



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

**Enraizamiento hidropónico e *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de plántulas *ex vitro***

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniera Forestal

**AUTORA:**

María Cristina Minga Chalán

**DIRECTOR:**

Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 16 de marzo de 2023

Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **“ENRAIZAMIENTO HIDROPÓNICO E *IN VIVO* DE *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE PLÁNTULAS *EX VITRO*”** previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de la autoría de la estudiante **María Cristina Minga Chalán**, con **cedula de identidad** Nro. **1150560728**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, María Cristina Minga Chalán, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1150560728

**Fecha:** 19 de julio del 2023

**Correo electrónico:** maria.minga@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0989529830

**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **María Cristina Minga Chalán**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Enraizamiento hidropónico e *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de plántulas *ex vitro***, como requisito para optar al título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los diecinueve días del mes de julio de dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autora:** María Cristina Minga Chalán

**Cédula:** 1150560728

**Dirección:** Loja, El plateado

**Correo electrónico:** maría.minga@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0989529830

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg.Sc.

## **Dedicatoria**

A Dios por regalarme la vida, por haberme guiado por el camino del bien, acompañándome durante este proceso, llenarme de sabiduría, fortaleza y confianza en cada momento, para culminar esta etapa tan bonita, la cual empezó hace cinco años con el objetivo de superación personal y académica, en donde conocí grandes personas que se convirtieron en mi familia.

Con admiración a mis padres Víctor Minga y María Chalán, que son las personas más importantes y fundamentales en mi vida, gracias por sus consejos, valores inculcados, sabiduría, amor, ser mi talón de Aquiles, estar en las buenas y malas, brindándome y extendiéndome su mano para levantarme cuando tropiezo.

A mi familia especialmente a mis hermanos Fabián, Geovanny y Matías que de igual manera siempre han estado ahí conmigo apoyándome. A mis docentes por impartirme los conocimientos adecuados que me ayudaron a formarme como profesional. Finalmente, a mi director de tesis por los valores inculcados, confianza y ser mi guía durante este proceso

*María Cristina Minga Chalán*

## **Agradecimiento**

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a través de la Carrera de Ingeniería Forestal por brindarme la oportunidad de formar parte de ella y a los espléndidos docentes por los conocimientos impartidos que han contribuido significativamente en mi formación profesional.

También agradecer de manera especial al Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Director de mi trabajo de titulación, por guiarme durante su proceso, brindarme la oportunidad de forma parte del proyecto de investigación *Cinchona*, por su voto de confianza; así mismo, a la Ing. Magaly Yaguana e Ing. Darlin González quienes me brindaron su apoyo, dedicación y tiempo para poder concluir mi trabajo de investigación.

Finalmente, a mi familia, compañeros y demás personas que estuvieron apoyándome en todo momento, mi gratitud hacia ustedes.

*María Cristina Minga Chalán*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b> .....	vii
Índice de tablas .....	xi
Índice de figuras.....	xiii
Índice de Anexos.....	xvii
1. <b>Título</b> .....	1
2. <b>Resumen</b> .....	2
2.1    Abstract.....	3
3. <b>Introducción</b> .....	4
4. <b>Marco Teórico</b> .....	7
4.1.    Descripción taxonómica y botánica de la especie.....	7
4.2.    Usos y distribución de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	8
4.3.    Tipos de propagación.....	8
4.3.1.    Propagación sexual.....	8
4.3.2.    Propagación asexual.....	9
4.3.2.1.    Tipos de multiplicación .....	9
4.3.3    Hidroponía.....	10
4.3.3.1.    Concepto.....	10
4.3.3.2.    Antecedentes.....	10
4.3.3.3.    Características de los cultivos hidropónicos.....	11
4.3.3.4.    Métodos de hidroponía.....	11
4.4    Hormonas enraizantes.....	12
4.4.1.    Auxinas.....	12
4.4.1.1.    Ácido indolacético (AIA).....	12

4.4.2.	Hormonagro 1.....	13
4.5.	Estudios similares.....	13
5.	<b>Metodología</b> .....	15
5.1.	Ubicación del área de estudio.....	15
5.2.	Metodología para evaluar el enraizamiento hidropónico de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., de plántulas <i>ex vitro</i> , utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial.....	15
5.2.1.	Selección del material vegetal.....	15
5.2.2.	Preparación de la solución hidropónica.....	16
5.2.3.	Desinfección de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	17
5.2.4.	Siembra de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en el invernadero.....	17
5.2.5.	Diseño experimental.....	18
5.2.6.	Factores y niveles.....	18
5.2.6.1.	Especificaciones del diseño experimental.....	18
5.2.7.	Hipótesis del modelo.....	19
5.2.8.	Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones, en el cuarto de incubación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, para evaluar el enraizamiento hidropónico de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> .....	19
5.2.9.	VARIABLES EVALUADAS.....	20
5.2.10.	Registro de datos.....	21
5.2.11.	Análisis estadístico.....	22
5.3.	Metodología para determinar el efecto de diferentes combinaciones hormonales, para el enraizamiento <i>in vivo</i> de <i>Cinchona officinalis</i> L., a partir de microestacas obtenidos de plántulas del invernadero.....	22
5.3.1.	Selección del material vegetal.....	22
5.3.2.	Preparación de los tratamientos.....	22
5.3.3.	Desinfección de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	23
5.3.4.	Aplicación de hormonas enraizantes.....	23
5.3.5.	Preparación del sustrato para la siembra de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en el invernadero.....	24



5.3.6.	Siembra de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en el invernadero.....	24
5.3.7.	Diseño experimental.....	24
5.3.8.	Factores y niveles.....	25
5.3.8.1.	Especificaciones del diseño experimental.....	25
5.3.9.	Hipótesis del modelo.....	26
5.3.10.	Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones, en el invernadero, para determinar el efecto del Ácido indolacético y Hormonagro 1, el enraizamiento <i>in vivo</i> de <i>Cinchona officinalis</i> L., a partir de microestacas obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> .....	26
5.3.11.	VARIABLES EVALUADAS.....	27
5.3.12.	Registro de datos.....	27
5.3.13.	Análisis estadístico.....	28
5.4.	Metodología para la difusión de los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.....	28
6.	<b>Resultados</b> .....	29
6.1.	Enraizamiento hidropónico de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> , utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal .....	29
6.1.1.	Porcentaje promedio de contaminación .....	29
6.1.2.	Porcentaje promedio de sobrevivencia.....	30
6.1.3.	Porcentaje promedio de formación de raíces.....	31
6.1.4.	Número promedio de raíces por microestaca.....	32
6.1.5.	Longitud promedio de raíces.....	33
6.1.6.	Número promedio de brotes por microestaca.....	33
6.1.7.	Longitud promedio de brotes por microestaca.....	34
6.1.8.	Número promedio de días al enraizamiento.....	35
6.2.	Efecto de diferentes combinaciones hormonales y de un enraizador comercial, para el enraizamiento <i>in vivo</i> en el invernadero de <i>Cinchona officinalis</i> L., a partir de brotes obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> .....	36

6.2.1.	Porcentaje promedio de contaminación .....	36
6.2.2.	Porcentaje promedio de sobrevivencia.....	37
6.2.3.	Porcentaje promedio de formación de raíces.....	39
6.2.4.	Número promedio de raíces por microestaca.....	39
6.2.5.	Longitud promedio de raíces.....	41
6.2.6.	Número promedio de brotes por microestaca.....	41
6.2.7.	Longitud promedio de brotes por microestaca.....	42
6.3.	Difusión de los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.....	43
7.	<b>Discusión</b> .....	45
7.1.	Enraizamiento hidropónico de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> , utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal, a los 120 días de evaluación.....	45
7.1.1.	Porcentaje promedio de contaminación .....	45
7.1.2.	Porcentaje promedio de sobrevivencia.....	45
7.1.3.	Porcentaje promedio de formación de raíces.....	46
7.1.4.	Número y longitud de raíces por microestaca.....	46
7.1.5.	Número y longitud de brotes por microestaca.....	47
7.2.	Efecto de diferentes combinaciones hormonales y de un enraizador comercial, para el enraizamiento <i>in vivo</i> de <i>Cinchona officinalis</i> L., a partir de brotes obtenidos de plántulas del invernadero, a los 120 días de evaluación.....	47
7.2.1.	Porcentaje promedio de contaminación .....	47
7.2.2.	Porcentaje promedio de sobrevivencia.....	48
7.2.3.	Porcentaje promedio de formación de raíces.....	48
7.2.4.	Número y longitud de raíces por microestaca.....	49
7.2.5.	Número y longitud de brotes por microestaca.....	49
8.	<b>Conclusiones</b> .....	51
9.	<b>Recomendaciones</b> .....	52
10.	<b>Bibliografía</b> .....	53
11.	<b>Anexos</b> .....	59

## Índice de tablas:

Tabla 1.	Descripción de los tratamientos para el enraizamiento hidropónico de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. obtenidas de plántulas de <i>ex vitro</i> .....	16
Tabla 2.	Descripción de los tratamientos hidropónicos y la codificación, para evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento, en la formación de raíces en microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L, provenientes de plántulas <i>ex vitro</i> .....	18
Tabla 3.	Factores y niveles de concentración de ácido indolacético y del hormonagro 1, para el enraizamiento hidropónico de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de plántulas <i>ex vitro</i> .....	18
Tabla 4.	Especificaciones del diseño experimental utilizado, para evaluar el enraizamiento hidropónico de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de plántulas <i>ex vitro</i> .....	19
Tabla 5.	Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones, en el cuarto de incubación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, para evaluar el enraizamiento hidropónico de <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de microestacas de plántulas <i>ex vitro</i> en diferentes concentraciones hormonales.....	20
Tabla 6.	Hoja de registro de datos que se utilizó para la evaluación del porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, número y longitud de raíces por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L. obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> , en los diferentes tratamientos hidropónicos con ácido indolacético (AIA).....	21
Tabla 7.	Hoja de registro de datos, para evaluar el porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de brotes, número y longitud de raíces por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L. obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> , en los diferentes tratamientos hidropónicos con hormonagro 1.....	21
Tabla 8.	Composición química del medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS,1962).	22

Tabla 9.	Descripción de los tratamientos, para el enraizamiento <i>in vivo</i> de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. provenientes de plántulas del invernadero.....	23
Tabla 10.	Descripción de los tratamientos y concentraciones hormonales con su respectiva codificación, para evaluar la formación de raíces en microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes del invernadero.....	25
Tabla 11.	Factores y niveles de concentración de ácido indolacético y del hormonagro 1, para el enraizamiento <i>in vivo</i> de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes del invernadero.....	25
Tabla 12.	Especificaciones del diseño experimental, utilizado para el enraizamiento <i>in vivo</i> de microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de plántulas <i>ex vitro</i> .....	25
Tabla 13.	Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones en el invernadero para evaluar el enraizamiento <i>in vivo</i> de <i>Cinchona officinalis</i> L., a partir de microestacas obtenidos de plántulas del invernadero en diferentes concentraciones hormonales.....	26
Tabla 14.	Hoja de registro de datos, para evaluar el porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, y número y longitud de raíces por microestaca en <i>Cinchona officinalis</i> L. obtenidas de plántulas <i>in vivo</i> , en los diferentes tratamientos con Ácido indolacético (AIA).....	27
Tabla 15.	Hoja de registro de datos para evaluar el porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, y número y longitud de raíces por microestaca en <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de plántulas <i>in vivo</i> , en los diferentes tratamientos con Hormonagro 1 (HG 1).....	28

## Índice de figuras:

Figura 1.	Atributos botánicos de <i>Cinchona officinalis</i> L. a) Árbol, b) Flores, c) Frutos...	8
Figura 2.	Ubicación espacial del Laboratorio de Micropropagación Vegetal e Invernadero, donde se desarrolló la investigación.....	15
Figura 3.	Medición del pH en los diferentes tratamientos hidropónicos.....	16
Figura 4.	a) Solución bactericida de Benomyl + Kasumin; b) Distribución de la solución nutritiva en los viales; c) Siembra de las microestacas en los viales.....	17
Figura 5.	Instalación del experimento a) Recolección del material vegetal; b) Desinfección de las microestacas; c) Aplicación de hormonas enraizantes (AIA y HG 1).....	23
Figura 6.	Instalación del ensayo a) Acondicionamiento y desinfección de la turba; b) Siembra de las microestacas.....	24
Figura 7.	Porcentaje promedio de contaminación de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	29
Figura 8.	Microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L: a) Proliferación de hongos; b) Alcalinidad del medio de cultivo, a los 120 días de evaluación.....	30
Figura 9.	Porcentaje promedio de sobrevivencia de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	30
Figura 10.	Microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., vivas; a) y b) microestacas pertenecientes al tratamiento T2, a los 120 días de evaluación.....	31
Figura 11.	Porcentaje promedio de formación de raíces en microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L, en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	31

Figura 12.	Número promedio de raíces en microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L, en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	32
Figura 13.	Número de raíces por microestaca de <i>C. officinalis</i> L. a) Raíces en el tratamiento T0; b) Vista microscópica de las raíces en el tratamiento T2; y, c) Observación de las raíces adventicias en el en el vial (frasco de vidrio) del tratamiento T3.....	32
Figura 14.	Longitud promedio de raíces en microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	33
Figura 15.	Número promedio de brotes en microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	34
Figura 16.	Número de brotes en las microestacas; a) y b) brotes formados en el tratamiento T1 a los 120 días de evaluación.....	34
Figura 17.	Longitud promedio de los brotes por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	35
Figura 18.	Curva acumulativa del número promedio de raíces por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.....	36
Figura 19.	Porcentaje promedio de contaminación de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.....	37
Figura 20.	Contaminación de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en los diferentes tratamientos a) T0 (MS, 1962); y, b) T1(1,5 g L-1 AIA + MS).....	37
Figura 21.	Porcentaje promedio de sobrevivencia de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el	

	enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.....	38
Figura 22.	Microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. a) Supervivencia de las microestacas en los diferentes tratamientos en las bandejas de germinación; b) Microestaca viva en el tratamiento T3 (1,5 g L <sup>-1</sup> HG 1 + MS), a los 120 días de evaluación...	38
Figura 23.	Porcentaje promedio de formación de raíces de las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.....	39
Figura 24.	Número promedio de raíces por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.....	40
Figura 25.	Número de raíces desarrolladas en los diferentes tratamientos. a) Raíces desarrolladas en el tratamiento T0 (MS, 1962); b) Raíces desarrolladas en el tratamiento T2 (3,0 g L <sup>-1</sup> AIA + MS), a los 120 días de evaluación.....	40
Figura 26.	Longitud promedio de raíces por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.....	41
Figura 27.	Número promedio de brotes por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.....	42
Figura 28.	Número de brotes formados en las microestacas de <i>Cinchona officinalis</i> L., a los 120 días de evaluación; a) y b) brotes formados en el tratamiento T4 (3,0 g L <sup>-1</sup> HG 1 + MS).....	42
Figura 29.	Longitud promedio de los brotes por microestaca de <i>Cinchona officinalis</i> L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.....	43

Figura 30.	a) Exposición en la feria de Investigación; b) Socialización de los resultados al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona; c) Socialización de los resultados en el Simposio Científico Ecuatoriano- Alemán.....	44
Figura 31.	Disposición de los tratamientos en el cuarto de luces. a) Tratamiento T0, T1; b) T2, T4; c) Tratamiento T3.....	63
Figura 32.	a) Medio de cultivo contaminado, a los 120 días de evaluación y formación de raíces adventicias en el tratamiento testigo, a los 60 de evaluación .....,	64
Figura 33.	Disposición de los tratamientos en las bandejas de germinación a los 20 días de evaluación. a) Tratamiento T0, T1, T2 y T3; b) T4.....	69



## Índice de anexos:

Anexo 1. Datos obtenidos en el enraizamiento hidropónico de <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> , utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial a los 120 días de evaluación, en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal .....	59
Anexo 2. Fotografías registradas en el enraizamiento hidropónico de <i>Cinchona officinalis</i> L. utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, a los 120 días de evaluación.....	63
Anexo 3. Datos obtenidos en el enraizamiento <i>in vivo</i> de <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> , utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial a los 120 días de evaluación, en el invernadero.....	64
Anexo 4. Fotografías registradas en el enraizamiento <i>in vivo</i> de <i>Cinchona officinalis</i> L., obtenidos de plántulas <i>ex vitro</i> , utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, a los 20 días de evaluación en el invernadero.....	69
Anexo 5. Certificado de traducción del resumen del Trabajo de Titulación.....	70

## **1. Título**

Enraizamiento hidropónico e *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de plántulas *ex vitro*

## 2. Resumen

El Ecuador es un país megadiverso que alberga una gran variedad de especies endémicas, una de ellas es *Cinchona officinalis* L., que se encuentra distribuida en la provincia de Loja y comúnmente denominado como el “Árbol de la Vida”, siendo de gran valor histórico y cultural para la provincia y el país. Esta especie, presenta propiedades medicinales que fueron utilizadas para curar fiebres palúdicas en el siglo XVII; en la actualidad, varios son los factores que han contribuido a la degradación de la especie: baja tasa de regeneración natural, limitaciones para la propagación por métodos convencionales, elevada mortalidad al establecer plantaciones, etc. Por tal razón, la presente investigación tuvo como finalidad emplear técnicas alternativas para el enraizamiento *in vivo* de *C. officinalis*; para ello, se instalaron dos ensayos con diferentes concentraciones hormonales químicamente puras y un enraizador comercial. En el primer ensayo, se sembraron microestacas de *Cinchona* mediante el método hidropónico, con la adición de dos hormonas: ácido indolacético (AIA) y hormonagro 1 (HG 1); y, en el segundo se sembraron en turba, con las dos hormonas mencionadas anteriormente. Se evaluó el porcentaje de contaminación, sobrevivencia, formación de raíces, número y longitud promedio de raíces; y brotes por microestacas. Los resultados obtenidos, determinaron que el enraizamiento hidropónico en el tratamiento T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1), resultó ser el más efectivo, presentando el 93,3 % de enraizamiento, con un número promedio de raíces de 10,06 y longitud promedio de 3,58 cm. Además, la concentración hormonal (1,5 g L<sup>-1</sup> AIA+ 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1), perteneciente al tratamiento T1 del balance hormonal AIA y HG 1, obtuvo 1,5 brotes por microestaca, con una longitud de 0,06 cm. De la misma manera, en el ensayo con turba, se observó que el T2 conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS, registró el mayor porcentaje de formación de raíces en las microestacas, con 46,67 %, un número promedio de raíces de 6,80 y una longitud de 1,7 cm; a diferencia del tratamiento testigo (T0), en donde se evidenció 1,27 brotes por microestaca y una longitud de 0,20 cm. En conclusión, la auxina o químicamente conocida como ácido indolacético (AIA), indujo la proliferación de raíces adventicias y la formación de brotes, tanto en hidroponía, como en turba; así mismo, se presentó en el tratamiento T0, sin la aplicación de hormonas enraizantes. Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se recomienda ensayar y determinar el balance hormonal apropiado para la formación de raíces en microestacas de *C. officinalis*, tanto en el método hidropónico, como en turba.

**Palabras claves:** *Cinchona officinalis* L., enraizamiento, microestacas, auxinas, hidroponía, turba.

## 2.1. Abstract

Ecuador, being a megadiverse country, is home to a great variety of endemic species, one of them is *Cinchona officinalis* L., which is distributed in the province of Loja and commonly known as the "Tree of Life" which is of great historical and cultural value for the province and the country. This species has medicinal properties that were used to cure malarial fevers in the 17th century; at present, several factors have contributed to the degradation of the species: low rate of natural regeneration, limitations for propagation by conventional methods, high mortality when establishing plantations, etc. For this reason, the present research was aimed at using alternative techniques for in vivo rooting of *Cinchona officinalis* L.; for this purpose, two trials were set up with different concentrations of chemically pure hormones and a commercial rooter. In the first trial, *Cinchona* micro-stakes were planted using the hydroponic method, with the addition of two hormones: indoleacetic acid (IAA) and hormone agrimon 1 (HG 1); and, in the second trial, they were planted in peat, with the two hormones mentioned above. The following variables were evaluated: percentage of contamination, survival, root formation, number and average length of roots, and of shoots per micro-stake. The results obtained determined that hydroponic rooting in treatment T2 (3.0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0.0 g L<sup>-1</sup> HG 1) was the most effective, presenting 93.3% rooting, with an average number of roots of 10.06 and an average length of 3.58 cm. In addition, the hormone concentration (1.5 g L<sup>-1</sup> AIA + 0.0 g L<sup>-1</sup> HG 1), belonging to the T1 treatment of the AIA and HG 1 hormone balance, obtained 1.5 shoots per micro-stake, with a length of 0.06 cm. Similarly, in the trial with peat, it was observed that T2, with 3.0 g L<sup>-1</sup> AIA + DM, registered the highest percentage of root formation in the micro-stakes, with 46.67 %, an average number of roots of 6.80 and a length of 1.7 cm; in contrast to the control treatment (T0), where 1.27 shoots per micro-stake and a length of 0.20 cm were observed. In conclusion, auxin or chemically known as indoleacetic acid (AIA) induced the proliferation of adventitious roots and shoot formation, both in hydroponics and peat; likewise, it was present in the T0 treatment without the application of rooting hormones. Finally, based on the results obtained, it is recommended to test and determine the appropriate hormonal balance for root formation in micro-stakes of *Cinchona officinalis* L., both in the hydroponic method and in peat.

**Keywords:** *Cinchona officinalis* L., rooting, micro-stakes, auxins, hydroponics, peat.

### 3. Introducción

El Ecuador es considerado como un país megadiverso, debido a que posee una gran diversidad biológica, albergando 18 198 especies de plantas vasculares (MAE, 2015), representando el 7,6 % a nivel mundial, de las cuales 4 500 especies son endémicas, de las cuatro regiones naturales, sobresaliendo la región andina, con un total de 3 028 especies, presentando el doble de fitodiversidad que la región amazónica (León-Yáñez et al., 2019); sin embargo, en los últimos años, existe una enorme pérdida de biodiversidad, siendo el principal factor la deforestación, la misma en el periodo comprendido de 1990 hasta el 2018, alcanzó una reducción de los bosques nativos de 14,5 a 12,5 millones de hectáreas (Sierra et al., 2021).

La provincia de Loja es considerada una de las zonas megadiversas del país, albergando 639 especies de flora endémica (Jorgensen y León-Yáñez, 1999), debido a que se encuentra en una zona de convergencia, entre la región Costa y Amazónica (Aguirre et al., 2017), considerándose como un nudo o jardín botánico para la gran diversidad que representa (Aguirre et al., 2017). Además, esta región se encuentra localizada en la depresión de Huancabamba, la cual presenta condiciones geomorfológicas, que crean características microclimáticas óptimas para el desarrollo de la flora y fauna (Novoa et al., 2011).

Una de las especies de mayor importancia histórica, cultural y económica de la provincia de Loja y del país es *Cinchona officinalis* L., distribuida a lo largo de la zona tropical y ecuatorial, se encuentra en un rango altitudinal de 700 a 2 900 m s.n.m. (Feijoó et al., 2019). Denominado históricamente como el “Árbol de la Vida”, esta especie es ampliamente reconocida debido a que contiene en su corteza alcaloides (especialmente quinina, quinidina, cinchonina y cinchonidina), (Kaufman y Rfflveda, 2005), los cuales fueron utilizados por los Incas para curar el paludismo o malaria, manteniendo hasta la actualidad una considerable demanda en la industria de la medicina (Eras et al., 2019).

A pesar del valor que representa la especie, ha estado sujeta a la sobreexplotación (Acosta-Solis, 1947), provocando la declinación de la especie, sumado al incremento demográfico, la deforestación, expansión de la frontera agrícola, incendios forestales, pérdida de viabilidad en las semillas (Eras et al., 2019), siendo estos factores determinantes para que se catalogue a la especie como amenazada (Gutiérrez et al., 2020), ocasionando que sus poblaciones disminuyan (Eras et

al., 2019) y exista un déficit de información sobre lugares donde se conservan sus poblaciones (Jiménez, 2021).

La constante búsqueda de alternativas para la recuperación de las poblaciones de *Cinchona officinalis* L, constituye la hidroponía, como una técnica innovadora dentro del campo forestal, definida también como un método de propagación, en la cual no se requiere el uso del suelo, sino el empleo de agua y la adición de soluciones nutritivas óptimas, para el desarrollo de la planta, esto con la finalidad de conservación, mejoramiento genético y elevar la multiplicación potencial de la especie. Esta técnica nos permite aumentar de manera significativa y asegurar la cantidad y calidad de plántulas en el menor tiempo posible (Castillo, 2002).

Bajo este contexto, y con la finalidad de contribuir a elevar el conocimiento y conservación de la especie, se desarrolló la presente investigación titulada: **Enraizamiento hidropónico e *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de plántulas *ex vitro***, la misma que se enmarca dentro del proyecto de investigación macro titulado: **“Procesos biotecnológicos e influencia del fotoperiodo en la formación de estructuras callogénicas y organogénesis *de novo*, a partir de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L.”**, el cual fue ejecutado desde el mes de junio del 2021 hasta diciembre del año 2021, en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal e Invernadero adjunto al mismo, con el apoyo financiero de la Universidad Nacional de Loja, a través de la Dirección de Investigación, en el cual se persiguieron los siguientes objetivos:

#### **Objetivo general:**

Contribuir a la generación de información científica, relacionada con los métodos de enraizamiento hidropónico e *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de microestacas del invernadero, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial.

#### **Objetivos específicos:**

- Evaluar el enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *ex vitro*, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial.

- Determinar el efecto de diferentes combinaciones hormonales y de un enraizador comercial, para el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de microestacas obtenidas de plántulas del invernadero.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Descripción taxonómica y botánica de la especie en estudio

Según Guamán (2014) se describe la taxonomía de la especie:

**Reino:** Plantae

**Filo:** Tracheophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Gentianales

**Familia:** Rubiaceae

**Género:** *Cinchona*

**Especie:** *officinalis*

**Nombres comunes:** quina, cascarilla, cinchona

*Cinchona officinalis* L. es una especie de 11 a 15 m de altura, de 30 a 40 cm de diámetro, con fuste cilíndrico, ramificación simpodial, copa bastante densa, globosa e irregular (Figura 1a), la corteza es de color marrón oscuro con pequeñas fisuras, de las cuales se desprende pequeñas placas de forma irregular (Guamán, 2014).

Sus hojas son simples opuestas y decusadas, variando su forma de orbicular o lanceolada a elíptico ovalada de 8 a 27 cm de largo y de 7 a 18 cm de ancho, el ápice es acuminado, obtuso o redondo, base obtusa y borde entero. Las flores se encuentran en panículas terminales con ligeras pubescencias, hermafroditas, actinomorfas, la corola es de color blanco-roja con pétalos fundidos (Figura 1b) (Guamán, 2014).

Los frutos son cápsulas dehiscentes elipsoide de color marrón oscuro de 0,8 a 2,5 cm de largo 0,4 a 0,8 cm de ancho, puede contener de 12 a 90 semillas, el pericarpio es de consistencia leñosa, con tricomas de color blanco, (Figura 1c) (Rodríguez, 2014; Zarate et al., 2022), la semilla presenta forma fusiforme, con alas membranosas muy frágiles redondeadas (Zevallos, 1989).



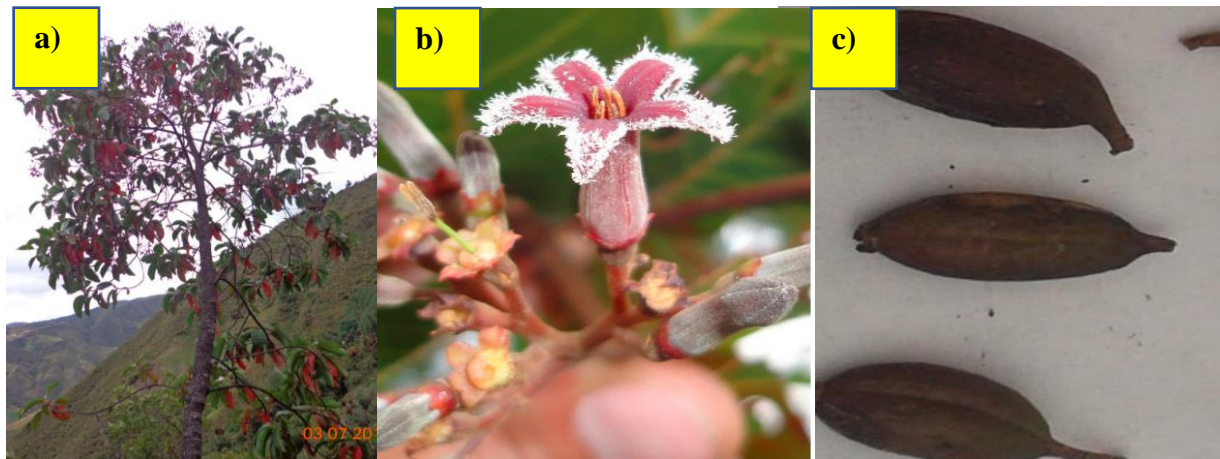


Figura 1. Atributos botánicos de *Cinchona officinalis* L. a) Árbol, b) Flores, c) Frutos.  
Fuente: Eras et al. (2019).

#### 4.2. Usos y distribución de *Cinchona officinalis* L.

Esta especie tiene usos medicinales, debido a que contiene alcaloides que están presentes en su corteza, los mismos que se son utilizados para la producción de fármacos antimaláricos (Guamán, 2014) también tiene uso maderero, especialmente para tablas y vigas (Zevallos, 1989), y actualmente se la utiliza para la producción de quinina, licorería (Torres, 2017) y bebidas tónicas de sabor amargo, que han conquistado los mercados de Europa y Estados Unidos (Ulloa, 2006).

*Cinchona officinalis* L., es nativa de los valles andinos de Sudamérica, encontrados entre los 1 000 a 3 500 m s.n.m , tanto en Colombia, Venezuela, Perú y Bolivia, se distribuye desde 10° latitud norte hasta 19° latitud sur, en alturas que van desde los 700 m s.n.m., hasta los 2 900 m s.n.m. (Garmendia, 2005). En Ecuador se distribuye en las provincias de Bolívar, Chimborazo, El Oro, Cañar, Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Loja (Eras et al., 2019).

#### 4.3. Tipos de propagación

##### 4.3.1. Propagación sexual

La propagación sexual da origen a nuevas plantas, por la unión de células germinales, gametos, encaminada a la recombinación cromosómica por variabilidad genética (González, 2012).

Este tipo de reproducción permite el manejo adecuado tanto agrícola como silvícola de las poblaciones de plantas, la recuperación de las mismas y conservación del germoplasma vegetal (Vásquez et al., 2018).

#### **4.3.2. Propagación asexual**

La multiplicación asexual consiste en la reproducción de individuos empleando partes de la planta original, que puede ser porciones de hojas y tallos, esto se da debido a que cada célula de la planta contiene información genética suficientemente necesaria para dar origen a un nuevo ser (Osuna et al., 2017).

##### **4.3.2.1. Tipos de multiplicación**

###### *a) Brotes*

La propagación por brotes es una técnica utilizada principalmente en la reproducción *in vitro*, cuyo objetivo es la obtención de plántulas libre de patógenos como hongos y virus. Este método de propagación utiliza porciones apicales de brotes o meristemas de ápices de yemas. La principal ventaja de esta técnica, es la obtención de plantas en tiempo y espacio reducido con posibilidad de producir un elevado número de plantas, a partir de una planta madre (Ellena, 2018).

###### *b) Estacas*

La estaca es una sección de un órgano vegetativo (planta madre) que posterior a su recolección es establecida, para la emisión de raíces y brotes con el objetivo de obtener una nueva planta autónoma. Durante el proceso de enraizamiento se produce un tejido denominado callo cicatricial en la base de la estaca. La capacidad de enraizar es una característica genética que varía de especie en especie y entre variedades (Ellena, 2018).

###### *c) Microestacas*

Es una técnica utilizada en micropropagación vegetal, siendo trozos de tallo con un nudo, de las cuales emergen yemas produciendo brotes, el objetivo es la reproducción genética idéntica a la del progenitor y una alta tasa de multiplicación (Maya, 1989).

#### *d) Acodos*

El acodo es una parte de un órgano vegetativo (planta madre) utilizado para desarrollar plantas auto-enraizadas. La principal característica de esta técnica, es que la parte a enraizar no se separa de la planta madre, hasta que desarrolla sus propias raíces y mientras tanto se sigue nutriendo a través de los haces vasculares de la planta madre. La reproducción por acodos puede ser de manera terrestre y aérea (Reyna et al., 2017).

### **4.3.3. Hidroponía**

#### **4.3.3.1. Concepto**

Hidroponía proviene del griego *Hydro*=Agua y *Ponos*=Labor o trabajo, que significa “trabajo en agua”, constituye una técnica en la cual no se requiere el uso del suelo, se emplea agua con soluciones nutritivas, es decir con los requerimientos minerales esenciales para su óptimo desarrollo (López, 2018), permitiendo obtener cultivos saludables; libres de parásitos, bacterias, y hongos en el menor tiempo posible (Cajo, 2016).

#### **4.3.3.2. Antecedentes**

Esta técnica no es una metodología moderna, sino una técnica ancestral; en la antigüedad, culturas y civilizaciones utilizaron esta metodología como medio de subsistencia. Actualmente asociamos la hidroponía con grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología; sin embargo, los orígenes de la hidroponía fueron muy simples en su implementación (Beltrano y Gimenez, 2015).

En 1930, William Frederick Gericke, fisiólogo de la Universidad de California, dio el nombre a esta ciencia, donde desarrolló experimentos a gran escala con varios tipos de cultivo, utilizando tanques con mallas finas de alambre, en el cual las plantas eran sostenidas por un sistema de hilos, con una cubierta de paja, que sostenía las raíces y les permitía llegar a la solución nutritiva, que se encontraba en el fondo. En 1950 se incrementó las plantaciones hidropónicas en todo el mundo y especialmente en aquellas zonas desérticas, que cuentan con poca disponibilidad de agua (Cajo, 2016).

En 1988 surgió la Asociación de Hidrocultivadores de Jerusalén (APROHIJE) en Bogotá, conformada por familias, que cuentan con plantaciones hidropónicas en sus viviendas, que, hasta la actualidad, comercializan en supermercados para consumidores de alto nivel económico, este proyecto fue el origen y el centro de dispersión de la Hidroponía Popular, para todo el continente americano; a nivel de Ecuador, se inició con esta técnica en los años noventa, siendo la empresa GREENLAB que se encuentra ubicada en Quito, donde el 80 % es colocado en Supermaxi y el 20 % restante se vende directamente a restaurantes y a distribuidores en Guayaquil, es así que la hidroponía, surge como una alternativa que permite la producción de cultivos, con alta calidad nutricional, bajo costo de producción y alto nivel sanitario (Cajo, 2016).

#### **4.3.3.3. Características de los cultivos hidropónicos**

La hidroponía es una herramienta de cultivo aislado del suelo, es decir sin tierra, cuyo objetivo principal es obtener plantas de alta calidad y sanidad. El crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico-nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. El rendimiento en este tipo de cultivos por unidad de área cultivada es alto dado a tres factores fundamentales: a) una mayor densidad, b) mayor productividad por planta y c) mayor eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes (Beltrano y Gimenez, 2015).

#### **4.3.3.4. Métodos de hidroponía**

Según Castañares (2020) existen tres sistemas de hidroponía utilizados

##### a) Sistema “Raíz flotante”

En este sistema, las plantas se sostienen por alguna estructura flotante (generalmente se utilizan placas de Telgopor perforadas) cuyas raíces se encuentran sobre una solución nutritiva.

##### b) Sistema NFT

Denominado también, como técnica de lámina nutritiva o NFT por sus siglas en inglés (Nutrient Film Technique). En esta técnica, una delgada lámina de solución nutritiva circula por un tubo con perforaciones en su parte superior, en las cuales se encuentran ubicadas las plantas.

### c) Cultivo en sustrato

En este sistema de cultivo, el sustrato puede ser fuente de algún nutriente (generalmente sustratos orgánicos como compost, turba, etc.) o no (ejm. perlita, espumas agrícolas, lana de roca, etc.). En el primer caso se trata de un “cultivo sin suelo”, mientras que en el segundo caso es “hidroponía”, puesto que los nutrientes son aportados por la solución nutritiva. El aporte nutritivo se realiza mediante riego, el cual generalmente es por goteo; sin embargo, en sistemas caseros se aplica mediante regadera. El exceso de solución puede recolectarse, para ser reutilizado.

## **4.4. Hormonas enraizantes**

La actividad fisiológica de las plantas está regulada por un conjunto de sustancias químicas llamadas hormonas, las mismas que cumplen diferentes e importantes funciones en el desarrollo de las plantas. Entre ellas tenemos: Auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno, siendo principalmente las auxinas, las más utilizadas (Sango, 2013).

### **4.4.1.1. Auxinas**

Son un tipo de fitohormonas que intervienen en las actividades fisiológicas de las plantas (Chipantiza, 2012), desempeña funciones tales como: estimulación de la división celular; además, de ser eficaces en la formación de raíces de varias especies (Bolaños, 2009).

Esta hormona se encuentra distribuida en varias células y tejidos vegetales, debido a las múltiples funciones que presenta, es considerada como un morfógeno, el cual es capaz de dar origen a raíces, tallos y hojas, induciendo su formación y elongación (Alcantara et al., 2019).

### **4.4.1.2. Ácido indolacético (AIA)**

Los primeros estudios fueron realizados por el británico Julián von Sachs que datan del siglo XIX, donde se propuso que una sustancia endógena era la encargada del crecimiento de los órganos de las plantas y la cual se moviliza en respuesta a factores externos, en 1926 Fritz Went la denominó auxina y años más tarde se la catalogó químicamente como AIA (Vico, 2017).

Este tipo de auxina se la encuentra en la mayoría de las plantas, bacterias, hongos, entre otros, esta permite la división, expansión y la diferenciación de células y tejidos vegetales,

promoviendo y estimulando la formación de raíces siendo muy activo; sin embargo, presenta moléculas poco estables y solubles (Vico, 2017).

#### **4.4.1.3. Hormonagro 1**

Es un regulador fisiológico que está compuesto por una fitohormona (alfanatalenacético), que actúa como un activador enzimático, promoviendo la formación del sistema radicular en las plantas (Chipantiza, 2012), siendo ideal para la propagación asexual por medio de estacas, y eficiente para el enraizamiento de acodos y esquejes (Aucancela, 2017).

#### **4.5. Estudios similares**

En el Ecuador en cuanto al enraizamiento *in vivo*, a partir de microestacas de *Cinchona officinalis* L. se han desarrollado escasas investigaciones; sin embargo, (Conde et al., 2017) en el estudio denominado Multiplicación sexual y asexual de *Cinchona officinalis* L, con fines de conservación de la especie, mencionan que el enraizamiento de microestacas de *Cinchona officinalis* L., respondió favorablemente a la multiplicación vegetativa a través de la aplicación de tres tipos de tratamiento; testigo, Hormonagro 1 y enraizador H.V, permitiendo la proliferación de raíces, obteniendo un porcentaje alto de enraizamiento sin la aplicación de ninguna hormona enraizante.

Respecto a enraizamiento hidropónico en especies forestales, aún no se han realizado estudios en Ecuador; sin embargo, (Castillo, 2002) utilizó la hidroponía como una alternativa para el mejoramiento genético y de las técnicas de propagación, especialmente de especies forestales tales como: *Alnus acuminata*, *Ulmus mexicana*, *Cedrela tonduzii*, *Quercus copeyensis* y *Pinus radiata*, en donde se evaluó la tasa de enraizamiento, para el establecimiento del sistema construyeron cajones, los cuales fueron cubiertos con un plástico negro, para lograr la permeabilidad del mismo, a la vez que se emplearon dos tipos de tratamiento, el primero con dosis de Micromins Bioestimulante y el segundo siendo el testigo. Dando como resultado mayor enraizamiento en *Cedrela tonduzii* y menor porcentaje en *Quercus copeyensis* y *Pinus radiata*.

Valeri et al. (2012), ensayó el enraizamiento de estacas en *Caesalpinia echinata* bajo un sistema hidropónico, donde determinó el requerimiento del ácido indol-3-butírico (AIB) bajo diferentes concentraciones y mediante dos tipos de inmersión; la primera (lenta), fue en solución

de etanol al 5 % conteniendo 0, 100, 200 y 400 mg L<sup>-1</sup> de AIB por 14 horas, con veinte cortes por concentración y la segunda por etanol al 50 % conteniendo 0, 1 000, 3 000 y 5 000 mg L<sup>-1</sup> de AIB durante 5 segundos, luego fueron colocadas bajo un sistema hidropónico que contenía agua no esterilizada, siendo el tiempo de evaluación de 180 días, obteniendo como resultado que el tratamiento con AIB por inmersión lenta, con una concentración de 100 mg L<sup>-1</sup> de AIB, promovió mayores porcentaje de enraizamiento de estacas y número de raíces adventicias del 65 %.

Cunha et al. (2005) determinaron la Productividad y supervivencia de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* en sistema hidropónico y en tubos de plástico, el cual fue realizado con plántulas de 3 meses de edad, de las cuales se hizo cinco colectas sucesivas, a intervalos variables de 25 a 30 días, según el vigor de los brotes, de forma selectiva, estos fueron manejados en tubos y en canales de arena, obteniendo que para la productividad de minitocónes, el cultivo hidropónico mostró resultados superiores, con un promedio de 8,1 mini esquejes por minitocón por colección, frente a 4,1 en el sistema de manejo por tubos; y, en cuanto a supervivencia alcanzó alrededor del 88 %, para el sistema de canales de arena y del 100 %, para el sistema de tubos, después de cinco colectas de mini esquejes.

## 5. Metodología

### 5.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal e Invernadero, Bloque 15, de la Universidad Nacional de Loja, parroquia San Sebastián, ubicado en el cantón y provincia de Loja, entre las coordenadas geográficas 04° 01' 56" S y 79° 11' 59" W (Figura 2).



Figura 2. Ubicación espacial del Laboratorio de Micropropagación Vegetal e Invernadero, donde se desarrolló la investigación.

### 5.2. Metodología para evaluar el enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L., de plántulas *ex vitro*, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial.

#### 5.2.1. Selección del material vegetal

Se seleccionaron plántulas de *Cinchona officinalis* L., que presentaron las mejores condiciones fenotípicas, fitosanitarias y de 30 a 50 cm de altura, mismas que se encontraron en fase de crecimiento en el invernadero adjunto al Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la



Universidad Nacional de Loja. El material vegetal colectado consistió en microestacas de 5 a 10 cm de altura, principalmente brotes axilares y apicales.

### 5.2.2. Preparación de la solución hidropónica

El medio hidropónico estuvo compuesto por agua destilada (AD) y las hormonas enraizantes: Ácido indolacético (AIA) y Hormonagro 1 (HG 1), según como correspondió a cada tratamiento; para ello, se prepararon: un testigo (T0) compuesto por 426 ml de agua destilada; y, dos tipos de tratamientos: (T1 y T2) compuesto por 426 ml de agua destilada, y con dos concentraciones de AIA (1,5 g L<sup>-1</sup>; y, 3,0 g L<sup>-1</sup>); y, el tratamiento (T2 y T4) compuesto por 426 ml de agua destilada, con dos concentraciones del enraizador comercial **HORMONAGRO 1** (1,0 g L<sup>-1</sup>; y 2,0 g L<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos, para el enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L. obtenidas de plántulas de *ex vitro*.

No.	TRATAMIENTOS	REGULADOR DE CRECIMIENTO/ENRAIZADOR	
		AIA (g L <sup>-1</sup> )	HORMONAGRO 1 (g L <sup>-1</sup> )
1	T0	0,0	0,0
2	T1	1,5	0,0
3	T2	3,0	0,0
4	T3	0,0	1,0
5	T4	0,0	2,0

T= Tratamiento AIA= Ácido indolacético

Seguidamente, se procedió a medir el pH de la solución nutritiva y se la ajustó entre 5,5 a 6,0 (Lara, 1999) (Figura 3), finalmente se distribuyó en viales de 15 ml, de color ámbar, a razón de 12,5 ml de medio hidropónico, por cada vial.



Figura 3. Medición del pH en los diferentes tratamientos hidropónicos.

### 5.2.3. *Desinfección de las microestacas de Cinchona officinalis L.*

Las microestacas fueron colectadas del invernadero, de 5 a 10 cm de longitud, las cuales luego fueron desinfectadas, sumergiéndolas en una solución fungicida-bactericida compuesta de Benomyl 2,0 g L<sup>-1</sup> + Kasumin 2,0 ml L<sup>-1</sup>, por un tiempo de 5 a 10 minutos (Figura 4), para de esta manera controlar la posible contaminación del material vegetal, previo a la siembra en los respectivos tratamientos hidropónicos.

### 5.2.4. *Siembra de las microestacas de Cinchona officinalis L. en el laboratorio de Micropropagación Vegetal*

Las microestacas, fueron sembradas en viales de vidrio color ámbar y luego de la siembra se taparon herméticamente con parafilm y se identificó cada uno de ellos, con su respectivo tratamiento y repetición. La siembra de las microestacas de *Cinchona* se llevó a cabo en condiciones de asepsia, en el laboratorio de Micropropagación Vegetal (Figura 4b y 4c). Finalmente, los viales fueron llevados al cuarto de luces del laboratorio, en donde se mantuvieron incubados, con un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad (16/8), una temperatura de 22 a 25 °C y una humedad relativa del 95 %, aproximadamente.

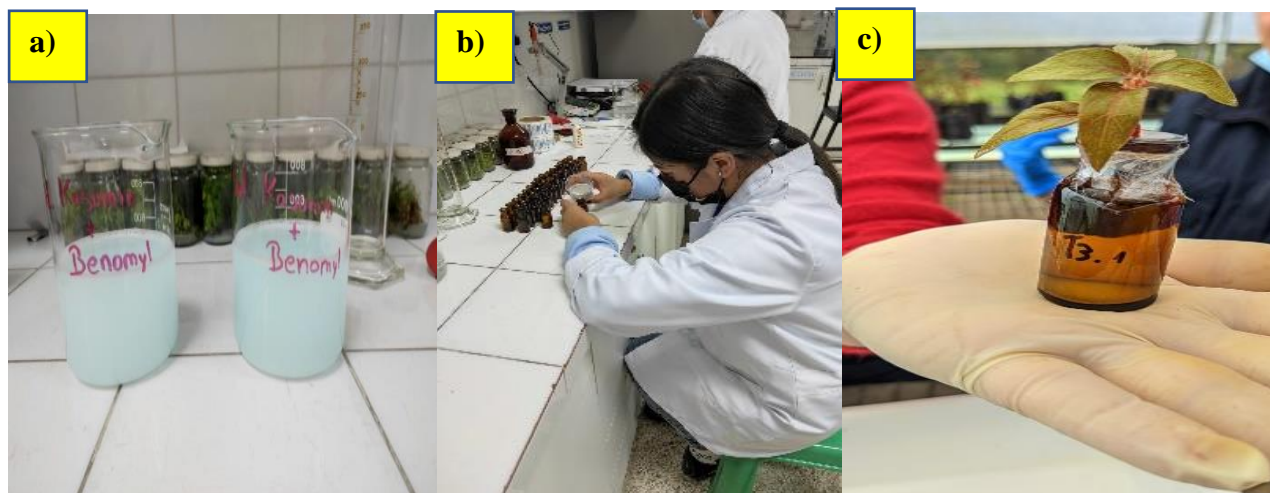


Figura 4. a) Solución bactericida de Benomyl + Kasumin; b) Distribución de la solución nutritiva en los viales; c) Siembra de las microestacas en los viales.

### 5.2.5. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado, para evaluar el efecto de los tratamientos en el enraizamiento de las microestacas, fue el diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2 x 2, con 5 tratamientos y 3 repeticiones (Tabla 2), cada tratamiento estuvo conformado por 30 viales, conteniendo una microestaca en cada uno de ellos.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos hidropónicos y la codificación, para evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento, en la formación de raíces en microestacas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de plántulas *ex vitro*.

No.	TRATAMIENTOS	REGULADOR DE CRECIMIENTO/ENRAIZADOR		CODIFICACIÓN
		AIA (g L <sup>-1</sup> )	HORMONAGRO 1 (g L <sup>-1</sup> )	
1.	T0	0,0	0,0	T0A0
2.	T1	1,5	0,0	T1A1
3.	T2	3,0	0,0	T2A2
4.	T3	0,0	1,0	T3HG1
5.	T4	0,0	2,0	T4HG2

T= Tratamiento. AIA= Acido indolacético. A= Auxina. HG 1= Hormonagro 1.

### 5.2.6. Factores y niveles

Los factores y niveles evaluados, con sus correspondientes concentraciones, se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores y niveles de concentración de ácido indolacético y del hormonagro 1, para el enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de plántulas *ex vitro*.

Factores	Niveles (g L <sup>-1</sup> )
Nivel de concentración de ácido indolacético	1. 0,0
	2. 1,5
	3. 3,0
Nivel de concentración de Hormonagro 1	1. 0,0
	2. 1,0
	3. 2,0

#### 5.2.6.1. Especificaciones del diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2 x 2, con 5 tratamientos y 3 repeticiones cada uno. A continuación, se los detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones del diseño experimental utilizado, para evaluar el enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de plántulas *ex vitro*.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Unidad experimental:	Una microestaca
Número de tratamientos:	5
Número de repeticiones:	3
Número de viales por repetición:	10
Número de viales por tratamiento:	30
Número de microestacas por vial:	1
Número de unidades experimentales por tratamiento (microestaca)	30
Número total de unidades experimentales del ensayo (microestaca)	150
Número total de viales para el ensayo	150

La unidad experimental fue una microestaca, la cual fue sembrada a razón de una por cada vial, con un total de 30 microestacas, para cada uno de los tratamientos, dando un total de 150 microestacas, para todo el ensayo.

### 5.2.7. Hipótesis del modelo

**H0:** Las diferentes concentraciones hormonales de Ácido indolacético y el enraizador comercial Hormonagro 1, no inciden en el enraizamiento hidropónico de *Cinchona officinalis* L.

**H1:** Las diferentes concentraciones hormonales de Ácido indolacético y el enraizador comercial Hormonagro 1, inciden en el enraizamiento hidropónico de *Cinchona officinalis* L.

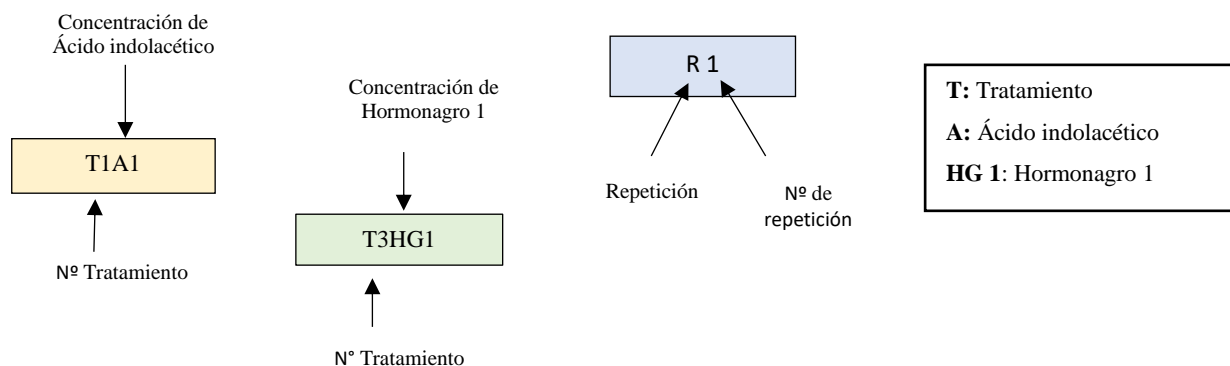
### 5.2.8. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones en el cuarto de incubación del laboratorio de Micropropagación Vegetal, para evaluar el enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *ex vitro*.

En la tabla 5 se detalla la distribución espacial de los tratamientos y repeticiones, en el cuarto de incubación del laboratorio de Micropropagación Vegetal.

Tabla 5. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones, en el cuarto de incubación del laboratorio de Micropropagación Vegetal, para evaluar el enraizamiento hidropónico de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de microestacas de plántulas *ex vitro* en diferentes concentraciones hormonales.

<b>T0A0 (T0)</b>			<b>T1A1 (T1)</b>		
R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>T2A2 (T2)</b>			<b>T3HG1 (T3)</b>		
R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>T4HG2 (T4)</b>					
R1	R2	R3			

**LEYENDA:**



**5.2.9. Variables evaluadas**

Las evaluaciones se las realizó a partir de los 15 días de instalado el experimento, con una periodicidad de 15 días, por el lapso de 120 días. Posteriormente, para evaluar el número y longitud de raíces, se realizó a los 60 y 120 días respectivamente, para lo cual se extrajeron el 30 % de las 30 microestacas de cada tratamiento; y, una vez evaluadas se las volvió a colocar en cada vial. En la evaluación final se extrajeron todas las microestacas. Las variables que se evaluaron son:

- Porcentaje de contaminación y sobrevivencia de las microestacas
- Porcentaje de formación de raíces
- Número de raíces por microestaca
- Longitud de raíces por microestaca
- Número de brotes por microestaca
- Longitud de los brotes

### 5.2.10. Registro de datos

Para el registro de datos del porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, número y longitud de raíces por microestaca, se utilizó la tabla 6 y 7.

Tabla 6. Hoja de registro de datos que se utilizó para la evaluación del porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, número y longitud de raíces por microestaca de *Cinchona officinalis* L. obtenidos de plántulas *ex vitro*, en los diferentes tratamientos hidropónicos con ácido indolacético (AIA).

<b>Tratamientos con Ácido indolacético (AIA)</b>									
<b>Fecha de siembra:</b>									
N.º días	Fecha	Tratamiento	Repetición	N.º de frasco	Contaminación de las microestacas (%)	N.º de raíces por microestaca	Longitud de raíces por microestaca (cm)	N.º de brotes por microestaca	Longitud de brotes (cm)
		T1	1	1					
		T1	2	2					
		T1	3	3					

Tabla 7. Hoja de registro de datos, para evaluar el porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de brotes, número y longitud de raíces por microestaca de *Cinchona officinalis* L. obtenidos de plántulas *ex vitro*, en los diferentes tratamientos hidropónicos con hormonagro 1.

<b>Tratamientos con Hormonagro 1 (HG 1)</b>									
<b>Fecha de siembra:</b>									
N.º días	Fecha	Tratamiento	Repetición	N.º de frasco	Contaminación de las microestacas (%)	N.º de raíces por microestaca	Longitud de raíces por microestaca (cm)	N.º de brotes por microestaca	Longitud de brotes (cm)
		T2	1	1					
		T2	2	2					
		T2	3	3					

### 5.2.11. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos, se realizó el análisis de varianza (ANOVA); y, la prueba estadística de significancia de Tukey al 0,05 % de probabilidad, con la finalidad de determinar las diferencias significativas en las medias y varianzas de los tratamientos realizados.

### 5.3. Metodología para determinar el efecto de diferentes combinaciones hormonales y de un enraizador comercial, para el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de microestacas obtenidos de plántulas del invernadero.

#### 5.3.1. Selección del material vegetal

La selección de material vegetal se realizó a partir de plántulas de *Cinchona officinalis* L. de 30 a 50 cm de altura, que vienen creciendo en el invernadero del laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja, las cuales presentaron condiciones óptimas fenotípicas y fitosanitarias, se obtuvieron microestacas de 5 a 10 cm de longitud (Figura 5 a).

#### 5.3.2. Preparación de los tratamientos

El medio basal estuvo constituido por las sales minerales de Murashige y Skoog (MS,1962), (Tabla 8) distribuyendo 50 ml de solución por cada tratamiento, y adicionando las hormonas enraizantes correspondientes, en cada uno de ellos.

Tabla 8. Composición química del medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS,1962)

Nº	Solución madre	Componentes	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )
1	Nitratos	Nitrato de amonio (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	1 650,00
		Nitrato de potasio (NO <sub>3</sub> K)	1 900,00
2	Sulfatos	Sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	370,00
		Sulfato de manganeso (MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O)	22,3
		Sulfato de zinc (ZnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O)	8,60
		Sulfato de cobre (CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O)	0,025
3	Haloides	Cloruro de potasio (CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	440,00
		Yoduro de potasio (KI)	0,83
		Cloruro de cobalto (CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O)	0,025
4	P, B, Mo	Fosfato di básico de potasio (KH <sub>2</sub> ·PO <sub>4</sub> )	170,00
		Ácido bórico (H <sub>3</sub> ·BO <sub>3</sub> )	6,20
		Molibdato de sodio (Na <sub>2</sub> Mo <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	0,25
5	Na, Fe, EDTA	Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	27,81
		Ácido Etildiaminotetraacético (Na <sub>2</sub> EDTA)	37,31

### 5.3.3. Desinfección de las microestacas de *Cinchona officinalis* L.

Las microestacas recolectadas fueron desinfectadas, en una solución fungicida - bactericida de Benomyl 2,0 g L<sup>-1</sup> + Kasumin 2,0 ml L<sup>-1</sup>, por un tiempo de 5 a 10 minutos (Figura 5b), para de esta manera evitar la contaminación, previo a la siembra en los diferentes tratamientos *in vivo*.

### 5.3.4. Aplicación de hormonas enraizantes

Se aplicaron a las microestacas soluciones hormonales, que consistió en la utilización de los siguientes tratamientos: un testigo T0 (MS, 1962), donde las microestacas fueron sumergidas en 50 ml del medio de cultivo basal (MS, 1962); tratamientos con Ácido indolacético AIA (T1: 1,5 g L<sup>-1</sup>; T2: 3,0 g L<sup>-1</sup>) y tratamientos con Hormonagro 1 HG 1 (T3: 1,5 g L<sup>-1</sup>; T4: 3,0 g L<sup>-1</sup>). Se sumergió la base de cada microestaca en 50 ml del medio de cultivo basal (MS) más el regulador de crecimiento y el enraizante comercial, respectivamente, por un lapso de 24 horas (Figura 5c), Posteriormente, las microestacas fueron sembradas en un sustrato, formado por turba (1:1), en bandejas plásticas de germinación en su respectivo tratamiento (Tabla 9).

Tabla 9. Descripción de los tratamientos, para el enraizamiento *in vivo* de microestacas de *Cinchona officinalis* L. provenientes de plántulas del invernadero.

No.	TRATAMIENTOS	REGULADOR DE CRECIMIENTO/ENRAIZADOR	
		AIA (g L <sup>-1</sup> )	HORMONAGRO 1 (g L <sup>-1</sup> )
1.	T0	0,0	0,0
2.	T1	1,5	0,0
3.	T2	3,0	0,0
4.	T3	0,0	1,5
5.	T4	0,0	3,0

T= Tratamiento AIA= Ácido indolacético.



Figura 5. Instalación del experimento a) Recolección del material vegetal; b) Desinfección de las microestacas; c) Aplicación de hormonas enraizantes (AIA y HG 1).



### **5.3.5. Preparación del sustrato para la siembra de las microestacas de *Cinchona officinalis* L. en el invernadero**

El sustrato para la siembra de las microestacas estuvo constituido por turba; el mismo que fue desinfectado con terraclor al 75 %, en una concentración de 1 g L<sup>-1</sup> de agua, seguidamente se cubrió con un plástico negro, para dejar reposar por un lapso de 24 horas, para que el producto químico se concentre en el mismo. Finalmente, se distribuyó el sustrato en bandejas plásticas de germinación, saturadas con agua corriente (Figura 6a).

### **5.3.6. Siembra de las microestacas de *Cinchona officinalis* L. en el invernadero**

La siembra se la llevo a cabo en bandejas plásticas de germinación, colocando una microestaca con una o dos yemas en los 5 tratamientos, respectivamente, a una profundidad de 1 a 2 centímetros y ligeramente inclinados (Figura 6b).



Figura 6. Instalación del ensayo a) Acondicionamiento y desinfección de la turba; b) Siembra de las microestacas.

Luego de la siembra de las microestacas, se realizaron labores silviculturales periódicas, como riegos y deshierbas.

### **5.3.7. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el enraizamiento de las microestacas, en el invernadero fue un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2 x 2, con 5 tratamientos y 3 repeticiones (Tabla 10), cada bandeja de germinación estuvo conformado por 2 tratamientos y 30 microestacas por cada una de ellas.

Tabla 10. Descripción de los tratamientos y concentraciones hormonales con su respectiva codificación, para evaluar la formación de raíces en microestacas de *Cinchona officinalis* L., provenientes del invernadero.

No.	TRATAMIENTOS	REGULADOR DE		CODIFICACIÓN
		CRECIMIENTO/ENRAIZADOR		
		AIA (g L <sup>-1</sup> )	HORMONAGRO 1 (g L <sup>-1</sup> )	
1.	T0	0,0	0,0	T0A0
2.	T1	1,5	0,0	T1A1
3.	T2	3,0	0,0	T2A2
4.	T3	0,0	1,5	T3HG1
5.	T4	0,0	3,0	T4HG2

T= Tratamiento. AIA= Acido indolacético. A= Auxina. HG 1= Hormonagro 1

### 5.3.8. Factores y niveles

Los factores y niveles evaluados, con las correspondientes concentraciones (Tabla 11).

Tabla 11. Factores y niveles de concentración de ácido indolacético y del hormonagro 1, para el enraizamiento *in vivo* de microestacas de *Cinchona officinalis* L., provenientes del invernadero.

Factores	Niveles (g L <sup>-1</sup> )
Nivel de concentración de ácido indolacético	1. 0,0
	2. 1,5
	3. 3,0
Nivel de concentración de Hormonagro 1	1. 0,0
	2. 1,5
	3. 3,0

### 5.3.8.1. Especificaciones del diseño experimental

En la Tabla 12 se presentan las especificaciones del diseño experimental.

Tabla 12. Especificaciones del diseño experimental, utilizado para el enraizamiento *in vivo* de microestacas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de plántulas *ex vitro*.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD
Unidad experimental:	Una microestaca
Número de tratamientos:	5
Número de repeticiones:	3
Número de microestacas por repetición:	10
Número de microestacas por tratamiento:	30
Número de microestaca por cada cavidad en la bandeja:	1
Número de unidades experimentales por tratamiento (microestacas)	30
Número total de unidades experimentales del ensayo (microestacas)	150
Número total de bandejas de germinación para el ensayo	3

La unidad experimental fue una microestaca, las cuales fueron sembradas una por cada cavidad de la bandeja de germinación, dando un total de 30 microestacas por cada uno de los tratamientos, dando un total de 150 microestacas para todo el ensayo.

### 5.3.9. Hipótesis del modelo

**H0:** Las diferentes concentraciones hormonales de Ácido indolacético y el enraizador comercial Hormonagro 1, no inciden en el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L.

**H1:** Las diferentes concentraciones hormonales de Ácido indolacético y el enraizador comercial Hormonagro 1, inciden en el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L.

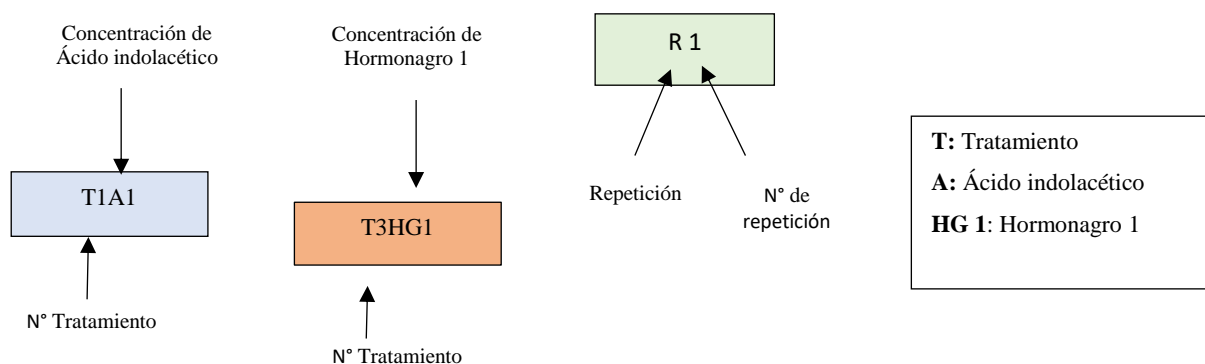
### 5.3.10. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones en el invernadero, para determinar el efecto del Ácido indolacético y Hormonagro 1, en el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de microestacas obtenidos de plántulas *ex vitro*.

En la tabla 13, se detalla la distribución espacial de los tratamientos y repeticiones, en el invernadero.

Tabla 13. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones en el invernadero para evaluar el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de microestacas obtenidos de plántulas del invernadero en diferentes concentraciones hormonales.

<b>T0A0 (T0)</b>			<b>T1A1 (T1)</b>		
R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>T2A2 (T2)</b>			<b>T3HG1 (T3)</b>		
R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>T4HG2 (T4)</b>					
R1	R2	R3			

LEYENDA:



### 5.3.11. Variables evaluadas

Las evaluaciones se realizaron a partir de los 5 días de instalado el experimento, con una periodicidad de 5 días, por el lapso de 120 días. Posteriormente, para evaluar el número y longitud de raíces se realizó a los 60 y 120 días respectivamente; para lo cual, se extrajeron el 30 % de las 30 microestacas de cada tratamiento; y, una vez evaluadas se las volvió a colocar en cada bandeja de germinación. En la evaluación final se extrajeron todas las microestacas. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Porcentaje de contaminación de las microestacas
- Porcentaje de sobrevivencia de las microestacas
- Porcentaje de formación de raíces
- Número de raíces por microestaca
- Longitud de raíces por microestaca
- Número de brotes por microestaca
- Longitud de los brotes

### 5.3.12. Registro de datos

Para el registro de los datos del invernadero, se emplearon las Tablas 14 y 15, en donde se evaluó el porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, número y longitud de raíces por microestaca.

Tabla 14. Hoja de registro de datos, para evaluar el porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, y número y longitud de raíces por microestaca en *Cinchona officinalis* L. obtenidas de plántulas *in vivo*, en los diferentes tratamientos con Ácido indolacético (AIA).

Tratamientos con Ácido indolacético (AIA)									
Fecha de siembra:									
N.º día	Fecha	Tra	Rep	N.º de frascos	Contaminación de las microestacas (%)	N.º de raíces por microestaca	Longitud de raíces por microestaca (cm)	N.º de brotes por microestaca	Longitud de brotes (cm)
		T3	1	1					
		T3	2	2					
		T3	3	3					

Tabla 15. Hoja de registro de datos para evaluar el porcentaje de contaminación, número de brotes por microestaca, longitud de los brotes, y número y longitud de raíces por microestaca en *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *in vivo*, en los diferentes tratamientos con Hormonagro 1 (HG 1).

<b>Tratamientos con Hormonagro 1 (HG 1)</b>									
<b>Fecha de siembra:</b>									
N.º días	Fec ha	Tratamiento	Repetición	N.º de frascos	Contaminación de las microestacas (%)	N.º de raíces por microestaca	Longitud de raíces por microestaca (cm)	N.º de brotes por microestaca	Longitud de brotes (cm)
		T4	1	1					
		T4	2	2					
		T4	3	3					

### 5.3.13. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos, se realizó el análisis de varianza (ANOVA); y, la prueba estadística de significancia de Tukey al 0,05 % de probabilidad, con la finalidad de determinar diferencias significativas, en las medias y varianzas de los tratamientos realizados.

### 5.4. Metodología para la difusión de los resultados de la investigación, a los actores sociales interesados para su conocimiento y aplicación.

La difusión de resultados obtenidos en la presente investigación, se realizaron mediante las siguientes actividades:

- Participación en la Feria de Investigación, promovida por la Dirección de investigación de la UNL.
- Socialización de los resultados obtenidos, al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona, del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja.
- Socialización de los resultados de la investigación en el Simposio Científico Ecuatoriano-Alemán, desarrollado en la Universidad Técnica Particular de Loja.
- Manual Técnico informativo, con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.
- Elaboración de un artículo científico, con los resultados del trabajo de investigación de tesis; y,
- Elaboración y publicación del documento final de la tesis.

## 6. Resultados

### 6.1. Enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *ex vitro*, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal.

#### 6.1.1. Porcentaje promedio de contaminación

La contaminación de las microestacas, se registró a partir de los 15 días de instalado el experimento hidropónico, hasta los 120 días, en donde el tratamiento T2 conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1, obtuvo el menor porcentaje de contaminación de 3,3 %; mientras que, el tratamiento T3, formado por 1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA y T4, con 2,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA, presentaron mayores porcentajes, con 50 % y 63,3 %, respectivamente. Según el análisis de varianza, se observó que existió diferencia estadística significativa, entre tratamientos ( $p=0,0007687$ ), (Figura 7) en donde la contaminación de las microestacas puede haber sido causada, por la proliferación de hongos y alcalinidad del medio de cultivo (Figura 8).

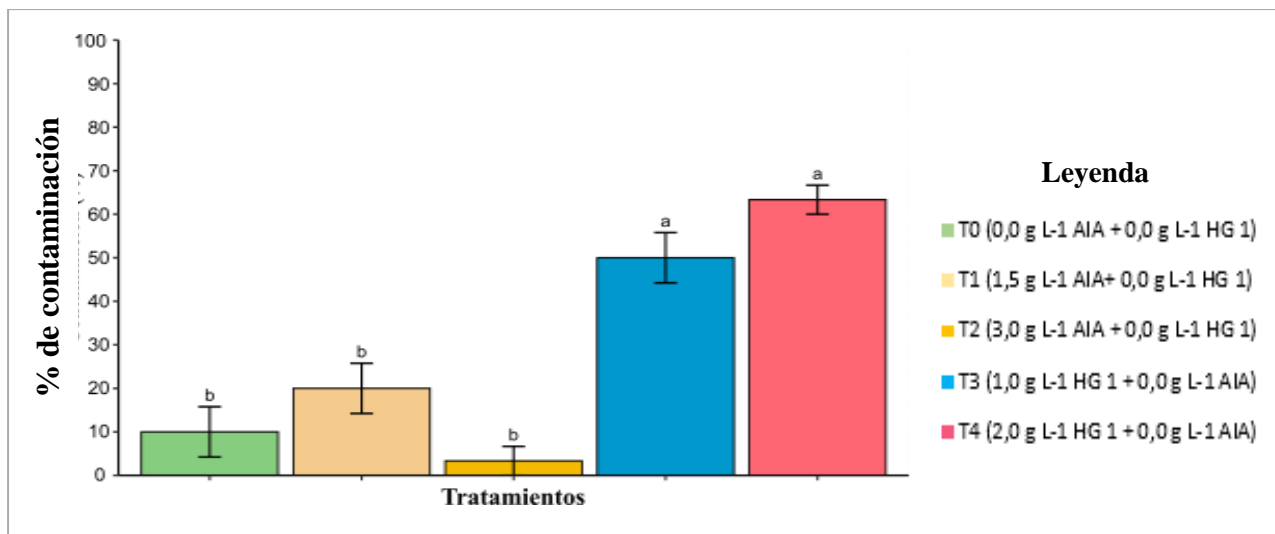


Figura 7. Porcentaje promedio de contaminación de las microestacas de *Cinchona officinalis* L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.

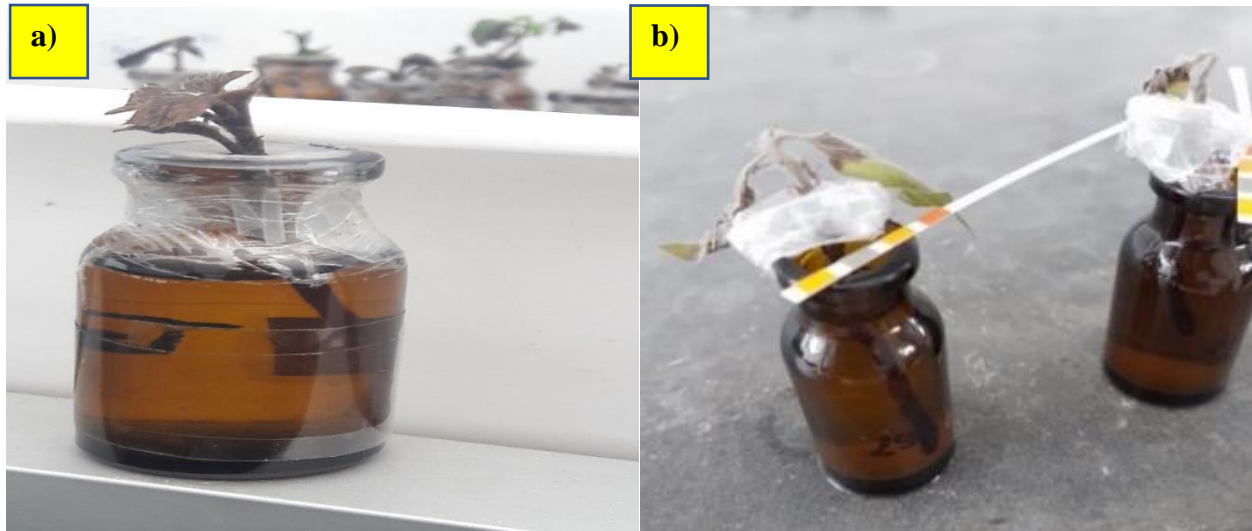


Figura 8. Microestacas de *Cinchona officinalis* L. a) Proliferación de hongos; b) Alcalinidad del medio de cultivo, a los 120 días de evaluación.

### 6.1.2. Porcentaje promedio de Supervivencia

En lo relacionado a la variable porcentaje promedio de supervivencia de las microestacas, el tratamiento T2, conformado por  $3,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1, presentó el 96,7 %, seguido del tratamiento T0 conformado por  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1, con 90 %. y el T1 formado por  $1,5 \text{ g L}^{-1}$  AIA +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1, con 80 %; mientras que, los tratamientos T3 ( $1,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1 +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA) y T4 ( $2,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1 +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA) tuvieron menores porcentajes de supervivencia de 50 % y 36,7 % respectivamente (Figura 9 y 10). El análisis de variancia y la prueba de Tukey al 0,05 %, demostraron que existió diferencia estadística significativa entre tratamientos ( $p= 0,0007687$ ).

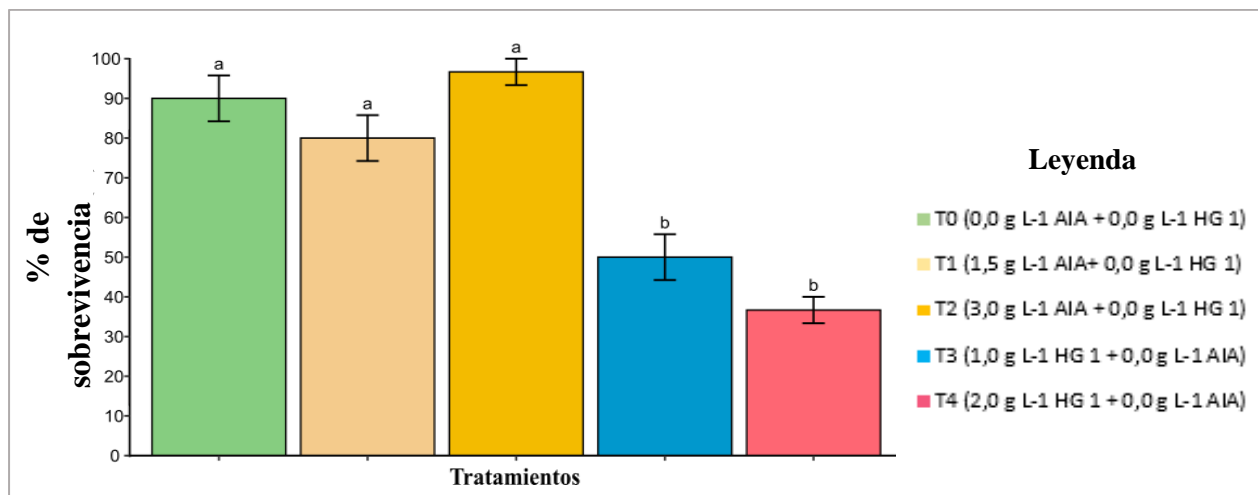


Figura 9. Porcentaje promedio de supervivencia de las microestacas de *Cinchona officinalis* L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.

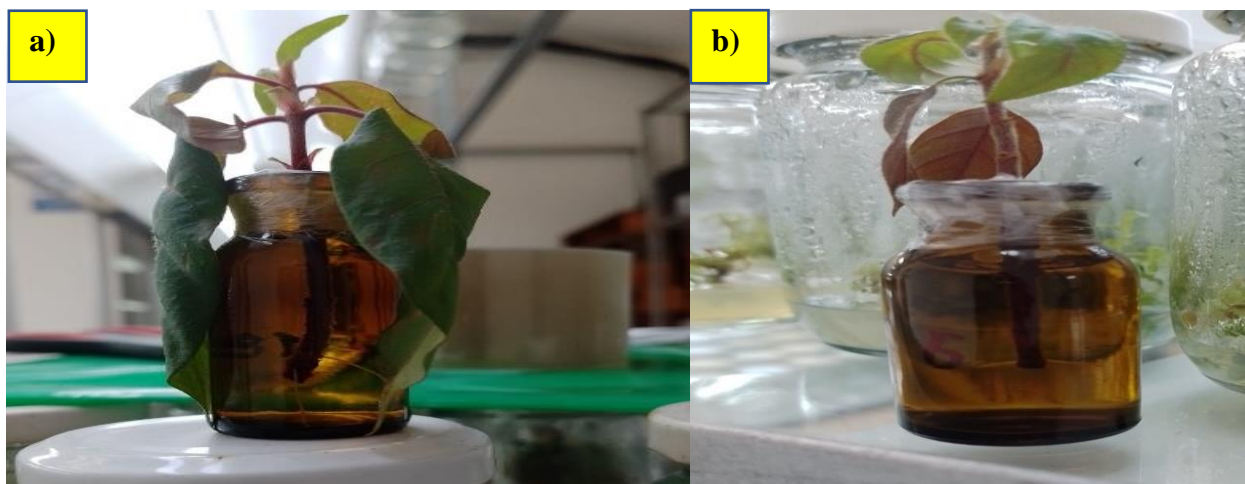


Figura 10. Microestacas de *Cinchona officinalis* L., vivas; a) y b) microestacas pertenecientes al tratamiento T2, a los 120 días de evaluación.

### 6.1.3. Porcentaje promedio de formación de raíces

En lo relacionado al porcentaje promedio de formación de raíces en microestacas de *Cinchona officinalis* L., con sus respectivas concentraciones hormonales, destacan los tratamientos T2, conformado por  $3,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1, y el T0, con  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1, que presentaron un porcentaje promedio de raíces, de 93,3 % y 90 %, respectivamente; mientras que, el T3 y T4 ( $1,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1 +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA) y ( $2,0 \text{ g L}^{-1}$  HG 1 +  $0,0 \text{ g L}^{-1}$  AIA), registraron el menor porcentaje, con 46,7 % y 33,3 % respectivamente. Como se observa en la Figura 11, el análisis estadístico realizado, determinó que existió diferencia significativa, entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ; F: 0,001039).

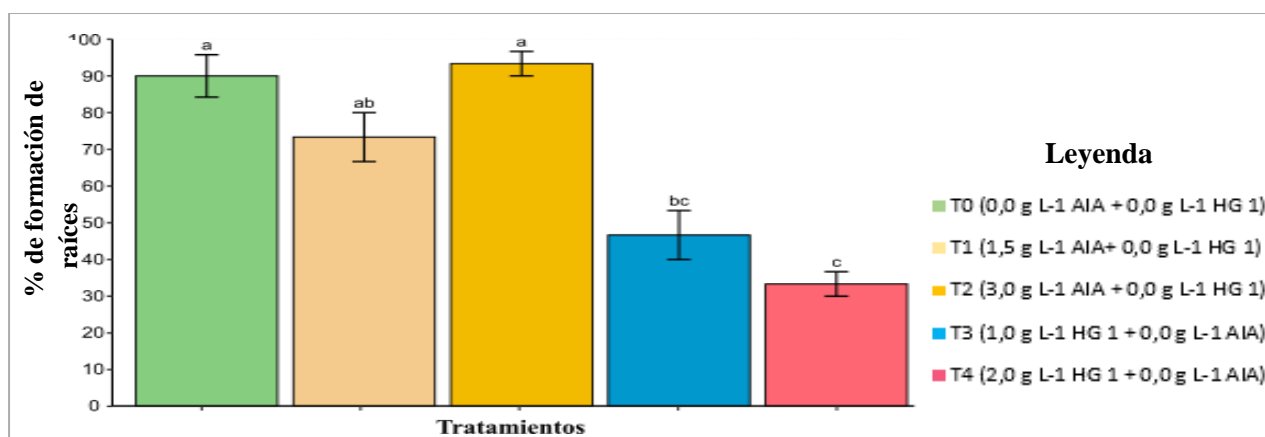


Figura 11. Porcentaje promedio de formación de raíces en microestacas de *Cinchona officinalis* L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.



#### 6.1.4. Número promedio de raíces por microestaca

Como se puede ver en la Figura 12, a los 120 días de evaluación se evidenció, que todos los tratamientos presentaron raíces por microestaca, siendo el tratamiento T2, compuesto por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1, el que obtuvo el mayor número promedio con 10,06 raíces por microestaca (Figura 13b); seguido del testigo T0, formado por 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1, con 9,67 raíces (Figura 13a); el T1 conformado por 1,5 g L<sup>-1</sup> AIA+ 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 con 6,27; por otro lado, el T3 (1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA) y T4 (2,0 g L<sup>-1</sup> HG 1+ 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA) obtuvieron el menor porcentaje de 3,96 y 2,36 raíces promedio, respectivamente (Figura 13c). El análisis estadístico demostró la existencia de diferencias significativa entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ;  $F: 7,418e-07$ ).

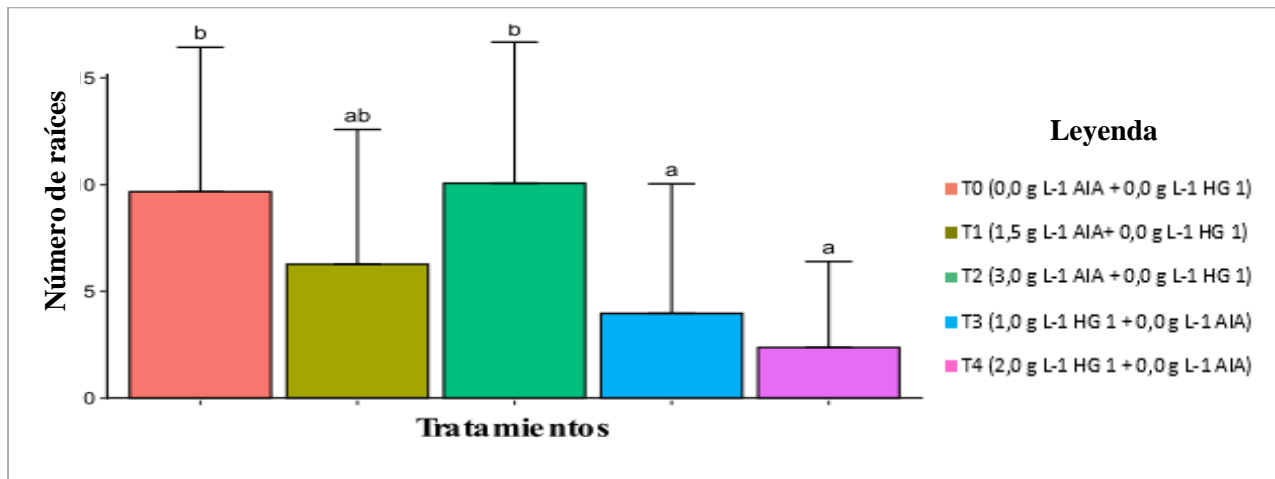


Figura 12. Número promedio de raíces en microestacas de *Cinchona officinalis* L, en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.

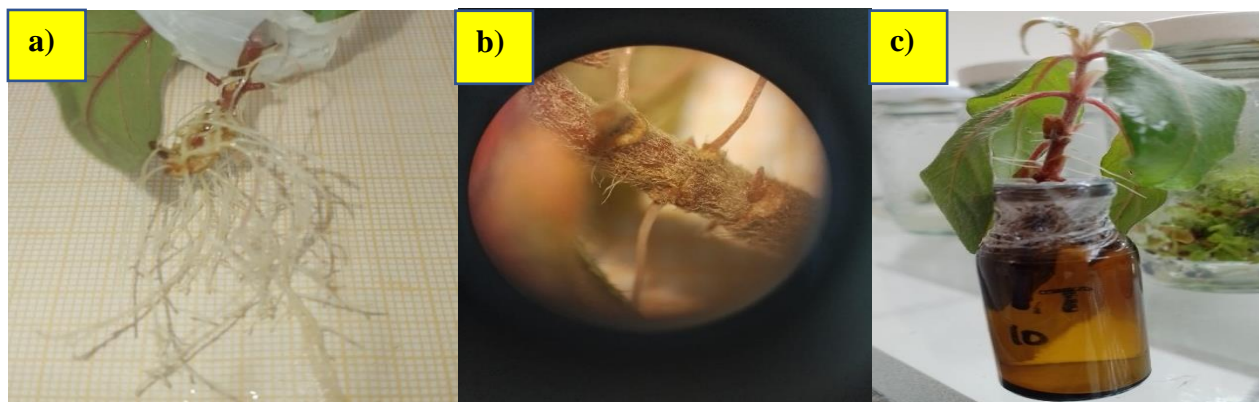


Figura 13. Número de raíces por microestaca de *C. officinalis* L. a) Raíces en el tratamiento T0; b) Vista microscópica de las raíces en el tratamiento T2; y, c) Observación de las raíces adventicias en el en el vial (frasco de vidrio) del tratamiento T3.

### 6.1.5. Longitud promedio de raíces

De acuerdo a lo que muestra la Figura 14, el T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1) y el T0 (0,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1) presentaron una longitud promedio de raíces considerables, a los 120 días de evaluación; así, el T2 presentó la mayor longitud, con 3,58 cm; seguido del testigo T0 (0,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1) con 2,94 cm; mientras que, los tratamientos T3 conformados por 1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA y T4, por 2,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA, obtuvieron longitudes promedio menores, con 0,73 cm y 0,21 cm, respectivamente. El análisis estadístico de la variable longitud de las raíces entre los tratamientos, fue estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ; F: 3.728e-12).

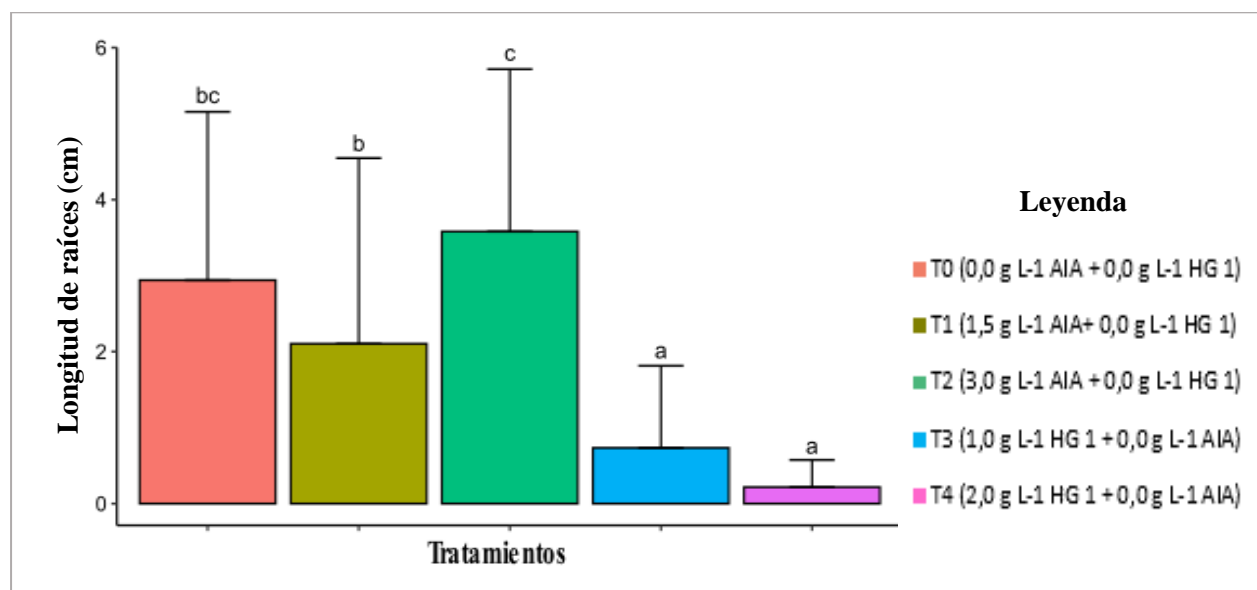


Figura 14. Longitud promedio de raíces en microestacas de *Cinchona officinalis* L. en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.

### 6.1.6. Número promedio de brotes por microestaca

En la figura 15, se muestran los resultados de la variable número promedio de brotes por microestaca, en donde el tratamiento T1, compuesto por 1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 obtuvo el mayor número promedio de brotes con 1,5 (Figura 16); seguido del T0, conformado por 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 con 0,76; mientras que, el T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1) y T3 (1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA) con el menor número promedio, de 0,23 y 0,16, respectivamente. Cabe destacar que el T4, no presentó la formación de brotes adventicios. El análisis de varianza ANOVA

y la prueba de significación de Tukey al 0,05 %, evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un p-valor de 0,001955.

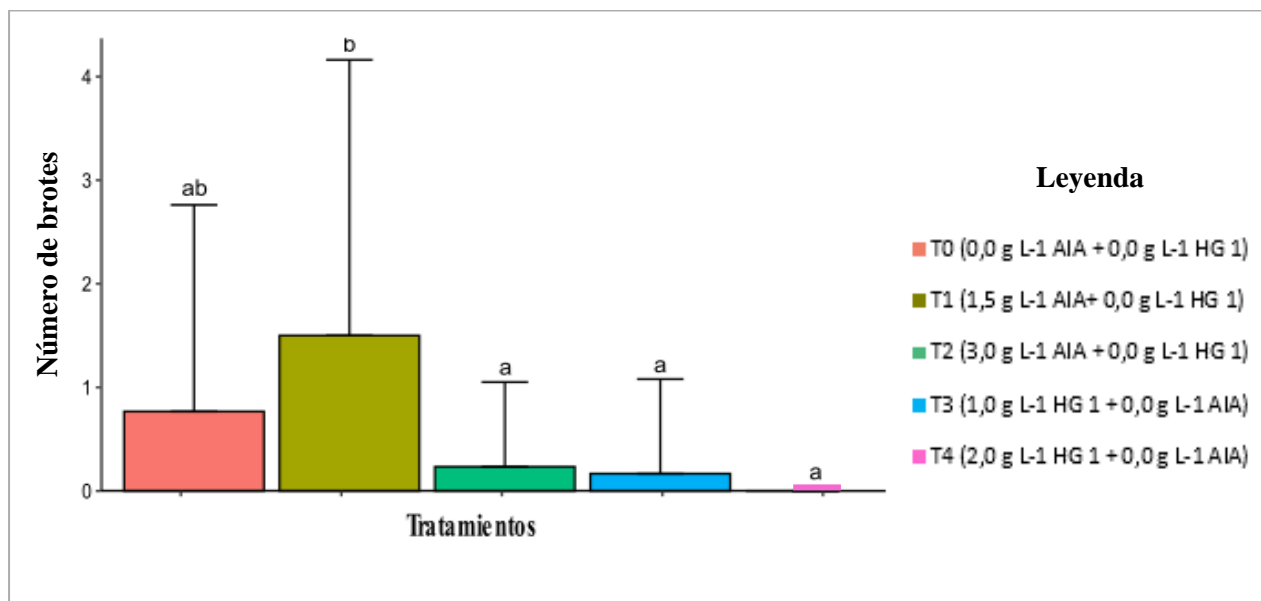


Figura 15. Número promedio de brotes en microestaca de *Cinchona officinalis* L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.

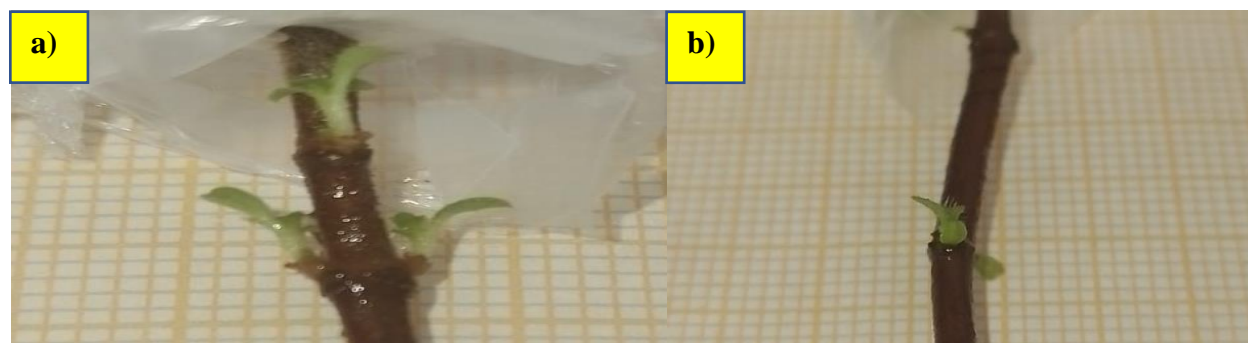


Figura 16. Número de brotes en las microestacas; a) y b) brotes formados en el tratamiento T1 a los 120 días de evaluación.

### 6.1.7. Longitud promedio de los brotes por microestaca

Con respecto a la longitud promedio de los brotes en las microestacas de *Cinchona officinalis* L., a los 120 días de evaluación, de acuerdo como se muestra en la figura 17, se evidenció que el T1 conformado por 1,5 g L<sup>-1</sup> AIA+ 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1, registró la mayor longitud promedio de brotes, con 0,06 cm, el T0, el cual no contuvo ninguna combinación hormonal, presentó 0,03 cm; mientras que, los tratamientos T2, con 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1) y T3 con 1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA) alcanzando el menor número promedio de longitud de los brotes, con 0,02 y 0,007

cm, respectivamente; por otro lado, T4 no registró formación de brotes. Al aplicar el análisis estadístico ANOVA y la prueba de significancia de Tukey al 0,05 %, se determinó que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos, con un p-valor de 0,01093.

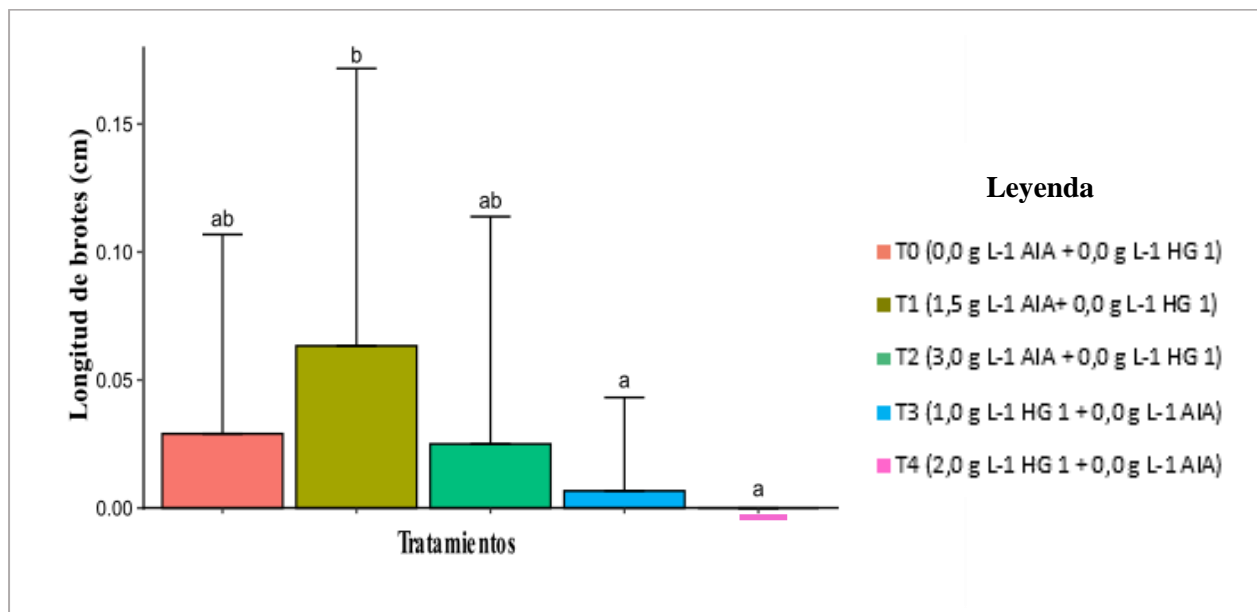


Figura 17. Longitud promedio de los brotes por microestaca de *Cinchona officinalis* L., en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.

#### 6.1.8. Número promedio de días al enraizamiento

Como se muestran en la Figura 18, la aparición de raíces en las microestacas de *Cinchona officinalis* L., se presentó a partir de los 60 días, de evaluación, destacándose a los 120 días, el tratamiento T2, conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1, el cual alcanzó el pico más alto en cuanto al enraizamiento, con 10,06 raíces promedio por microestaca. Además, los tratamientos T3 y T4, conformados por 1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA y 2,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA, presentaron porcentajes bajos de enraizamiento, de 3,97 y 2,37 raíces respectivamente, a los 120 días de evaluación.

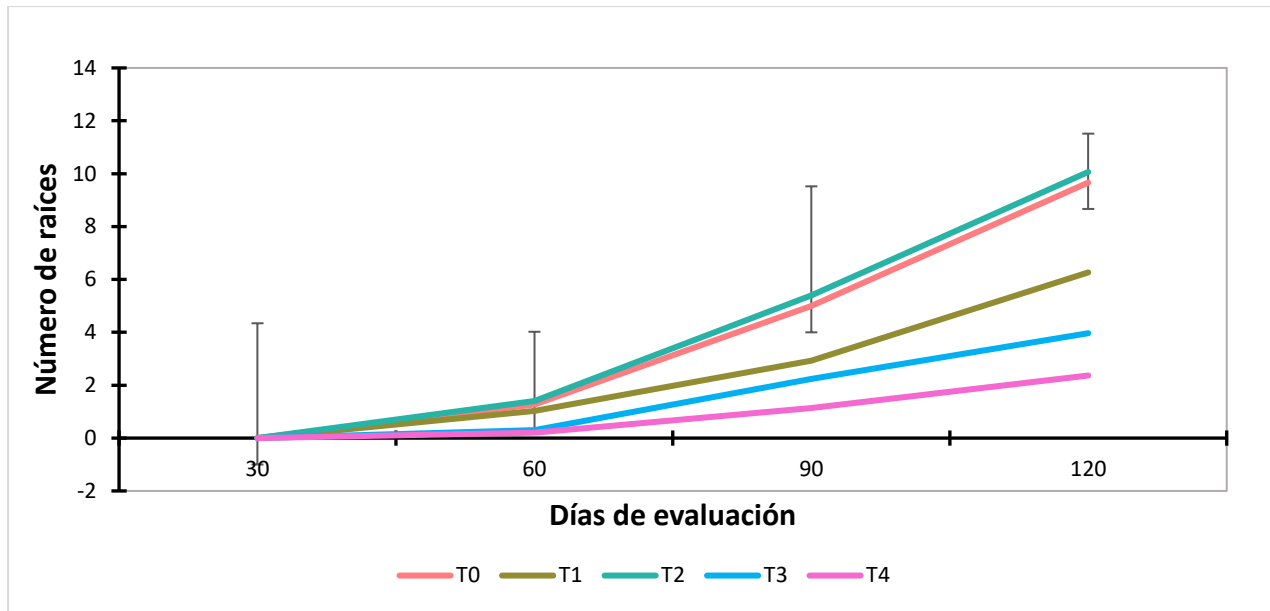


Figura 18. Curva acumulativa del número promedio de raíces por microestaca de *Cinchona officinalis* L en las diferentes concentraciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación.

## 6.2. Efecto de diferentes combinaciones hormonales y de un enraizador comercial, para el enraizamiento *in vivo* en el invernadero de *Cinchona officinalis* L., a partir de brotes obtenidos de plántulas *ex vitro*.

### 6.2.1. Porcentaje promedio de contaminación

La evaluación del porcentaje promedio de contaminación de las microestacas de *Cinchona officinalis* L., se realizó a partir del quinto día, después de la siembra en turba, hasta los 120 días; en donde, el tratamiento T0, constituido solo por las sales del medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS, 1962) presentó el 50 % de contaminación; seguido del T1 formado por 1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS con 43,3 % y el, T4 conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS, con 33,3 %; mientras que, el T3 (1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS) y T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) registraron el menor porcentaje, con 30 % y 20 %, respectivamente (Figura 19 y 20). Según el análisis estadístico ANOVA y la prueba de significancia aplicada, se determinó que no existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos ensayados ( $p < 0,05$ ; F: 0,1442).

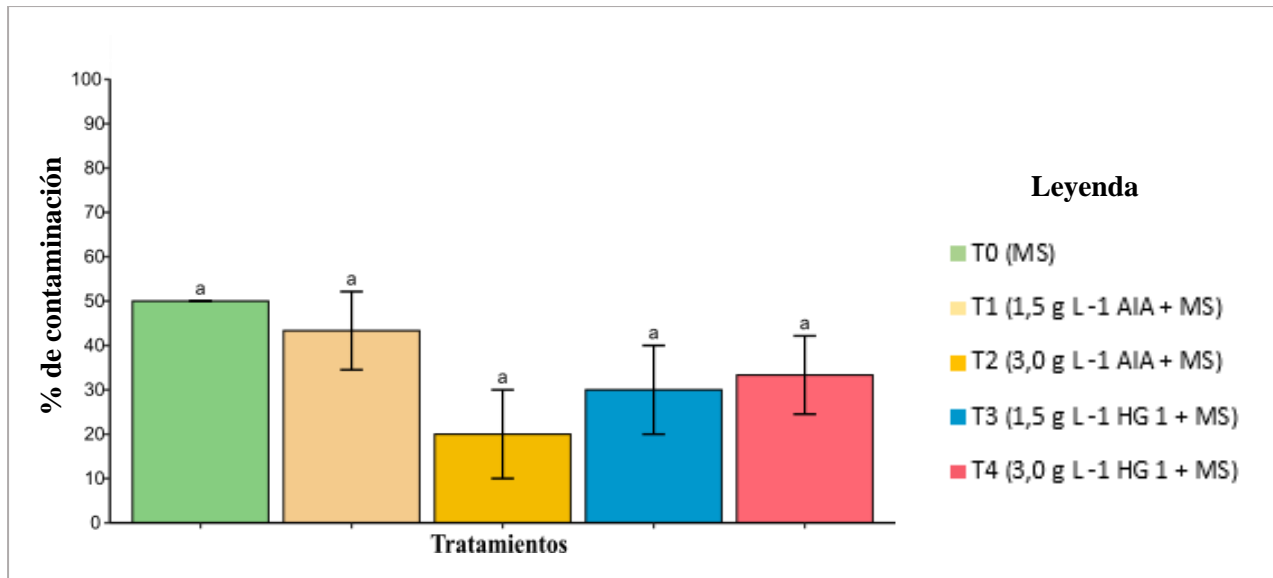


Figura 19. Porcentaje promedio de contaminación de las microestacas de *Cinchona officinalis* L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.



Figura 20. Contaminación de las microestacas de *Cinchona officinalis* L. en los diferentes tratamientos a) T0 (MS, 1962); y, b) T1(1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS). T= Tratamiento, MS= Murashige Skoog, AIA= Ácido indolacético.

### 6.2.2. Porcentaje promedio de sobrevivencia

En lo relacionado a la variable porcentaje promedio de sobrevivencia de las microestacas, se observó que el tratamiento T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) presentó el mayor valor con 80 %; así mismo, el T3 (1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS) con 70 % y en menor porcentaje los tratamientos T1, conformado por 1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) y T0 (MS, 1962), con 56,7 % y 50 %, respectivamente (Figura

21 y 22). Al realizar el análisis de varianza y la prueba de LSD Fisher, se determinó que no existió diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ;  $F: 0,1442$ ).

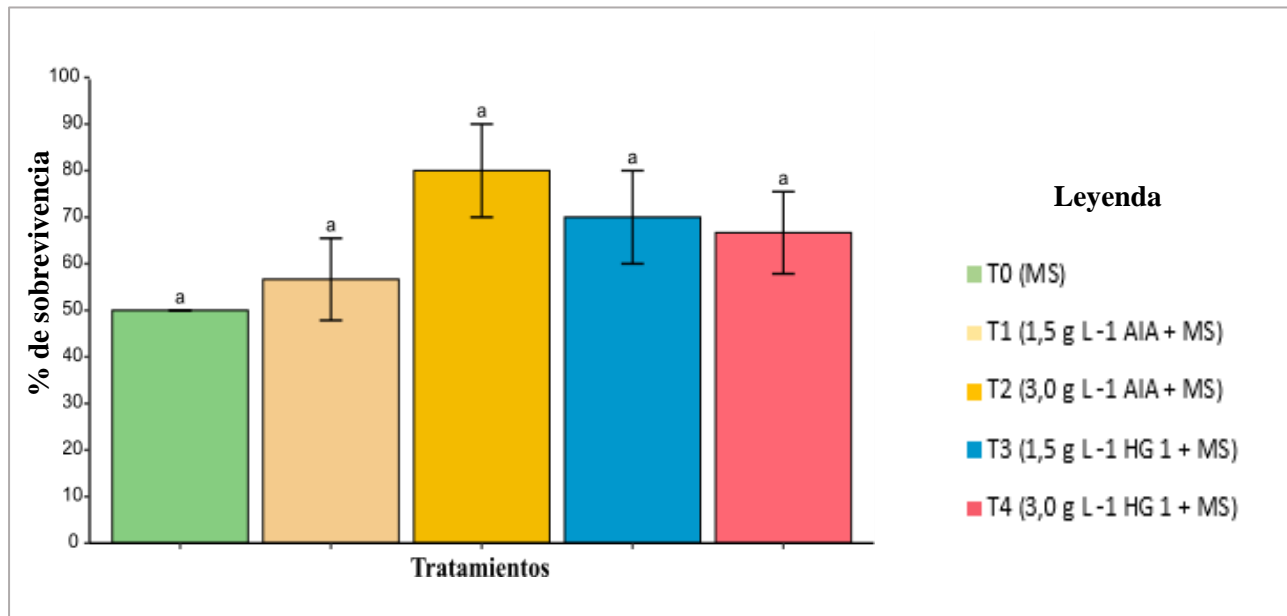


Figura 21. Porcentaje promedio de sobrevivencia de las microestacas de *Cinchona officinalis* L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.

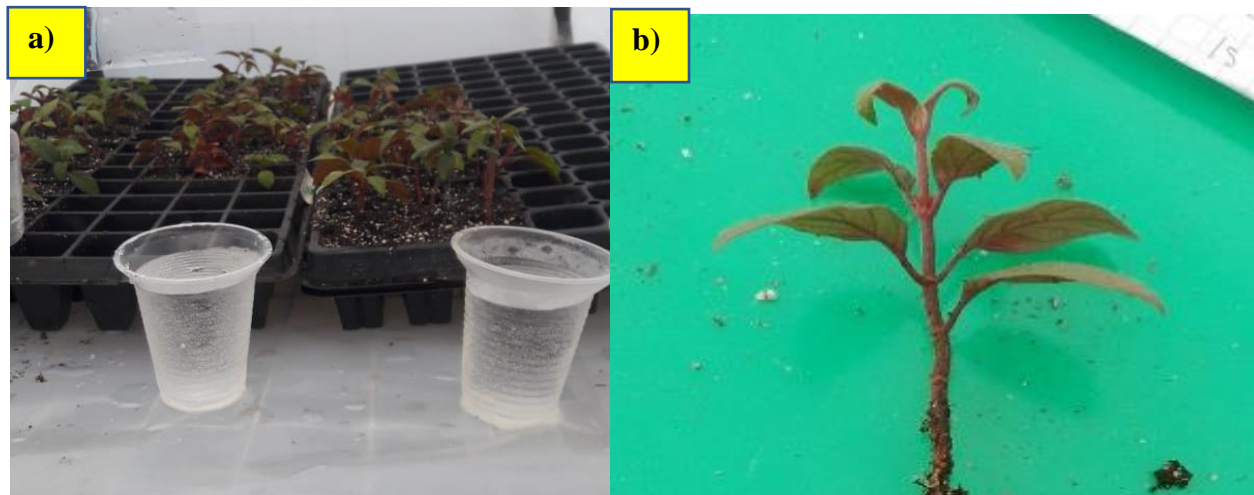


Figura 22. Microestacas de *Cinchona officinalis* L. a) Sobrevivencia de las microestacas en los diferentes tratamientos en las bandejas de germinación; b) Microestaca viva en el tratamiento T3 (1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS), a los 120 días de evaluación. T= Tratamiento, MS= Murashige Skoog, HG 1= Hormonagro 1.

### 6.2.3. Porcentaje promedio de formación de raíces

Según como se muestra en la figura 23, en las condiciones en las que se llevó a cabo la presente investigación, se evidenció que el tratamiento 2, constituido por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS y el tratamiento 3, con 1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS, fueron los que registraron mayores porcentajes promedio de formación de raíces, con el 46,67 % y 40 % respectivamente; mientras que, por el contrario en el T1 (1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) se evidenció la formación de raíces, en el 23,3 %; y, finalmente, en el T4 (3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS) con 20 %, El análisis estadístico demostró que no existió diferencia significativa, entre los tratamientos ensayados ( $p > 0,05$ ; F: 0,9083).

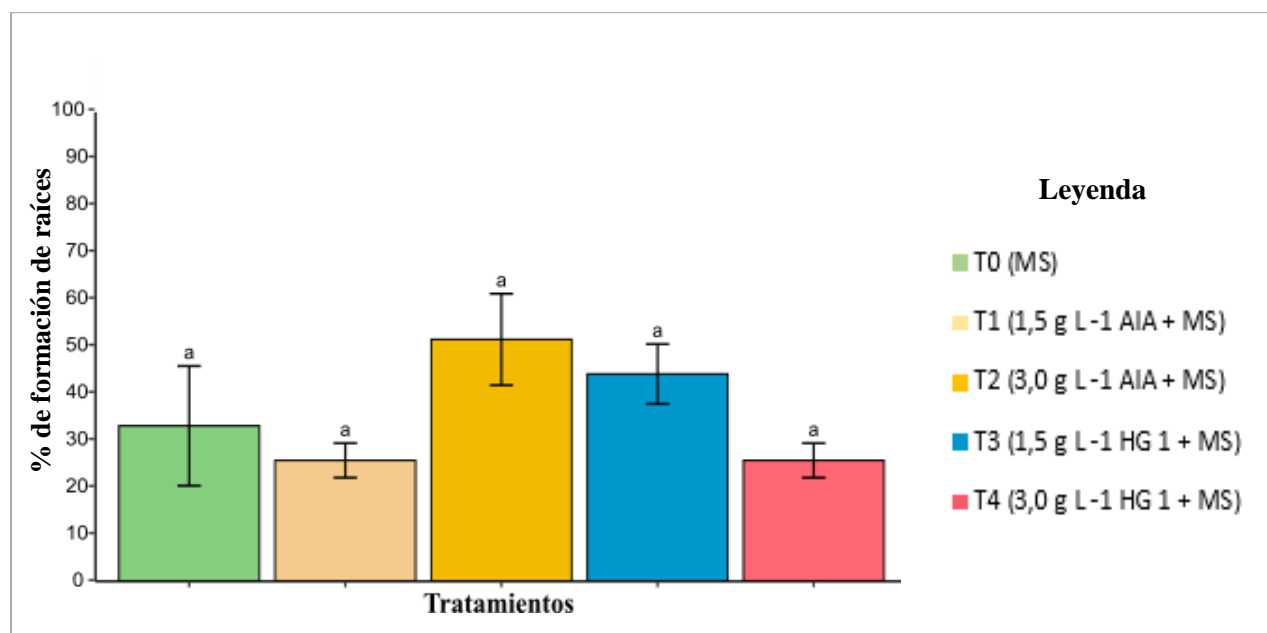


Figura 23. Porcentaje promedio de formación de raíces de las microestacas de *Cinchona officinalis* L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.

### 6.2.4. Número promedio de raíces por microestaca

En la Figura 24, se presentan los resultados del número promedio de raíces por microestaca, en donde en todos los tratamientos se pudo evidenciar la presencia de raíces; así, el T0 conformado por el medio de cultivo de Murashige Skoog (MS, 1962), sin la adición de ninguna combinación hormonal, presentó un número promedio de 6,80; mientras que, en los tratamientos que contenían las combinaciones hormonales de ácido indolacético y hormonagro 1, el T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) y T3 (1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS) presentaron similares valores, de 6,83 y 6,10 respectivamente; finalmente, el T4 (3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS) y T1 (1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) presentaron los menores valores



con 2,05 y 2,00, respectivamente (Figura 25). Al aplicar el análisis estadístico de LSD de Fisher y la prueba de significancia, se determinó la existencia de diferencia estadística significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ;  $F: 0,01683$ ).

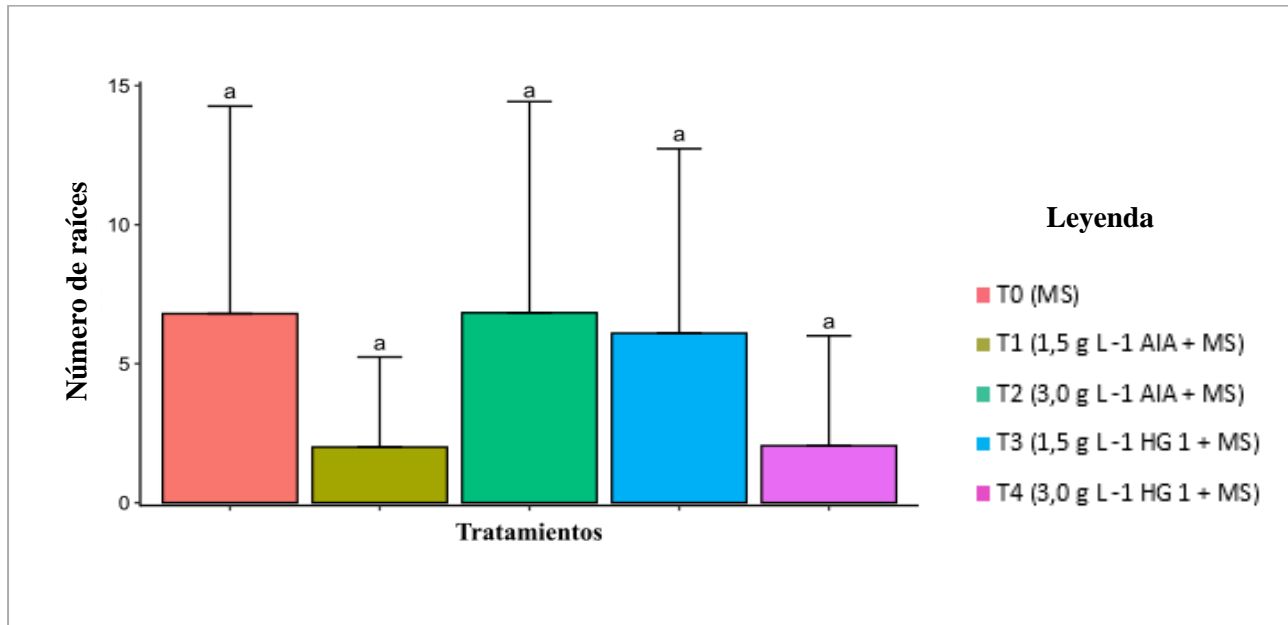


Figura 24. Número promedio de raíces por microestaca de *Cinchona officinalis* L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.

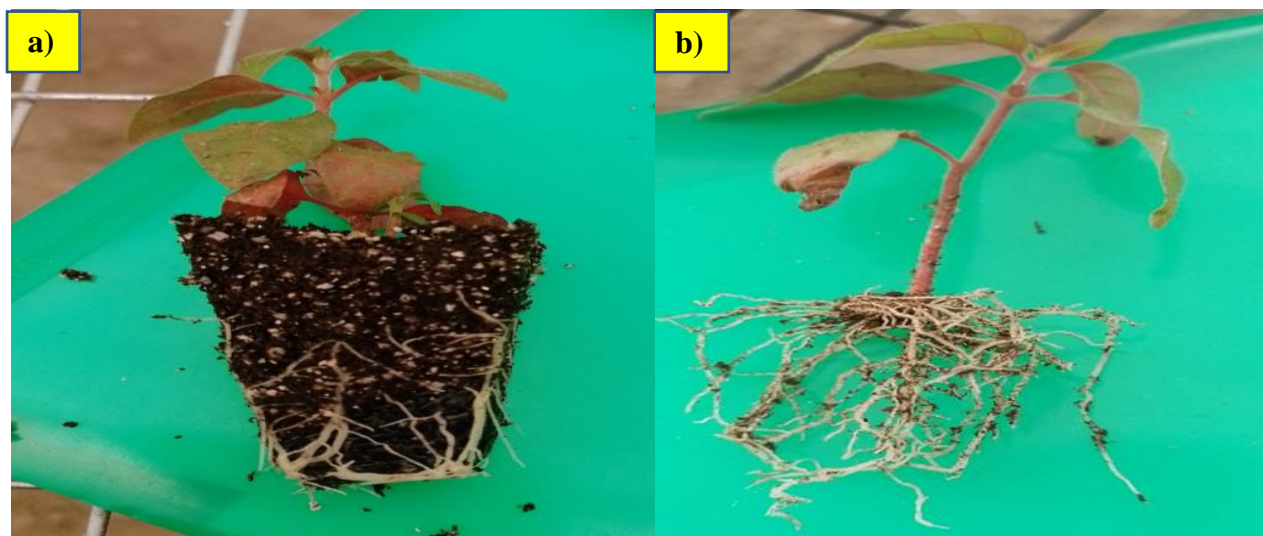


Figura 25. Número de raíces desarrolladas en los diferentes tratamientos. a) Raíces desarrolladas en el tratamiento T0 (MS, 1962); b) Raíces desarrolladas en el tratamiento T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS), a los 120 días de evaluación. T= Tratamiento, MS= Murashige Skoog, AIA= Ácido indolacético.

### 6.2.5. Longitud promedio de raíces

En cuanto a la variable longitud promedio de raíces, se determinó que el tratamiento T3 que estuvo conformado por 1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS, registró la mayor longitud promedio con 2,1 cm; mientras que, el tratamiento T2 formado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA+ MS, con 1,7 cm; seguido del T0 con 1,4 cm; mientras que, el T1(1,5 g L<sup>-1</sup> AIA+ MS) y T4 (3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS) con 0,9 cm y 0,3 cm, respectivamente (Figura 26). Según el análisis de varianza y la prueba significativa de LSD de Fisher, se demostró que existió diferencia estadística significativa, entre los tratamientos ensayados ( $p < 0,05$ ; F: 0,02879).

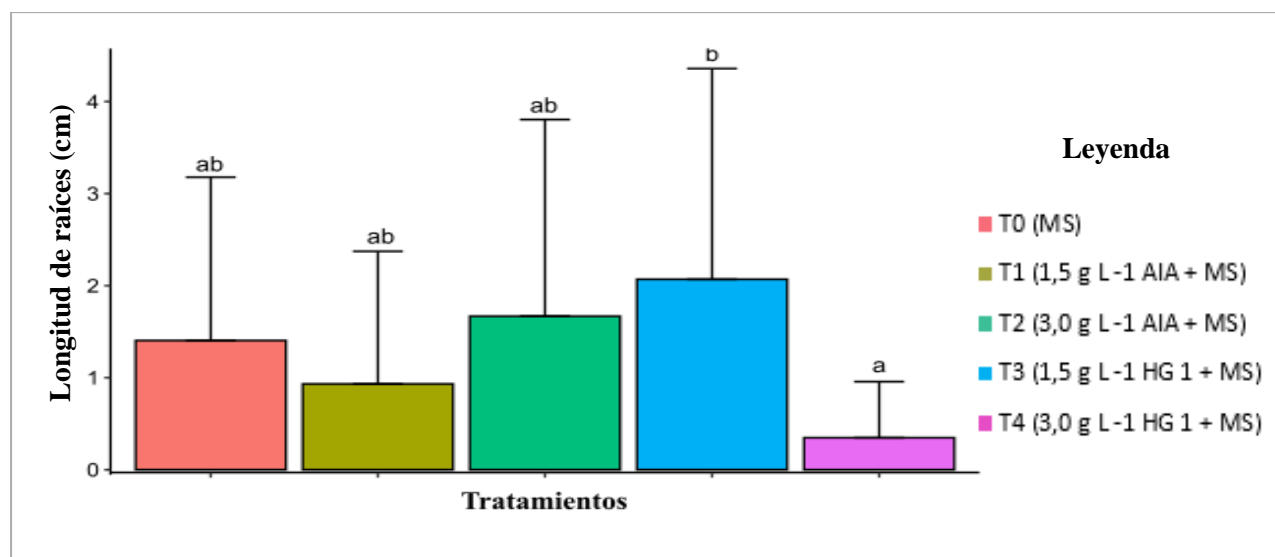


Figura 26. Longitud promedio de raíces por microestaca de *Cinchona officinalis* L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.

### 6.2.6. Número promedio de brotes por microestaca

En la figura 27, se muestran los resultados de la formación del número promedio de brotes en las microestacas de *Cinchona officinalis* L., en donde se determinó que el tratamiento con mayor número de brotes por microestaca, fue el tratamiento testigo T0, el cual no tuvo en su composición ninguna combinación hormonal, solo la solución nutritiva (MS, 1962) presentando un número promedio de 1,27 brotes por microestaca; de igual manera, el T4 (3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1+ MS) con 1 brote (Figura 28); mientras que, los tratamientos que registraron el mismo valor fue el T1 (1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) y T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS) con 0,71; por otro lado, el T3 conformado por 1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS, presentó el menor valor de 0,62 brotes por microestaca. Al aplicar el análisis estadístico

ANOVA y la prueba de significancia de Tukey al 0,05 %, se determinó que no existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, con un  $p < 0,05$ ; F: 0,5101.

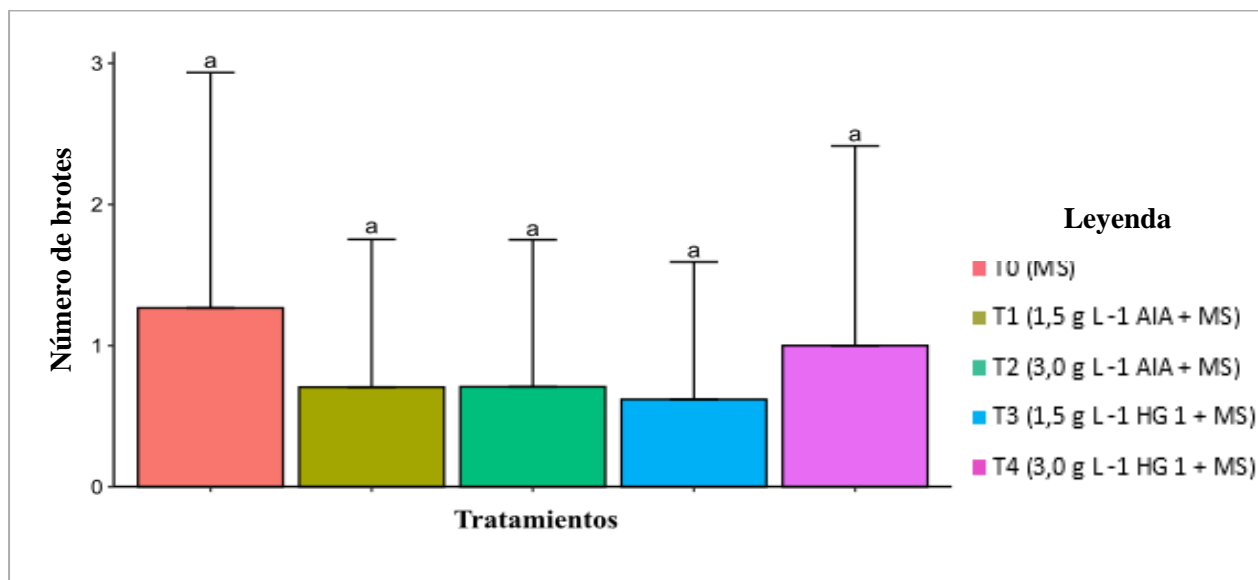


Figura 27. Número promedio de brotes por microestaca de *Cinchona officinalis* L en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.

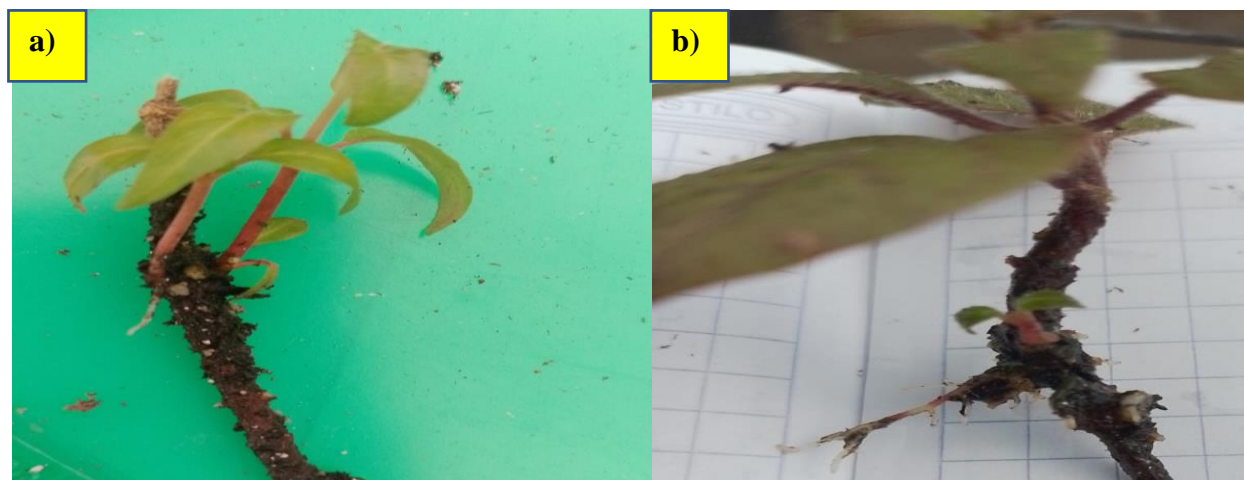


Figura 28. Número de brotes formados en las microestacas de *Cinchona officinalis* L., a los 120 días de evaluación; a) y b) brotes formados en el tratamiento T4 (3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS). T= Tratamiento, MS= Murashige Skoog, HG 1= Hormonagro 1.

### 6.2.7. Longitud promedio de los brotes por microestaca

En cuanto a la variable longitud promedio de los brotes por microestaca, se logró determinar que el tratamiento T0 (MS, 1962) y T4 conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1+ MS, obtuvo el mayor tamaño con 0,20 cm; por otro lado, el tratamiento T1 con 1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS y T2 con 3,0 g L<sup>-1</sup>

AIA + MS, registraron valores de 0,10 y 0,09 cm respectivamente (Figura 29). El análisis estadístico demostró, que no que existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ensayados ( $p < 0,05$ ; F: 0,3266).

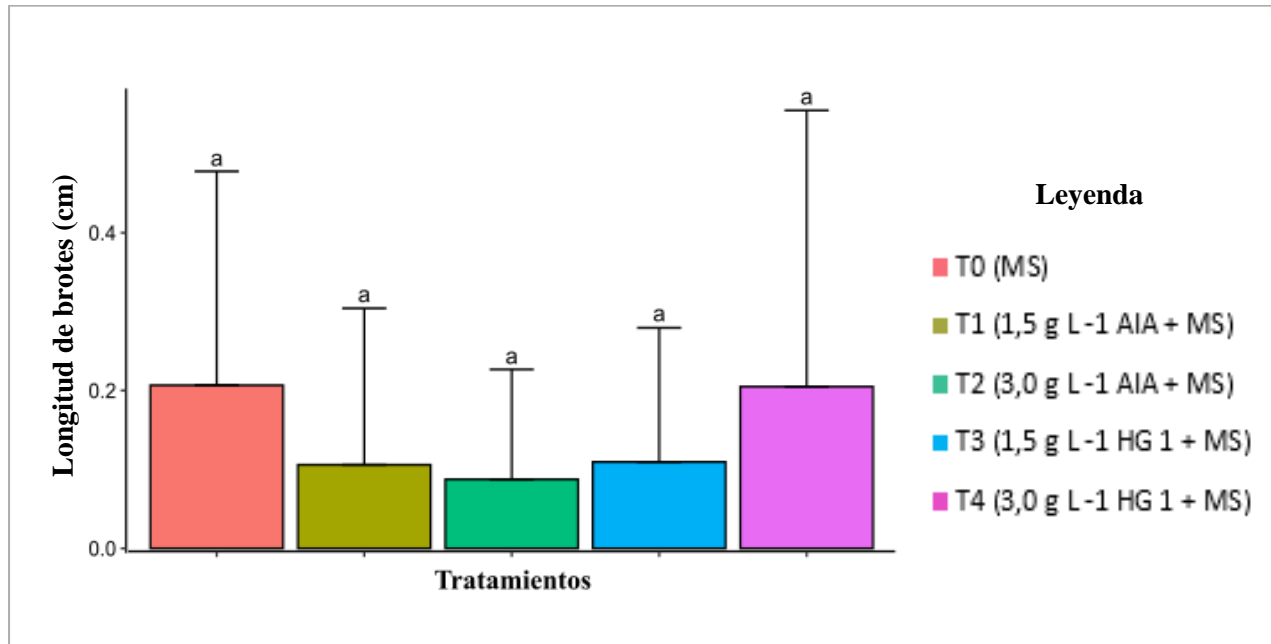


Figura 29. Longitud promedio de los brotes por microestaca de *Cinchona officinalis* L. en turba, en las diferentes combinaciones hormonales de AIA y el enraizador comercial hormonagro 1, a los 120 días de evaluación en el invernadero.

### 6.3. Difusión de los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación

Para la difusión de resultados de la investigación realizada y por la relevancia de generar información sobre: **“ENRAIZAMIENTO HIDROPÓNICO E *IN VIVO* DE *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE PLÁNTULAS *EX VITRO*”**, se realizaron las siguientes actividades:

- Exposición de los resultados obtenidos en la Feria de Investigación, desarrollada por la Dirección de Investigación de la UNL, la misma que estuvo dirigida a la comunidad universitaria y a la ciudadanía de Loja en general.
- Socialización de los resultados obtenidos al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona, del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja, desarrollada el día 01 de marzo del 2023.

- Socialización de los resultados de la investigación en el Simposio Científico Ecuatoriano-Alemán, desarrollado en la Universidad Técnica Particular de Loja.
- Elaboración de un Manual Técnico informativo, con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación.
- Elaboración de un artículo científico, con los resultados del trabajo de investigación de tesis.



Figura 30. a) Exposición en la feria de Investigación; b) Socialización de los resultados al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona; c) Socialización de los resultados en el Simposio Científico Ecuatoriano- Alemán.

## 7. Discusión

### **7.1. Enraizamiento hidropónico de microestacas de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *ex vitro*, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, en el laboratorio de Micropropagación Vegetal, a los 120 días de evaluación.**

#### **7.1.1. Porcentaje promedio de contaminación**

La contaminación en la propagación asexual de *Cinchona* a través del uso de la hidroponía, puede originarse por condiciones altas de humedad, que pueden ser propicias para el desarrollo de muchos microorganismos fitopatógenos como hongos, bacterias entre otros (Beltrano y Giménez, 2015). Por otro lado, Zárate (2014), menciona que en los cultivos hidropónicos es importante que la solución nutritiva a utilizarse tenga el pH indicado, debido a que si presenta alcalinidad o acidez, puede limitar la absorción de nutrientes y desarrollo de la planta.

En lo relacionado con la variable porcentaje promedio de contaminación de las microestacas de *Cinchona officinalis* L., el mayor valor se presentó en los tratamientos; T3 conformado por 1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA y T4, por 2,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA, en los cuales se utilizó una auxina comercial (Hormonagro 1), aplicado de manera sólida, en donde la sustancia hormonal se solidificó en el interior del vial, produciendo hongos e impidiendo de esa manera el desarrollo de las raíces. Según Kester y Hartmann (1983) manifiestan que el uso de reguladores de crecimiento como las auxinas, en concentraciones óptimas, permiten un aumento en el número y calidad de raíces; mientras que, en concentraciones supraóptimas, puede provocar descenso en la respuesta, debido a problemas de toxicidad.

#### **7.1.2 Porcentaje promedio de sobrevivencia**

En cuanto a la variable porcentaje promedio de sobrevivencia de las microestacas en el ensayo desarrollado en la técnica de hidroponía, el mayor valor de sobrevivencia estuvo en el rango de 80 hasta 96,7 %, específicamente en los tratamientos T0, T1 y T2, respectivamente. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Cunha et al. (2005) quienes en el estudio de productividad y supervivencia de minitocones de *Eucalyptus benthamii* en sistema hidropónico y en tubos, obtuvieron porcentajes de sobrevivencia, entre 88 y 100 %; entre tanto, Matamoros-Quesada et al. (2020) mencionan que para evitar la mortalidad en cultivos hidropónicos, es necesario el manejo de diversos factores: ambientales, área foliar, aplicación de auxinas en

concentraciones adecuadas y los diferentes cuidados que se deben realizar durante el proceso de adaptación, para incrementar el enraizamiento en las microestacas.

### **7.1.3. Porcentaje promedio de formación de raíces**

Las microestacas de *Cinchona officinalis* L. enraizadas mostraron los mejores resultados en el tratamiento T2, que estuvo conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1, obteniendo un porcentaje de 93,3 %; por otro lado, el tratamiento T4 (2,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA) en el que se utilizó el enraizador comercial como el hormonagro 1, se logró la formación de raíces en microestacas, en menor porcentaje de 33,3 %. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Valeri et al. (2012), quienes en el enraizamiento de esquejes de *Caesalpinia echinata* en hidroponía, registraron el 65% de enraizamiento con el uso de reguladores de crecimiento: ácido indolacético (AIA) y ácido naftalenoacético (ANA); mientras que, en un sustrato sólido obtuvo un 16 %, ambos a una concentración de 2 500 mg L<sup>-1</sup>, a los 120 días de evaluación; por tanto, Endres et al. (2007) mencionan que, el uso de reguladores de crecimiento, en forma sólida puede presentar variaciones en relación a las auxinas, produciendo daño a la uniformidad de enraizamiento; de la misma manera Ramirez et al. (2011) en su estudio utilizaron el método hidropónico, con la adición del Hormonagro 1, presentando los valores más bajos de enraizamiento, con 0 y 18,63 % respectivamente, evidenciando daños notorios en las plantas, las cuales se tornaban cloróticas, marchitas y finalmente muertas.

### **7.1.4. Número y longitud promedio de raíces por microestaca**

Los resultados del número y longitud promedio de raíces por microestaca, en la presente investigación se obtuvo que el Tratamiento T3 conformado por 1,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA y T4 con 2,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + 0,0 g L<sup>-1</sup> AIA, registraron un menor porcentaje de 3,96 y 2,36 raíces promedio y una longitud de 0,73 cm y 0,21 cm, respectivamente. (Medina, 2012), menciona que los factores que afectan significativamente a la capacidad de enraizamiento en especies forestales son; la variación fenotípica, los factores ambientales, fisiológicos y estado de desarrollo. Por otro lado, el T2 (3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1) presentó el mayor número de raíces adventicias con 10,06 y una longitud de 3,58 cm utilizando una auxina natural (Ácido indolacético), resultados que son superiores a los presentados por Patiño et al. (2016) quienes utilizaron otro tipo de auxinas para la inducción y enraizamiento de brotes de *Cordia alliodora* y obtuvieron un promedio de 1,78

raíces y una longitud de 2,59 cm, utilizando concentraciones de 1500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 1500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB.

#### **7.1.5. Número y longitud promedio de brotes por microestaca**

En lo relacionado a la variable de formación y longitud de brotes, de acuerdo a las evaluaciones periódicas realizadas a cada tratamiento, el T1 (1,5 g L<sup>-1</sup> AIA+ 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1), en el cual se utilizó una auxina de origen puro (AIA), se formaron 1,5 brotes y una longitud de 0,06 cm, seguido del testigo, al cual no se le adicionó ninguna combinación hormonal, con 0,76 cm; mientras tanto, el tratamiento T4 conformado por 2,0 g L<sup>-1</sup> AIA + 0,0 g L<sup>-1</sup> HG 1, no presentó ningún valor. Estos resultados son inferiores a los presentados por Torres (2022), el cual evaluó el efecto del ácido indol butírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA), obteniendo los valores más altos (2 brotes) con la aplicación de AIB a 2 000 ppm y el valor más bajo con AIB a 8 000 ppm (1 brote), lo antes mencionado permite afirmar, que en el método hidropónico, la formación de brotes está influenciado por el AIA, por lo que Coello et al. (2010) mencionan que esta hormona tiene un efecto importante al promover una mayor longitud de brotes y raíces, lo cual es corroborado por Peres et al., (2001) quienes manifiestan que los brotes derivados de auxinas puede promover rizogénesis, es decir la formación de raíces adventicias.

### **7.2. Efecto de diferentes combinaciones hormonales y de un enraizador comercial, para el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., a partir de brotes obtenidos de plántulas del invernadero, a los 120 días de evaluación.**

#### **7.2.1. Porcentaje promedio de contaminación**

El porcentaje promedio de contaminación en el tratamiento testigo T0 (MS, 1962) y T1 constituido por 1,5 g L<sup>-1</sup> AIA + MS, presentaron el 50 y 43,3 % respectivamente, resultados que son superiores a los datos obtenidos por Zanoni (1975) en el estudio sobre propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales, en donde *Simarouba amara* y *Eucalyptus deglupta* obtuvieron el mayor porcentaje de mortalidad de 95,3 y 85,9 % respectivamente. Según Zanoni (1975), estos porcentajes se dieron por la variación de las condiciones del ambiente, provocando desecamiento, defoliación y muerte de las estacas, lo cual es concordante con lo señalado por Giraldo et al. (2009) quienes manifiestan, que la mortalidad no está relacionada con las especies o



tratamientos, sino con los factores ambientales, como el exceso de humedad y el tipo de sustrato, que son determinantes en la sobrevivencia de las microestacas.

### **7.2.2. Porcentaje promedio de sobrevivencia**

En cuanto a la variable porcentaje promedio de sobrevivencia, en el ensayo se evaluó el efecto de las combinaciones hormonales y el enraizador comercial (Hormonagro 1), donde se registró que el tratamiento T2, conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS y el T3, con 1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS, presentaron los mayores porcentajes de sobrevivencia, con 80 y 70 % respectivamente. Sisaro y Hagiwara (2016) señalan que las sustancias con efecto auxínico, aumentan el porcentaje de enraizamiento, número y calidad de raíces; y, además la uniformidad de las mismas. Los resultados obtenidos en la presente investigación, son inferiores a los presentados por Cruz et al. (2008), quienes en la propagación vegetativa de Fernan sánchez (*Triplaris guayaquilensis*) utilizaron hormonas de enraizamiento (ANA y AIB), evaluando el porcentaje de sobrevivencia, quedando establecido que, el tratamiento con las concentraciones de 500 mg kg<sup>-1</sup> de ANA + 500 mg kg<sup>-1</sup> de AIB, registraron el 93,33 %, señalando que a medida que se aumenta la concentración hormonal, disminuye la sobrevivencia de las microestacas.

### **7.2.3. Porcentaje promedio de formación de raíces**

Respecto a la variable porcentaje promedio de formación de raíces en microestacas, el tratamiento T2 conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS, presentó mayor porcentaje, con el 46,67 %; mientras que, el T4 con 3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS, con el más bajo porcentaje de 20 %, esto permitió deducir que la presencia de la auxina favoreció el crecimiento de raíces, lo cual es corroborado por Balakrishnan et al. (2009) y Mohammad et al. (2003), quienes han descrito líneas clonales para especies recalcitrantes, difíciles de enraizar, mediante la utilización de auxinas, como: Ácido 2,4 Diclorofenoxiacético, Ácido indolacético (AIA), Ácido indolbutírico (AIB) y Ácido naftalenacético (ANA), las cuales han permitido obtener altos porcentajes de enraizamiento. Estos resultados son superiores a los de Conde et al. (2017) en la propagación asexual de *Cinchona officinalis* L, quien utilizó hormonas enraizantes comerciales (Hormonagro 1 y Enraizador H.V), en donde a pesar de los cuidados que realizaron, no se logró estimular la formación de raíces adventicias, presentando resultados negativos; es decir, las hormonas no tuvieron un efecto positivo en el enraizamiento de estacas en su estudio; sin embargo, el enraizamiento depende de la

concentración hormonal y del medio de cultivo que se le adicione, lo cual es coincidente con lo mencionado por Itoh et al. (2002) quienes manifiestan, que el enraizamiento de las estacas, depende en gran medida del medio de cultivo y de los reguladores de crecimiento utilizados.

#### **7.2.4. Número y longitud promedio de raíces por microestaca**

En la presente investigación se evidenció que los tratamientos T0, el cual no se le aplicó ninguna combinación hormonal y los tratamientos, T2, y T3 conformados por el medio de cultivo MS y las hormonas enraizantes (AIA y Hormonagro 1) en concentraciones de 1,5 0 g L<sup>-1</sup> y 3,0 g L<sup>-1</sup> respectivamente, alcanzaron el mayor número promedio de raíces por microestaca con 6 a 6,80 resultados que son inferiores a los obtenido por Sánchez et al. (2021) quienes evaluaron la influencia del tipo de miniestaca, ya sea apical o basal, con la absorción del ácido indolbutírico (AIB) en diferentes concentraciones, obteniendo el mayor número de raíces (12,47) por miniestaca.

Así mismo, en cuanto a la longitud de raíces, se probó que el tratamiento T3 integrado por 1,5 g L<sup>-1</sup> HG 1 + MS, alcanzó la mayor longitud promedio de raíces por microestacas, con un valor de 2,1 cm; del mismo modo, los tratamientos T2 conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> AIA + MS y T0 (MS, 1962) presentaron un comportamiento similar, alcanzando una longitud promedio de 1,7 cm y 1,4 cm respectivamente. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Vidal et al. (2008) quienes en el estudio de inducción de enraizamiento en estacas de *Berberidopsis corallina* con ácido indolbutírico (AIB) en distintas concentraciones (0, 500, 1 000 y 1 500 mg L<sup>-1</sup>) como factor de enraizamiento, obtuvieron que la concentración de AIB de 1 000 mg L<sup>-1</sup>, registró los mejores resultados, con 13,64 cm de longitud de las raíces en las estacas.

#### **7.2.5. Número y longitud promedio de brotes por microestaca**

Respecto a la variable número promedio de brotes por microestaca, se registró que el tratamiento testigo T0 (MS, 1962) y T4 constituido por el enraizador comercial Hormonagro 1, en una concentración de 3,0 g L<sup>-1</sup>, a pesar de evidenciar bajos porcentajes de sobrevivencia y por ende enraizamiento, obtuvieron el mayor número de brotes con 1,27 y de 1,0 respectivamente, esto puede ser debido a las reservas intrínsecas de nutrientes y recurso propios de las estaca (Quinapallo y Velez, 2013). Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Vásquez et al. (2018) quienes

evaluaron el número de brotes, con la aplicación de diferentes sustratos, obteniendo un promedio de 3 brotes por tratamiento.

De igual manera en cuanto a la longitud promedio de los brotes, se obtuvo que el tratamiento testigo T0 (MS, 1962) al igual que el tratamiento T4, conformado por 3,0 g L<sup>-1</sup> HG 1+ MS, presentaron el mayor promedio de longitud de brotes, con 0,20 cm, resultados que son inferiores a los obtenidos por Bolbor (2017) quien en la propagación vegetativa de Guasango (*Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl), utilizó dos tipos de estacas en vivero, y la adición de una fitohormona, tanto en estacas apicales, como basales, obteniendo un promedio de desarrollo de 4,18 y 1,24 cm de longitud respectivamente.

## 8. Conclusiones

- La presencia de la hormona enraizante AIA en el método hidropónico y en turba, indujo el mayor porcentaje de proliferación de raíces adventicias, con el 93,3 %; y 46,67 % respectivamente, en una concentración de 3,0 g L<sup>-1</sup>; sin embargo, en el tratamiento testigo, en el que no se utilizó ninguna combinación hormonal, presentó de igual manera un porcentaje significativo del 90 %, en los tratamientos hidropónicos, mientras que en los de turba del 30 %.
- En el método hidropónico la aplicación de la hormona comercial sólida (Hormonagro 1) en diferentes concentraciones, no influyó en la inducción de raíces, por el contrario, al solidificarse el producto en la base del vial, produjo toxicidad en las microestacas.
- En el caso del enraizamiento *in vivo* en turba de las microestacas, se consiguió que el Hormonagro 1, en una concentración de 1,5 g L<sup>-1</sup>, presentó un porcentaje considerable de formación de raíces del 40 %; mientras que, en la concentración 3,0 g L<sup>-1</sup> disminuyó su efectividad a un 20 %.
- En la formación de brotes en las microestacas, en los tratamientos hidropónicos el testigo, que estuvo conformado agua destilada, sin la adición de reguladores de crecimiento y el T1 conformado por una concentración de AIA de 1,5 g L<sup>-1</sup>, fueron los más efectivos, con un número promedio de 1,5 brotes por microestaca, de igual manera en turba el tratamiento testigo, obtuvo el mayor porcentaje, con 1,27 brotes por microestaca.

## 9. Recomendaciones

- Para el enraizamiento hidropónico de *Cinchona officinalis* L, probar el enraizador comercial Hormonagro 1, en una presentación líquida, debido a que en polvo no se disuelve fácilmente con el agua y por ende se solidifica en el interior del vial, dificultando de esta manera la absorción del regulador de crecimiento, por los tejidos de las microestacas.
- Utilizar diferentes concentraciones de AIA, tomando como referencia concentraciones menores a las utilizadas en la presente investigación (3,0 g L<sup>-1</sup>), debido a que las auxinas en mayores concentraciones, permiten el desarrollo de estructuras callogénicas, inhibiendo la formación de raíces adventicias en las microestacas.
- En inducción de raíces en microestacas de *Cinchona officinalis* L., utilizando la técnica hidropónica, se recomienda utilizar el medio de cultivo de Murashige Skoog (MS, 1962) como solución nutritiva, diluido a la mitad de su concentración y suplementado con una auxina en bajas concentraciones, debido a que el medio de cultivo en altas concentraciones, se satura en la base del vial, produciendo toxicidad en las plantas.
- Para el enraizamiento de microestacas de *Cinchona officinalis* L, en turba se recomienda probar combinaciones hormonales de AIA, en una concentración mayor a 1,5 g L<sup>-1</sup> y de Hormonagro 1 en concentraciones menores de 1,5 g L<sup>-1</sup>, por cuanto fue la que permitió obtener los mejores resultados.
- Para la inducción de un mayor número de brotes en las microestacas de *Cinchona officinalis* L., en el método hidropónico, se recomienda probar diferentes concentraciones de AIA, tomando como referencia la concentración utilizada de 1,5 g L<sup>-1</sup>, y la adición de una citoquinina, para promover un mayor número de brotes por microestaca.
- Implementar programas y proyectos de reforestación y restauración ecológica con *Cinchona officinalis* L. a partir de la propagación sexual y asexual de la especie, con la finalidad de conservar el patrimonio natural de la región Sur del Ecuador.

## 10. Bibliografía

- Acosta-Solis, M. (1947). Cinchonas del Ecuador (EDIT. "ECU).
- Aguirre, Z., Aguirre, N. y Muñoz, J. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. *Scielo*, 24(2), 523–542. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24206>
- Alcantara, J., Acero, J., Alcántara, J. y Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Scielo*, 17(32), 109–129.
- Aucancela, D. (2017). Propagación vegetativa de café robusta (*Coffea canephora*) utilizando dos hormonas enraizantes en diferentes concentraciones en el Cantón Bucay". Universidad Técnica de Ambato.
- Balakrishnan, V., Ram Latha, M., Ravindran, K. y Philip, R. (2009). Clonal Propagation of *Morus Alba* L. Through Nodal and Axillary Bud Explants. In *Through Nodal and Axillary Bud Explants* (p. 8).
- Beltrano, J. y Gimenez, D. (2015). Cultivo en hidroponía.
- Bolaños, P. (2009). Evaluación de los ácidos indolbutírico y naftalenacético para el enraizamiento de *Tillandsia plagiotropica Rohweder* (Bromeliaceae) en cultivo *in vitro*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Bolbor, J. (2017). Propagación vegetativa de la especie forestal guasango (*Loxopterygium huasango spruce ex engl*) utilizando dos tipos de estacas en vivero, en la comuna palmar, provincia de Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Cajo, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa l*), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas. Universidad Técnica de Ambato.
- Castañares, L. (2020). ABC DE LA HIDROPONIA. EEA AMBA.
- Castillo, P. (2002). Utilización de técnicas hidropónicas para la propagación de especies forestales.

- Chipantiza, J. (2012). “Evaluación de dosis de Hormonagro en estacas de la vid (*Vitis vinífera*) para la producción de plántulas.” Universidad Técnica de Ambato.
- Coello, C., Miceli, C., Orantes, C., DenDooven, L. y Gutiérrez, F. (2010). Optimización de reguladores de crecimiento para el cultivo in vitro de la orquídea *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressier y W.E.Higgins. *Gayana Bot*, 67(1), 19–26.
- Conde, M., Moreno, J., Eras, V., Minchala, J., González, D., Yaguana, M. y Valarezo, C. (2017). Multiplicación sexual y asexual de *Cinchona officinalis* L., con fines de conservación de la especie. *Tzhoecoen*, 9(1), 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.26495/rtzh179.121509>
- Cruz, N., Morante, J. y Acosta, M. (2008). Propagación Vegetativa de Fernansánchez (*Triplaris guayaquilensis*) Mediante la Utilización de Hormonas de Enraizamiento (ANA Y AIB). *Ciencia y Tecnología*, 7–10.
- Cunha, A. C. M. C. M. da, Wendling, I. y Souza Júnior, L. (2005). Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* maiden et cambage em sistema de hidroponia e em tubete. *Ciência Forestal*, 15(3), 307–310. <https://doi.org/10.5902/198050981868>
- Ellena, M. (ed.). (2018). El avellano europeo en Chile: Una década de recopilación e investigación (Primera edición). Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 36. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/3591>
- Endres, L., Marroquin, P., Santos, C. y Souza, N. (2007). Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. *Ciencia Rural*, 37(3), 886–889.
- Eras, V., Minchala, J., Moreno, J., Yaguana, M., Sinche, M. y Valarezo, C. (2019). Estructura, Composición Florística y Fisiología Reproductiva de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja.
- Feijoó, C., Espinoza, F., Cueva, M., Hidalgo, F., Ramón, D., Jumbo, J., Moreno, J., Yaguana, M., Eras-Guamán, V., y Pucha-Cofrep, D. (2019). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de *Cinchona officinalis* (L.) Ruiz y *Cinchona macrocalyx* Pav. ex DC en relictos boscosos al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 94–109.

- Garmendia, A. (2005). El árbol de la quina (*Cinchona spp*), Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura.
- Giraldo, L., Ríos, H. y Polanco, M. (2009). Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 0(1), 41–47.
- González, N. (2012). Propagación sexual de las especies forestales laurel (*Cordia alliodora*), balsa (*Ochroma pyramidale*), guayacán (*Tabebuia crysantha*), con aplicación de tres dosis de sustrato en los predios de la “UNESUM” en el Cantón Puerto López. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Guamán, P. (2014). Identificación de Hongo Micorrízicos Arbusculares en plantas de *Cinchona spp.* en sitios perturbados y no perturbados de la Provincia de Loja. Universidad Particular de Loja.
- Gutiérrez, A., Jaramillo, N. y Aguirre, Z. (2020). Especies endémicas que se conservan en el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa.
- Itoh, A., Yamakura, T., Kanzaki, M., Ohkubo, T., Palmiotto, P. A., LaFrankie, J. V., Kendawang, J. J. y Lee, H. S. (2002). Rooting ability of cuttings relates to phylogeny, habitat preference and growth characteristics of tropical rainforest trees. *Forest Ecology and Management*, 168(1–3), 275–287. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00742-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00742-3)
- Jiménez, L. (2021). Identificación de áreas naturales conservadas de *Cinchona officinalis L.*, en la región Sur del Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- Kaufman, T. y Rfflveda, E. (2005). The Quest for Quinine: Those Who Won the Battles and Those Who Won the War. *Angew. Chem. Int*, 44, 854–885.
- Kester y Hartmann. (1983). *Plant Propagation-Principles and Practices*. (2nd ed.).
- Lara, A. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana*, 17, 221–229.



- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, H. (2019). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/andes/>
- López, E. (2018). La producción hidropónica de cultivos. 36(2), 139–141.
- MAE. (2015). Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Matamoros-Quesada, A., Mesén-Sequeira, F. y Jiménez-Alvarado, L. (2020). Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F1 de *Coffea arabica*. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 54(1).
- Maya, L. (1989). Investigaciones en Biotecnología Vegetal. Cenicafé, 141
- Medina, A. (2012). *Caracterización de genes GRAS en Pinus radiata D. Don y su expresión durante el enraizamiento adventicio*. Universidad de Alcalá.
- Mohammad, Anis, Mohammad, F. y Singh, S. K. (2003). Micropropagation of Mulberry (*Morus Alba* L.) through *in vitro* culture of shoot tip and nodal explants. *Plant Tissue Culture*, 13(1), 47–51.
- Novoa, J., Crespo, S. y Villegas, P. (2011). Huancabamba: Páramos, bosques y biodiversidad.
- Osuna, H., Osuna, A. y Fierro, A. (2017). Manual de propagación de plantas superiores.
- Patiño, M., Silva, M., Carriel, J., Benavides, O., Zamora, D. y Troya, A. (2016). Inducción y enraizamiento de brotes epicórmicos de *Cordia alliodora* (Ruiz Et Pavon), Oken. *Ciencias Agrarias*, 9(1), 37–43.
- Peres, L., Majerowicz, N. y Kerbauy, G. (2001). Dry matter partitioning differences between shoots and roots in two contrasting genotypes of orchids and their relationship with endogenous levels of auxins, cytokinins and abscisic acid. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(2), 185–195. <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000200007>.
- Quinapallo, T. y Velez, N. (213 C.E.). Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales promisorias del bosque seco del cantón Zapotillo, provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja .

- Ramirez, L., Zuluaga, C. y Cotes, J. (2011). *Evaluation of methods for rooting side stem cuttings of Solanum phureja genotypes*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Reyna, H., Fernández, O., Marisa, A. y Fierro Álvarez, A. (2017). Manual de propagación de plantas superiores. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma Metropolitana.  
[https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual\\_plantas.pdf](https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf)
- Rodríguez, F. (2014). “Inoculación in vitro de hongos micorrízicos (mucl 46238; mcl 43204) independientemente en *Cinchona officinalis*.” Universidad Técnica Particular de Loja.
- Sango, M. (2013). Evaluación de cuatro sustratos y dos hormonas de enraizamiento para tres variedades de clavel (*Dianthus caryophyllus*). Latacunga, Cotopaxi. Universidad Central del Ecuador.
- Sánchez, T., Meléndez, J., Morales, E., Chichipe, A, y Huaman, M. (2021). Multiplicación clonal del árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L.): una alternativa para conservar el árbol nacional de Perú. *BioaGro*, 33(3), 8. <https://doi.org/http://www.doi.org/10.51372/bioagro333.7>
- Sierra, R., Calva, O, y Guevara, A. (2021). La Deforestación en el Ecuador, 1990-2018. Factores promotores y tendencias recientes. Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, Ministerio de Agricultura del Ecuador, en el marco de la implementación del Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible. Quito, Ecuador. 216 pp.
- Sisaro, D. y Hagiwara, Juan. (2016). *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo*.
- Torres, E. (2017). Las Quinas. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/64942/Las\\_Quinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/64942/Las_Quinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Torres, C. (2022). Efecto del ácido indol butírico y ácido naftalenacético en el enraizamiento de estacas de *Smallanthus glabratus* (DC.) H. Rob. “shita negra”, en invernadero.
- Ulloa, C. (2006). Aromas y sabores andinos. In Botánica económica de los Andes Centrales.

- Valeri, S., Sá, A., Martins, A. y Barbosa, J. (2012). Enraizamiento de estacas de *Caesalpinia echinata* lam. en hidroponia. *Ciencia Forestal*, 22(2), 241–250.
- Vásquez, J., Sabaleta, E., Yojana, M., Vásquez, S. y Quispe, L. (2018). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable*, 2(3), 77–85. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.407>
- Vico, S. (2017). Factores abióticos que afectan la biosíntesis de ácido indolacético en bacterias endófitas de maíz. Universidad de la República Oriental del Uruguay
- Vidal. Mirtha, Delgado, P. y Barra, E. (2008). Inducción de enraizamiento en estacas de *Berberidopsis corallina* con ácido indolbutírico. *Bosque*, 29(3), 227–230.
- Zanoni, C. (1975). *Propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales*. Universidad de Costa Rica (CATIE).
- Zarate, F., Huaccha, A., Barturén, L., Quiñones, L. y Sánchez, T. (2022). *Efecto del sustrato en la germinación de Cinchona officinalis L. (Rubiaceae)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.7818/ECOS.2314>
- Zárate, M. (2014). *Manual de Hidropónia*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual\\_de\\_hidroponia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf)
- Zevallos, P. (1989). *Taxonomía, distribución geográfica y status del género Cinchona en el Perú*.

## 11. Anexos

Anexo 1. Datos obtenidos en el enraizamiento hidropónico de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *ex vitro*, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial a los 120 días de evaluación, en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal

Fecha de siembra: 31/08/2022									
N.º días	Fecha	T	N.º de frasco	R	Mortalidad	N.º de raíces por microestaca	Longitud de raíces por microestaca (cm)	N.º de brotes	Longitud de brotes (cm)
120	29/12/2022	T0	1	1	0	17	3	0	0
120	29/12/2022	T0	2	1	0	18	5	0	0
120	29/12/2022	T0	3	1	0	14	3	0	0
120	29/12/2022	T0	4	1	0	15	4.5	0	0
120	29/12/2022	T0	5	1	0	9	1	0	0
120	29/12/2022	T0	6	1	0	6	1.5	0	0
120	29/12/2022	T0	7	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T0	8	1	0	8	7.5	0	0
120	29/12/2022	T0	9	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T0	10	1	0	21	3	0	0
120	29/12/2022	T0	11	2	0	1	0.3	0	0
120	29/12/2022	T0	12	2	0	2	1.4	0	0
120	29/12/2022	T0	13	2	0	13	2.5	6	0.18
120	29/12/2022	T0	14	2	0	6	9.5	0	0
120	29/12/2022	T0	15	2	0	18	4.3	0	0
120	29/12/2022	T0	16	2	0	20	3.5	0	0
120	29/12/2022	T0	17	2	0	6	2	0	0
120	29/12/2022	T0	18	2	0	16	3.5	0	0
120	29/12/2022	T0	19	2	0	2	4	0	0
120	29/12/2022	T0	20	2	0	2	0.2	0	0
120	29/12/2022	T0	21	3	0	8	2	5	0.3
120	29/12/2022	T0	22	3	0	11	5.5	0	0
120	29/12/2022	T0	23	3	0	16	3.2	0	0
120	29/12/2022	T0	24	3	0	20	5.3	0	0
120	29/12/2022	T0	25	3	0	10	1.8	0	0

120	29/12/2022	T0	26	3	0	5	4.3	6	0.158
120	29/12/2022	T0	27	3	0	4	1.7	6	0.225
120	29/12/2022	T0	28	3	0	14	2.3	0	0
120	29/12/2022	T0	29	3	0	8	2.4	0	0
120	29/12/2022	T0	30	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	1	1	0	18	3	0	0
120	29/12/2022	T1	2	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	3	1	0	4	8.2	3	0.183
120	29/12/2022	T1	4	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	5	1	0	3	0.3	3	0.3
120	29/12/2022	T1	6	1	0	7	0.8	0	0
120	29/12/2022	T1	7	1	0	7	1.5	10	0.1
120	29/12/2022	T1	8	1	0	9	1.8	5	0.15
120	29/12/2022	T1	9	1	0	6	5	0	0
120	29/12/2022	T1	10	1	0	9	3	0	0
120	29/12/2022	T1	11	2	0	6	3.3	2	0.275
120	29/12/2022	T1	12	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	13	2	0	1	0.3	0	0
120	29/12/2022	T1	14	2	0	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	15	2	0	1	0.5	5	0.35
120	29/12/2022	T1	16	2	0	7	2.5	6	0.125
120	29/12/2022	T1	17	2	0	14	3.8	0	0
120	29/12/2022	T1	18	2	0	8	1	0	0
120	29/12/2022	T1	19	2	0	10	7.5	0	0
120	29/12/2022	T1	20	2	0	3	0.5	7	0.25
120	29/12/2022	T1	21	3	0	1	0.8	0	0
120	29/12/2022	T1	22	3	0	10	8.2	4	0.163
120	29/12/2022	T1	23	3	0	19	3.5	0	0
120	29/12/2022	T1	24	3	0	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	25	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	26	3	0	22	3	0	0
120	29/12/2022	T1	27	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	28	3	0	15	2	0	0
120	29/12/2022	T1	29	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T1	30	3	0	8	2.6	0	0
120	29/12/2022	T2	1	1	0	8	3.2	0	0

120	29/12/2022	T2	2	1	0	6	0.2	0	0
120	29/12/2022	T2	3	1	0	2	0.2	4	0.15
120	29/12/2022	T2	4	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T2	5	1	0	3	4	0	0
120	29/12/2022	T2	6	1	0	14	6	0	0
120	29/12/2022	T2	7	1	0	25	6.5	0	0
120	29/12/2022	T2	8	1	0	2	3.5	0	0
120	29/12/2022	T2	9	1	0	6	4.2	0	0
120	29/12/2022	T2	10	1	0	20	4	0	0
120	29/12/2022	T2	11	2	0	16	3.1	0	0
120	29/12/2022	T2	12	2	0	10	2	0	0
120	29/12/2022	T2	13	2	0	7	3	1	0.15
120	29/12/2022	T2	14	2	0	13	3	0	0
120	29/12/2022	T2	15	2	0	5	2	0	0
120	29/12/2022	T2	16	2	0	8	5	0	0
120	29/12/2022	T2	17	2	0	15	6.5	0	0
120	29/12/2022	T2	18	2	0	8	5	0	0
120	29/12/2022	T2	19	2	0	16	7	0	0
120	29/12/2022	T2	20	2	0	0	0	2	0.45
120	29/12/2022	T2	21	3	0	13	6	0	0
120	29/12/2022	T2	22	3	0	10	5.5	0	0
120	29/12/2022	T2	23	3	0	15	1.3	0	0
120	29/12/2022	T2	24	3	0	26	6.3	0	0
120	29/12/2022	T2	25	3	0	7	5.2	0	0
120	29/12/2022	T2	26	3	0	12	4	0	0
120	29/12/2022	T2	27	3	0	7	0.7	0	0
120	29/12/2022	T2	28	3	0	8	4.5	0	0
120	29/12/2022	T2	29	3	0	15	1.5	0	0
120	29/12/2022	T2	30	3	0	5	4	0	0
120	29/12/2022	T3	1	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	2	1	0	7	3.2	0	0
120	29/12/2022	T3	3	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	4	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	5	1	0	8	0.6	0	0
120	29/12/2022	T3	6	1	0	1	1.8	0	0
120	29/12/2022	T3	7	1	1	0	0	0	0

120	29/12/2022	T3	8	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	9	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	10	1	0	22	3.5	0	0
120	29/12/2022	T3	11	2	0	8	1.5	0	0
120	29/12/2022	T3	12	2	0	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	13	2	0	9	0.3	0	0
120	29/12/2022	T3	14	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	15	2	0	8	2.5	0	0
120	29/12/2022	T3	16	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	17	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	18	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	19	2	0	4	1	0	0
120	29/12/2022	T3	20	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	21	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	22	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	23	3	0	18	1	0	0
120	29/12/2022	T3	24	3	0	3	1.5	0	0
120	29/12/2022	T3	25	3	0	6	0.5	0	0
120	29/12/2022	T3	26	3	0	18	1.3	0	0
120	29/12/2022	T3	27	3	0	4	0.3	5	0.2
120	29/12/2022	T3	28	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	29	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T3	30	3	0	3	3	0	0
120	29/12/2022	T4	1	1	0	14	1	0	0
120	29/12/2022	T4	2	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	3	1	0	4	1	0	0
120	29/12/2022	T4	4	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	5	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	6	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	7	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	8	1	0	3	0.5	0	0
120	29/12/2022	T4	9	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	10	1	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	11	2	0	6	0.6	0	0
120	29/12/2022	T4	12	2	0	6	1	0	0
120	29/12/2022	T4	13	2	1	0	0	0	0

120	29/12/2022	T4	14	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	15	2	0	10	0.3	0	0
120	29/12/2022	T4	16	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	17	2	0	8	1	0	0
120	29/12/2022	T4	18	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	19	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	20	2	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	21	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	22	3	0	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	23	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	24	3	0	1	0.3	0	0
120	29/12/2022	T4	25	3	0	9	0.3	0	0
120	29/12/2022	T4	26	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	27	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	28	3	0	10	0.5	0	0
120	29/12/2022	T4	29	3	1	0	0	0	0
120	29/12/2022	T4	30	3	1	0	0	0	0

Anexo 2. Fotografías registradas en el enraizamiento hidropónico de *Cinchona officinalis* L. utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, a los 120 días de evaluación.



Figura 31. Disposición de los tratamientos en el cuarto de luces. a) Tratamiento T0, T1; b) T2, T4; c) Tratamiento T3



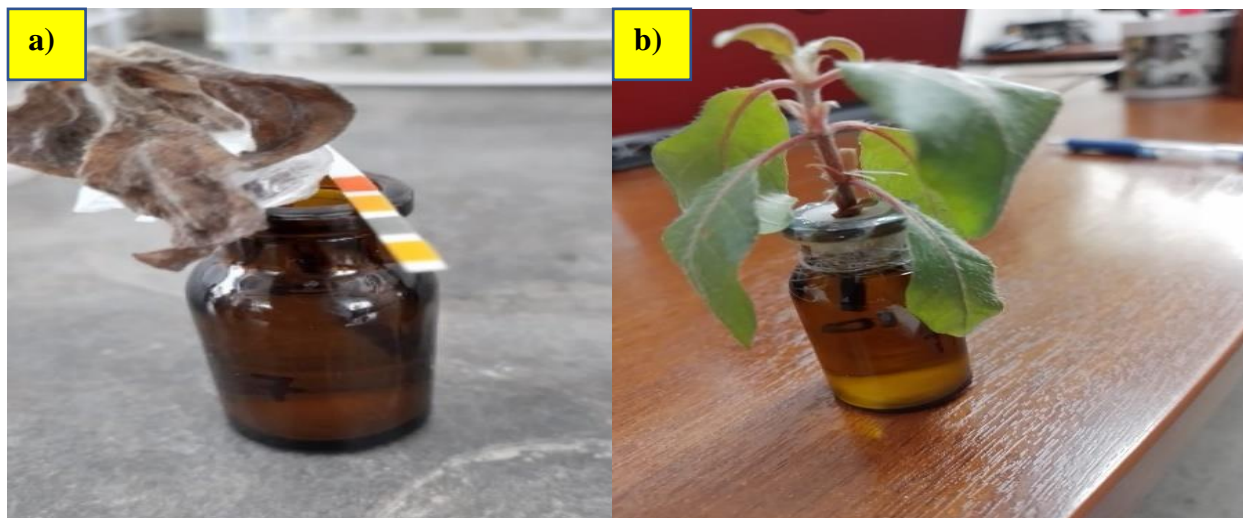


Figura 32. a) Medio de cultivo contaminado, a los 120 días de evaluación; b) formación de raíces adventicias en el tratamiento testigo, a los 60 días de evaluación.

Anexo 3. Datos obtenidos en el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *ex vitro*, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial a los 120 días de evaluación, en el invernadero.

Fecha de siembra: 17/06/2022									
N.º días	Fecha	T	N.º de frasco	R	Mortalidad	N.º de raíces por microestaca	Longitud de raíces por microestaca (cm)	N.º de brotes	Longitud de brotes (cm)
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	1	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	2	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	3	1	0	0	0	4	0.6
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	4	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	5	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	6	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	7	1	0	13	2.98	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	8	1	0	0	0	1	0.1
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	9	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	10	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	11	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	12	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	13	2	0	14	0.86	3	0.43
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	14	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	15	2	0	1	0.4	5	0.24

120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	16	2	0	14	3.39	2	0.7
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	17	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	18	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	19	2	0	2	0.3	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	20	2	0	11	2.03	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	21	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	22	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	23	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	24	3	0	15	1.54	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	25	3	0	21	5	2	0.55
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	26	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	27	3	0	11	4.56	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	28	3	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	29	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T0	30	3	0	0	0	2	0.45
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	1	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	2	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	3	1	0	2	0.65	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	4	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	5	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	6	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	7	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	8	1	0	5	0.325	2	0.01
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	9	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	10	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	11	2	0	5	2.52	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	12	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	13	2	0	2	2.25	1	0.2
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	14	2	0	3	2.6	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	15	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	16	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	17	2	0	0	0	2	0.65
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	18	2	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	19	2	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	20	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	21	3	1	0	0	0	0

120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	22	3	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	23	3	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	24	3	0	5	3	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	25	3	0	0	0	2	0.20
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	26	3	0	0	0	2	0.40
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	27	3	0	12	4.5	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	28	3	0	0	0	3	0.32
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	29	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T1	30	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	1	1	0	24	5	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	2	1	0	13	2.28	2	0.1
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	3	1	0	12	6.5	1	0.35
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	4	1	0	0	0	1	0.1
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	5	1	0	15	2.05	1	0.1
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	6	1	0	6	2.5	4	0.33
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	7	1	0	0	0	2	0.10
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	8	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	9	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	10	1	0	6	0.60	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	11	2	0	0	0	1	0.1
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	12	2	0	7	2	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	13	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	14	2	0	4	0.3	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	15	2	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	16	2	0	18	2	1	0.10
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	17	2	0	16	6	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	18	2	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	19	2	0	8	0.86	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	20	2	0	0	0	2	0.4
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	21	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	22	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	23	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	24	3	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	25	3	0	12	1.93	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	26	3	0	3	2	2	0.4
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	27	3	0	0	0	0	0

120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	28	3	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	29	3	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T2	30	3	0	20	6	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	1	1	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	2	1	0	8	6.2	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	3	1	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	4	1	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	5	1	0	22	3.5	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	6	1	0	9	6	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	7	1	0	0	0	2	0.225	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	8	1	0	13	5.2	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	9	1	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	10	1	0	9	2.5	1	0.4	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	11	2	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	12	2	0	16	5.4	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	13	2	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	14	2	0	0	0	3	0.18	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	15	2	0	15	4	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	16	2	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	17	2	0	8	0.92	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	18	2	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	19	2	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	20	2	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	21	3	0	6	2.37	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	22	3	0	12	4	2	0.3	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	23	3	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	24	3	0	7	2.54	1	0.5	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	25	3	0	0	0	2	0.3	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	26	3	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	27	3	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	28	3	0	3	0.83	2	0.35	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	29	3	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T3	30	3	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	1	1	0	0	0	1	0.3	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	2	1	0	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	3	1	0	1	0.6	3	1.47	0

120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	4	1	0	0	0	4	0.3625
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	5	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	6	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	7	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	8	1	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	9	1	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	10	1	0	6	1.05	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	11	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	12	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	13	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	14	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	15	2	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	16	2	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	17	2	0	14	1.18	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	18	2	0	3	0.67	1	0.5
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	19	2	0	0	0	4	0.3
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	20	2	0	3	0.25	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	21	3	0	0	0	2	0.2
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	22	3	0	11	2.3	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	23	3	0	0	0	1	0.4
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	24	3	0	0	0	1	0.3
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	25	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	26	3	0	3	0.9	3	0.20
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	27	3	0	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	28	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	29	3	1	0	0	0	0
120	15/10/2022 (Extraer 30%)	T4	30	3	0	0	0	0	0

---

Anexo 4. Fotografías registradas en el enraizamiento *in vivo* de *Cinchona officinalis* L., obtenidos de plántulas *ex vitro*, utilizando diferentes concentraciones hormonales y un enraizador comercial, a los 20 días de evaluación en el invernadero.

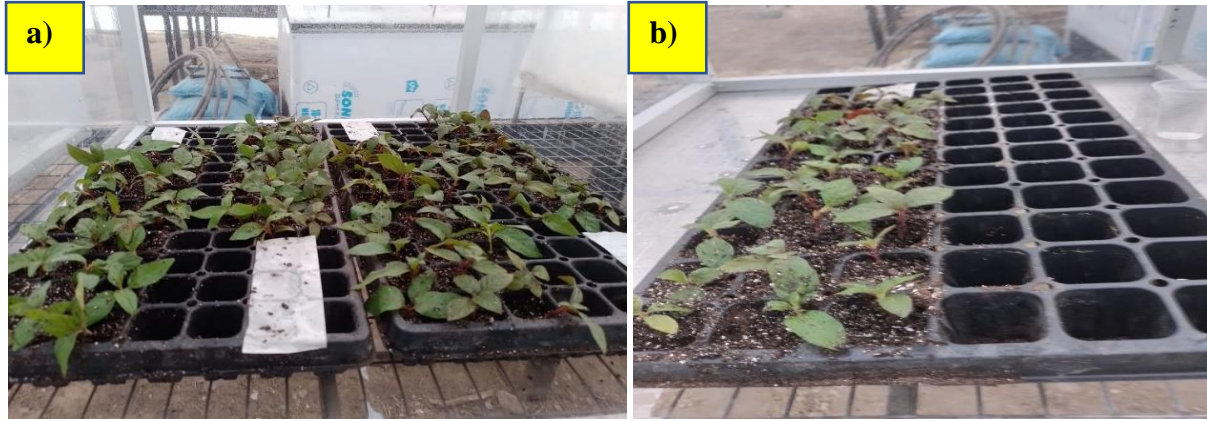


Figura 33. Disposición de los tratamientos en las bandejas de germinación a los 20 días de evaluación. a) Tratamiento T0, T1, T2 y T3; b) T4

Lic. Jordy Christian Granda F., Mgs.  
0967352473  
[Chris-gra1993@hotmail.com](mailto:Chris-gra1993@hotmail.com)  
Loja – Ecuador

Loja, 27 de Junio de 2023

*El suscrito, Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs., **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal,*

**CERTIFICA:**

*Que, la traducción del documento adjunto solicitado por la Srta. **María Cristina Minga Chalán**, con cedula de ciudadanía No. **1150560728**, cuyo tema de investigación se titula: **“ENRAIZAMIENTO HIDROPÓNICO E IN VIVO DE Cinchona officinalis L., A PARTIR DE PLÁNTULAS EX VITRO”**, ha sido realizado y aprobado por mi persona, docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera. El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.*

*Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.*

***English is a piece of cake!***



Firmado electrónicamente por:  
JORDY  
CHRISTIAN  
GRANDA FEIJOO

Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.  
**ENGLISH PROFESSOR**