la concentración hormonal, la del 0,2 % favoreció una mayor precocidad en el enraizamiento, con 50,28 días en promedio, mientras que la del 0,4 % favoreció una mayor elongación radical, con 12,056 cm. Morfológicamente, el clon “Chuncho” sobresalió por la mayor longitud y diámetro de brote, y CCN-51 por el mayor número de hojas por unidad. El autor determina que la combinación entre el tipo de sustrato, la concentración de AIB y el genotipo vegetal influye en la propagación vegetativa del cacao, corroborando su uso tecnológico en sistemas clonales en condiciones amazónicas de Cusco.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Generalidades del cultivo de cacao

4.2.1.1. Origen y domesticación

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es originaria de la cuenca amazónica de América del Sur, extendiéndose principalmente por Perú, Brasil, Colombia, Ecuador, Bolivia y Venezuela. Su importancia como principal centro de origen se manifiesta en estos lugares, que albergan la mayor diversidad genética de la especie (Bartley, 2005).

La domesticación del cacao silvestre se inició cuando humanos que habitaban en bosques tropicales húmedos comenzaron a seleccionar árboles con frutos más grandes y de mejor calidad. Luego se extendió a Mesoamérica, a países como México, Guatemala y Honduras, donde fue fundamental en las culturas prehispánicas (Bartley, 2005).

La hipótesis de una domesticación múltiple a lo largo del corredor amazónico se apoya en datos genéticos que revelan al menos diez grupos distintos de cacao. El proceso no se dio en un solo paso, sino en múltiples adaptaciones locales y selecciones independientes, que dieron lugar a la gran diversidad varietal que existe hoy en día (Motamayor *et al.*, 2008).

En relación al origen y domesticación del cacao “Chuncho” cusqueño; es un antiguo linaje asociado a los nativos Matsigenkas. Antes de la llegada de los europeos, los pueblos lo usaron como alimento, medicina y moneda. Su domesticación permitió la selección de materiales con mejores características sensoriales, las cuales aún persisten como herencia genética y cultural (Rojas *et al.*, 2017).

Estudios moleculares muestran que el “Chuncho” de La Convención es altamente variable genéticamente, más que otras poblaciones sudamericanas. Esto reafirma a esta área como uno de los principales centros de origen, diversificación y conservación de cacao a nivel regional (Céspedes *et al.*, 2018).

El Perú es uno de los lugares con mayor diversidad genética de cacao en el mundo, donde el linaje único “Chuncho” ha sobrevivido durante siglos de selección y adaptación por las comunidades locales, demostrando su valor biológico y cultural (Thomas *et al.*, 2023).

4.2.1.2. Clasificación taxonómica

Según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (*Integrated Taxonomic Information System* [ITIS], 2024), el cual reúne información científica verificada sobre la diversidad biológica a través de expertos y organizaciones internacionales, la taxonomía del cacao se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Subreino: Viridiplantae

Infrareino: Streptophyta

Superdivisión: Embriofitas

División: Traqueofitas

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Rosanae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Teobroma* L.

Especies: *Theobroma cacao* L.

4.2.1.3. Requerimientos agroecológicos

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie perenne que demanda condiciones agroecológicas precisas para expresar su máximo potencial productivo. Su crecimiento, floración y rendimiento dependen de factores climáticos (como temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar y viento) así como de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Por su carácter umbrófilo y su origen en ecosistemas húmedos, el cacao prospera en ambientes cálidos, con sombra parcial, elevada humedad ambiental y suelos fértiles y bien estructurados (Arévalo *et al.*, 2017; Gómez & Ormeño, 2013; Paredes, 2003).

4.2.1.3.1. Requisitos climáticos

4.2.1.3.1.1. Temperatura

La temperatura es un factor determinante en el rendimiento del cacao, ya que regula procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la floración y el cuajado de frutos. El rango óptimo para el cultivo se encuentra entre 24 °C y 28 °C, aunque puede tolerar valores entre 18 °C y 32 °C. Temperaturas inferiores a 18 °C reducen la floración y el crecimiento vegetativo, mientras que valores superiores a 32 °C ocasionan estrés térmico, caída de flores y lentitud en el llenado de mazorcas (Arévalo *et al.*, 2017; Cerrón, 2014; Gómez, 2014; Paredes, 2003).

La media anual ideal ronda los 25 °C, siendo la variable térmica la que define los límites de altitud y latitud del cultivo. Además, las raíces superficiales deben protegerse de temperaturas extremas mediante cobertura de hojarasca, dado que por debajo de los 15 °C su actividad se ve comprometida (Paredes, 2003; Torres, 2012).

4.2.1.3.1.2. Precipitación

La precipitación es el factor climático más influyente en la producción de cacao. El rango óptimo varía entre 1500 y 2500 mm anuales, distribuidos de forma uniforme. Algunos autores señalan límites de 1150 a 2800 mm, aunque la mínima tolerable es de 1400 mm y la máxima cercana a 3000 mm (Arévalo *et al.*, 2017; Gómez, 2014; Paredes, 2003).

Los periodos secos no deben exceder tres meses, con lluvias inferiores a 100 mm, ya que el déficit hídrico prolongado afecta la fotosíntesis, reduce la formación de frutos y debilita el sistema radicular (Cerrón, 2014; Hall *et al.*, 2010). Sin embargo, en zonas de Ecuador el cacao puede resistir hasta seis meses de sequía, debido a temperaturas moderadas, cielos nublados y mayor humedad atmosférica (Hall *et al.*, 2010).

4.2.1.3.1.3. Humedad

El cacao requiere una humedad relativa de entre 70 % y 90 %. En este rango se garantiza la apertura estomática, la turgencia celular y la eficiencia en la absorción de nutrientes. Una

humedad por debajo de estos valores produce deshidratación foliar, reducción del crecimiento apical y estrés fisiológico, mientras que excesos de humedad predisponen a la incidencia de enfermedades fúngicas en frutos y hojas (Gómez & Ormeño, 2013; Gómez, 2014; Arévalo *et al.*, 2017).

4.2.1.3.1.4. Luz y sombra

Por su origen como especie de sotobosque, el cacao necesita sombra parcial, especialmente durante la etapa inicial de desarrollo. Lo recomendable es que reciba entre un 30 % y 50 % de la radiación solar total, lo que reproduce las condiciones naturales de los bosques tropicales (Gómez & Ormeño, 2013; Paredes, 2003).

La exposición directa a alta radiación ocasiona quemaduras foliares, inhibición del crecimiento y desbalances térmicos en el suelo, mientras que un sombreado excesivo puede reducir rendimientos y aumentar la prevalencia de enfermedades fúngicas (Pinzón *et al.*, 2012; Daymond *et al.*, 2022).

Entre las ventajas de los árboles de sombra destacan la protección frente a temperaturas extremas, la mejora en la fertilidad del suelo y la regulación del microclima, aunque un mal manejo del sombreado puede resultar contraproducente (Daymond *et al.*, 2022).

4.2.1.3.2. Requisitos de suelo

4.2.1.3.2.1. Textura y drenaje

El cacao puede establecerse en diversos suelos, aunque los más aptos son los francos a franco-arenosos, profundos y con buen drenaje. Estas condiciones aseguran aireación adecuada y un balance hídrico que favorece la respiración radicular. En contraste, los suelos arcillosos con drenaje deficiente generan condiciones anaeróbicas y enfermedades radiculares, mientras que los suelos arenosos, de baja capacidad de retención, limitan la sostenibilidad productiva (Arévalo *et al.*, 2017; Gómez, 2014; Hall *et al.*, 2010; Paredes, 2003).

4.2.1.3.2.2. Fertilidad y nutrientes

El cacao requiere suelos fértiles y balanceados en macro y micronutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro. Estas sustancias cumplen funciones en la fotosíntesis, la formación de tejidos estructurales y la regulación hormonal. Deficiencias en estos elementos reducen significativamente la producción y la calidad del grano. El uso de enmiendas orgánicas, compost y bioestimulantes contribuye a mejorar la fertilidad y la sostenibilidad del agroecosistema (Paredes, 2003; Hall *et al.*, 2010; Daymond *et al.*, 2022).

4.2.1.3.2.3. pH

El rango óptimo de pH para el cacao se encuentra entre 6.0 y 6.5, aunque puede tolerar valores de 5.0 a 7.5 sin afectar gravemente su desarrollo. Valores inferiores a 5.0 limitan la absorción de fósforo, zinc y hierro, además de inducir toxicidad por aluminio; mientras que valores altos reducen la disponibilidad de micronutrientes. Aunque la especie puede sobrevivir en rangos extremos de 4.5 a 8.5, la producción en estas condiciones suele ser deficiente (Hall *et al.*, 2010; Daymond *et al.*, 2022; Paredes, 2003).

4.2.1.3.2.4. Materia orgánica

Un contenido de materia orgánica superior al 3 % es fundamental para garantizar la sostenibilidad del cultivo. La materia orgánica mejora la estructura física del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, fomenta la actividad microbiana benéfica y permite una liberación gradual de nutrientes. Además, contribuye a estabilizar térmica y químicamente la rizósfera y fortalece la resiliencia del cultivo ante condiciones adversas (Arévalo *et al.*, 2017; Hall *et al.*, 2010; Daymond *et al.*, 2022; Paredes, 2003).

4.2.1.4. Descripción botánica

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol o arbusto semicaducifolio de porte bajo, leñoso y perenne, perteneciente a la familia Malvaceae y la subfamilia Sterculioideae. Su origen se sitúa en la cuenca amazónica, donde se adaptó a ecosistemas húmedos, sombreados y con suelos profundos. Su fisiología presenta una clara diferenciación entre órganos vegetativos y reproductivos, lo que ha permitido clasificaciones morfofuncionales aplicables en conservación y mejoramiento genético (Dostert *et al.*, 2012; Pinzón *et al.*, 2012).

4.2.1.4.1. Planta

El cacao puede alcanzar alturas de entre 6 y 8 m, aunque en condiciones de sombra intensa puede llegar hasta 12 o incluso 20 m. En cultivo, mediante podas, suele mantenerse entre 4 y 8 m. Su copa es densa, redondeada y puede alcanzar diámetros de 7 a 9 m (Estrada *et al.*, 2011; Batista, 2009; Dostert *et al.*, 2012).

4.2.1.4.2. Tronco y ramas

El tronco es recto, con corteza oscura de tonalidad gris-café y ramas finamente vellosas. En plantas provenientes de semilla, el tallo principal crece hasta 0.80–1.50 m y luego se ramifica en tres a cinco ramas al mismo nivel, formando lo que se conoce como “mesa”, “molinillo” o “verticilo”. Desde este tronco principal también emergen chupones, tallos verticales de crecimiento paralelo. En contraste, los individuos clonados mediante propagación asexual no generan mesa, presentan menor follaje y su crecimiento es más limitado (Batista, 2009; Estrada *et al.*, 2011; Pinzón *et al.*, 2012; Torres, 2012).

4.2.1.4.3. Sistema radicular

El cacao desarrolla una raíz pivotante o primaria que, en suelos profundos, puede alcanzar hasta 2 m de penetración, acompañada de raíces laterales secundarias que se expanden entre 15 y 20 cm de profundidad, extendiéndose de manera horizontal hacia mantos freáticos. El cuello de la raíz constituye una zona de transición bien definida. Además, cuenta con

abundantes raicillas o pelos absorbentes, localizados principalmente en los primeros 5 cm del suelo, responsables de una eficiente absorción hídrica y nutricional (Estrada *et al.*, 2011; Pinzón *et al.*, 2012; Batista, 2009; Defaz, 2016; Ramírez, 2009).

4.2.1.4.4. Hojas

Las hojas son simples, coriáceas, alternas y enteras, aunque pueden presentar ligeras ondulaciones en el margen. Su forma varía entre ovadas y obovado-elípticas, con dimensiones de 17–48 cm de longitud y 7–10 cm de ancho. El ápice es apiculado, la base redondeada o ligeramente cordada, y el pecíolo mide entre 14 y 27 mm, con la presencia de una yema axilar. En estado juvenil emergen de color rojizo y presentan un movimiento nictinástico que reduce la exposición a la radiación solar, mientras que en su madurez adquieren un color verde oscuro, delgadas y de textura firme (Dostert *et al.*, 2012; Pinzón *et al.*, 2012; Batista, 2009; Torres, 2012).

4.2.1.4.5. Flores

Las flores del cacao son pequeñas, hermafroditas y actinomorfas, producidas en fascículos caulinares a partir de cojines florales ubicados en el tronco y ramas principales. Cada flor es pentámera, con cinco sépalos angostamente lanceolados de color blanco o rosado y cinco pétalos libres, ligeramente más largos, de color amarillento con nervaduras violetas internas. El androceo está conformado por diez estambres lineares, de los cuales cinco son fértiles y alternan con cinco estaminodios morados infértiles. El gineceo presenta un ovario súpero con cinco lóculos, cada uno conteniendo entre 5 y 15 óvulos. La polinización es principalmente entomófila, llevada a cabo por pequeñas mosquitas del género *Forcipomya* sp. A pesar de la abundante floración anual, el porcentaje de cuajado natural es bajo, inferior al 5 % (Batista, 2009; Dostert *et al.*, 2012; Pinzón *et al.*, 2012; Arévalo, 2017; Ramírez, 2005).

4.2.1.4.6. Fruto

El fruto del cacao, denominado mazorca, es una baya grande y polimorfa, con longitudes de 10 a 35 cm y pesos de 200 a 1000 g. Su forma varía de esférica a fusiforme, con 5 a 10 surcos longitudinales en la superficie. El pericarpio es grueso, de consistencia dura o leñosa, mientras que el endocarpio presenta un grosor de 4 a 8 mm. La coloración depende del tipo genético y del grado de madurez, variando del verde al amarillo, o del rojo al anaranjado. Internamente, la mazorca se divide en cinco celdas rellenas de pulpa mucilaginoso blanca, rosada o café, de sabor dulce y aroma ácido característico. Su proceso de maduración dura entre 150 y 180 días después de la polinización (Paredes *et al.*, 2022; Dostert *et al.*, 2012; Pinzón *et al.*, 2012; Batista, 2009).

4.2.1.4.7. Semillas

Cada mazorca contiene entre 20 y 60 semillas, también llamadas almendras, dispuestas en cinco filas longitudinales. Son ovadas, lateralmente aplanadas y miden entre 20–30 mm de largo, 12–16 mm de ancho y 7–12 mm de grosor. Presentan una testa de color café-rojizo y están recubiertas por un mucílago azucarado que contiene inhibidores de la germinación. En condiciones óptimas, la germinación es rápida y epigea, comenzando entre los 2 y 6 días, y con la aparición de las primeras hojas verdaderas alrededor de los 30 días (Dostert *et al.*, 2012; Pinzón *et al.*, 2012; Batista, 2009; Quiroz, 2009).

4.2.2. Caracterización del cacao “Chuncho” y sus cultivares

El cacao “Chuncho”, originario de la provincia de La Convención en Cusco, constituye un patrimonio genético de gran relevancia por su rusticidad agronómica y su perfil sensorial altamente apreciado. Su cultivo tradicional en sistemas agroforestales ha favorecido tanto su aislamiento genético como la preservación de una morfología estable, destacando por su porte medio, arquitectura equilibrada y buena adaptación a suelos ácidos bajo condiciones de sombra parcial (Rojas *et al.*, 2017). Además, se ha reportado que estos árboles presentan una

longevidad notable, alcanzando edades de 60 a 90 años, con fuste recto, ramificación verticilada y hojas elípticas de gran tamaño; sus flores de tipo caulifloro emergen del tronco y ramas principales, mientras que los frutos son pequeños, elípticos, con ligera rugosidad y recubiertos de mucílago dulce y ácido, lo que refleja su adaptación funcional al bosque tropical húmedo (Tinta, 2023).

Figura 1.

Morfología general del árbol de cacao “Chuncho”.



Fuente: Elaboración propia a partir de Rojas *et al.* (2017), (Tinta, 2023) y Zavaleta *et al.* (2022).

4.2.2.1. Principales características agronómicas y sensoriales

Agronómicamente, el cacao “Chuncho” es un cacao de porte mediano, ramificado verticiladamente y con arquitectura erecta que permite regular la copa en sistemas agroforestales. Se adapta a suelos ácidos y semisombra, propios de los valles interandinos de La Convención. Una de sus características es la longevidad, con árboles con más de 60 años. Sus frutos, elípticos a oblongos, de cáscara delgada y ligeramente rugosa, contienen de 30 a 40 semillas por vaina, con un peso seco promedio de 0,8 g. Aunque no es muy productiva, su importancia radica en la calidad genética y organoléptica (Rojas *et al.*, 2017).

Pero sus rendimientos en campo son bajos, de 150 a 250 kg/ha, por el envejecimiento de las plantaciones y la competencia de clones más comerciales como el CCN-51. Sin embargo, su alta variabilidad genética representa una fortaleza para programas de mejoramiento, en los cuales la clonación y la embriogénesis somática se plantean como vías para conservar y multiplicar materiales superiores (Eskes *et al.*, 2018).

En cuanto a sus características sensoriales, el “Chuncho” se caracteriza por un dulzor muy alto en la pulpa y ausencia casi total de acidez, amargor y astringencia, con notas florales y frutales muy intensas. Después de la fermentación y el tueste, adquiere un perfil aromático complejo que evoca notas florales (jazmín), amieladas (almendras, frutos secos) y cítricas, relacionadas con compuestos volátiles. Esta experiencia sensorial lo ha catalogado como uno de los cacaos nativos más codiciados por la industria de chocolate fino (Rojas *et al.*, 2017). Además, se ha informado que tiene la mayor diversidad sensorial de cualquier *Theobroma cacao*, con al menos 64 perfiles organolépticos diferentes, que incluyen mandarina, guanábana, arándano, mango, jazmín, rosa, nuez, canela y menta. A diferencia de otros cultivares, conserva bajos niveles de acidez y amargor aun en fermentaciones incompletas, lo que refuerza su clasificación como cacao “extrafino” y su potencial para chocolates de origen diferenciado (Eskes *et al.*, 2018).

Comparaciones morfo-agronómicas con clones comerciales revelan características propias del “Chuncho”, tales como color amarillo de la mazorca madura, flores pequeñas, pedúnculo corto, jugo de mucílago con pH cercano a 4, poco ácido y nada astringente. Estas características, combinadas con su dulzura y sabor limpio, son el resultado de la domesticación ancestral que realizaron los pueblos Matsigenkas, quienes lo seleccionaron y preservaron este germoplasma (Rojas *et al.*, 2017; Rodríguez, 2007).

En la Tabla 1 se resumen tales diferencias estructurales y funcionales con respecto a otros cacaos y clones ampliamente utilizados.

Tabla 1.*Diferenciación del cacao “Chuncho” frente a otros cacao y clones comerciales*

Descriptor	Cacao “Chuncho”	Otros cacaos o clones
Color del fruto maduro	Amarillo	Todos los colores
Tamaño de flor	Pequeño a mediano (5 a 7 mm)	Mediano a grande (7 a 9 mm)
Longitud del pedúnculo	Corto (10 a 17 mm)	Mediano a largo (17 a 35 mm)
pH del jugo ("baba")	4	2 a 3
Fecha de cosecha	Época de lluvias	Época de sequía
Sabor de pulpa	Dulce	Ácida
Número de semillas por fruto	< 40 almendras	> 40 almendras
Disposición del fruto en el tallo	Perpendicular al tallo	Paralelo al tallo principal
Pubescencia de flor	Presente	Ausente
Astringencia de pulpa	Baja o ausente	Moderada a alta
Sabor de almendra (amargor)	Bajo o ausente	Alto o muy alto
Domesticación	Por los Matsigenkas	No hay datos
Relación cafeína/teobromina	< 1.5	> 1.5
Ubicación	Cusco – Perú	Sudamérica
Nombre nativo	Sariguemineki	No hay datos

Fuente: Rojas *et al.* (2017), según datos de Rodríguez (2007) citados en Cacao Chuncho del Cusco.**4.2.2.2. Cultivares evaluados en el estudio****4.2.2.2.1. Señorita**

El cultivar “Señorita” corresponde a un cacao tipo “Chuncho” de fruto pequeño, elíptico, con ápice atenuado, cáscara delgada y rugosidad de ligera a intermedia; sus semillas presentan cotiledones morados, forma ovada en vista longitudinal y sección transversal aplanada (Rojas *et al.*, 2017). En promedio produce 35 semillas por fruto, con índice de mazorca (IM) de 38 e índice de semilla (IS) de 0.75, valores que lo ubican en el rango de bajo rendimiento (Rojas *et al.*, 2017).

En lo sensorial, la pulpa fresca es intensamente dulce y frutal, sin acidez, amargor ni astringencia; el licor exhibe notas a cacao, nuez y frutos secos, con una puntuación global de 6.56/10 lo que respalda su clasificación como cacao fino de aroma y su alto valor para chocolates diferenciados (Rojas *et al.*, 2017).

Estos atributos se resumen en la Tabla 2 y se ilustran en la Figura 2.

Tabla 2.

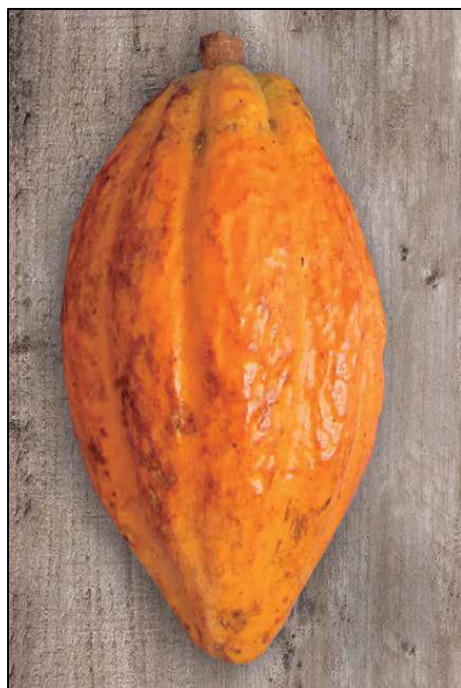
Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Señorita”.

Categoría	Característica destacada
Forma del fruto	Elíptica
Rugosidad	Ligera – intermedia
Grosor de cáscara	Delgada
Semillas por fruto	35 unidades
Índice de mazorca (IM)	38 (límite superior de bajo rendimiento)
Índice de semilla (IS)	0.75 (límite inferior de bajo rendimiento)
Color de cotiledón	Morado
Forma de semilla	Ovada (longitudinal) / Aplanada (transversal)
Pulpa fresca (sensorial)	Dulce (5), Frutal (5), Floral (2), sin acidez, sin amargor, sin astringencia, sin notas herbales
Compuestos volátiles – pulpa	2-Pentanol (41.6%), 2-Pentanona, 2,4-Diacetoxipentano, Hexanal, 2-metil-3-buten-2-ol
Puntuación en licor	6.56/10
Perfil del licor	Afrutado (4.7), Nuez (4.3), Acidez (4.4), Amargor (3.8), Floral (3.2), Cacao (6.0), Malta (2.8)
Compuestos volátiles – pasta	C ₅ H ₁₀ O ₂ (22.4%), C ₆ H ₁₂ O ₃ (9.7%), Tetrametilpirazina, 2,3-Butanediol, 3-hidroxi-2-Butanona, 2-metil-ácido propanoico
Relación Teobromina/Cafeína	1.2 (característico de cacaos finos de aroma)
Agrupamiento químico (PCA)	Grupo C (alto en potasio, carbohidratos y ácido margárico; bajo en grasa)

Nota. Elaboración propia a partir de Rojas *et al.* (2017), Cacao Chunchu del Cusco.

Figura 2.

Fruto del cultivar “Señorita”.



Fuente: Fotografía de Carlos Rodríguez, en Rojas *et al.* (2017).

4.2.2.2.2. *Achoccha*

El cultivar “Achoccha” corresponde a un cacao tipo “Chuncho” de fruto elíptico, cáscara delgada y surcos de profundidad media; sus semillas son pequeñas, ovadas y con cotiledones morados, produciendo en promedio 38 por fruto, con un IM de 30 y un IS de 0.88, lo que lo ubica en bajo rendimiento (Rojas *et al.*, 2017).

En lo sensorial, la pulpa fresca es dulce y frutal con leves notas florales, sin acidez ni astringencia, mientras que la pasta fermentada alcanzó 6.17/10 con aromas a frutas maduras, almendra y flores, asociados a compuestos como 3-metil-2-butanol y 2-pentanol. Su relación teobromina/cafeína de 1.1 confirma su clasificación como cacao fino de aroma y su valor en chocolates de alta calidad (Rojas *et al.*, 2017).

Estos atributos se resumen en la Tabla 3 y en la Figura 3.

Tabla 3.

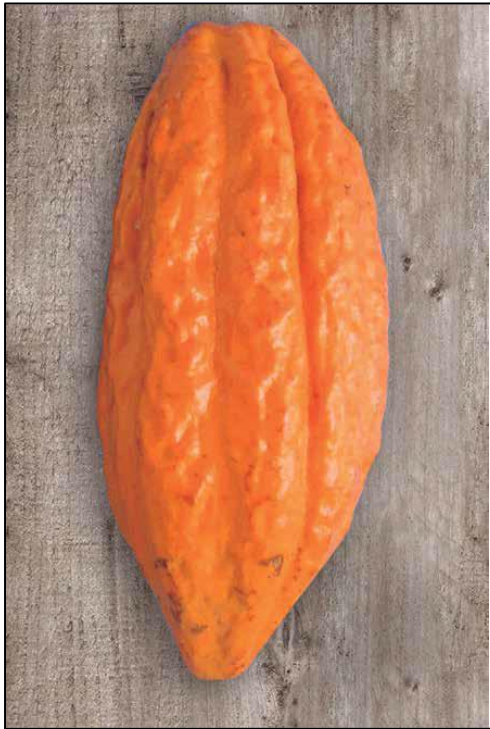
Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Achoccha”.

Categoría	Característica destacada
Forma del fruto	Elíptica
Rugosidad	Intermedia
Grosor de cáscara	Delgada
Semillas por fruto	38 unidades
Índice de mazorca (IM)	30 (límite superior del rango de bajo rendimiento)
Índice de semilla (IS)	0.88 (límite superior del rango de bajo rendimiento)
Color de cotiledón	Morado
Forma de semilla	Ovada (longitudinal) / Intermedia (transversal)
Pulpa fresca (sensorial)	Dulce (5), Frutal (4), Floral (2), sin acidez, sin amargor, sin astringencia, sin notas herbales
Compuestos volátiles – pulpa	3-Metil-2-butanol, 2-Pentanol, 2-Pentanona, 2,4-Diacetoxipentano, Hexanal
Puntuación en licor	6.17/10
Perfil del licor	Afrutado (4.7), Nuez (4.3), Acidez (4.4), Amargor (3.8), Floral (3.2), Cacao (6.0), Malta (2.8)
Compuestos volátiles – pasta	C ₆ H ₁₂ O ₃ (22.2%), C ₅ H ₁₀ O ₂ (17.5%), Tetrametilpirazina, 2,3-Butanediol, 3-hidroxi-2-Butanona, 2-metil-ácido propanoico
Relación Teobromina/Cafeína	1.1 (característico de cacaos finos de aroma)
Agrupamiento químico (PCA)	Grupo C (alto en potasio, carbohidratos y ácido margárico; bajo en grasa)

Nota. Elaboración propia a partir de Rojas *et al.* (2017), Cacao Chuncho del Cusco.

Figura 3.

Fruto del cultivar “Achoccha”.



Fuente: Fotografía de Carlos Rodríguez, en Rojas *et al.* (2017).

4.2.2.2.3. Chuncho de Montaña

El cultivar “Chuncho de Montaña” se distingue como el de mayor rendimiento entre los materiales nativos, con frutos oblongos, grandes, de cáscara gruesa y surcos de profundidad media a fuerte. Cada mazorca contiene cerca de 40 semillas, con un IM de 20 y un IS de 1.27, lo que refleja su alta eficiencia productiva (Rojas *et al.*, 2017).

En lo sensorial, la pulpa fresca es dulce y frutal con leves matices florales, sin acidez ni astringencia, mientras que los compuestos volátiles como 2-pentanol, linalool y 2,4-diacetoxipentano, aportan aromas de frutas maduras y almendra. La pasta fermentada obtuvo 6.06/10, destacando notas a cacao, nuez y mantequilla, atributos que lo convierten en un material promisorio para programas de revalorización productiva y sensorial (Rojas *et al.*, 2017).

Estos atributos se resumen en la Tabla 3 y se ilustran en la Figura 3.

Tabla 4.

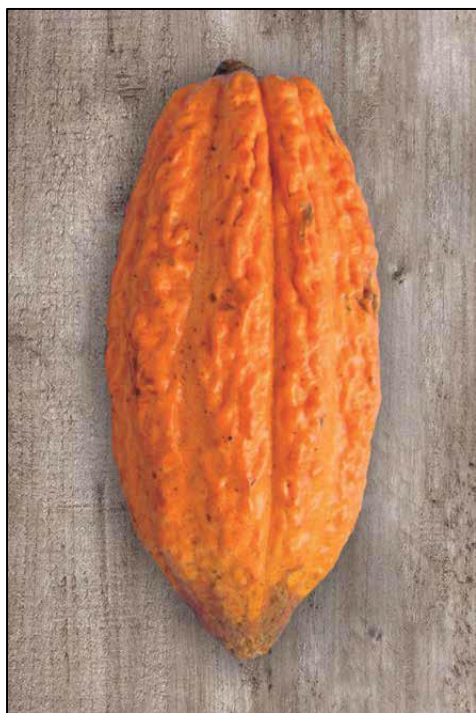
Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Chuncho de Montaña”.

Categoría	Característica destacada
Forma del fruto	Oblonga
Rugosidad	Intermedia – fuerte
Grosor de cáscara	Gruesa
Semillas por fruto	40 unidades
Índice de mazorca (IM)	20 (más productivo del grupo)
Índice de semilla (IS)	1.27 (más alto del grupo)
Color de cotiledón	Morado
Forma de semilla	Oblonga (longitudinal) / Redondeada (transversal)
Pulpa fresca (sensorial)	Dulce (5), Amargo (3), Herbal (4), Ácido (1), sin astringencia, sin notas florales ni frutales
Compuestos volátiles – pulpa	2-Pentanol, 2-Pentanona, 2-metil-3-buten-2-ol, 2,4-Diacetoxipentano, Linalool
Puntuación en licor	6.06/10
Perfil del licor	Cacao (7.3), Nuez (4.1), Amargor (3.1), Afrutado (3.2), Acidez (3.0), Malta (2.8), Floral (2.3)
Compuestos volátiles – pasta	C ₅ H ₁₀ O ₂ (16.2%), C ₆ H ₁₂ O ₃ (22.1%), 2,3-Butanediol, 3-hidroxi-2-Butanona, Tetrametilpirazina, 2-metil-ácido propanoico
Relación Teobromina/Cafeína	1.3 (característico de cacaos finos de aroma)
Agrupamiento químico (PCA)	Grupo C (alto en potasio, carbohidratos, ácido margárico; bajo en grasa)

Nota. Elaboración propia a partir de Rojas *et al.* (2017), Cacao Chuncho del Cusco.

Figura 4.

Fruto del cultivar “Chuncho de Montaña”.



Fuente: Fotografía de Carlos Rodríguez, en Rojas *et al.* (2017).

4.2.2.2.4. *Chuncho Común*

El cultivar “Chuncho Común” presenta frutos grandes, oblongos, con cáscara de grosor intermedio y rugosidad media a fuerte; contiene alrededor de 40 semillas oblongas con cotiledones morados. Sus índices productivos (IM = 23; IS = 1.09) lo ubican por encima del promedio en rendimiento (Rojas *et al.*, 2017).

En pulpa fresca se caracteriza por dulzor moderado, perfil herbal marcado y un amargor perceptible, manteniendo baja acidez y astringencia. Entre sus volátiles destacan 2-pentanol, linalool y 2-metil-3-buten-2-ol, asociados a notas florales y almendradas. La pasta fermentada obtuvo 5.50/10, con descriptores dominantes a cacao, nuez y leche, lo que evidencia una identidad sensorial definida y un potencial especial para aplicaciones diferenciadas (Rojas *et al.*, 2017).

Estos atributos se resumen en la Tabla 3 y se ilustran en la Figura 3.

Tabla 5.

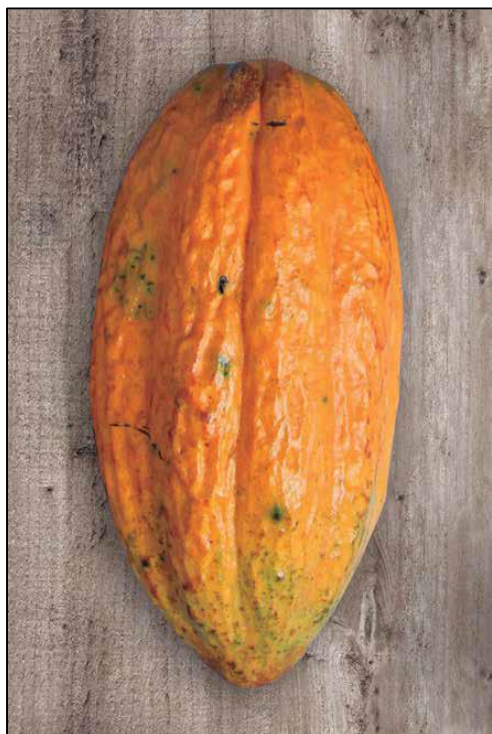
Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar “Chuncho Común”.

Categoría	Característica destacada
Forma del fruto	Oblonga
Rugosidad	Intermedia – fuerte
Grosor de cáscara	Intermedia
Semillas por fruto	40 unidades
Índice de mazorca (IM)	23 (rendimiento superior al promedio)
Índice de semilla (IS)	1.09
Color de cotiledón	Morado
Forma de semilla	Oblonga (longitudinal) / Intermedia (transversal)
Pulpa fresca (sensorial)	Dulce (4), Frutal (1), Herbal (4), Amargor (3), Ácido (1), Astringente (1)
Compuestos volátiles – pulpa	2-Pentanol, 2-Pentanona, Linalool, 2-metil-3-buten-2-ol, Hexanal
Puntuación en licor	5.50/10
Perfil del licor	Cacao (8.0), Nuez (4.3), Afrutado (3.9), Amargor (3.5), Floral (2.8)
Compuestos volátiles – pasta	Tetrametilpirazina, 2,3-Butanediol, 3-hidroxi-2-Butanona, 2-metil-ácido propanoico, C ₅ H ₁₀ O ₂ , C ₆ H ₁₂ O ₃
Relación Teobromina/Cafeína	0.9 (propio de cacaos finos de aroma)
Agrupamiento químico (PCA)	Grupo A (alto en catequina, fibra y sodio; baja actividad antioxidante)

Nota. Elaboración propia a partir de Rojas *et al.* (2017), Cacao Chuncho del Cusco.

Figura 5.

Fruto del cultivar “Chuncho Común”.



Fuente: Fotografía de Carlos Rodríguez, en Rojas *et al.* (2017).

4.2.2.2.5. *Pamuco Rugoso*

El cultivar “Pamuco Rugoso” se caracteriza por frutos pequeños, orbiculares, de cáscara delgada y rugosidad ligera a intermedia; cada mazorca contiene alrededor de 36 semillas ovadas con cotiledones violetas y sección transversal aplanada. Sus índices productivos ($IM = 34$; $IS = 0.84$) lo clasifican como material de bajo rendimiento (Rojas *et al.*, 2017). En el aspecto sensorial, la pulpa fresca es intensamente dulce y herbal con amargor marcado, sin expresión frutal ni floral, mientras que la pasta fermentada alcanzó 5.50/10 con predominio de notas a nuez, acidez y chocolate. Los compuestos volátiles más relevantes incluyen 2-pentanol, hexanal y tetrametilpirazina, configurando un perfil organoléptico robusto y distintivo que lo hace idóneo para mezclas en chocolates de identidad acentuada (Rojas *et al.*, 2017).

Estos atributos se resumen en la Tabla 3 y se ilustran en la Figura 3.

Tabla 6.

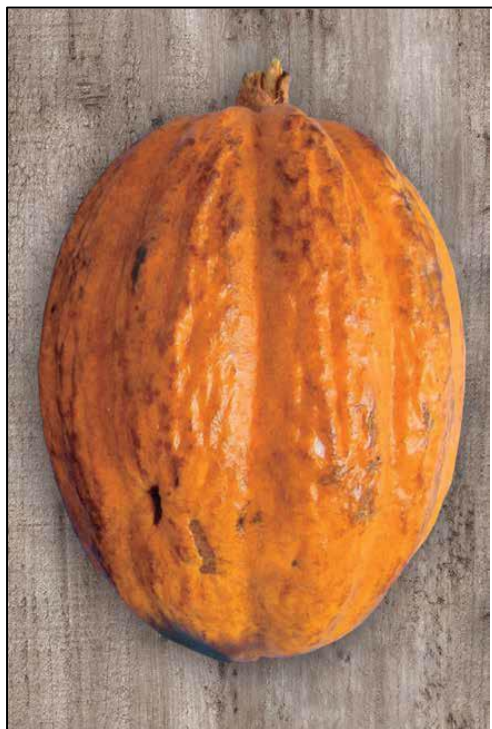
Resumen morfo-agronómico y sensorial del cultivar "Pamuco Rugoso".

Categoría	Característica destacada
Forma del fruto	Orbicular
Rugosidad	Ligera – intermedia
Grosor de cáscara	Delgada
Semillas por fruto	36 unidades
Índice de mazorca (IM)	34 (bajo rendimiento)
Índice de semilla (IS)	0.84 (bajo rendimiento)
Color de cotiledón	Violeta
Forma de semilla	Ovada (longitudinal) / Aplanada (transversal)
Pulpa fresca (sensorial)	Dulce (5), Herbal (5), Amargo (4), Ácido (1), sin astringencia ni notas frutales
Compuestos volátiles – pulpa	2-Pentanol, 2-Pentanona, Linalool, Hexanal, 2-metil-3-buten-2-ol
Puntuación en licor	5.50/10
Perfil del licor	Nuez (5.1), Acidez (4.8), Amargor (4.7), Malta (3.6), Floral (3.5), Cacao (4.2)
Compuestos volátiles – pasta	C5H10O2, C6H12O3, Tetrametilpirazina, 2,3-Butanediol, 2,3-dimetil-oxirano, 2-metil-ácido propanoico
Relación Teobromina/Cafeína	1.0 (característico de cacaos finos de aroma)
Agrupamiento químico (PCA)	Grupo D (alto en potasio, linoleico, carbohidratos y EC50)

Nota. Elaboración propia a partir de Rojas *et al.* (2017), Cacao Chuncho del Cusco.

Figura 6.

Fruto del cultivar "Pamuco Rugoso".



Fuente: Fotografía de Carlos Rodríguez, en Rojas *et al.* (2017).

4.2.3. Propagación del cacao

El cacao puede multiplicarse tanto por vía sexual como asexual, aunque esta última resulta más eficiente para conservar las características genéticas de materiales élite. La propagación sexual, realizada a partir de semillas botánicas seleccionadas de árboles con buena sanidad y productividad, posibilita el establecimiento de nuevas plantaciones, pero genera una elevada variabilidad genética. En contraste, la propagación asexual; que incluye estacas, injertos, acodos y técnicas *in vitro*, asegura mayor homogeneidad, precocidad y fidelidad genética (Paredes, 2003).

Dentro de estas alternativas, la embriogénesis somática se posiciona como una herramienta biotecnológica avanzada que permite obtener plantas a partir de tejidos somáticos no reproductivos, generando réplicas idénticas a la planta madre. Explantes como anteras, pétalos u hojas pueden inducir embriones viables, lo que convierte a esta técnica en una estrategia de gran valor para la multiplicación clonal y el fortalecimiento de programas de mejoramiento (Mata, 2006).

4.2.3.1. Propagación sexual

La propagación sexual del cacao se realiza mediante semillas botánicas seleccionadas de plantas madre con buen rendimiento, tolerancia a enfermedades, adecuada estructura y más de cinco años de edad. El procedimiento contempla la recolección de frutos maduros en ramas principales, la selección de semillas vigorosas y la eliminación del mucílago, seguido de oreado bajo sombra, desinfección y conservación en sustratos inertes para mantener su viabilidad (Paredes, 2003). Asimismo, la producción de semillas híbridas a través de polinización dirigida entre plantas élite constituye una estrategia orientada a generar progenies uniformes y productivas para programas de mejoramiento y nuevas plantaciones (Paredes, 2003).

4.2.3.2. Propagación asexual en cacao

La propagación asexual del cacao se basa en el uso de partes vegetativas; como estacas, ramillas, acodos e injertos, provenientes de plantas madre con atributos agronómicos destacados, lo que asegura la fidelidad genética y la homogeneidad de nuevas plantaciones (Paredes, 2003). Entre los métodos más utilizados, el injerto tipo parche resalta por su bajo costo, simplicidad y alta eficiencia, permitiendo alcanzar la floración temprana entre los 8 y 18 meses según el tipo de injerto. Su éxito depende de la calidad del patrón, la unión del cambium y el manejo de la humedad (Paredes, 2003).

Adicionalmente, la propagación por ramillas representa una de las técnicas más eficientes para la clonación a gran escala, siempre que se manejen condiciones adecuadas de sombra, humedad, sustrato y aplicación de reguladores de crecimiento. El uso de ácido indolbutírico (AIB) hasta concentraciones de 6000 ppm estimula el desarrollo de raíces adventicias, mientras que factores como la fisiología del clon y la estabilidad ambiental resultan determinantes para el éxito del enraizamiento (Mata, 2006).

En conjunto, la propagación vegetativa del cacao comprende un conjunto de métodos técnicos que permiten reproducir genotipos superiores conservando su identidad genética, entre los cuales destacan los injertos (de yema, parche, en púa y lateral), las estacas o ramillas, los acodos aéreos y la propagación in vitro mediante embriogénesis somática y microinjerto (Paredes, 2003; Mata, 2006).

4.2.3.3. Propagación por ramillas

La propagación vegetativa del cacao mediante ramillas se fundamenta en el uso de segmentos plagiotrópicos, semileñosos, con yemas activas y hojas maduras, los cuales se tratan con ácido indolbutírico (AIB) para inducir raíces adventicias. Este método permite la clonación precisa de genotipos superiores y evita la dependencia de portainjertos, reduciendo riesgos de incompatibilidad fisiológica. Su naturaleza replicable lo convierte en una alternativa eficiente

para programas de mejoramiento, particularmente en áreas afectadas por enfermedades como la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) (Mata, 2006).

Para lograr resultados satisfactorios, se requiere un manejo ambiental controlado, con humedad relativa elevada y sombra parcial entre 50 % y 60 %, preferentemente en cámaras de enraizamiento cubiertas con polietileno. Las ramillas deben recolectarse en horas frescas, mantenerse húmedas durante el transporte y prepararse retirando de tres a cuatro hojas, además de aplicar reguladores de crecimiento. El enraizamiento se alcanza entre 30 y 45 días, dependiendo del vigor clonal y el microclima, mientras que la fase de aclimatación demanda una reducción gradual del riego y exposición progresiva a la luz natural para evitar estrés hídrico (Enríquez, 2010).

En conjunto, este sistema ofrece ventajas relevantes como la reproducción genética fiel de cultivares élite, la independencia de portainjertos, mayor rapidez en la formación de plantas respecto al injerto, viabilidad en viveros comunales de bajo costo, posibilidad de producción masiva y reducción de errores genéticos mediante control del material propagativo (Mata, 2006; Enríquez, 2010).

Figura 7.

Ramilla de cacao en proceso de plantación



Nota. Tomado de Aldana (2010).

4.2.4. Factores que afectan el enraizamiento de ramillas

El éxito del enraizamiento de ramillas en cacao depende de la interacción entre factores fisiológicos, ambientales y agronómicos. Aunque la propagación vegetativa constituye una vía eficaz para preservar la genética de clones élite, su eficiencia radica en mantener condiciones controladas que garanticen la sobrevivencia y la formación radicular. Variables como la intensidad lumínica, la humedad relativa, la temperatura, el tipo de sustrato, el uso de fitorreguladores, el régimen de riego y la calidad del material vegetal inciden de manera decisiva en el comportamiento fisiológico de los explantes (Aldana, 2010; Enríquez, 2010, citado en Mata, 2006).

4.2.4.1. Sombra

La intensidad de sombra influye directamente en la tasa de sobrevivencia y en el éxito del enraizamiento, ya que la radiación excesiva puede provocar cierre estomático, pérdida de turgencia y muerte de los explantes. Se ha demostrado que niveles de sombra cercanos al 50 % sin cobertura plástica favorecen la respuesta fisiológica de las ramillas, mientras que valores superiores al 60 % incrementan el daño foliar y reducen la sobrevivencia (Enríquez, 2010; Aldana, 2010).

4.2.4.2. Humedad relativa

Un ambiente con alta humedad relativa es fundamental para evitar el estrés hídrico de las ramillas recién establecidas. Aunque no es necesario alcanzar valores del 100 %, un sistema cerrado con riego automatizado asegura la humedad constante en el entorno, reduciendo la transpiración y favoreciendo la retención foliar, aspectos determinantes para el éxito del enraizamiento (Enríquez, 2010).

4.2.4.3. Temperatura

La temperatura constituye un factor fisiológico clave al incidir en el balance entre fotosíntesis y respiración. Condiciones moderadas entre 25 °C y 30 °C estimulan la ruptura de latencia en yemas y la formación de raíces adventicias, mientras que temperaturas bajas reducen la actividad enzimática y las elevadas limitan la absorción radicular, deteriorando el material vegetal (Mata, 2006; Aldana, 2010).

4.2.4.4. Sustrato

El tipo de sustrato determina la aireación y la retención de humedad, condiciones esenciales para el enraizamiento. Sustratos orgánicos como cascarilla de arroz, aserrín o mezclas con abono orgánico favorecen altos porcentajes de enraizamiento sin daño, especialmente cuando se complementan con nutrientes. La adecuada porosidad y capacidad de retención de agua resultan decisivas para evitar la formación de callos y la pudrición de raíces (Mata, 2006; Aldana, 2010).

4.2.4.5. Reguladores de crecimiento

Las auxinas, en especial el ácido indolbutírico (AIB), cumplen un rol central en la inducción de raíces adventicias en estacas de cacao. Aplicado en concentraciones de hasta 6000 ppm, este regulador acelera la iniciación radicular, mejora la calidad del sistema de raíces y homogeneiza la respuesta entre diferentes clones. Además, se caracteriza por su estabilidad, baja toxicidad en rangos amplios y permanencia prolongada en el sitio de aplicación (Enríquez, 2010; Mata, 2006).

4.2.4.6. Riego

El riego constituye un factor crítico en el enraizamiento de ramillas, dada la alta sensibilidad del cacao al déficit hídrico. Se recomienda aplicar un régimen de baja intensidad y alta frecuencia, por ejemplo, riegos de 30 segundos cada cinco minutos durante los primeros 60 días. Este manejo asegura la humedad foliar, mantiene la turgencia y reduce el estrés hídrico.

Sin embargo, un exceso de saturación en el suelo, con escasa disponibilidad de oxígeno, puede inducir pudrición radical y comprometer el desarrollo de los explantes (Mata, 2006).

4.2.4.7. Material vegetal

La selección del material vegetativo es determinante para el éxito del enraizamiento. Se recomiendan segmentos plagiotrópicos semileñosos con hojas maduras y sanas, recolectados en horas frescas de la mañana. Las estacas apicales presentan mejor respuesta inicial que los segmentos intermedios debido a su mayor actividad fotosintética, mientras que la presencia y vitalidad de las hojas constituye un indicador confiable de la capacidad de brotación y formación de raíces. Asimismo, existen diferencias entre clones: CCN 51, PMCT 58 e ICS 95 muestran alta eficiencia de enraizamiento, mientras que CATIE R6 y UF 273 requieren condiciones más exigentes (Aldana, 2010; Mata, 2006).

4.2.5. Reguladores de crecimiento y fitohormonas

4.2.5.1. Definición de regulador de crecimiento

Los reguladores de crecimiento vegetal son compuestos externos, obtenidos por síntesis química o a partir de organismos, que no se producen naturalmente en la planta. Aunque semejantes a las fitohormonas, presentan mayor potencia y actúan principalmente a nivel celular, regulando procesos bioquímicos vinculados al desarrollo vegetal. Su elaboración biotecnológica ha permitido reproducir con precisión el rol hormonal, convirtiéndolos en herramientas fundamentales para estimular el crecimiento, reducir el impacto de patógenos, mitigar el estrés ambiental y optimizar los ciclos productivos en especies agrícolas (Alcántara *et al.*, 2019).

4.2.5.2. Definición de fitohormonas

Las fitohormonas, también llamadas hormonas vegetales, son compuestos sintetizados internamente por la planta que actúan en concentraciones muy bajas para regular procesos fisiológicos y de desarrollo. Estas sustancias controlan fenómenos como la maduración, la

diferenciación celular, la síntesis de metabolitos secundarios, la defensa frente a patógenos y la adaptación al ambiente. Entre las principales fitohormonas destacan las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, jasmonatos, brasinoesteroides, etileno y estrigolactonas, cada una con funciones específicas y sinérgicas en el metabolismo vegetal (Alcántara *et al.*, 2019).

4.2.5.3. Mecanismos hormonales en la inducción de raíces adventicias

La formación de raíces adventicias depende de la acción de reguladores de crecimiento que imitan o potencian el efecto de fitohormonas naturales. Las auxinas cumplen un rol central al inducir la organogénesis radicular mediante la división y elongación celular, mientras que las poliaminas contribuyen a la estructuración y proliferación del sistema radicular. Las estrigolactonas, en interacción con las auxinas, amplifican el efecto enraizante y modulan el transporte de otras fitohormonas. El balance hormonal, en particular la relación auxinas–citoquininas, resulta decisivo para dirigir el desarrollo hacia raíces o brotes (Alcántara *et al.*, 2019).

4.2.6. Enraizantes evaluados en el estudio

4.2.6.1. Root Hor

Root-Hor es un regulador de crecimiento vegetal formulado con auxinas sintéticas que estimulan la rápida formación de raíces en diversos cultivos. Su composición química combina ácido alfa-naftalenacético (ANA) en 0.40 % y ácido 3-indolbutírico (AIB) en 0.10 %, principios activos que actúan de manera sinérgica en la diferenciación celular, elongación de raíces adventicias y proliferación de tejidos meristemáticos. Estos compuestos son absorbidos con facilidad por los tejidos vegetales y generan respuestas fisiológicas rápidas, particularmente en etapas fenológicas con alto potencial radicular (Andina Industrial S.A.C., 2022).

Además de su acción fisiológica, este producto presenta gran versatilidad en su modo de aplicación, ya sea mediante inmersión directa en esquejes o acodos, por fertirrigación en

frutales o mediante pulverización foliar en hortalizas, especialmente tras el trasplante. Su formulación estable y de alta absorción permite incrementar la eficiencia de la propagación vegetativa, tanto en viveros como en campo abierto, optimizando el desarrollo radicular incluso bajo condiciones de estrés biótico o abiótico (Andina Industrial S.A.C., 2022).

Tabla 7.

Composición química y características de Root-Hor.

Componente activo	Concentración (% p/v)	Características destacables
Ácido alfa-naftalenacético (ANA)	0.4	Auxina sintética de alta estabilidad; promueve el desarrollo de raíces adventicias y callos
Ácido 3-indolbutírico (AIB)	0.1	Auxina eficaz en la inducción de raíces; activa procesos de diferenciación celular radicular
Ingredientes inertes	99.5	Vehículo formulativo; facilita la absorción y estabilidad de los principios activos

Fuente: Ficha técnica Root-Hor (Comercial Andina Industrial S.A.C. 2022).

4.2.6.2. Agrostemin-GL

Agrostemin®-GL es un bioestimulante natural obtenido a partir del alga marina *Ascophyllum nodosum*, caracterizada por su elevada concentración de compuestos fisiológicamente activos. Este producto promueve el crecimiento, la brotación y el desarrollo radicular gracias a la liberación equilibrada de fitohormonas naturales como auxinas, giberelinas y citoquininas. Su empleo está aprobado para agricultura orgánica y resulta especialmente recomendable en condiciones de estrés abiótico o biótico, así como en etapas críticas como la germinación, el trasplante y el desarrollo vegetativo. Su acción integral fortalece el metabolismo vegetal al estimular la regeneración celular, la síntesis de proteínas y la resiliencia frente a condiciones adversas (Serfi S.A., 2022).

La composición de este bioestimulante incluye macro y micronutrientes, materia orgánica, cenizas y protohormonas vegetales solubles en agua, lo que facilita su aplicación tanto vía radicular como foliar. Dichos componentes activan procesos fisiológicos asociados al fortalecimiento del sistema radical, la emisión de brotes y la estructuración del tejido vegetal.

Aunque su acción principal no se limita a la rizogénesis, ha demostrado eficacia como enraizante en el tratamiento de rizomas, lo que resalta su versatilidad y potencial en programas de propagación clonal y manejo sostenible de cultivos (Serfi S.A., 2022).

Tabla 8.

Composición química de bioestimulante Agrostemin®-GL.

Componente	Concentración (p/v)
Materia seca	22 – 26 %
Materia orgánica	11 – 14 %
Ceniza	11 – 14 %
Nitrógeno total	0.25 – 0.5 %
Fósforo (P)	0.25 – 0.75 %
Óxido de potasio (K ₂ O)	3.6 – 4.0 %
Magnesio (Mg)	0.12 – 0.19 %
Calcio (Ca)	0.03 – 0.05 %
Boro (B)	325 – 350 ppm
Hierro (Fe)	413 – 475 ppm
Manganeso (Mn)	377 – 379 ppm
Cobre (Cu)	33 – 40 ppm
Zinc (Zn)	513 – 525 ppm
Molibdeno (Mo)	20 – 30 ppm

Fuente: Ficha técnica de Agrostemin®-GL (Serfi, 2022).

4.3. Marco conceptual

1. **Cacao “Chuncho”:** Según Rojas *et al.* (2017), el cacao tipo “Chuncho” es una variedad nativa del valle de La Convención – Cusco, reconocida por su alta diversidad genética, calidad sensorial excepcional y adaptación agroecológica a condiciones de sombra parcial. Es considerado patrimonio biocultural del Perú y material prioritario en programas de conservación y chocolatería fina.
2. **Ramilla:** Según Aldana (2006), se denomina ramilla a un segmento de rama plagiotrópica en estado semileñoso, con hojas y yemas activas, utilizado como unidad de propagación vegetativa. Su éxito depende del estado fisiológico, la hora de recolección y las condiciones de enraizamiento.

3. **Enraizante:** Según Alcántara *et al.* (2019), un enraizante es un regulador de crecimiento (natural o sintético) que estimula la formación de raíces adventicias en explantes vegetativos, al inducir división y elongación celular en tejidos diferenciados.
4. **Reguladores de crecimiento:** Los Reguladores de crecimiento vegetal son compuestos externos que no se producen naturalmente en la planta, obtenidos por síntesis química o a partir de organismos. Actúan principalmente a nivel celular, regulando procesos bioquímicos vinculados al desarrollo vegetal, aunque son similares a las fitohormonas pero más potentes. (Alcántara *et al.*, 2019).
5. **Fitohormonas:** Las fitohormonas conocido como hormonas vegetales, regulan procesos fisiológicos y de desarrollo en la planta en concentraciones muy bajas. Las sustancias controlan fenómenos como la maduración, la diferenciación celular, la síntesis de metabolitos secundarios, la defensa frente a patógenos y la adaptación al ambiente. Las fitohormonas tienen funciones específicas y sinérgicas en el metabolismo vegetal. Destacan las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, jasmonatos, brasinoesteroides, etileno y estrigolactonas (Alcántara *et al.*, 2019).
6. **Incidencia.** “La incidencia se refiere al número de unidades de las plantas que están enfermas visiblemente, usualmente en relación con el número total de unidades estimadas. Si se considera a la planta como una unidad de medida, entonces, la incidencia de una enfermedad es la proporción o porcentaje de plantas con síntomas de la enfermedad evaluada” (Castaño, 2017).
7. **Incidencia de pudrición.** En el contexto de propagación, Mata Quirós (2006) describe esta variable como el número de ramillas que presentan necrosis o descomposición en su base, atribuible a un exceso de humedad, falta de oxígeno o ataque de patógenos.

- 8. Porcentaje de prendimiento.** Según Enríquez (2010), este indicador expresa la proporción de ramillas que han logrado emitir raíces funcionales y mantenerse viables tras el tratamiento, siendo una variable crítica en ensayos de enraizamiento.
- 9. Propagación vegetativa.** Paredes (2003) define este método como la reproducción clonal de plantas mediante estructuras vegetativas (ramillas, estacas, injertos) que conservan la carga genética del individuo madre.
- 10. Cultivar.** Un cultivar se define como una agrupación dentro de una especie vegetal, seleccionada por atributos agronómicos, fenotípicos o sensoriales homogéneos, que son heredables y se mantienen de forma estable a través de la reproducción (Brickell et al., 2009).
- 11. Variedad.** La variedad corresponde a una categoría botánica que engloba a cultivares con un origen genético común, diferenciados entre sí por rasgos morfológicos y adaptativos que permiten su identificación dentro de la misma especie (Brickell et al., 2009).
- 12. Bioestimulante.** De acuerdo con Du Jardin (2015), “Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia”.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo y enfoque de la investigación

La presente investigación es de tipo aplicada y experimental con un enfoque cuantitativo.

5.2. Ubicación espacial

5.2.1. *Ubicación política*

- Región : Cusco
- Provincia : La Convención
- Distrito : Santa Ana
- Fundo : Potrero

5.2.2. *Ubicación geográfica*

- Latitud : 12° 55' 29" Sur
- Longitud : 72° 46' 46" Oeste
- Altitud : 1250 m.s.n.m.

5.2.3. *Ubicación hidrográfica*

- Vertiente : Atlántico
- Cuenca : Vilcanota
- Microcuenca : Chuyapi

5.2.4. *Ubicación ecológica*

De acuerdo con la clasificación de Holdridge, la zona corresponde a un bosque húmedo subtropical (bh-ST), determinado por promedios de temperatura, humedad y precipitación:

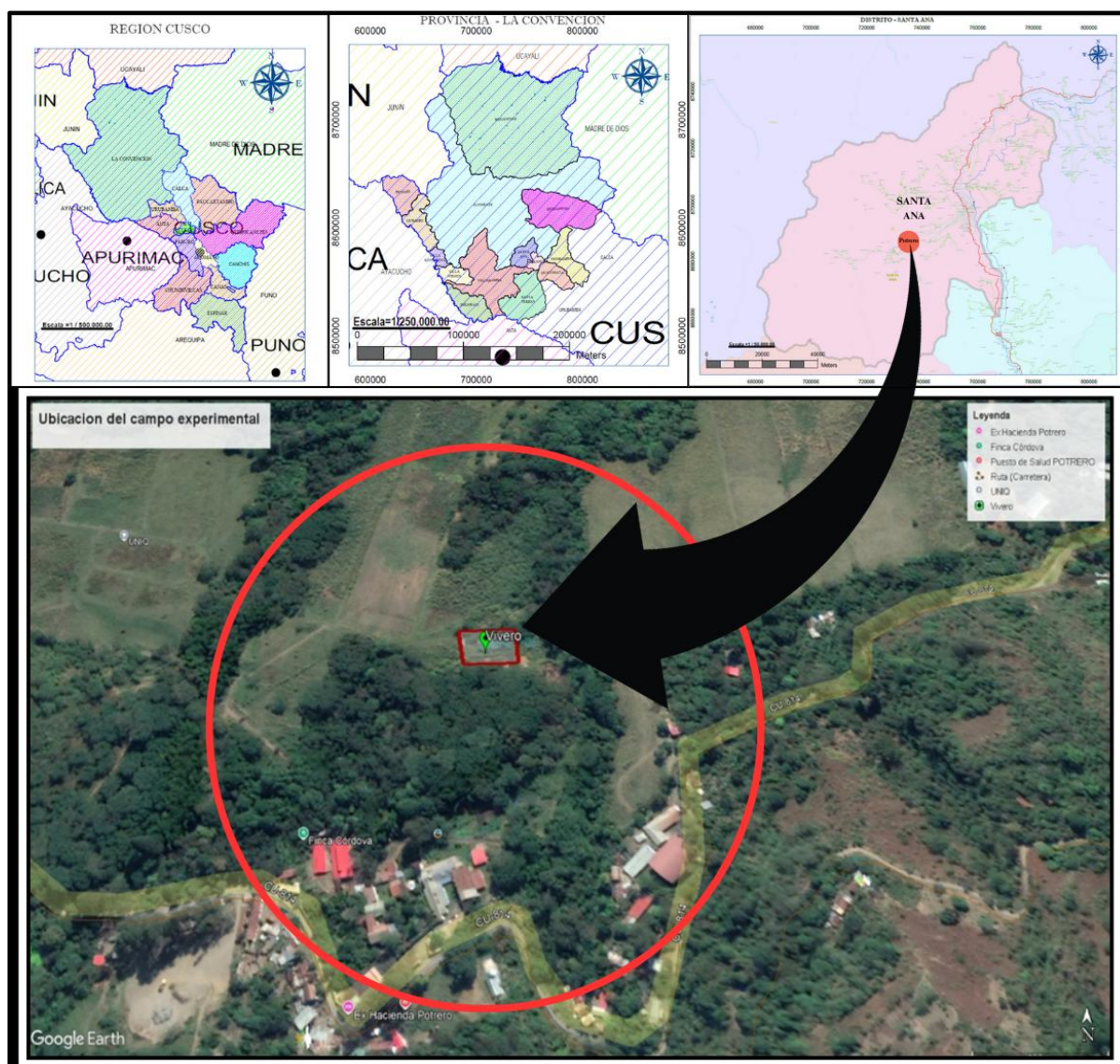
- Temperatura: : 23° C
- Humedad: : 70 %
- Precipitación: : 800 mm/año
- Zona de vida: : Bosque húmedo subtropical (bh – ST).

5.3. Ubicación temporal

La fase experimental de la presente investigación se llevó a cabo entre el 01 de julio y el 30 de noviembre de 2023, en las instalaciones del Fundo Potrero, perteneciente a la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba (UNIQ), ubicado en el distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco.

Figura 8.

Mapa satelital de la ubicación del campo experimental en el Fundo Potrero.



Fuente: Fuente: Municipalidad Provincial de La Convención (2021) y Google Earth (2023).

5.4. Materiales y metodología

5.4.1. *Materiales*

5.4.1.1. Materiales de campo

- Estacas para señalización, Recipientes plásticos, Bolsas de polietileno,
- Malla Rachell 80 % (4,2 x 100 m), Manguera, Wincha, Regla milimetrada,
- Tijera de podar, Tijera telescópica, Saranda, Pala, Pico, Machete,
- BB5 – Regulador de pH, Adherente agrícola,
- Regulador de crecimiento Root – Hor,
- Regulador de crecimiento biológico Agrostemin,
- Tierra agrícola, Arena de río, Compost, Desinfectante de suelo,
- Mochila de aspersadora, Vernier, Balanza analítica, Cámara fotográfica.

5.4.1.2. Materiales de gabinete

- Papel bond A4 80 g, Lápiz, Lapicero, Regla graduada de 30cm,
- Libreta de campo, Plumones, Resaltadores, Etiquetas adhesivas,
- USB, Computadora.

5.4.1.3. Material genético

El material vegetativo utilizado en la presente investigación consistió en ramillas (estacas apicales) provenientes de cinco cultivares locales de cacao “Chuncho”: (Señorita, Achoccha, Montaña, Común y Pamuco).

Estas ramillas fueron recolectadas del jardín yemero del productor Francisco Torres Baca, espacio reconocido por albergar diversidad genética local y por desarrollarse varias actividades de investigación en coordinación con La Alianza de Bioversity International y el CIAT.

5.4.2. Metodología

5.4.2.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial (3 x 5). Este diseño permitió medir el efecto de dos enraizantes en la propagación vegetativa de cinco clones de cacao “Chuncho” (*Theobroma cacao* L.), combinando dos factores principales: Factor A: enraizante utilizado, tres niveles (Root Hor, Agrostemin y testigo sin aplicación); Factor B: cultivar, cinco niveles (Señorita, Achoccha, Montaña, Común y Pamuco).

La combinación de los dos factores generó 15 tratamientos experimentales, los cuales se distribuyeron aleatoriamente en tres repeticiones para un total de 45 unidades experimentales. Esta estructura permitió disminuir la influencia de fluctuaciones no controladas propias del ambiente de vivero, y estudiar los efectos individuales y la interacción de los factores en estudio. La codificación técnica de los tratamientos aplicados es la siguiente:

Tabla 9.

Tratamientos experimentales según combinación (enraizantes x cultivares).

N°	Clave	Tratamientos	
		Factor A: Enraizante	Factor B: Cultivar
1	T1	Root Hor	Señorita
2	T2	Root Hor	Achoccha
3	T3	Root Hor	Montaña
4	T4	Root Hor	Común
5	T5	Root Hor	Pamuco
6	T6	Agrostemin	Señorita
7	T7	Agrostemin	Achoccha
8	T8	Agrostemin	Montaña
9	T9	Agrostemin	Común
10	T10	Agrostemin	Pamuco
11	T11	Testigo	Señorita
12	T12	Testigo	Achoccha
13	T13	Testigo	Montaña
14	T14	Testigo	Común
15	T15	Testigo	Pamuco

5.4.2.2. Características del campo experimental

Las características físicas y organizativas del campo experimental (vivero) se detallan a continuación, y se representa en la figura 9.

— Dimensiones del experimento (vivero)

✓ Numero de tratamientos	: 15 unid.
✓ Numero de repeticiones	: 03 unid.
✓ Numero de U. experimentales	: 45 unid.
✓ Ancho del experimento	: 6.70 m
✓ Largo del experimento	: 3.30 m
✓ Área del experimento	: 22.11 m ²

— Dimensiones de tratamientos

✓ Ancho de cama	: 0.70 m
✓ Largo de cama	: 6.30 m
✓ Área experimental de cama	: 4.41 m ²

— Dimensiones de repeticiones

✓ Largo de bloque	: 3.30 m
✓ Ancho de bloque	: 0.30 m
✓ Área de bloque	: 0.99 m ²

— Numero de ramillas

✓ N° de ramillas/unidad experimental	: 9 ramillas
✓ N° de ramillas / tratamientos	: 135 ramillas
✓ N° de ramillas total experimental	: 405 ramillas

Figura 9.

Distribución de tratamientos con 15 tratamientos en el campo experimental.



5.4.2.3. Conducción del experimento

5.4.2.3.1. Selección y preparación del sitio experimental

El presente estudio se desarrolló en el fundo Potrero, perteneciente a la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba (UNIQ), ubicado en el distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, región Cusco. Se seleccionó un terreno de 500 m², con ligera pendiente natural, adecuada para el drenaje superficial y óptima para la instalación de un vivero de propagación vegetal. Previo a la instalación, se realizaron labores de limpieza y nivelación manual del terreno, utilizando herramientas agrícolas convencionales. Posteriormente, se construyó una estructura de protección mediante postes de madera y malla *Raschel* con 80 % de sombra, destinada a mitigar la radiación solar directa y favorecer un microclima controlado para el enraizamiento de las ramillas de cacao. La delimitación del área experimental y la correcta disposición de las bolsas de sustrato se efectuaron respetando criterios de homogeneidad ambiental.

Figura 10.

Proceso de preparación del sitio experimental y construcción de vivero.



Nota. A: Ubicación y limpieza de terreno. B: Nivelación del terreno. C: Instalación de estructura de protección con malla *Raschel*. D: Herramientas y equipos utilizados en la instalación.

5.4.2.3.2. *Elaboración del medio de enraizamiento*

La correcta preparación del medio de enraizamiento fue esencial para favorecer un desarrollo radicular saludable y uniforme en las ramillas de cacao “Chuncho”. Para ello, se formuló una mezcla de tierra agrícola, compost y arena fina de río en una proporción 1:1:0,5, siguiendo principios técnicos propuestos por Aldana García (2010), garantizando así un sustrato con adecuada retención de humedad, buena aireación y eficiente drenaje para el éxito en la propagación asexual. A fin de potenciar las propiedades fisicoquímicas del sustrato, se incorporaron enmiendas específicas: 20 kg de roca fosfórica, con el objetivo de estimular el desarrollo radicular; 5 kg de dolomita, destinada a corregir la acidez y mejorar la estructura del medio; y 1 kg de fungicida Penta Cloro, para prevenir la proliferación de agentes patógenos fúngicos durante las primeras etapas del enraizamiento. La mezcla se realizó de manera manual utilizando palas, rastrillos y carretillas, asegurando una integración homogénea de todos los componentes.

Asimismo, se llevó a cabo un análisis de fertilidad y características físicas del suelo base (tierra agrícola) en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, cuyos resultados se anexan en el Anexo 05. Dicho análisis permitió confirmar que la textura franca, el pH ligeramente ácido (6,84) y la adecuada proporción de materia orgánica (3,86 %) del suelo constituían condiciones favorables para el establecimiento de las ramillas. Una vez homogenizado el sustrato, este fue embolsado manualmente en fundas plásticas negras de calibre estándar para vivero. Posteriormente, las bolsas fueron distribuidas en el área experimental conforme al diseño establecido, garantizando condiciones de crecimiento homogéneas entre tratamientos.

La Figura 11 ilustra las etapas clave del proceso de elaboración y disposición del medio de enraizamiento, fundamentales para el éxito del experimento.

Figura 11.

Proceso de formulación y disposición del medio de enraizamiento en vivero.



Nota. **A:** Componentes empleados en la mezcla (tierra agrícola, compost, arena fina, dolomita y roca fosfórica). **B:** Homogeneización manual del sustrato. **C:** Proceso de embolsado. **D:** Distribución de bolsas conforme al diseño experimental.

5.4.2.3.3. Obtención, transporte y acondicionamiento de ramillas

El material vegetativo consistió en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho”, seleccionadas del jardín yemero del Sr. Francisco Torres Baca, espacio dedicado a la conservación y manejo genético de cacao, en coordinación con la Alianza de Bioversity International y el CIAT. La elección de las plantas madre se basó en criterios agronómicos de vigor, sanidad, porte arquitectónico equilibrado y estabilidad en la producción.

La selección de las ramillas se realizó considerando criterios de estado fisiológico, características físicas y sanitarias, parámetros de uniformidad y época de extracción. Para este último aspecto, se procuró que el material se obtuviera cuando las hojas estuvieran completamente desarrolladas y funcionales, evitando estados tiernos o en plena formación. De igual modo, se descartó material excesivamente joven (herbáceo) o totalmente lignificado, por su menor potencial de enraizamiento. Las ramillas seleccionadas fueron plagiótropos

semileñosas con lignificación parcial, presentando entre tres y cuatro hojas sanas, libres de daños mecánicos, clorosis, necrosis o deformaciones, y sin presencia de plagas o enfermedades.

El corte se efectuó en horas de menor radiación (antes de las 9:00 a. m.), utilizando tijeras de podar y tijeras telescópicas, previamente desinfectadas con alcohol. Se seleccionaron ápices de 30 cm de longitud con yemas activas. Las ramillas se agruparon por cultivar, se etiquetaron y se envolvieron en paños húmedos para conservar la turgencia y la viabilidad fisiológica durante el traslado al vivero. En el acondicionamiento, se redujo el área foliar mediante un corte transversal que eliminó la mitad de cada hoja, con el fin de disminuir la transpiración y facilitar el balance hídrico. Asimismo, se realizó un corte biselado en la base del tallo, a un ángulo aproximado de 45°, favoreciendo la absorción de las soluciones hormonales y estimulando la diferenciación de tejidos radiculares. Este procedimiento permitió estandarizar las condiciones del material experimental.

Figura 12.

Proceso de selección, traslado y acondicionamiento de ramillas de cacao.



Nota. **A:** Selección de plantas madre en el jardín yemero. **B:** Corte de ramillas apicales vigorosas. **C:** Embalaje y rotulado para preservar identidad varietal. **D:** Acondicionamiento previo a la aplicación de enraizantes.

5.4.2.3.4. Formulación de soluciones hormonales de enraizamiento

La formulación de las soluciones hormonales destinadas al enraizamiento de las ramillas se realizó siguiendo las especificaciones técnicas de los productos utilizados, con el propósito de garantizar una absorción eficiente de fitohormonas en la zona de corte de cada estaca.

Para el tratamiento con Root-Hor, se preparó una solución a una concentración de 5 mL por litro de agua (0,5 % v/v), conforme a las recomendaciones para la inducción de raíces en estacas de cacao mediante inmersión. Esta concentración fue seleccionada por su efectividad en estimular la formación de callos y raíces adventicias, sin generar estrés fisiológico en el material vegetal.

En el caso del Agrostemin-GL, se formuló una solución a una concentración de 2,5 mL por litro de agua, basada en su dosificación orientada a tratamientos radiculares. Esta proporción fue elegida para potenciar el enraizamiento temprano, promoviendo el crecimiento inicial del sistema radicular en las ramillas de cacao “Chuncho”.

Las soluciones hormonales fueron preparadas en recipientes plásticos limpios, empleando agua potable para garantizar su pureza. Durante la aplicación, las ramillas fueron sumergidas únicamente por su base (zona de corte) en las soluciones respectivas, manteniendo un tiempo de exposición controlado de 10 minutos. Esta estrategia buscó maximizar la absorción localizada de las sustancias activas, evitando la saturación de tejidos superiores y asegurando un tratamiento homogéneo en todas las unidades experimentales.

Tabla 10.

Descripción de las soluciones hormonales utilizadas en el enraizamiento.

Producto	Dosis	Método de aplicación
Root-Hor	5 mL/L de agua	Inmersión de la base de las ramillas por 10 minutos
Agrostemin-GL	2.5 mL/L de agua	Inmersión de la base de las ramillas por 10 minutos

Figura 13.

Proceso técnico de preparación y aplicación de soluciones hormonales de enraizamiento.



Nota. **A:** Enraizantes utilizados (*Root-Hor* y *Agrostemin-GL*). **B:** Preparación de soluciones hormonales. **C:** Dosificación de productos en recipientes. **D:** Inmersión dirigida de ramillas en las soluciones.

5.4.2.3.5. Aplicación de tratamientos a las ramillas

La aplicación de los tratamientos hormonales se realizó inmediatamente después de la preparación de las soluciones de enraizamiento. Cada grupo de ramillas, previamente identificado según el diseño experimental, fue sumergido en su respectiva solución hormonal (*Root-Hor*, *Agrostemin-GL* o agua para el testigo) exclusivamente por la base del tallo (zona de corte). El tiempo de inmersión fue controlado entre 5 y 10 minutos, garantizando una absorción homogénea de los compuestos enraizantes sin saturar los tejidos superiores. Durante este procedimiento se evitó la exposición prolongada al ambiente para prevenir la deshidratación de las ramillas. Una vez finalizado el tiempo de inmersión, las ramillas fueron escurridas brevemente y posteriormente plantadas en el medio de enraizamiento dispuesto en vivero, respetando el orden y codificación de los tratamientos establecidos.

Figura 14.

Proceso de aplicación de soluciones hormonales a ramillas de cacao.



Nota. Inmersión de la base de las ramillas en soluciones de enraizantes (*Root-Hor*, *Agrostemin-GL*) durante 10 minutos, asegurando una absorción eficiente previa a la plantación en el vivero experimental.

5.4.2.3.6. Plantación y disposición en vivero

Tras la aplicación de los tratamientos hormonales, las ramillas fueron plantadas inmediatamente en bolsas de polietileno negro previamente llenadas con el medio de enraizamiento preparado. La plantación consistió en insertar el extremo basal de cada ramilla a una profundidad aproximada de 5 centímetros, asegurando su fijación firme en el sustrato, sin causar daños en los tejidos.

La disposición de las unidades experimentales siguió el diseño completamente al azar con arreglo factorial, distribuyendo las bolsas en bloques diferenciados, con una separación aproximada de 15 centímetros entre ellas, lo que facilitó una adecuada aireación y manejo. Cada tratamiento y repetición fue debidamente señalado para garantizar un control riguroso en la evaluación posterior.

Previamente a la plantación, se efectuó un riego uniforme de las bolsas para alcanzar capacidad de campo, favoreciendo el asentamiento adecuado de las ramillas y minimizando el estrés hídrico inicial.

Figura 15.

Plantación y disposición experimental de ramillas de cacao “Chuncho” en vivero protegido.



Nota. **A:** Plantación de ramillas en bolsas con medio de enraizamiento. **B:** Inserción cuidadosa de ramillas a 5 cm de profundidad. **C:** Organización de unidades experimentales siguiendo el diseño factorial. **D:** Supervisión de la disposición y condiciones del vivero bajo cobertura de malla *Raschel*.

5.4.2.3.7. Establecimiento de condiciones ambientales controladas

El manejo del microclima en el vivero se efectuó siguiendo el protocolo propuesto por **Aldana García (2010)**, reconocido por su eficacia en la propagación vegetativa de ramillas de cacao. Este método se fundamenta en la creación de un espacio cerrado capaz de retener humedad y temperatura en rangos óptimos, evitando variaciones bruscas que puedan comprometer el proceso de enraizamiento.

Para ello, cada unidad experimental fue cubierta con láminas de polietileno transparente de 150 micras, dispuestas de forma compacta sobre la superficie de plantación. El sellado se realizó mediante la colocación de una barrera continua de tierra o arena en los cuatro lados de la base, logrando un cierre hermético que impidió la infiltración de aire y agua desde el exterior. El sellado físico no solo ayudó a mantener estable el ambiente interno, sino que también sirvió como protección contra insectos, roedores y animales domésticos que podrían dañar el material

vegetativo. El principio técnico detrás de este sistema radica en el denominado *efecto invernadero*: la radiación solar atraviesa el polietileno, calienta el sustrato y el material vegetal, y la humedad liberada por transpiración y evaporación se acumula dentro de la cubierta. Según Aldana García (2010), estas condiciones permiten mantener naturalmente una humedad relativa superior al 90 % y una temperatura interna estable en un rango aproximado de 25 a 30 °C, considerados ideales para estimular la diferenciación de tejidos radiculares y el desarrollo de raíces adventicias en cacao. Adicionalmente, el área de vivero se encontraba bajo una cubierta con malla *Raschel* al 80 % de sombra, que atenuó la luz y redujo el riesgo de calentamiento interno, sin afectar la fotosíntesis de las ramillas.

El sombreamiento y el plástico sellado generan un microclima uniforme en todos los tratamientos, disminuyendo el estrés hídrico y fisiológico durante todo el ciclo de enraizamiento. Cabe mencionar que en otros protocolos que incluyen riego por nebulización para mantener la humedad, en este estudio no se aplicó riego adicional en los 75 días. La humedad interna se mantiene únicamente por la condensación producida por el mismo sistema y, en combinación con la protección física del sellado, se lograron condiciones constantes y homogéneas hasta la apertura final de las unidades experimentales.

Figura 16.

Establecimiento de microclimas controlados mediante túneles de cobertura plástica en vivero de cacao “Chuncho”.



Nota. **A:** Instalación de túneles individuales de polietileno para mantener humedad y temperatura constante. **B:** Vista general de bloques experimentales cubiertos, bajo malla raschel al 80 % de sombra.

5.4.2.3.8. Cuidados post-plantación y control sanitario

Tras la plantación de las ramillas y la instalación de los túneles plásticos de cobertura, se establecieron prácticas de manejo orientadas a preservar condiciones óptimas de enraizamiento durante los 75 días de evaluación. Gracias al microclima generado bajo el plástico (caracterizado por alta humedad relativa y temperatura estable), no fue necesario realizar riegos adicionales, ya que las condiciones internas aseguraban la humedad continúa requerida para el prendimiento de las ramillas.

El control fitosanitario se implementó de manera preventiva mediante la aplicación de un fungicida a base de metalaxil (*Ridomil®*) en dosis de 1 g/L, inmediatamente después de la plantación, con el objetivo de prevenir infecciones fúngicas, principalmente causadas por *Phytophthora spp.* Además, se llevaron a cabo inspecciones periódicas con el objetivo de combatir las malezas. Durante el periodo de enraizamiento, se evitó la apertura de los microtúneles para no alterar las condiciones de humedad controlada. Sólo tras la culminación del periodo de 75 días se procedió al destape de las unidades experimentales para su respectiva evaluación de la variables en estudio.

5.4.2.4. Evaluaciones

Con el objetivo de analizar el efecto de los tratamientos hormonales aplicados en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho”, se llevaron a cabo evaluaciones específicas a los 75 días después de la plantación de las ramillas. Las variables seleccionadas permitieron medir el éxito del proceso de enraizamiento y el desempeño fisiológico de las ramillas bajo condiciones controladas de vivero.

Las evaluaciones contemplaron tanto parámetros de prendimiento como de sanidad y desarrollo radicular, siendo estos: Porcentaje de prendimiento de ramillas, Incidencia de pudrición de ramillas, Longitud total de raíces formadas y Peso fresco de raíces.

Cada variable fue medida siguiendo procedimientos estandarizados, utilizando unidades de medida específicas, con el fin de garantizar la confiabilidad y comparabilidad de los datos obtenidos. A continuación, se detallan los métodos empleados para la recolección y procesamiento de cada variable evaluada.

5.4.2.4.1. Prendimiento

La evaluación del porcentaje de prendimiento se realizó a los 75 días después de la plantación de las ramillas, considerando como prendidas aquellas que evidenciaron signos claros de brotación activa, presencia de hojas verdes funcionales y tallo basal turgente, indicadores de un proceso exitoso de enraizamiento.

Para cuantificar esta variable, se procedió al conteo del número de ramillas prendidas en cada unidad experimental (UE) el registro de los resultados se expresó en porcentaje (%), aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de prendimiento} = \frac{\text{Nº de ramillas prendidas en la UE}}{\text{Nº total de ramillas evaluadas en la UE}} \times 100\%$$

5.4.2.4.2. Incidencia

La incidencia de pudrición de ramillas se evaluó a los 75 días posteriores a la plantación, considerando como afectadas aquellas ramillas que presentaron síntomas visibles de necrosis, colapso de tejidos y descomposición, indicativos de infecciones patológicas.

El registro de esta variable se expresó en términos de porcentaje (%), calculado a partir del cociente entre el número de ramillas muertas por pudrición y el número total de ramillas evaluadas en cada unidad experimental (UE), aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia de pudricion} = \frac{\text{Nº de ramillas muertas en la UE}}{\text{Nº total de ramillas evaluadas en la UE}} \times 100\%$$

Con el objetivo de identificar el agente causal de la pudrición, se realizaron aislamientos microbiológicos en el laboratorio de fitopatología de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba (UNIQ). Para ello, se sembraron fragmentos de tejido infectado en medio de

cultivo PDA (papa-dextrosa-agar) suplementado con antibióticos y fungicidas, incubándose las muestras durante 8 días en condiciones ambientales controladas. Posteriormente, se efectuó la observación microscópica de las colonias miceliales desarrolladas, permitiendo una identificación preliminar del patógeno asociado a la pudrición de las ramillas.

5.4.2.4.3. Longitud de raíces

La medición de la longitud de raíces se realizó a los 75 días después de la plantación de las ramillas. Para ello, se seleccionaron únicamente aquellas ramillas que lograron enraizar exitosamente en cada unidad experimental. Previo a la medición, cada unidad experimental fue cuidadosamente extraída del sustrato y sometida a un lavado suave con agua limpia a fin de eliminar las partículas adheridas, evitando dañar la integridad de las raíces finas.

La longitud total del sistema radicular de cada ramilla se midió con una regla milimetrada, desde la base de inserción hasta el ápice distal de la raíz más larga. Los valores obtenidos se promediaron para cada unidad experimental y se registraron en centímetros (cm).

5.4.2.4.4. Peso fresco de raíces

La evaluación del peso fresco de raíces se realizó a los 75 días después de la plantación, coincidiendo con el momento de la destapada de las unidades experimentales. Para esta medición, se consideraron únicamente aquellas ramillas que presentaron un enraizamiento exitoso en cada unidad experimental.

Previo al pesaje, las raíces fueron cuidadosamente extraídas y lavadas con agua limpia para eliminar todo residuo de sustrato, evitando daños en las raíces finas y garantizando la exactitud en la medición. Cada muestra fue pesada individualmente utilizando una balanza electrónica de precisión con sensibilidad de 0,01 g, registrándose el peso fresco en gramos (g). Los valores obtenidos por cada ramilla fueron promediados para representar el resultado de su respectiva unidad experimental.

5.4.2.5. Análisis estadístico

El procesamiento de los datos obtenidos en las variables fisiológicas evaluadas (porcentaje de prendimiento, incidencia de pudrición, longitud y peso fresco de raíces) se efectuó aplicando métodos estadísticos adecuados para diseños experimentales con arreglo factorial. En este caso se utilizó un modelo factorial 3×5 , correspondiente a los factores enraizante (tres niveles) y cultivar (cinco niveles). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA) bajo un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0.05$), lo que permitió determinar la significancia de los efectos principales y de sus interacciones.

Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$) para identificar con precisión los tratamientos que presentaron contrastes específicos entre sí. Todos los análisis se realizaron con el software InfoStat versión 2020, ampliamente validado en investigaciones agronómicas, lo que otorgó solidez metodológica y fiabilidad a la interpretación de los resultados. En la tabla siguiente se presenta la estructura general del análisis de varianza empleado en este estudio:

Tabla 11.

Estructura de análisis de varianza (ANVA) para un (DCA).

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	Valor F calculado (FC)
Factor A (Enraizante)	a - 1	SC _(A)	SC _(A) /GL _(A)	CM _(A) /CM _(error)
Factor B (Cultivar)	b - 1	SC _(B)	SC _(B) /GL _(B)	CM _(B) /CM _(error)
Interacción (A × B)	(a - 1)(b - 1)	SC _(A×B)	SC _(A×B) /GL _(A×B)	CM _(A×B) /CM _(error)
Error experimental	ab(r - 1)	SC _(error)	SC _(error) /GL _(error)	—
Total	abr-1	SC _(total)	—	—

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Prendimiento

Tabla 12.

Valores promedio del porcentaje de prendimiento (%) de ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.

Tratamientos		Repetición			Σ	Media
Factor A: Enraizante	Factor B: Cultivar	I	II	III		
Root Hor	Señorita	70.53	70.53	70.53	211.59	70.53
Root Hor	Achoccha	61.87	70.53	70.53	202.93	67.64
Root Hor	Montaña	90.00	70.53	90.00	250.53	83.51
Root Hor	Común	61.87	54.74	61.87	178.48	59.49
Root Hor	Pamuco	61.87	70.53	70.53	202.93	67.64
Agrostemin	Señorita	70.53	61.87	61.87	194.28	64.76
Agrostemin	Achoccha	61.87	70.53	70.53	202.93	67.64
Agrostemin	Montaña	70.53	70.53	70.53	211.59	70.53
Agrostemin	Común	54.74	48.19	48.19	151.11	50.37
Agrostemin	Pamuco	54.74	61.87	54.74	171.35	57.12
Testigo	Señorita	41.81	41.81	35.26	118.89	39.63
Testigo	Achoccha	35.26	35.26	41.81	112.34	37.45
Testigo	Montaña	41.81	48.19	41.81	131.81	43.94
Testigo	Común	35.26	35.26	41.81	112.34	37.45
Testigo	Pamuco	41.81	35.26	41.81	118.89	39.63
Σ		854.52	845.64	871.82	2571.98	857.33
Media		56.97	56.38	58.12	171.47	57.16

Tabla 13.

Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) del porcentaje de prendimiento (%) de ramillas.

F.V.	GL	SC	CM	Valor F	p-Valor 0.05	
Tratamiento	14	9173.8100	655.2700	28.4600	<0.0001	*
Enraizante	2	7363.8300	3681.9100	159.9400	<0.0001	*
Cultivar	4	1349.9300	337.4800	14.6600	<0.0001	*
Enraizante*Cultivar	8	460.0600	57.5100	2.5000	0.0329	*
Error	30	690.6400	23.0200			
Total	44	9864.4500		CV=	8.39%	

Nota. NS = no significativo ($p > 0.05$); * = significativo ($p < 0.05$); CV = coeficiente de variación.

El análisis de varianza (Tabla 13) reveló diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en el porcentaje de prendimiento de ramillas de cacao “Chuncho” tanto por el efecto

principal de los enraizantes como por el de los cultivares, así como por la interacción entre ambos factores.

La significancia estadística en la interacción indica que la respuesta de cada cultivar depende del enraizante aplicado y viceversa, lo que evidencia un comportamiento diferencial entre combinaciones de tratamientos. El coeficiente de variación (CV = 8.39 %) fue bajo, lo que refleja un elevado control experimental y otorga confiabilidad a los datos obtenidos bajo condiciones de vivero.

Tabla 14.

Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre el porcentaje de prendimiento (%) de ramillas.

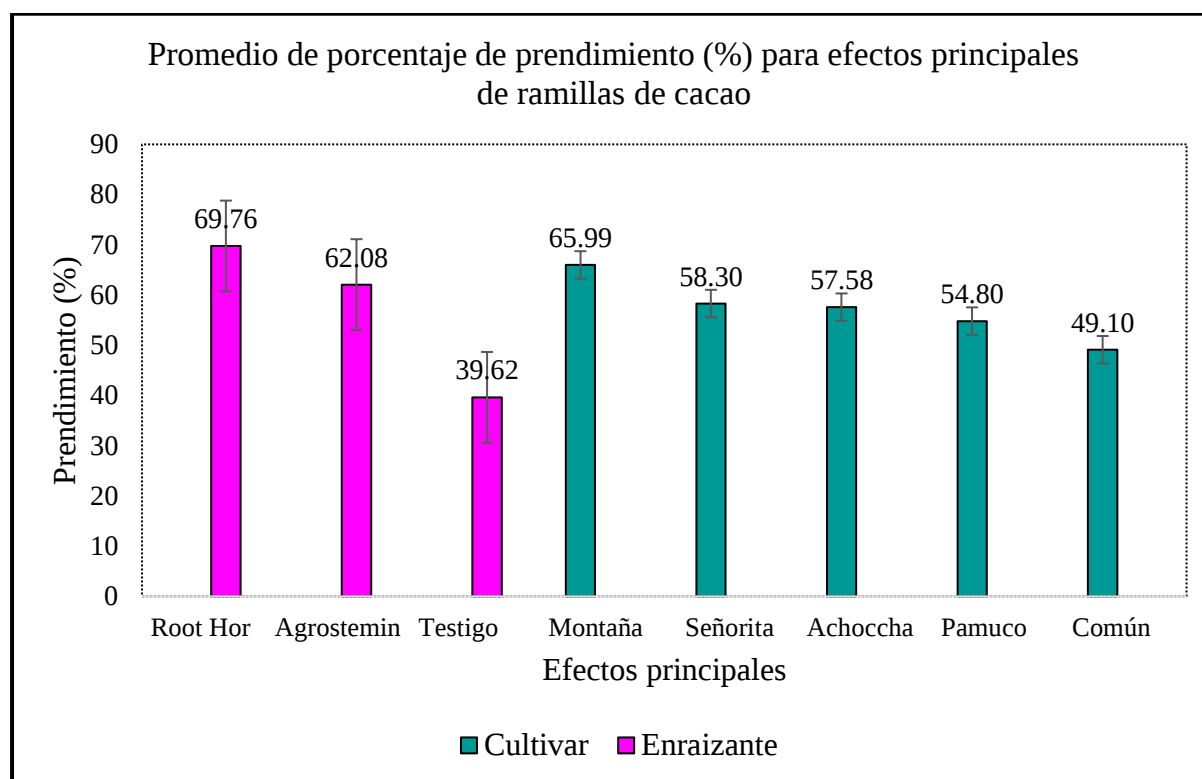
O.M.	Efectos principales	Media	Agrupación	
1	Root Hor	69.76	a	
2	Agrostemin	62.08		b
3	Testigo	39.62		c
1	Montaña	65.99	a	
2	Señorita	58.30		b
3	Achoccha	57.58		b
4	Pamuco	54.80		b
5	Común	49.10		c

La prueba de comparación múltiple de Tukey (Tabla 14) evidenció que, dentro del factor enraizante, Root Hor alcanzó el mayor porcentaje de prendimiento (69.76 %), conformando un grupo estadísticamente superior al resto, seguido por Agrostemin (62.08 %), mientras que el testigo registró el valor más bajo (39.62 %), integrando un grupo claramente diferenciado.

En cuanto al factor cultivar, Montaña obtuvo el promedio más alto (65.99 %), ubicándose en el grupo estadístico “a” y superando de manera significativa a Pamuco (54.80 %) y Común (49.10 %), los cuales presentaron menor capacidad de enraizamiento. Estos resultados confirman la influencia determinante de ambos factores en la respuesta fisiológica de las ramillas.

Figura 17.

Representación gráfica comparativa del porcentaje de prendimiento (%) para efectos principales de ramillas de cacao “Chuncho”.



En la Figura 17 se aprecia que, dentro del factor enraizante, Root Hor alcanzó el mayor porcentaje de prendimiento (69.76 %), seguido por Agrostemin (62.08 %), mientras que el testigo presentó la respuesta más baja (39.62 %).

En el factor cultivar, Montaña destacó con 65.99 %, superando a los demás, en especial a Común (49.10 %), que registró el valor más bajo. Las barras de error confirman la consistencia de los datos, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los niveles evaluados.

Tabla 15.

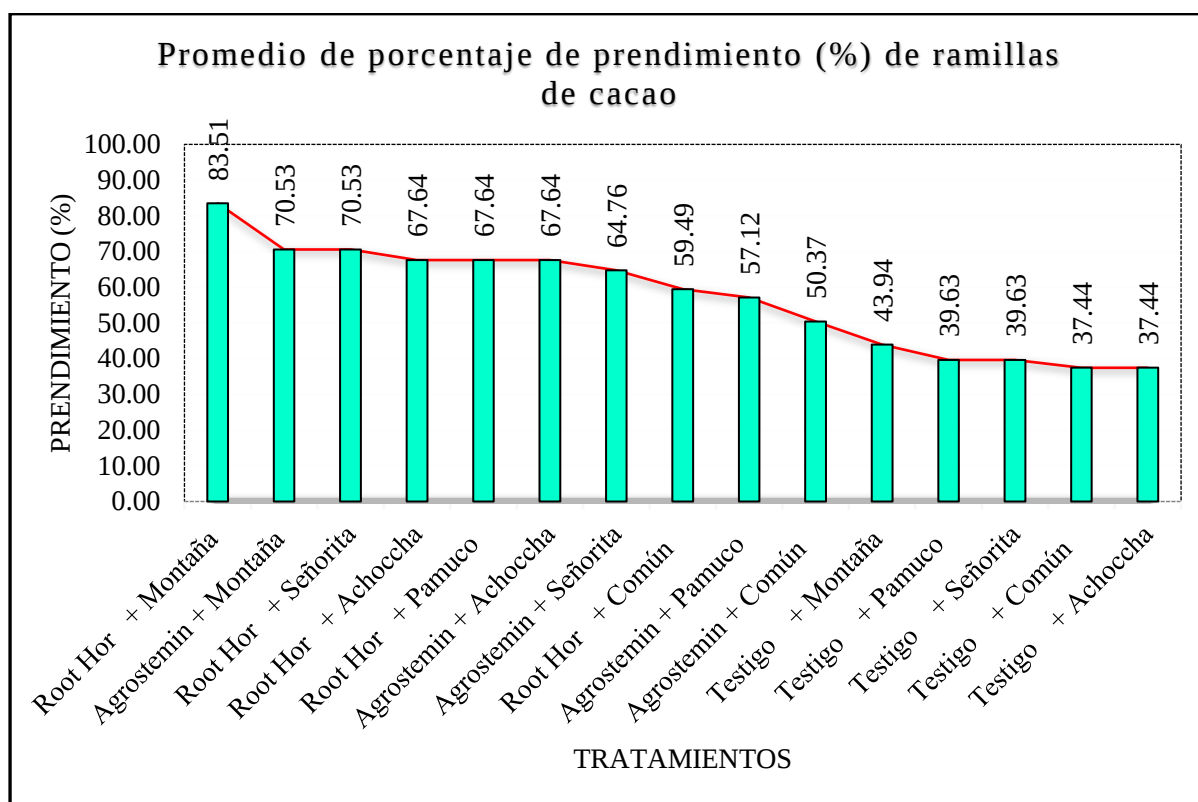
Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre el porcentaje de prendimiento de ramillas.

O.M.	Tratamientos	Media	Agrupación			
1	Root Hor + Montaña	83.51	a			
2	Agrostemin + Montaña	70.53	a	b		
3	Root Hor + Señorita	70.53	a	b		
4	Root Hor + Achoccha	67.64	a	b		
5	Root Hor + Pamuco	67.64	a	b		
6	Agrostemin + Achoccha	67.64	a	b		
7	Agrostemin + Señorita	64.76	a	b		
8	Root Hor + Común	59.49	a	b	c	
9	Agrostemin + Pamuco	57.12		b	c	
10	Agrostemin + Común	50.37			c	d
11	Testigo + Montaña	43.94			d	e
12	Testigo + Pamuco	39.63				e
13	Testigo + Señorita	39.63				e
14	Testigo + Común	37.44				e
15	Testigo + Achoccha	37.44				e

La comparación de medias para los tratamientos combinados (Tabla 15) evidenció que Root Hor + Montaña alcanzó el mayor porcentaje de prendimiento (83.51 %), integrando el grupo estadístico superior (“a”) y superando significativamente al resto de combinaciones. En un segundo nivel de respuesta se ubicaron Agrostemin + Montaña y Root Hor + Señorita (70.53 %), junto con otros tratamientos con valores superiores al 64 %. En contraste, los promedios más bajos correspondieron a los tratamientos testigo aplicados sobre Achoccha y Común (37.44 %), así como a otros cultivares sin enraizante, todos ellos agrupados en el nivel estadístico más bajo, lo que evidencia la marcada interacción positiva entre determinados enraizantes y cultivares en el enraizamiento de ramillas.

Figura 18.

Representación gráfica comparativa del porcentaje de prendimiento (%) de ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.



La Figura 18 ilustra de manera comparativa el porcentaje de prendimiento para los tratamientos combinados. Se aprecia que Root Hor + Montaña se posiciona como el tratamiento de mayor eficacia (83.51 %), seguido por combinaciones que también integran enraizantes y cultivares de alto potencial, con valores superiores al 50 %. En contraste, los tratamientos testigo muestran porcentajes inferiores al 44 %, lo que confirma la influencia sinérgica de la interacción enraizante*cultivar en la optimización del enraizamiento de ramillas.

En este estudio, la combinación Root Hor + Montaña alcanzó el mayor porcentaje de prendimiento (83.51 %), superando significativamente al resto de tratamientos. Este resultado se atribuye a la acción del ácido indolbutírico (AIB) presente en Root Hor, que estimula la formación de raíces adventicias, y a la aptitud fisiológica del cultivar Montaña, caracterizado por una arquitectura equilibrada y un contenido adecuado de carbohidratos, lo que favoreció la emisión radicular.

Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Reyes Aquino (2014), quien logró 68.89 % de enraizamiento con estacas intermedias tratadas con AIB a 6000 ppm, y por Guizado Ovando (2015), que alcanzó 70.70 % en el clon CCN-51 con AIB a 4000 ppm. Valores similares fueron obtenidos por Campoverde Armijos (2017) (80.00 % con IBA a 800 mg/L), y superiores por Holguín Zúñiga (2018) (86.00 % con ANA y AIB combinados), confirmando que la dosis y el tipo de auxina influyen de forma decisiva en el prendimiento. En contraste, Crespo Prado (2021) reportó porcentajes inferiores al 21.3 % usando bioestimulantes naturales, evidenciando su menor eficacia frente a formulaciones sintéticas. En conjunto, los resultados indican que la interacción entre enraizante, cultivar y condiciones de propagación determina la eficiencia del enraizamiento, destacando la combinación Root Hor + Montaña como una alternativa técnicamente sustentada para optimizar la propagación del cacao “Chuncho”.

6.2. Incidencia

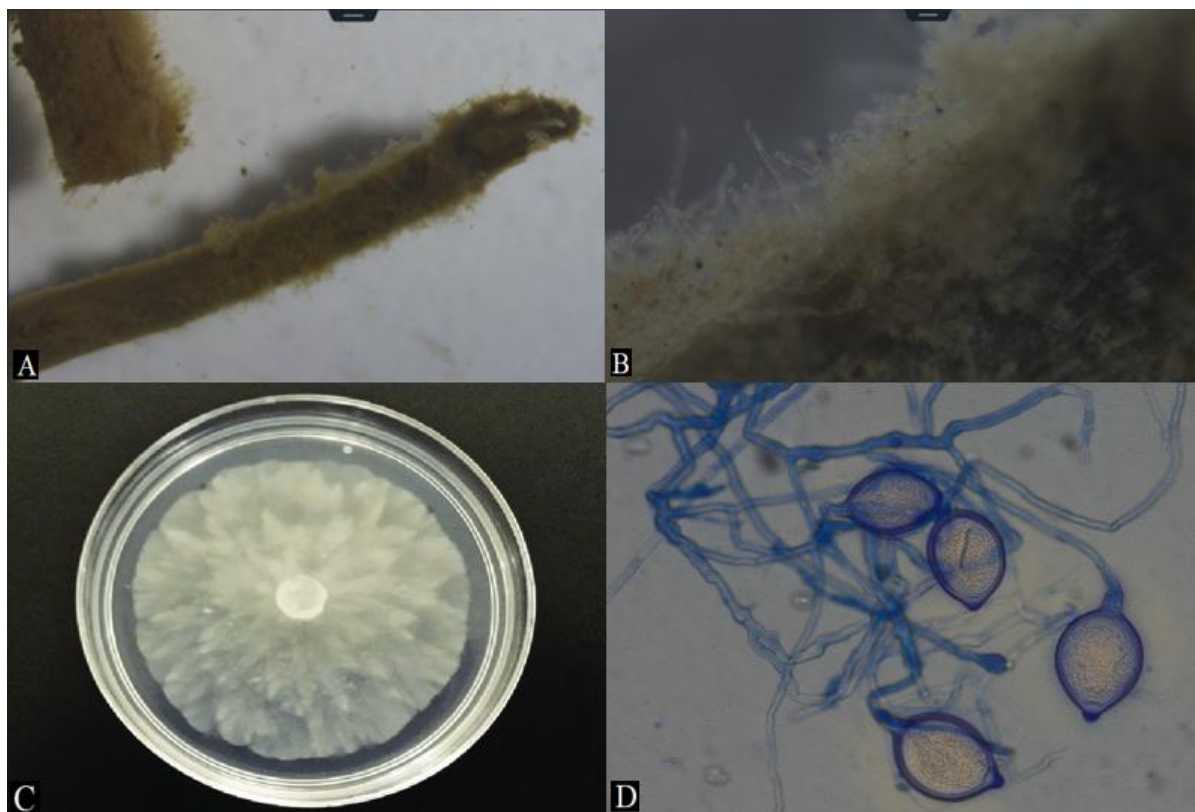
Tabla 16.

Valores promedio de la incidencia de pudrición (%) en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.

Tratamientos		Repetición			Σ	Media
Factor A: Enraizante	Factor B: Cultivar	I	II	III		
Root Hor	Señorita	19.47	19.47	19.47	58.41	19.47
Root Hor	Achoccha	28.13	19.47	19.47	67.07	22.36
Root Hor	Montaña	0.00	19.47	0.00	19.47	6.49
Root Hor	Común	28.13	35.26	28.13	91.52	30.51
Root Hor	Pamuco	28.13	19.47	19.47	67.07	22.36
Agrostemin	Señorita	19.47	28.13	28.13	75.72	25.24
Agrostemin	Achoccha	28.13	19.47	19.47	67.07	22.36
Agrostemin	Montaña	19.47	19.47	19.47	58.41	19.47
Agrostemin	Común	35.26	41.81	41.81	118.89	39.63
Agrostemin	Pamuco	35.26	28.13	35.26	98.65	32.88
Testigo	Señorita	48.19	48.19	54.74	151.11	50.37
Testigo	Achoccha	54.74	54.74	48.19	157.66	52.55
Testigo	Montaña	48.19	41.81	48.19	138.19	46.06
Testigo	Común	54.74	54.74	48.19	157.66	52.55
Testigo	Pamuco	48.19	54.74	48.19	151.11	50.37
Σ		495.48	504.36	478.18	1478.02	492.67
Media		33.03	33.62	31.88	98.53	32.84

Figura 19.

Imágenes de Aislamiento e identificación de *Phytophthora palmivora*.



Nota: A y B: Desarrollo micelial de *Phytophthora palmivora* en raíz. C: Colonia de *Phytophthora palmivora* en medio de cultivo. D: Observación al microscopio de esporangios de *Phytophthora palmivora*.

La Figura 19 muestra de manera secuencial el proceso de aislamiento e identificación de *Phytophthora palmivora*, agente causal de la pudrición radicular en cacao. En las imágenes A y B se aprecia el desarrollo del micelio sobre el tejido radical, con hifas hialinas y aspecto algodonoso, característico de este oomiceto en fases iniciales de infección. La imagen C evidencia la colonia obtenida en medio de cultivo selectivo, con crecimiento radial y patrón concéntrico típico, lo que confirma su viabilidad y pureza. Finalmente, la imagen D presenta, bajo observación microscópica, esporangios limoniformes característico de esporangios de *Phytophthora palmivora* paredes delgadas, dispuestos sobre hifas ramificadas, rasgo morfológico distintivo que, junto con el patrón de crecimiento, permite su identificación taxonómica.

Tabla 17.

Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) de la incidencia de pudrición (%) en ramillas.

F.V.	GL	SC	CM	Valor F	p-Valor 0.05	
Tratamiento	14	9173.8100	655.2700	28.4600	<0.0001	*
Enraizante	2	7363.8300	3681.9100	159.9700	<0.0001	*
Cultivar	4	1349.9300	337.4800	14.6600	<0.0001	*
Enraizante*Cultivar	8	460.0600	57.5100	2.5000	0.0329	*
Error	30	690.6400	23.0200			
Total	44	9864.4500		CV=	14.61%	

Nota. NS = no significativo ($p > 0.05$); * = significativo ($p < 0.05$); CV = coeficiente de variación.

El análisis de varianza (Tabla 17) presentó diferencias altamente significativas por efecto de los enraizantes aplicados ($p < 0.0001$) y de los cultivares evaluados ($p < 0.0001$), así como diferencias significativas en su interacción ($p = 0.0329$). Esto demuestra que tanto la naturaleza del producto como la respuesta genética del cultivar influyen directamente en la susceptibilidad a patógenos durante la fase de enraizamiento. El coeficiente de variación (CV = 14.61 %) fue aceptable para este tipo de estudios, reflejando uniformidad y confiabilidad en la conducción experimental.

Tabla 18.

Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre la incidencia de pudrición (%) en ramillas.

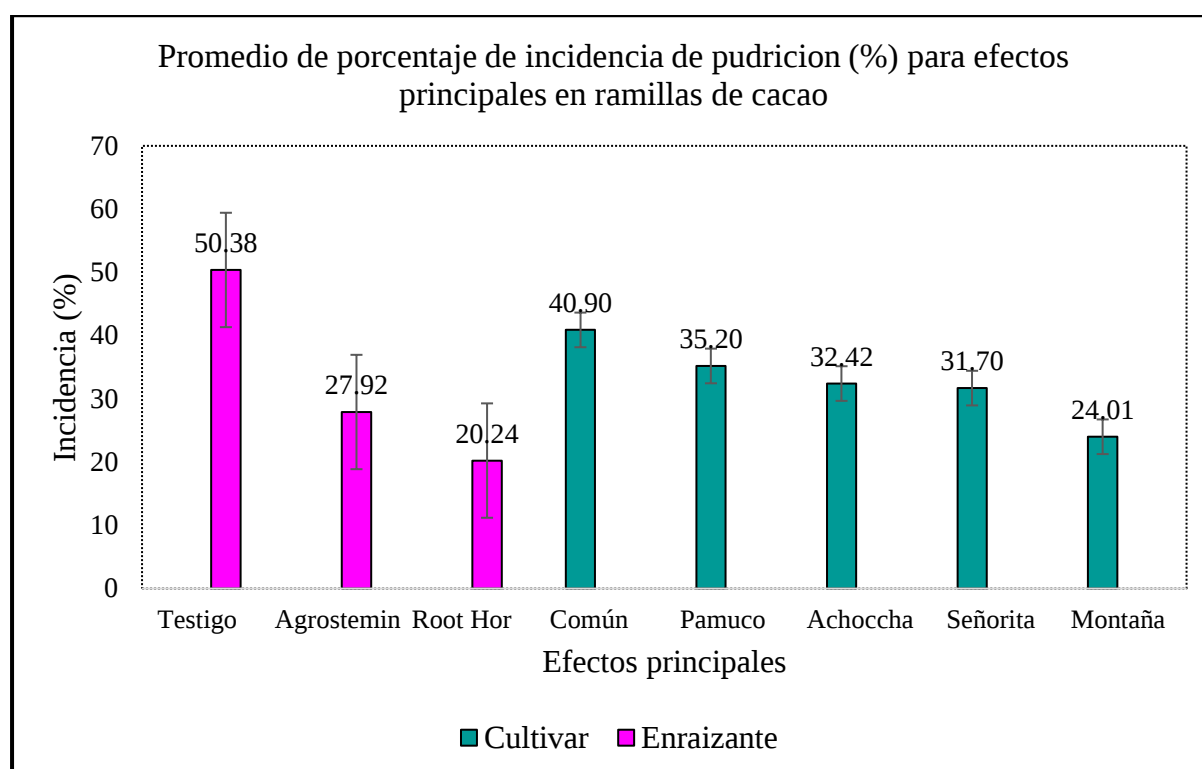
O.M.	Efectos principales	Media	Agrupación	
1	Testigo	50.38	a	
2	Agrostemin	27.92		b
3	Root Hor	20.24		c
1	Común	40.90	a	
2	Pamuco	35.20		b
3	Achoccha	32.42		b
4	Señorita	31.70		b
5	Montaña	24.01		c

La prueba de Tukey para efectos principales mostró que el uso de enraizantes redujo notablemente la incidencia de pudrición en comparación con el testigo sin aplicación. Root Hor obtuvo el valor más bajo (20.24 %), seguido por Agrostemin (27.92 %), mientras que el testigo presentó el nivel más alto de infección (50.38 %).

En cuanto a los cultivares, Montaña registró la menor incidencia (24.01 %), evidenciando buena tolerancia, mientras que Común fue el más afectado (40.90 %). Estos resultados sugieren que la combinación de enraizantes con cultivares de menor susceptibilidad es una estrategia efectiva para minimizar las pérdidas por *Phytophthora palmivora*.

Figura 20.

Representación gráfica comparativa del porcentaje de incidencia (%) para efectos principales en ramillas de cacao “Chuncho”.



La Figura 20 evidencia que la incidencia de pudrición fue marcadamente mayor en el testigo sin enraizante (50.38 %), en contraste con los tratamientos que incluyeron productos promotores de enraizamiento. Entre estos, Root Hor destacó por registrar el valor más bajo (20.24 %), seguido por Agrostemin (27.92 %), confirmando su efecto protector frente a patógenos asociados a la pudrición radicular.

En cuanto a los cultivares, Montaña presentó la menor incidencia (24.01 %), mientras que Común alcanzó el valor más alto (40.90 %). Estos resultados sugieren que la reducción de

la incidencia responde tanto al uso de enraizantes con acción fisiológica y potencial antimicrobiano como a la tolerancia genética propia de ciertos cultivares.

Tabla 19.

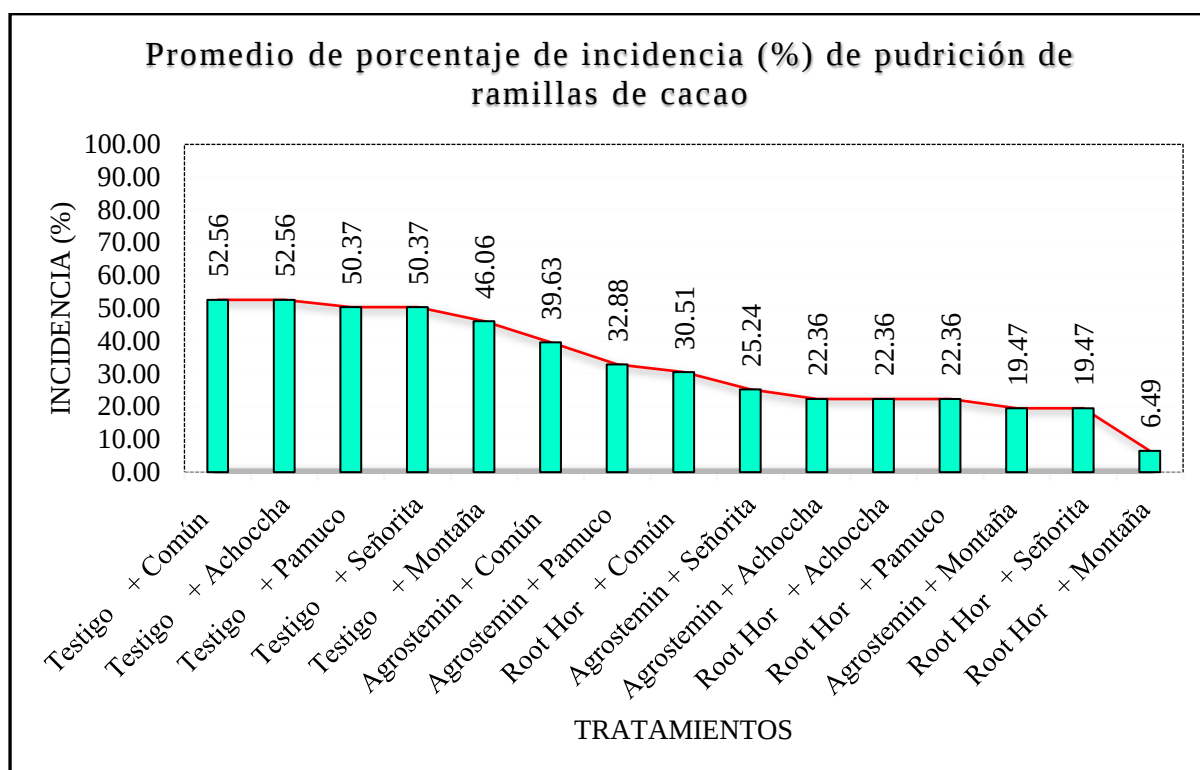
Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre la incidencia de pudrición de ramillas.

O.M.	Tratamientos	Media	Agrupación		
1	Testigo + Común	52.56	a		
2	Testigo + Achoccha	52.56	a		
3	Testigo + Pamuco	50.37	a		
4	Testigo + Señorita	50.37	a		
5	Testigo + Montaña	46.06	a	b	
6	Agrostemin + Común	39.63	a	b	c
7	Agrostemin + Pamuco	32.88		b	c d
8	Root Hor + Común	30.51			c d
9	Agrostemin + Señorita	25.24			c d
10	Agrostemin + Achoccha	22.36			d
11	Root Hor + Achoccha	22.36			d
12	Root Hor + Pamuco	22.36			d
13	Agrostemin + Montaña	19.47			d e
14	Root Hor + Señorita	19.47			d e
15	Root Hor + Montaña	6.49			e

La Tabla 19 revela diferencias significativas en la incidencia de pudrición según tratamientos combinados. Los valores más altos se registraron en los tratamientos testigo con Común y Achoccha (52.56 %), seguidos por Pamuco y Señorita (50.37 %), todos agrupados en la letra “a”. El testigo con Montaña alcanzó 46.06 % (“a b”), reflejando alta susceptibilidad sin enraizantes. En contraste, Root Hor y Agrostemin redujeron la pudrición. Root Hor + Común (30.51 %) y Agrostemin + Pamuco (32.88 %) se ubicaron en grupos intermedios. Valores aún menores se observaron con Root Hor + Pamuco, Achoccha y Agrostemin + Montaña (entre 22.36 % y 19.47 %). El tratamiento más efectivo fue Root Hor + Montaña, con solo 6.49 %, ubicado en un grupo estadístico exclusivo (“e”), destacando su eficacia para reducir la pudrición durante la propagación vegetativa.

Figura 21.

Representación gráfica comparativa de la incidencia de pudrición (%) en ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.



La Figura 21 refuerza visualmente estas diferencias. Se observa un claro patrón decreciente en los tratamientos con enraizantes, especialmente aquellos con Root Hor, lo cual demuestra que su aplicación no solo mejora el prendimiento, sino que también contribuye a reducir drásticamente la pudrición, probablemente al inducir mayor vigor fisiológico o resistencia estructural frente a agentes patógenos como *Phytophthora palmivora*.

En el presente estudio, se evidenció una marcada reducción en la incidencia de pudrición de ramillas de cacao “Chuncho” al aplicar enraizantes, siendo Root Hor + Montaña el tratamiento más eficaz, con apenas 6.49 %, mientras que los testigos con Común y Achoccha alcanzaron 52.56 %. Esta diferencia confirma que el uso de enraizantes no solo estimula el enraizamiento, sino que también mejora la resistencia estructural y fisiológica del tejido, disminuyendo su vulnerabilidad frente a patógenos.

Resultados similares fueron reportados por Reyes Aquino (2014), quien registró mayor mortalidad de (67.78 %), en estacas sin AIB, así como por Huillca Huaypar (2019), quien observó menos ejes muertos con sustratos enriquecidos y AIB. En este trabajo, el agente causal de la pudrición se identificó como *Phytophthora palmivora*, reconocido por su alta agresividad en condiciones de humedad y lenta cicatrización del tejido. La menor incidencia en tratamientos con Root Hor se asocia a la presencia de ácido indolbutírico (AIB), que además de promover raíces adventicias, favorece la formación de callo en la base del explante, creando una barrera física contra la infección y posiblemente activando mecanismos de resistencia inducida. En síntesis, la integración de enraizantes hormonales con cultivares como Montaña, se presenta como una estrategia eficaz para reducir la pudrición y optimizar la propagación vegetativa del cacao “Chuncho”.

6.3. Longitud de raíces

Tabla 20.

Valores promedio de la longitud de raíces (cm) en ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.

Tratamientos		Repetición			Σ	Media
Factor A: Enraizante	Factor B: Cultivar	I	II	III		
Root Hor	Señorita	13.31	13.09	13.00	39.40	13.13
Root Hor	Achoccha	12.81	12.29	12.88	37.98	12.66
Root Hor	Montaña	15.27	14.15	14.89	44.31	14.77
Root Hor	Común	12.43	11.95	12.31	36.69	12.23
Root Hor	Pamuco	12.47	12.53	12.71	37.71	12.57
Agrostemin	Señorita	12.21	12.35	12.33	36.88	12.29
Agrostemin	Achoccha	13.41	11.90	12.46	37.77	12.59
Agrostemin	Montaña	13.58	14.48	13.89	41.94	13.98
Agrostemin	Común	12.08	12.18	12.16	36.42	12.14
Agrostemin	Pamuco	12.18	12.16	12.50	36.84	12.28
Testigo	Señorita	6.65	7.03	6.67	20.34	6.78
Testigo	Achoccha	6.60	7.00	6.80	20.40	6.80
Testigo	Montaña	6.93	9.10	7.43	23.45	7.82
Testigo	Común	5.87	6.47	6.20	18.53	6.18
Testigo	Pamuco	7.25	6.53	6.95	20.73	6.91
Σ		163.05	163.19	163.17	489.41	163.14
Media		10.87	10.88	10.88	32.63	10.88

Tabla 21.

Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) de la longitud de raíces (cm) en ramillas.

F.V.	GL	SC	CM	Valor F	p-Valor 0.05
Tratamiento	14	380.4300	27.1700	137.4000	<0.0001 *
Enraizante	2	357.3000	178.6500	903.3300	<0.0001 *
Cultivar	4	21.1400	5.2900	26.7300	<0.0001 *
Enraizante*Cultivar	8	1.9800	0.2500	1.2500	0.0304 *
Error	30	5.9300	0.2000		
Total	44	386.3600		CV=	4.11%

Nota. NS = no significativo ($p > 0.05$); * = significativo ($p < 0.05$); CV = coeficiente de variación.

El análisis de varianza (Tabla 21) reveló diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en la longitud de raíces de ramillas de cacao “Chuncho” tanto para el factor enraizante, y el factor cultivar; asimismo, también mostro diferencias altamente significativas en la interacción enraizante*cultivar ($p < 0.0304$). El bajo coeficiente de variación ($CV = 4.11\%$) indicó alta precisión experimental y confiabilidad en los datos obtenidos bajo condiciones controladas.

Tabla 22.

Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre la longitud de raíces (cm) en ramillas.

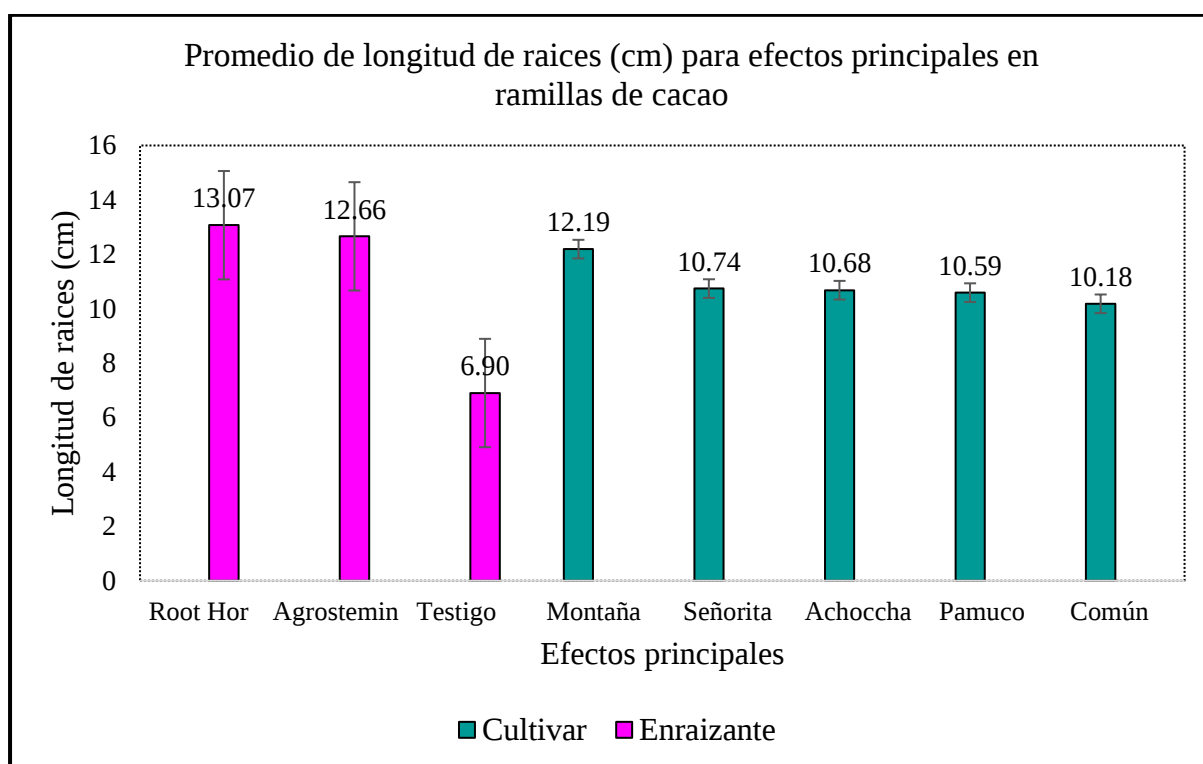
O.M.	Efectos principales	Media	Agrupación
1	Root Hor	13.07	a
2	Agrostemin	12.66	b
3	Testigo	6.90	c
1	Montaña	12.19	a
2	Señorita	10.74	b
3	Achoccha	10.68	b
4	Pamuco	10.59	b
5	Común	10.18	b

Según los Resultados de la prueba de Tukey para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre la longitud de raíces (cm) en ramillas (Tabla 22). El enraizante Root Hor promovió el mayor desarrollo radicular (13.07 cm), superando a Agrostemin (12.66 cm) y al testigo (6.90 cm), cuya respuesta fue significativamente inferior.

En cuanto al efecto genotípico, el cultivar Montaña presentó la mayor longitud media (12.19 cm), superando estadísticamente a Señorita, Achoccha, Pamuco y Común, que se ubicaron en un mismo grupo de comparación estadística. Estos resultados confirman que la combinación de auxinas sintéticas y genotipos de alto vigor radicular favorece la elongación de raíces, optimizando el establecimiento de las plantas en vivero.

Figura 22.

Representación gráfica comparativa de longitud de raíces (cm) para efectos principales de ramillas de cacao “Chuncho”.



La Figura 22 muestra que la longitud de raíces fue considerablemente mayor en los tratamientos con enraizantes, destacando Root Hor (13.07 cm) y Agrostemin (12.66 cm), ambos muy por encima del testigo (6.90 cm), lo que confirma su efecto promotor en la elongación radicular. En cuanto al efecto de los cultivares, Montaña presentó el mayor desarrollo radicular (12.19 cm), seguido por Señorita (10.74 cm), Achoccha (10.68 cm), Pamuco (10.59 cm) y Común (10.18 cm), sin diferencias estadísticas entre ellos. La tendencia general evidencia que el uso de enraizantes, especialmente los formulados con auxinas,

potencia la capacidad radicular, mientras que la variabilidad genética también influye, aunque en menor magnitud que el factor enraizante.

Tabla 23.

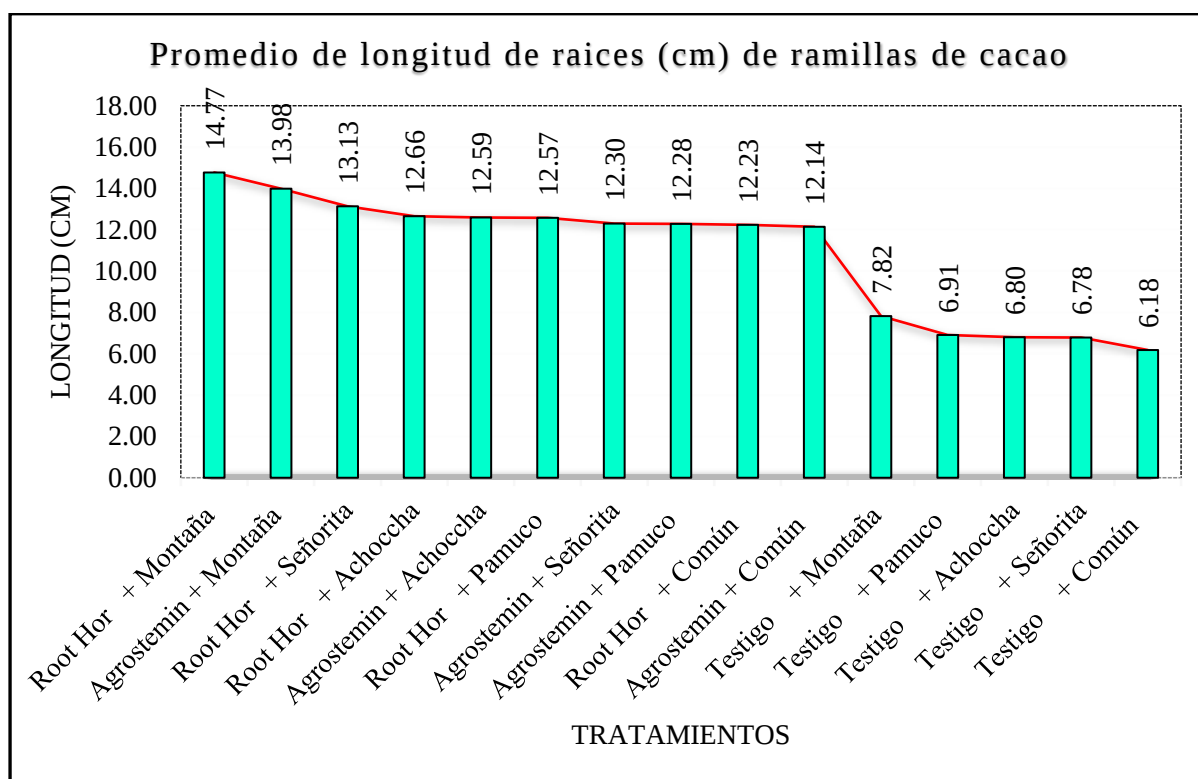
Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre la longitud de raíces (cm) en ramillas.

O.M.	Tratamientos	Media	Agrupación		
1	Root Hor + Montaña	14.77	a		
2	Agrostemin + Montaña	13.98	a	b	
3	Root Hor + Señorita	13.13		b	c
4	Root Hor + Achoccha	12.66		b	c
5	Agrostemin + Achoccha	12.59			c
6	Root Hor + Pamuco	12.57			c
7	Agrostemin + Señorita	12.30			c
8	Agrostemin + Pamuco	12.28			c
9	Root Hor + Común	12.23			c
10	Agrostemin + Común	12.14			c
11	Testigo + Montaña	7.82			d
12	Testigo + Pamuco	6.91			d e
13	Testigo + Achoccha	6.80			d e
14	Testigo + Señorita	6.78			d e
15	Testigo + Común	6.18			e

En cuanto a los tratamientos combinados (Tabla 23), la mayor longitud de raíces se alcanzó con Root Hor + Montaña (14.77 cm) dentro del grupo “a”, seguido por Agrostemin + Montaña (13.98 cm, grupo “a b”) y Root Hor + Señorita (13.13 cm, grupo “b c”). Todos estos se ubicaron en los grupos estadísticos superiores, evidenciando el efecto sinérgico entre enraizante y cultivar. Por el contrario, las menores longitudes se registraron en los tratamientos testigo, destacando Testigo + Común con apenas 6.18 cm, ubicado en el grupo más bajo (“e”), junto con combinaciones testigo con Señorita, Achoccha y Pamuco (todas entre 6.78 cm y 6.91 cm).

Figura 23.

Representación gráfica comparativa de la longitud de raíces (cm) de ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.



La Figura 23 respalda visualmente estos resultados, mostrando una clara tendencia a mayores longitudes de raíz en los tratamientos con enraizantes, especialmente aquellos que incluyen Root Hor en combinación con Montaña. Esto sugiere que el ácido indolbutírico (AIB) presente en Root Hor estimuló no solo el inicio del enraizamiento, sino también una elongación más activa y sostenida de las raíces bajo condiciones favorables de humedad y sustrato.

En este estudio evaluado a los 75 días después de la plantación de ramillas, la combinación Root Hor + Montaña alcanzó la mayor longitud promedio de raíces (14.77 cm), superando significativamente a todos los tratamientos evaluados. Este resultado se explica por la acción del ácido indolbutírico (AIB) presente en Root Hor, que promueve la formación y elongación de raíces adventicias, y por la aptitud fisiológica del cultivar Montaña, caracterizado por un alto vigor radicular, adecuada acumulación de carbohidratos y un balance hormonal favorable. Además, el manejo homogéneo de humedad, temperatura y aireación en

vivero contribuyó a mantener un microclima óptimo para el desarrollo radicular, reduciendo el estrés hídrico y favoreciendo la absorción de nutrientes.

En comparación, Reyes Aquino (2014) reportó longitudes de hasta 27.50 cm en cacao CCN-51 con dosis de AIB a 6000 ppm, valor considerablemente superior al de este estudio, atribuible a la mayor concentración hormonal y a un periodo de evaluación prolongado. Guizado Ovando (2015), por su parte, registró 13.05 cm en el mismo clon, valor similar al obtenido en los tratamientos con enraizantes de esta investigación, lo que confirma la influencia genética en el vigor radicular. De forma semejante, Campoverde Armijos (2017) obtuvo 13.08 cm aplicando IBA a 800 mg/L, resultado cercano al tratamiento Agrostemin + Montaña (13.98 cm).

En contraste, Holguín Zúñiga (2018) reportó apenas 1.15 cm a los 45 días, probablemente debido al corto periodo de evaluación y al uso de aplicación hormonal en pasta, que limitó su absorción. Asimismo, Huilca Huaypar (2019) obtuvo 14.33 cm con “Chuncho” y 0.4 % de AIB en sustrato AF.TA.MO, valor muy próximo al de Root Hor + Montaña. Finalmente, Crespo Prado (2021) registró 19.7 cm con bioestimulantes de sábila, atribuyendo el efecto a su contenido natural de auxinas, citoquininas y giberelinas, lo que guarda relación con el efecto observado en Agrostemin. En conjunto, los resultados evidencian que la interacción entre enraizante, cultivar y manejo del microclima de vivero determina de forma decisiva la longitud de raíces, destacando la combinación Root Hor + Montaña como una estrategia eficiente y técnicamente respaldada para optimizar la propagación vegetativa del cacao “Chuncho”.

6.4. Peso fresco de raíces

Tabla 24.

Valores promedio del peso fresco de raíces (g) de ramillas de cinco cultivares de cacao “Chuncho” bajo el efecto de enraizantes, evaluados a los 75 días.

Tratamientos		Repetición			Σ	Media
Factor A: Enraizante	Factor B: Cultivar	I	II	III		
Root Hor	Señorita	2.23	2.30	2.24	6.76	2.25
Root Hor	Achoccha	2.21	2.20	2.23	6.63	2.21
Root Hor	Montaña	2.69	2.57	2.70	7.96	2.65
Root Hor	Común	2.20	1.87	2.13	6.20	2.07
Root Hor	Pamuco	2.27	1.75	2.20	6.22	2.07
Agrostemin	Señorita	2.19	1.78	2.07	6.03	2.01
Agrostemin	Achoccha	2.10	1.76	1.92	5.78	1.93
Agrostemin	Montaña	2.61	2.58	2.52	7.71	2.57
Agrostemin	Común	2.02	1.68	1.85	5.55	1.85
Agrostemin	Pamuco	2.04	1.56	1.79	5.40	1.80
Testigo	Señorita	1.57	1.28	1.37	4.21	1.40
Testigo	Achoccha	1.60	1.40	1.39	4.38	1.46
Testigo	Montaña	1.85	1.49	1.40	4.73	1.58
Testigo	Común	1.51	1.31	1.32	4.14	1.38
Testigo	Pamuco	1.66	1.35	1.33	4.34	1.45
Σ		30.72	26.88	28.44	86.04	28.68
Media		2.05	1.79	1.90	5.74	1.91

Tabla 25.

Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) del peso fresco de raíces (g) en ramillas.

F.V.	GL	SC	CM	Valor F	p-Valor 0.05	
Tratamiento	14	7.0100	0.5000	17.9400	<0.0001	*
Enraizante	2	5.0800	2.5400	91.0900	<0.0001	*
Cultivar	4	1.5300	0.3800	13.7000	<0.0001	*
Enraizante*Cultivar	8	0.4000	0.0500	1.7800	0.0421	*
Error	30	0.8400	0.0300			
Total	44	7.8500		CV=	9.06%	

Nota. NS = no significativo ($p > 0.05$); * = significativo ($p < 0.05$); CV = coeficiente de variación.

El análisis de varianza (Tabla 25) mostró que el peso fresco de raíces en ramillas de cacao “Chuncho” fue significativamente influenciado por el tipo de enraizante ($p < 0.0001$), el cultivar ($p < 0.0001$) y la interacción enraizante $\times$ cultivar ($p = 0.0421$). Estos resultados sugieren que tanto el estímulo hormonal como las características genotípicas influyen en la

acumulación de biomasa radicular. El coeficiente de variación ($CV = 9.06 \%$) indicó adecuada precisión experimental.

Tabla 26.

Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los efectos principales de enraizantes y cultivares sobre el peso fresco de raíces (g) de ramillas.

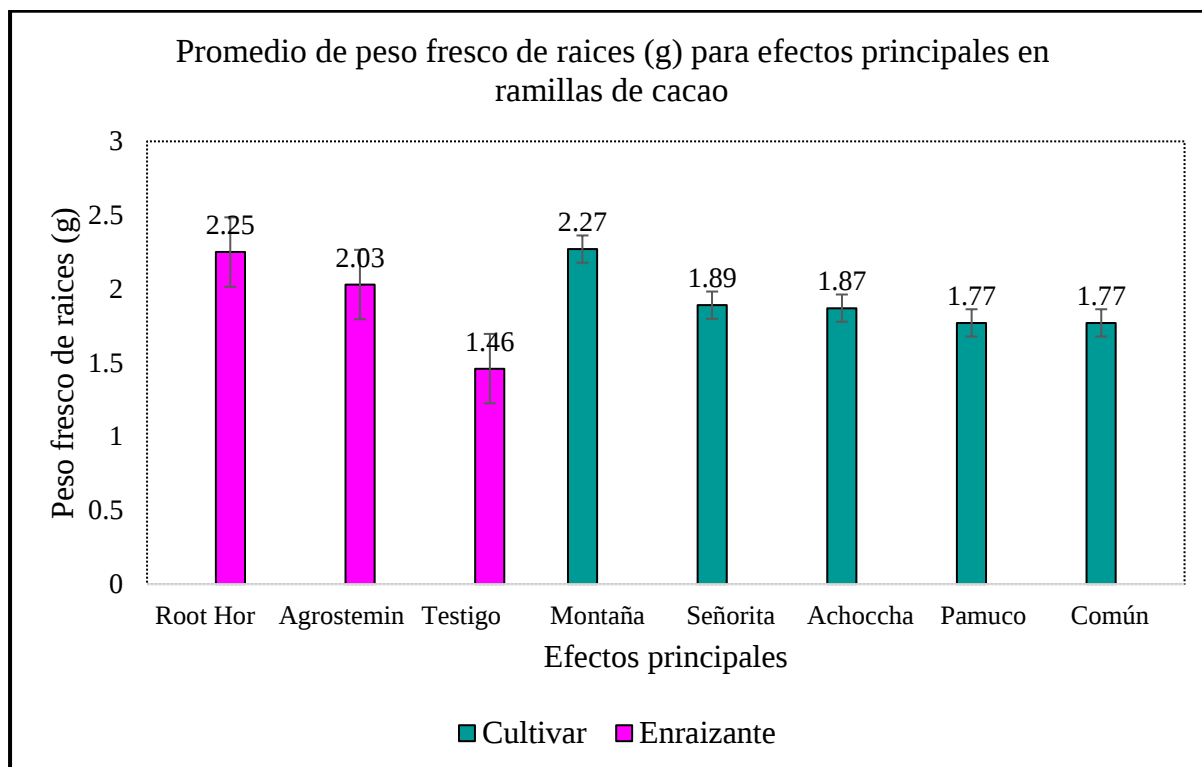
O.M.	Efectos principales	Media	Agrupación	
1	Root Hor	2.25	a	
2	Agrostemin	2.03		b
3	Testigo	1.46		c
1	Montaña	2.27	a	
2	Señorita	1.89		b
3	Achoccha	1.87		b
4	Pamuco	1.77		b
5	Común	1.77		b

Según los resultados de la prueba de Tukey (Tabla 26), el enraizante Root Hor registró el mayor peso fresco de raíces (2.25 g), ubicándose en el grupo estadístico “a”. Este resultado resalta la eficacia de Root Hor como promotor del crecimiento radicular, promoviendo una mayor acumulación de biomasa. En segunda posición se encontró Agrostemin, con 2.03 g, agrupado en el nivel “b”, lo cual indica un efecto positivo aunque significativamente menor respecto a Root Hor. En contraste, el testigo sin enraizante mostró el menor desarrollo radicular, con un promedio de 1.46 g, ubicado en el grupo “c”, lo que confirma que la ausencia de estímulo hormonal limita la actividad meristemática radicular y la acumulación de materia fresca.

Respecto al efecto genotípico, el cultivar Montaña alcanzó el mayor peso (2.27 g, grupo “a”), mostrando un comportamiento superior frente al resto. Los cultivares Señorita, Achoccha, Pamuco y Común, con promedios entre 1.77 y 1.89 g, no presentaron diferencias estadísticas y se ubicaron en el grupo “b”.

Figura 24.

Representación gráfica comparativa del peso fresco de raíces (g) para efectos principales de ramillas de cacao “Chuncho”.



La Figura 24 muestra que el peso fresco de raíces en ramillas de cacao “Chuncho” presentó una marcada respuesta positiva al uso de enraizantes. Root Hor registró el mayor valor promedio (2.25 g), seguido por Agrostemin (2.03 g), mientras que el testigo sin enraizante alcanzó únicamente 1.46 g, lo que evidencia una menor acumulación de biomasa radicular.

En cuanto al efecto genotípico, el cultivar Montaña presentó el mayor peso fresco (2.27 g), superando claramente a Señorita (1.89 g), Achoccha (1.87 g), Pamuco (1.77 g) y Común (1.77 g), que mostraron valores más bajos y sin diferencias marcadas entre ellos. Esta tendencia confirma que tanto la formulación hormonal de los enraizantes (especialmente aquellas basadas en auxinas) como el vigor intrínseco del cultivar influyen de manera decisiva en la capacidad de acumulación de biomasa radicular durante la fase de propagación.

Tabla 27.

Resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para los tratamientos combinados (enraizante $\times$ cultivar) sobre el peso fresco de raíces (g) de ramillas.

O.M.	Tratamientos	Media	Agrupación			
1	Root Hor + Montaña	2.65	a			
2	Agrostemin + Montaña	2.57	a	b		
3	Root Hor + Señorita	2.26	a	b	c	
4	Root Hor + Achoccha	2.21	a	b	c	
5	Root Hor + Pamuco	2.07		b	c	d
6	Root Hor + Común	2.07			c	d
7	Agrostemin + Señorita	2.01			c	d
8	Agrostemin + Achoccha	1.93			c	d e
9	Agrostemin + Común	1.85			c	d e f
10	Agrostemin + Pamuco	1.80			c	d e f
11	Testigo + Montaña	1.58			d	e f
12	Testigo + Achoccha	1.46				e f
13	Testigo + Pamuco	1.45				e f
14	Testigo + Señorita	1.41				f
15	Testigo + Común	1.38				f

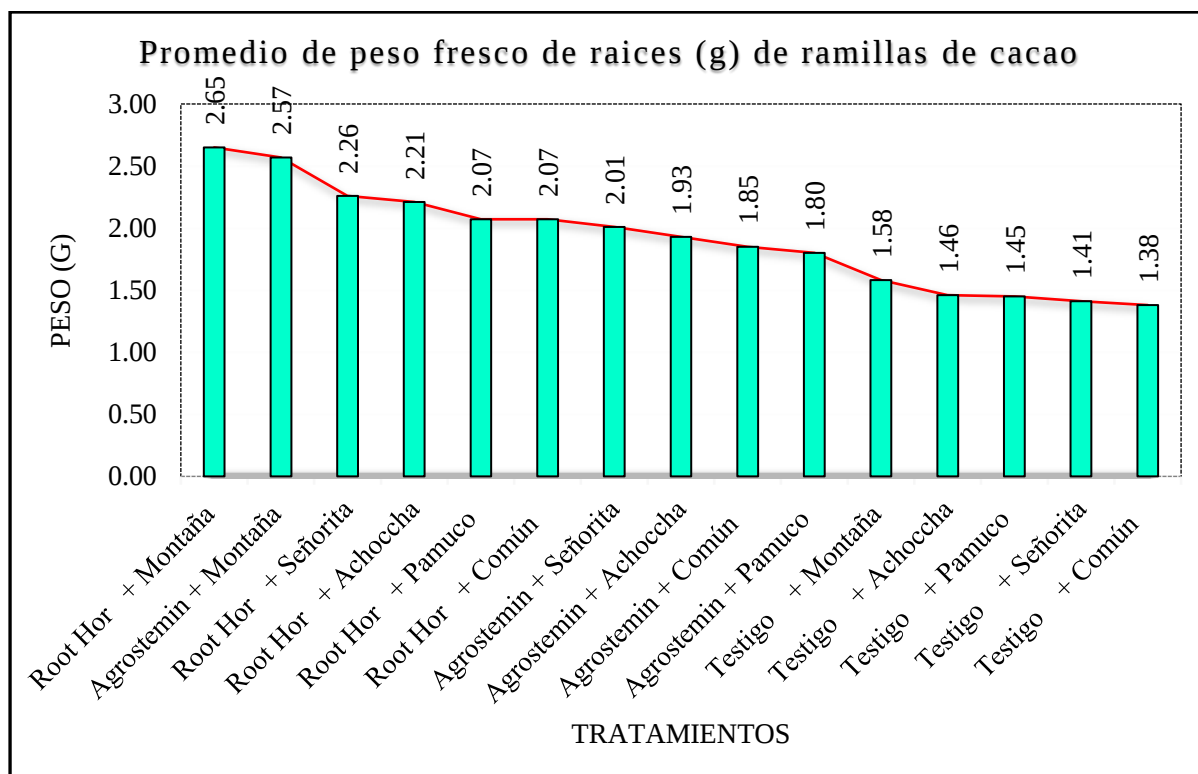
La Tabla 27 muestra los resultados de la prueba de Tukey para los tratamientos combinados entre enraizantes y cultivares sobre el peso fresco de raíces en ramillas de cacao “Chuncho”, evaluadas a los 75 días. El mayor valor se registró en el tratamiento Root Hor + Montaña, con una media de 2.65 g, ubicado en el grupo estadístico “a”. Esta combinación refleja la alta eficiencia fisiológica del cultivar Montaña y el efecto estimulante del enraizante Root Hor, lo cual sugiere una interacción sinérgica en la promoción del crecimiento radicular y en la acumulación de biomasa. Le siguió Agrostemin + Montaña con 2.57 g, agrupado en “a b”, confirmando nuevamente la destacada respuesta del cultivar Montaña, incluso con un bioestimulante de menor potencia hormonal. Otros tratamientos sobresalientes fueron Root Hor + Señorita (2.26 g) y Root Hor + Achoccha (2.21 g), integrados en los grupos “a b c”, lo cual muestra un buen desempeño en combinación con enraizantes sintéticos.

Por el contrario, los tratamientos testigo registraron los valores más bajos. Testigo + Común fue el de menor peso (1.38 g, grupo “f”), seguido de Testigo + Señorita (1.41 g) y Testigo + Pamuco (1.45 g). Esto refleja que la ausencia de enraizantes limita significativamente

el desarrollo radicular, mientras que su aplicación, especialmente en cultivares de alta respuesta, maximiza el rendimiento en biomasa radicular.

Figura 25.

Representación gráfica comparativa del peso fresco de raíces (g) de ramillas de cacao “Chuncho” según tratamientos combinados de enraizantes y cultivares.



Estos resultados se visualizan en la Figura 25, donde se observa una clara supremacía de los tratamientos con enraizantes en la promoción del crecimiento radicular, particularmente cuando se combinan con el cultivar Montaña + Root hor (2.65 g) a diferencia de los testigos que oscilaron entre 1.38 a 1.58 g. Este patrón confirma que la aplicación de auxinas como el ácido indolbutírico (AIB), presente en Root Hor, no solo estimula la formación de raíces, sino que además favorece el engrosamiento y acumulación de biomasa, reflejándose en un mayor peso fresco.

En el presente estudio, evaluado a los 75 días, la combinación Root Hor + Montaña alcanzó el mayor peso fresco de raíces (2.65 g), superando significativamente a los demás tratamientos. Este resultado se asocia a la acción del ácido indolbutírico (AIB) presente en Root

Hor, compuesto que estimula la división celular, la formación de raíces adventicias y la acumulación de biomasa en la base de las ramillas. Paralelamente, el cultivar Montaña evidenció una mayor eficiencia fisiológica, probablemente atribuida a su vigor genético, a una arquitectura radicular más desarrollada y a una mejor capacidad de absorción y aprovechamiento de reguladores de crecimiento.

Estos hallazgos coinciden parcialmente con lo reportado por Crespo Prado (2021), quien, al evaluar estacas de cacao CCN-51 a los 60 días, registró los valores más altos de peso fresco de raíces en tratamientos con sábila (2.4 g) y agua de coco (2.3 g), ambos superiores al testigo con Hormonagro 1 (1.6 g). Si bien el tipo de material vegetal y las formulaciones difieren del presente trabajo, en ambos casos se confirma que el uso de enraizantes —naturales o sintéticos— favorece la acumulación de biomasa radicular respecto a controles sin aplicación o con productos de menor eficacia. No obstante, el promedio máximo obtenido en esta investigación (2.65 g) supera los valores alcanzados por Crespo, lo que podría explicarse por diferencias en la genética empleada (Montaña vs. CCN-51), en la naturaleza y concentración de los principios activos, así como en el tiempo fisiológico de evaluación (75 días vs. 60 días). En síntesis, los resultados confirman que el peso fresco de raíces es altamente dependiente del enraizante utilizado y de la respuesta genotípica del cultivar, posicionando a la combinación Root Hor + Montaña como la alternativa más eficiente para optimizar el desarrollo radicular en condiciones controladas de vivero.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

El presente estudio, desarrollado bajo condiciones de vivero en el fundo Potrero, Santa Ana – La Convención, evaluó el efecto de dos enraizantes en la propagación vegetativa de cinco cultivares de cacao “Chuncho”, arribando a las siguientes conclusiones:

1. Porcentaje de prendimiento

Se determinó que los enraizantes Root Hor y Agrostemin ejercieron un efecto significativo y positivo sobre el prendimiento de ramillas de cacao “Chuncho”. El tratamiento Root Hor + Montaña alcanzó el mayor valor (83.51 %), superando ampliamente al testigo (39.62 %). Este resultado demostró que la bioestimulación exógena incrementa de manera sustancial la eficiencia del establecimiento vegetativo y validó la propagación por ramillas como alternativa innovadora, técnica y viable para la multiplicación de cultivares élite de alta calidad sensorial, con impacto directo en programas de mejoramiento genético del cacao “Chuncho”.

2. Incidencia de pudrición

Se comprobó que los enraizantes redujeron significativamente la incidencia de pudrición en las ramillas. El tratamiento Root Hor + Montaña mostró el valor más bajo (6.49 %), en contraste con más del 50 % en varios testigos. Asimismo, se determinó que el agente causal de la pudrición fue *Phytophthora palmivora*, lo cual demostró la eficacia de los enraizantes no solo en el estímulo del enraizamiento, sino también en la sanidad vegetal. Esta evidencia confirmó que la propagación por ramillas constituye una estrategia fitotécnica eficiente, con repercusión directa en la calidad del material propagado.

3. Longitud de raíces

Se determinó que la aplicación de enraizantes influyó de forma significativa y positiva en el incremento de la longitud radicular. El tratamiento Root Hor + Montaña registró el valor

más alto (14.77 cm), seguido de Agrostemin + Montaña, mientras que el testigo apenas alcanzó 6.90 cm. Este resultado demostró que el estímulo hormonal optimiza el desarrollo del sistema radicular, incrementando la capacidad de multiplicación y diferenciación celular. Se reconoce este hallazgo como un aporte técnico inédito en la propagación vegetativa de cacao “Chuncho” por ramillas.

4. Peso fresco de raíces

Se determinó que los enraizantes Root Hor y Agrostemin influyeron significativamente en el incremento del peso fresco de raíces. El tratamiento Root Hor + Montaña registró el mayor valor (2.65 g), frente al testigo (1.38 g). Este resultado evidenció que los enraizantes no solo promueven la iniciación del enraizamiento, sino que también fortalecen el vigor y la biomasa radicular. Se concluye que la propagación de cacao “Chuncho” por ramillas constituye una herramienta técnica innovadora, con relevancia en la multiplicación clonal, el mejoramiento genético y la conservación de árboles élite de alta calidad sensorial.

7.2. Recomendaciones

1. Se recomienda el uso del enraizante Root Hor en combinación con el cultivar Montaña para la propagación vegetativa de cacao “Chuncho”, dado que esta interacción alcanzó los valores más altos de prendimiento (83.51 %), longitud de raíces (14.77 cm) y peso fresco radicular (2.65 g), consolidándose como el tratamiento más eficiente bajo condiciones de vivero.
2. Se propone replicar esta investigación en otras zonas agroecológicas del VRAEM y la provincia de La Convención, a fin de validar la adaptabilidad y consistencia de los resultados bajo distintas condiciones edafoclimáticas y generar recomendaciones técnicas más amplias para viveros locales.
3. Se recomienda fortalecer los programas de extensión agraria y capacitación técnica, difundiendo los beneficios de la propagación vegetativa por ramillas y del uso de

enraizantes hormonales, con énfasis en cultivares de alta calidad sensorial, contribuyendo al rescate, mejoramiento genético y conservación del germoplasma nativo de cacao “Chuncho”.

4. Finalmente, se sugiere incorporar esta técnica en planes regionales de producción de plantas élite, como una herramienta estratégica para optimizar la multiplicación clonal, mejorar la eficiencia de los viveros y promover una agricultura sostenible y tecnificada en la región de Cusco.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alcantara Cortes, J. S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., & Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129. https://doi.org/sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109
- Aldana García, M. (2009). *Aldana García, M. (2009). La multiplicación por estaca o enraizamiento de ramilla: Una excelente alternativa para la reproducción asexual o vegetativa del cultivo de cacao*. Bogota, Colombia: Programa MIDAS de USAID.
- Arvelo Sánchez, M. Á., González León, D., Delgado López, T., Maroto Arce, S., & Montoya Rodríguez, P. (2017). *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://doi.org/https://hdl.handle.net/11324/6422>
- Bartley, B. (2005). *La diversidad genética del cacao y su utilización*. Massachusetts, EE.UU.: CABI Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1079/9780851996196.0000>
- Batista, E., Valdés, R., Guridi, F., Ruiz, E., & Fernández, J. (2009). *Efecto de diferentes sustratos en la altura y superficie foliar de plántulas de cafeto cultivadas bajo sombra controlada*. La Habana, Cuba: En Memorias: XIII Congreso Científico del INCA.
- Brickell, C. D., Alexander, C., David, J. C., Hetterscheid, W. L., Leslie, A. C., Malecot, V., . . . Cubey, J. J. (2009). *International Code of Nomenclature for Cultivated Plants (ICNCP or Cultivated Plant Code), Eighth Edition (Scripta Horticulturae No. 10 & Regnum Vegetabile Vol. 151)*. Leuven, Bélgica: International Society for Horticultural Science.
- Campoverde Armijos, J. A. (2017). *Efectos de dos hormonas enraizantes sobre estacas de cacao (Theobroma cacao L.) de la variedad CCN 51 en la zona de Matilde Esther, en la provincia del Guayas*. Cumanda, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

- Castaño Zapata, J. (2017). Conferencia Magistral: Conceptos básicos de fitoepidemiología. *Revista Palmas*, 38(4), 67-70.
- Cerrón, G. G. (2014). *Asistencia técnica dirigida en manejo integrado del cultivo de cacao*. Lima, Perú: Agrobanco-UNALM.
- Céspedes Del Pozo, W. H., Blas, S. R., & Zhang, D. (2018). Assessing genetic diversity of cacao (*Theobroma cacao* L.) native Chunchu in La Convención, Cusco–Perú. *Proceedings of International Symposium on Cocoa Research (ISCR)*, págs. 149-200. https://www.icco.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=3527&Itemid=106
- Comercial Andina Industrial S.A.C. (05 de Mayo de 2022). *Ficha técnica Root-Hor*. Lima, Perú: Comercial Andina Industrial S.A.C. Retrieved 27 de Marzo de 2024, from http://www.grupoandina.com.pe/media/uploads/ficha_tecnica/ft-root-hor.pdf
- Crespo Prado, F. E. (2021). *Evaluación del efecto de tres hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51, en el recinto Zhucay, en la provincia del Cañar*. Milagro, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Crespo%20Prado%20Flavio%20Elias.pdf>
- Daymond, A. J., Giraldo Mendez, D., Hadley, P., & Bastide, P. (2022). *A Global Guide to Cocoa Farming Systems*. International Cocoa Organisation-ICCO. <https://www.cfancocoa.org/download/166203020370a392cd4d6f448f30771e2306d7b2d0.pdf>
- Defaz Quilumba, C. L. (2016). *Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao (Theobroma cacao)*. Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1908>

- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Cacao* (*Theobroma cacao* L.) (Segunda ed.). Lima, Perú: Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú.
http://www.botconsult.de/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf
- Du Jardin, P. (2015). Bioestimulantes vegetales: definición, concepto, principales categorías y normativa. *Scientia Horticultura*, 196, 3-14.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Enríquez, G. A. (2010). *Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos* (Manual N.º 54) (Segunda ed.). Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4571>
- Eskes Bernardus, A., Rodríguez Callañaupa, C. A., Cruz Condori, D., Seguíne, E., García Carrion, L. F., & Lachenaud, P. (2018). Large genetic diversity for fine-flavor traits unveiled in cacao with special attention to the native Chuncho variety in Cusco, Perú. *Agrotrópica*, 30(3), 157-174. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30np157-174>
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao*. San Salvador, El Salvador: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria.
http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf
- Gómez Aliaga, R. (2014). *Paquete tecnológico del cultivo de cacao Serie: Paquetes Tecnológicos para cultivos Alternativos*. Lima, Perú: UNODC - DEVIDA.
https://vinculate.concytec.gob.pe/wp-content/files/Paquete_Tecnologico_Cultivo_Cacao.pdf

- Gómez, A., & Ormeño, M. (2013). *Selección de semilla y establecimiento de vivero para cacao*. Maracay, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
<http://sian.inia.gob.ve/pdfnpn/Seleccion%20semillas%20de%20Cacao.pdf>
- Guizado Ovando, C. D. (2015). *Enraizamiento de estaca basal de los clones de cacao (Theobroma cacao L.), ICS-95, CCN-51, ICS-1, CMP-15 y Porcelana; utilizando ácido indol butírico (AIB) en el centro poblado de Valle Esmeralda – Río Ene*. Satipo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4019/Guizado%20Ovando.pdf?sequence=1>
- Hall, H., Yuncong, L., Comerford, N., Arévalo Gardini, E., Zuniga Cernades, L., Baligar, V., & Popenoe, H. (2010). Los cultivos de cobertura alteran las fracciones de fósforo del suelo y la acumulación de materia orgánica en un sistema agroforestal de cacao peruano. *Agroforestry Systems*, 80(3), 447-455. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-010-9333-8>
- Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (1990). *Propagación de plantas: Principios y prácticas*. Ciudad de México, México: CECSA.
- Holguín Zúñiga, A. J. (2018). *Enraizamiento de ramas de cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 utilizando hormonas sintéticas de ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB)*. Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3461>
- Huillca Huaypar, N. (2019). *Multiplicación vegetativa por ejes plagiotrópicos en dos cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) en el sector de Tiobamba - La Convención – Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
<http://hdl.handle.net/20.500.12918/4766>

- Mata Quirós, A. (2006). *Establecimiento de un sistema de propagación vegetativa de genotipos superiores de cacao (Theobroma cacao L.) por medio de ramillas en el CATIE*. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/441>
- MIDAGRI. (2023). *Observatorio de Commodities - Cacao*. Lima, Perú: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego/Dirección General de Políticas Agrarias. <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/handle/20.500.13036/1583?locale=es>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10), e3311. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Paredes Andrade, N., Monteros Altamirano, Á., Lima Tandazo, L., Caicedo Vargas, C., Bastidas Muñoz, S., Tinoco Jaramillo, L., . . . Enríquez, G. (2022). *Manual del cultivo de cacao sostenible para la Amazonía ecuatoriana*. N°125 (Primera ed.). Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5833>
- Paredes Arce, M. (2003). *Manual del cultivo del cacao*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura – Programa para el Desarrollo de la Amazonía (PROAMAZONIA). <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>
- Paz Urrelo, J. L., Delgado Haya, H., Gárate Navarro, M. A., & Reátegui Soria, E. (2020). *Guía técnica para la propagación clonal del cacao*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/items/28114b9d-b272-4849-9296-04b54a5be920>

- Pinzón Useche, J. O., Rojas Ardila, J., Rojas, F., Ramírez, Ó. D., Moreno, F., & Castro, G. A. (2012). *Guía técnica para el cultivo del cacao* (quinta ed.). Bogotá Colombia: Federación Nacional de Cacaoteros - FEDECACAO. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11685>
- Quiroz Vera, J. G. (2009). *La producción del cacao: Programa de capacitación a facilitadores y agricultores en la cadena de cacao*. CAMAREN/INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía. <https://doi.org/Quito, Ecuador>
- Ramírez, E. I. (2009). *Propuesta para el manejo del cacao orgánico*. Lima, Perú: Fundación Conservación Internacional. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-tecnologica-del-choco-diego-luis-cordoba/investigacion-operativa/propuesta-de-manejo-de-cafe-organico/122908465>
- Ramírez, F. (2005). *Cultivo y explotación del cacao*. Bogotá, Colombia: Grupo Latino Editores S.A.S.
- Reyes Aquino, E. (2014). *Propagación vegetativa de cacao (Theobroma cacao L.) con dos tipos de estacas y cuatro dosis de ácido indolbutírico (AIB) en cámara de subirrigación en Tingo María*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1179>
- Rodríguez Callañaupa, C. A. (2007). *Informe Preliminar de Colección Participativa de Cacao “Chuncho” en el Valle de La Convención - Cusco*. Cusco, Perú.
- Rojas, R., Rodríguez, C., Ruiz, C., Portales, R., Neyra, E., Patel, K., . . . Hurtado, J. (2017). *Cacao Chuncho del Cusco*. Lima, Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://www.researchgate.net/profile/Jasmin-Hurtado/publication/322992031>
- Serfi S.A. (2022). *Ficha técnica Agrostemin®-GL*. Lima, Perú: SERFI. Retrieved 27 de Marzo de 2024, from <https://serfi.pe/wp-content/uploads/2020/02/Ficha-Tecnica-AGROSTEMIN-GL-v10.2022-1.pdf>

- Sistema Integrado de Información Taxonómica [ITIS]. (2024). *Sistema Integrado de Información Taxonómica - Informe*. Retrieved 19 de Febrero de 2024, from Theobroma L. United States Government.: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=505487#null
- Thomas, E., Iman, S., Atkinson, R., Zavaleta, D., Rodríguez, C., Lastra, S., . . . Zhang, D. (2023). *Diversidad genética de cacao en el Perú*. (E. Thomas, S. Lastra, & D. Zavaleta, Edits.) Lima, Perú: Bioversity International y MOCCA. <https://hdl.handle.net/10568/131752>
- Tinta Montes, T. E. (2023). *Caracterización morfo-agronómica del cacao nativo tipo Chuncho (Theobroma cacao L.) en Santa Ana - La Convención - Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/7711>
- Torres Gutiérrez, L. A. (2012). *Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3250/1/TESIS.pdf>
- Zavaleta, D., Yovera, F., Conza, J., Rodríguez, C., Cruz Neira, A., Atkinson, R., & Thomas, E. (2022). *Manual de renovación de copa de cacao: Lecciones aprendidas del cacao Blanco de Piura y Chuncho de Cusco*. Lima, Perú: Bioversity Internacional. <https://doi.org/https://alliancebioversityciat.org/publications-data/manual-de-renovacion-de-copa-de-cacao-lecciones-aprendidas-del-cacao-blanco-de>

IX. ANEXOS

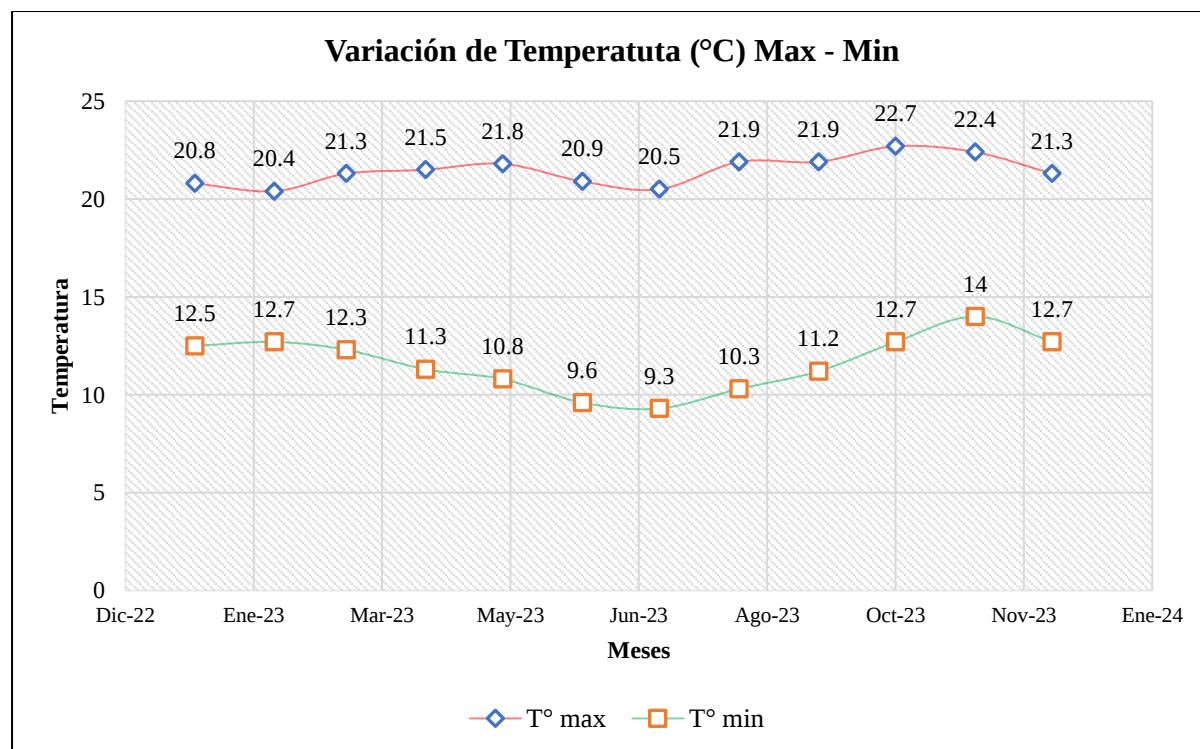
Anexo 1.

Datos meteorológicos de enero a diciembre del 2023 proporcionados por Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba.

Meses	T° max	T° min	Precipitación (mm)	Humedad media (%)
Ene-23	20.8	12.5	145.0	75.4
Feb-23	20.4	12.7	144.4	76.7
Mar-23	21.3	12.3	223.8	80.2
Abr-23	21.5	11.3	59.0	77.1
May-23	21.8	10.8	145.0	78.4
Jun-23	20.9	9.6	1.6	70.0
Jul-23	20.5	9.3	6.2	61.5
Ago-23	21.9	10.3	12.2	57.3
Set-23	21.9	11.2	118.8	66.4
Oct-23	22.7	12.7	51.8	68.9
Nov-23	22.4	14.0	124.0	72.2
Dic-23	21.3	12.7	160.0	76.6

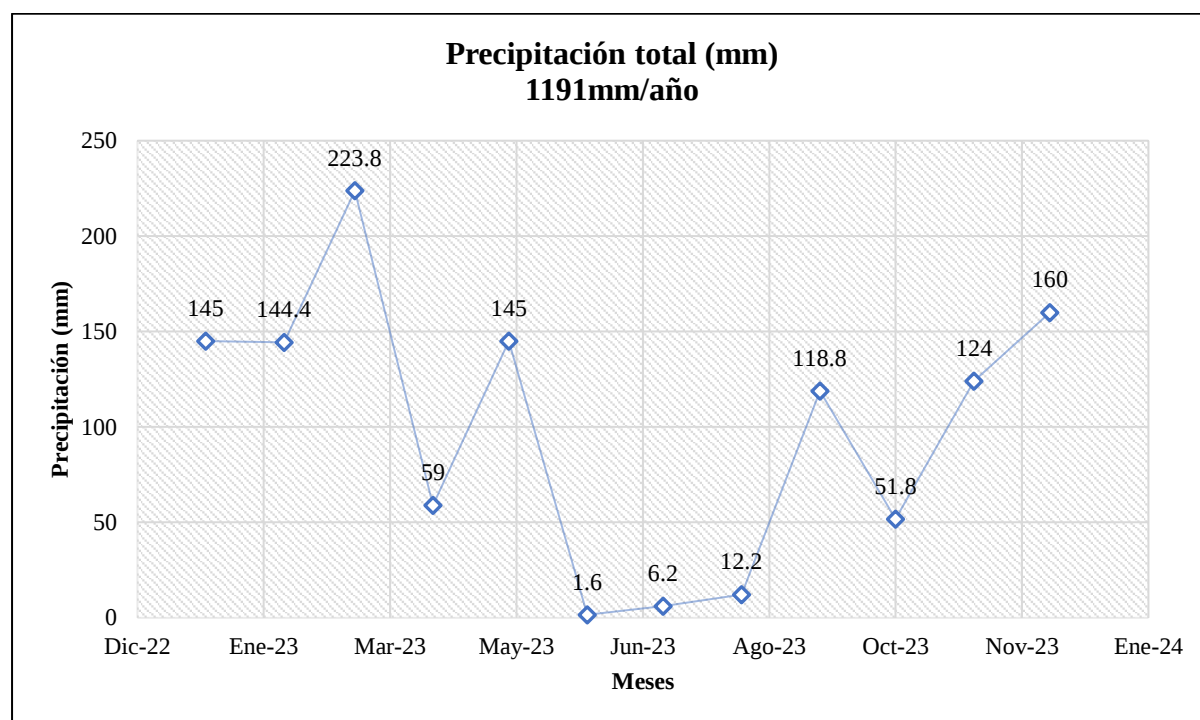
Anexo 2.

Curva de variación de temperatura (°C). Datos proporcionados por Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba.



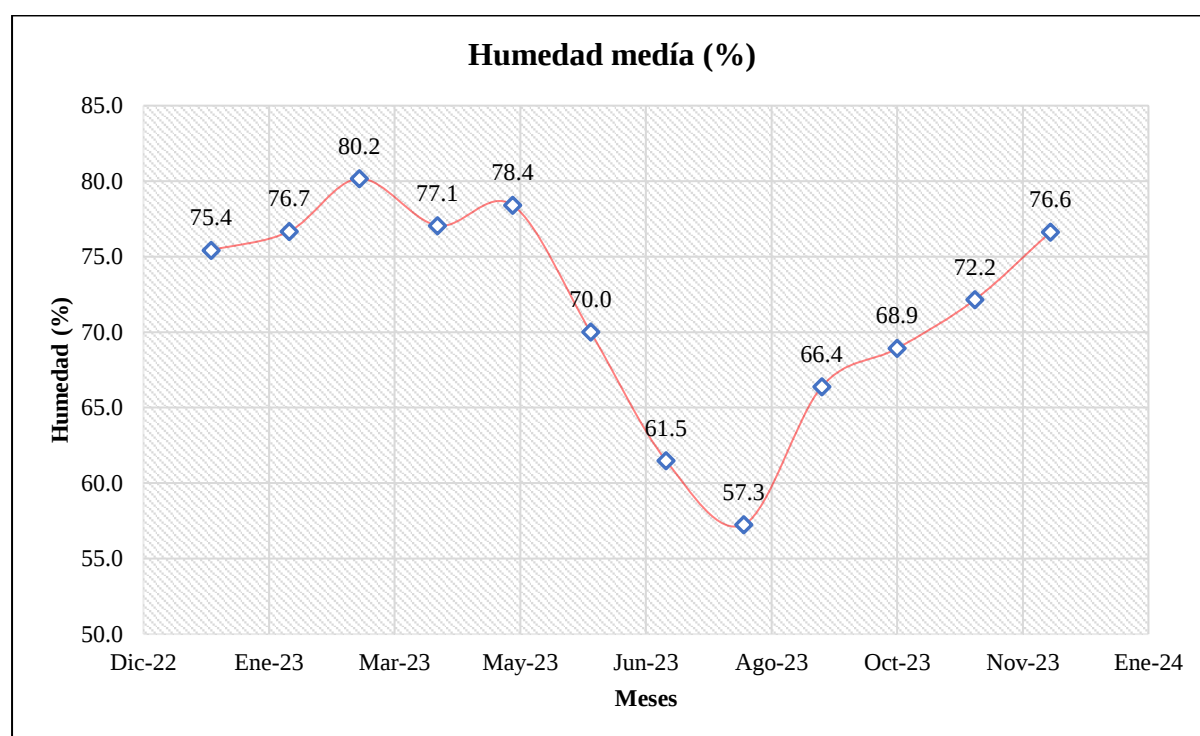
Anexo 3.

Curva de variación de lluvia. Datos proporcionados por Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba.



Anexo 4.

Curva de variación de humedad relativa (%). Datos proporcionados por Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba.



Anexo 5.

Resultado de análisis de fertilidad y físico mecánico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- APARTADO POSTAL
N° 921 - Cusco - Perú
- FAX: 238156 - 238173 - 222512
- RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- CIUDAD UNIVERSITARIA
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL
Plaza de Armas s/n
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INKA
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"
Av. De la Cultura N° 721
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS (CISA) LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS

TIPO DE ANALISIS : FERTILIDAD Y FISICO MECANICO
PROCEDENCIA DE MUESTRA : POTRERO, SANTA ANA, LA CONVENCION-CUSCO
INSTITUCION SOLICITANTE : ALDO SENCIA ALARCON

ANALISIS DE FERTILIDAD Y FISICO MECANICO:

N°	CLAVE	Mmhos/cm C.E.	pH	Meq/100 Al***	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O	% ARE.	% LIM.	% ARC.	CLASE TEXTURAL
01	POTRERO	0.88	6.84	0.00	3.86	0.25	108.08	876	40	41	23	FRANCO

CUSCO, 03 DE JULIO DEL 2023

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
Centro de Investigación en Suelos y Abonos - K'AYRA

Ing. Percy Solis Tacca
COORDINADOR (*)

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS (CISA)
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS

FAUSTO YAPURA CONDORI
ANALISTA EN QUIMICA DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

Anexo 6. Fotografías de sustento de trabajo de investigación

Fotografía 1.

Árbol adulto de cacao “Chuncho” seleccionado como planta madre, empleado como fuente de ramillas para la propagación vegetativa.



Fotografía 2.

Construcción del vivero experimental destinado al enraizamiento de ramillas de cacao “Chuncho”, con área delimitada y estructura básica de soporte para cobertura.



Fotografía 3.

Preparación de sustratos para los medios de enraizamiento de ramillas de cacao “Chuncho”.



Fotografía 4.

Embolsado de sustrato preparado para enraizamiento de ramillas de cacao “Chuncho”.



Fotografía 5.

Organización de las bolsas y riego inicial en vivero bajo condiciones controladas de sombra, para favorecer el enraizamiento de ramillas de cacao “Chuncho”.



Fotografía 6.

elección de árbol adulto de cacao “Chuncho”, destinado a la obtención de ramillas para la propagación vegetativa en vivero.



Fotografía 7.

Recolección y agrupamiento de ramillas sanas de cacao “Chuncho”, seleccionadas de árboles élite para su posterior preparación y establecimiento en vivero.



Fotografía 8.

Corte y preparación de ramillas de cacao “Chuncho”, seleccionadas en estado semileñoso y con yemas activas, destinadas a la aplicación con enraizantes.



Fotografía 9.

Preparación de la dosis de enraizantes para la aplicación en ramillas de cacao “Chuncho”, asegurando homogeneidad en la concentración de los tratamientos establecidos.



Fotografía 10.

Plantación de ramillas tratadas con enraizantes en bolsas de vivero, siguiendo el diseño experimental establecido.



Fotografía 11.

Ramillas de cacao “Chuncho” organizadas según el diseño experimental 3×5 , con identificación de tratamientos y bloques.



Fotografía 12.

Cobertura de las ramillas con láminas de polietileno transparente, destinada a mantener condiciones controladas de humedad y temperatura, para el éxito del enraizamiento.

