



Universidad  
Nacional  
de Loja

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES

RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

## **“Sistematización bibliométrica de las investigaciones realizadas sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja”**

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

Autora:

Jessica del Carmen Orellana Sigcho

Director:

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

LOJA – ECUADOR

2022

Loja, 23 de marzo del 2022

CERTIFICADO

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

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulado: **“Sistematización bibliométrica de las investigaciones realizadas sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, de la Egresada: **Jessica del Carmen Orellana Sigcho**, se autoriza su presentación, debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigidos por la Carrera de Ingeniería Forestal.

En mi calidad de Director de Tesis, certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio de la egresada.



Firmado electrónicamente por:

**VICTOR**

**HUGOERAS**

**GUAMAN**

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

**DIRECTOR DE TESIS**

Ciudad Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” Casilla letra  
“S”

Teléfono: 2547 - 252 Ext. 101: 2547-200

[www.unl.edu.ec](http://www.unl.edu.ec)

## AUTORÍA

Yo, Jessica del Carmen Orellana Sigcho, declaro ser autora del presente trabajo de investigación de tesis 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 autorizó a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Autora:** Jessica del Carmen Orellana Sigcho

**Cedula:** 1150487153

**Fecha:** 31 de agosto del 2022

**Correo electrónico:** [jessica.orellana@unl.edu.ec](mailto:jessica.orellana@unl.edu.ec)

**Celular:** 0968626315

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, Jessica del Carmen Orellana Sigcho, declaro ser la autora, de la tesis titulada **“SISTEMATIZACIÓN BIBLIOMÉTRICA DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS SOBRE CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES DE *Cinchona officinalis* L., EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”**, como requisito para optar al grado de: Ingeniera en Ciencias Forestales, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el repositorio Digital Institucional:

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo la misma en la ciudad de Loja a los 31 días del mes de agosto del 2022.

**Firma:** 

**Autora:** Jessica del Carmen Orellana Sigcho

**Número de cédula:** 1150487154

**Dirección:** Daniel Álvarez, Loja - Ecuador

**Correo electrónico:** jessica.orellana@unl.edu.ec

**Celular:** 0968626315

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. For. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:**

**Presidente:** Ing. Nohemi Del Carmen Jumbo Benitez

**Vocal:** Ing. Darlin Ulises González Zaruma

**Vocal:** Ing. Dario Alfredo Veintimilla Ramos

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo primeramente a dios por haberme regalado vida y salud para poder cumplir cada uno de mis propositos y en especial lograr tan anhelada meta, por guiarme y orientarme, pero sobre todo por las maravillosas personas que puso en mi camino para que me sirvan de motivacion y apoyo en este arduo proceso.*

*Este logro lo dedico especialmente a mi amada madre por ser una de las personas muy importantes e influyentes en mi vida, mi pilar fundamental, por haberme apoyado, acompañado y aconsejado siempre, por ser madre y padre a la vez, que con su esfuerzo y dedicacion supo sacarnos adelante, sin desfallecer ni rendirse ante nuestros ojos, por todo su amor y confianza que a sabido depositar en mi y sobretodo por enseñarme que siempre se debe insistir y persistir para cumplir nuestros sueños, que todo lo bueno en la vida necesita de sacrificio pero que la recompensa siempre es mucho mejor.*

*A mis adorados abuelitos Ignacio Orellana y Carmen Cevallos por siempre haber estado para mi en todo momento y cuando más lo necesitaba, por ayudarme desde el momento en que llegue a este mundo, especialmente a mi amado abuelito, mi angelito en el cielo, por haber sido mi padre en toda la extencion de la palabra, por haber desempeñado con excepcionalidad ese papel, por todo el amor que supo brindarme hasta el ultimo momento en que estuvo con nosotros, por los valores inculcados, las experiencias compartidas, por siempre motivarme y animarme a seguir adelante y a no rendirme nunca ante las dificultades o adversidades, por enseñarme a ser una mujer fuerte, porque se que lo que más querias era verme graduada y realizada como toda una profesional y heme aquí lo conseguí, se que estarias muy orgulloso de mi, te quiero y extraño demasiado, por eso y mucho más este logro es todo para ti tambien amado padre.*

*A mis hermanos Diana, Vannesa y David por ser mi fuente de inspiración, mi ejemplo de fortaleza, por motivarme a que cada dia sea una mejor persona, por estar siempre para mi cuando más lo necesito y apoyarme en todo momento. Y a mi familia en general, tios, tias y primos gracias por los consejos y palabras de aliento brindadas siempre que las necesitaba.*

***Con mucho cariño!...  
Jessica del Carmen Orellana Sigcho***

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, quiero agradecer a dios por haberme regalado vida, por haberme permitido ir por el camino del bien, ayudarme a tomar las mejores decisiones dando siempre prioridad a lo que era importante para mí, por haberme regalado la dicha de tener cerca a mi familia en todo momento, pero sobre todo por haberme llenado de fuerza y voluntad para no desfallecer, ni rendirme ante los obstáculos que se me fueron presentando durante el proceso hasta lograr cumplir tan anhelado sueño.*

*A mi amados abuelitos Ignacio Orellana y Carmen Cevallos, a él que aunque ya no esté presente, quiero agradecerle el apoyo que me brindo, los valores que me inculco, los ánimos y fuerzas que siempre me daba cada que sentía no poder más, por enseñarme que no tengo que dejarme vencer o ganar de las adversidades y que por el contrario siempre debo luchar por conseguir lo que quiero, a mi amada madre Gladys Sigcho le agradezco el haberme criado como una mujer de bien, llena de valores y virtudes, por ser estricta ante las situaciones que lo ameritaban, por los consejos otorgados y sobre todo por ser una gran madre, mi ejemplo a seguir, mi motivación constante, a mis hermana/os Diana, Vanessa y David por haber estado presentes durante mi tiempo de estudio, por haberme apoyado en mis momentos más difíciles y por brindarme su amor incondicional.*

*A la Universidad Nacional de Loja, la Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, en especial a la Carrera de Ingeniería Forestal y a sus docentes por haberme impartido sus conocimientos y experiencia, por haber hecho posible que me forme como una buena profesional. A los distinguidos miembros del tribunal calificador, por las importantes sugerencias realizadas a la presente y sobre todo por el tiempo dedicado.*

*Agradezco a mis compañeros por el apoyo brindado, por las experiencias y buenos momentos vividos durante los cinco años de carrera compartidos.*

*Al Ing. Víctor Hugo Eras Guamán, Mg.Sc., Director de Tesis, por haber confiado en mí para la elaboración de este trabajo de investigación, por ser un excelente profesional, digno ejemplo a seguir, por su ayuda, paciencia, guía y orientación para seguir este proceso de tesis y llegar a su culminación. Finalmente, al Laboratorio de Micropropagación Vegetal y a la Ing. Magaly Yaguana, agradezco el apoyo brindado y por su ayuda en el proceso de obtención de información, siendo las piezas clave para la elaboración de mi trabajo.*

**Jessica del Carmen Orellana Sigcho**

## INDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DE TESIS</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA</b> .....	<b>iii</b>
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>Vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
4.1. Antecedentes históricos de <i>Cinchona officinalis</i> L .....	9
4.2. Descripción botánica y taxonómica de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	10
4.2.1. Descripción botánica .....	10
4.2.2. Descripción taxonómica .....	11
4.3. Importancia de la conservación de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	12
4.4. Importancia de la biotecnología vegetal en la propagación de plantas.....	12
4.5. Métodos de propagación .....	12
4.5.1. Micropropagación de cultivo de tejidos vegetales .....	13
4.5.2. Ventajas del cultivo de tejidos vegetales .....	13
4.5.3. Desventajas del cultivo de tejidos vegetales .....	14
4.5.4. Medio de cultivo <i>in vitro</i> .....	14

4.5.5.	Reguladores de crecimiento .....	15
4.5.5.1.	Auxinas .....	15
4.5.5.2.	Citoquininas .....	16
4.5.6.	Fases del cultivo de tejidos vegetales <i>in vitro</i> .....	16
4.5.6.1.	Preparación de la planta madre .....	16
4.5.6.2.	Desinfección del material vegetal .....	16
4.5.6.3.	Inoculación <i>in vitro</i> del material vegetal .....	17
4.6.	Bibliometría y sistematización de información .....	17
4.6.1.	Análisis bibliométrico .....	17
4.6.2.	Definición de bibliometría .....	17
4.6.3.	Campos de aplicación más frecuentes .....	18
4.6.4.	Indicadores bibliométricos .....	18
4.6.5.	Indicadores o índices bibliométricos más usados en la actualidad .....	19
4.6.5.1.	Indicadores personales .....	19
4.6.5.2.	Indicador de productividad .....	19
4.6.5.3.	Grado de colaboración (Índice de Subramanyan) .....	19
4.6.5.4.	Indicador de antigüedad – obsolescencia .....	19
4.6.5.5.	Índice de Price .....	20
4.6.5.6.	Índice de aislamiento .....	20
4.7.	Sistematización de información secundaria .....	20
4.7.1.	Importancia de la Sistematización de información .....	20
4.7.2.	Aplicación de la Sistematización de información .....	21
4.7.3.	Importancia de las revisiones sistemáticas .....	21
4.7.3.1.	Tipos de revisiones sistemáticas .....	21
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
5.1	Descripción del área de estudio .....	22
5.2.	Metodología para la sistematización de la información generada de investigaciones realizadas en cultivos de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L., en la Universidad Nacional de Loja .....	23
5.2.1.	Recolección de información .....	23
5.2.2.	Organización de los trabajos investigativos .....	23



5.2.3.	Procesamiento de datos de los trabajos de investigación .....	24
5.2.3.1.	Indicadores personales .....	24
5.2.3.2.	Determinación del índice de productividad .....	24
5.2.3.3.	Obtención del índice de Price .....	25
5.2.3.4.	Cálculo del índice de aislamiento .....	25
5.3.	Metodología para realizar el análisis crítico comparativo de las metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	25
5.3.1.	Planificación del proceso de sistematización de la información .....	26
5.3.1.1.	Delimitación y definición del tema de estudio .....	26
5.3.1.2.	Definición del método de sistematización .....	27
5.3.2.	Recuperación, análisis e interpretación de la investigación .....	27
5.3.2.1.	Recopilación de la información .....	27
5.3.2.2.	Ordenamiento de la información .....	28
5.3.2.3.	Análisis, interpretación y presentación de la información .....	28
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
6.1.	Resultados de la sistematización de la información generada de investigaciones realizadas en cultivos de tejidos vegetales de <i>Cinchona Officinalis</i> L., en la Universidad Nacional de Loja .....	30
6.1.1	Trabajos de investigación de tesis analizados.....	30
6.1.2	Indicadores personales .....	31
6.1.3.	Índice de productividad de las investigaciones .....	32
6.1.4.	Índice de Price .....	33
6.1.5.	Análisis del índice de aislamiento .....	34
6.2.	Resultados del análisis crítico comparativo de las metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	35
6.2.1.	Delimitación del objetivo de la sistematización según la metodología de la FAO (2004) .....	35
6.2.2.	Descripción específica del tipo de hormonas utilizadas en las investigaciones.....	35

6.2.3.	Clasificación y sistematización de metodologías aplicadas en investigaciones, de acuerdo al medio de cultivo utilizado .....	40
6.2.4.	Clasificación de los lugares en los que se realizó la recolección de especies para la investigación .....	41
6.2.5.	Clasificación de las secciones de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L., utilizados en las investigaciones .....	42
6.2.6	Número y sistematización de trabajos de investigación de tesis generados sobre el cultivo de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L., en la Universidad Nacional de Loja, en el periodo 2016 a 2020 .....	43
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>45</b>
7.1.	Sistematización de la información generada de investigaciones realizadas en cultivos de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L., en la Universidad Nacional de Loja .....	46
7.2.	Análisis crítico comparativo de las metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	46
7.2.1.	Tipo de reguladores del crecimiento utilizados en las investigaciones.....	46
7.2.2.	Medio de cultivo utilizado .....	47
7.2.3.	Lugares en los que se realizó la recolección del material vegetal para realizar las investigaciones .....	47
7.2.4.	Tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L., utilizados en las investigaciones....	48
7.3.	Análisis de trabajos de investigación de tesis generados sobre el cultivo de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L., en la Universidad Nacional de Loja, en el periodo 2016 a 2020 .....	48
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>52</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Matriz general para la organización de información técnica recopilada.....	23
Tabla 2. Interpretación de los valores para cada productor.....	24
Tabla 3. Matriz comparativa de metodologías utilizadas en los trabajos de titulación.....	28
Tabla 4. Información organizada de las nueve tesis analizadas.....	30
Tabla 5. Evaluación del balance hormonal auxina-citoquinina en las fases de multiplicación e inducción <i>in vitro</i> de los explantes usados en las investigaciones .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1.    Árbol de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	10
Figura 2.    Descripción taxonómica de <i>Cinchona officinalis</i> L. A) Árbol de <i>C. officinalis</i> L. B) Hojas de <i>C. officinalis</i> L. C) Flores de <i>C. officinalis</i> L. D) Frutos de <i>C. officinalis</i> L. y E) Semilla de <i>C. officinalis</i> L, por Proyecto de Investigación Cinchona UNL 2015 .....	11
Figura 3.    Mapa de la ubicación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja .....	22
Figura 4.    Esquema general del proceso de Sistematización, adaptado a la presente investigación .....	27
Figura 5.    Porcentaje y edad de los autores hombres y mujeres que realizaron las nueve investigaciones analizadas .....	31
Figura 6.    Producción científica de la Universidad Nacional de Loja y de los autores de los nueve trabajos de investigación de tesis analizados .....	32
Figura 7.    Índice de Price de las citas bibliográficas de las nueve investigaciones analizadas .....	33
Figura 8.    País de origen de las citas bibliográficas en las investigaciones de tesis analizadas .....	34
Figura 9.    Concentración de auxinas y citoquininas utilizadas en las nueve investigaciones analizadas .....	38
Figura 10.   Número de tratamientos utilizados en las nueve investigaciones analizadas .....	39
Figura 11.   Medio de cultivo utilizado en las nueve investigaciones .....	40
Figura 12.   Lugar de recolección de la especie de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	41
Figura 13.   Secciones de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L., utilizados en las metodologías de las nueve tesis .....	42

Figura 14.	Número de investigaciones realizadas sobre el cultivo de tejidos vegetales en <i>Cinchona officinalis</i> L. en la Universidad Nacional de Loja en el periodo 2016 – 2020 .....	43
------------	---	----

## INDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Anexo 1. Matriz comparativa de metodologías utilizadas en las nueve investigaciones de tesis analizadas .....	58
Anexo 2. Guía de sistematización de metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	76
Anexo 3. Certificado de traducción .....	114

## **1. Título**

“Sistematización bibliométrica de las investigaciones realizadas sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja”

## 2. Resumen

La presente investigación permitió sistematizar la información de los trabajos de investigación de tesis realizados en la Carrera de Ingeniería Forestal, de la Universidad Nacional de Loja, sobre los procesos biotecnológicos para la propagación *in vitro* de *Cinchona officinalis* L., con la finalidad de que la comunidad científica pueda utilizar los resultados que se obtuvieron en el uso de reguladores del crecimiento (auxinas y citoquininas) en los trabajos de investigación, con el fin de que los estudiantes que están por iniciar su proceso de titulación, tengan conocimientos sobre cuales líneas de investigación aún no han sido estudiadas, y sobre todo puedan dar continuidad con estudios similares sobre *Cinchona officinalis* L., con el propósito de lograr el mejoramiento genético de la misma. Se realizó un análisis y sistematización bibliométrico de la información generada en nueve trabajos de investigación de tesis sobre el cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., realizados por egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal, de la Universidad Nacional de Loja, en el periodo comprendido entre los años 2016 a 2020. Se utilizó bibliometría mediante la aplicación de cuatro índices o indicadores bibliométricos (indicadores personales, índice de productividad, de Price y de aislamiento), los cuales permitieron valorar los procesos científicos y conocer el impacto de la información proporcionada por las nueve tesis, en tiempo y espacio. En lo que respecta a el análisis crítico comparativo de los nueve trabajos de investigación, se lo realizo en base al uso de la metodología planteada por la FAO (2004), a través de la cual se logró identificar los tipos de cultivos de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., así como también describir cada una de las metodologías aplicadas para su identificación.

Las metodologías de las investigaciones analizadas aplican similar medio de cultivo, al igual que los reguladores de crecimiento (auxinas y citoquininas), aunque en diferentes concentraciones; además, se estableció que el lugar de procedencia del material vegetal no tiene influencia, puesto que los cultivos *in vitro* se los realiza bajo condiciones controladas de asepsia, temperatura y luminosidad; por lo tanto, se obtuvo un desarrollo óptimo de las partes vegetativas. Finalmente, se evidenció que los tratamientos que mejores resultados presentaron fueron los compuestos por una combinación hormonal de Auxinas 2,4-D y Kinetina (citoquinina) en las concentraciones correspondientes de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  y  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  respectivamente, permitiendo la formación de un gran número de brotes, nudos, hojas, callos y estructuras de *novo*.



**Palabras clave:** *Cinchona officinalis* L., micropropagación, cascarilla, sistematización, bibliometría.

## 2.1. Abstract

This research allowed systematizing the information of the biotechnological processes for the *in vitro* propagation of *Cinchona officinalis* L., with the purpose that the scientific community can use the results obtained in the use of growth hormones (auxins and cytokinins) in the research work of the National University of Loja, so that students who are about to start their degree process have knowledge about which lines of research have not yet been studied, and especially they can give continuity with similar studies on the species *Cinchona officinalis* L., with the purpose of achieving the genetic improvement of this species. A bibliometric analysis and systematization of the information generated in nine thesis research works on plant tissue culture of *Cinchona officinalis* L., conducted at the National University of Loja, during the period from 2016 to 2020, was carried out. Bibliometrics through the application of four index or bibliometric indicators were used (personal indicators, productivity index, Price and isolation), which allowed assessing the scientific processes and knowing the impact of the information provided by the nine theses in time and space. Regarding the comparative critical analysis of the nine research works, it was carried out based on the use of the methodology proposed by FAO (2004), through which, it was possible to identify the types of plant tissue cultures of *Cinchona officinalis* L., as well as to describe each of the methodologies applied for their identification. Among the results obtained, it was found that the methodologies of the investigations analyzed apply the same culture medium as well as the growth hormones (auxins and cytokinins), although in different concentrations in each work carried out. In addition, it is considered that the place of collection of the species does not have a great influence, since the *in vitro* cultures are performed under controlled conditions of asepsis, temperature and luminosity; therefore, optimal development of the vegetative parts was obtained. Finally, it was evidenced that treatments with the best results were those composed of the combination of Auxins 2,4-D and Kinetin (cytokinin) in the corresponding amounts (1.0 mg/l-1 and 0.5 mg/l-1 respectively), allowing the formation of a large number of shoots, nodes, leaves, *de novo* structures and callus.

**Key words:** *Cinchona officinalis* L., micropropagation, husk, systematization, bibliometry

### 3. Introducción

La biodiversidad de nuestro planeta es el resultado de millones de años de evolución, lo cual ha dado lugar a que se origine una gran variedad de formas y tamaños de organismos. En América Latina, los andes tropicales son una de las regiones de mayor diversidad biológica de la tierra según Méndez (2018), y es considerada como un hot spots de biodiversidad, cubriendo tan solo el 2,3% de su superficie (Young et al., 2015). Por esta razón, el Ecuador es uno de los 17 países considerados como megabiodiversos, debido a sus ecosistemas, número de especies, recursos genéticos, tradiciones y diversidad de culturas, que son consecuencia de la combinación de factores geológicos, biogeográficos, ecológicos y evolutivos (Bussmann, 2006).

Los bosques de montaña o bosques montanos representan uno de los ecosistemas más diversos del mundo (Myers et al., 2000). Pese a su importancia en albergar una gran diversidad, los bosques de montaña enfrentan una acelerada pérdida de hábitat provocada por la actividad humana. Según estadísticas, por lo menos el 70% de bosque interandino del Ecuador ha desaparecido (Morocho y Romero, 2003).

En la región Sur del Ecuador, Loja es una de las provincias considerada como poseedora de una gran biodiversidad. Su diversidad biológica está influenciada por la ubicación geográfica, diversidad de pisos altitudinales, la depresión de Huancabamba, geomorfología y cuencas hidrográficas, que generan hábitats y micro hábitats que facilitan las condiciones para el desarrollo de flora y fauna (Cuesta et al., 2013). Esta provincia es poseedora de 22 ecosistemas, y dentro de los grupos taxonómicos se encuentran: 3039 especies de plantas, 93 de mamíferos, 382 de aves, 51 de anfibios y 42 de reptiles; y, de diversidad genética silvestre guardada en los bosques y en su agrobiodiversidad (Aguirre et al., 2017).

Dentro de toda esta rica biodiversidad destaca la *Cinchona officinalis* L. comúnmente llamada quina o cascarilla, siendo una especie representativa para la provincia de Loja, considerada como la “Planta Nacional del Ecuador”, pues simbolizó el origen histórico del “Árbol de la vida” debido a las propiedades medicinales de su corteza. Además, es una de las especies más representativas que se encuentra localizada en pequeñas áreas geográficas del Valle de Loja (Cuvi, 2011). Pese a su importancia local y nacional, la *Cinchona officinalis* L. es una de las muchas especies de distribución restringida, que ha perdido alrededor del 60% de su distribución potencial (Espinosa y Ríos, 2017).

La disminución de las poblaciones naturales de *Cinchona officinalis* L. ha sido el resultado de una explotación sin medida y sin previsiones para el futuro. La exorbitante demanda de la cascarilla durante los siglos XVII a XIX ocasionó la explotación irracional de las especies que comprenden este género, sumado a ello actividades como: la deforestación, crecimiento demográfico, incendios forestales, ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, han provocado la destrucción de su hábitat, reduciendo significativamente el número de individuos, encontrándose únicamente en pequeños relictos boscosos (Nieto, 2001).

Esta especie se encuentra en un estado de conservación crítico, debido a la pérdida de hábitat y la fragmentación de las poblaciones remanentes. Aunque aún no se encuentra en el listado de la UICN, el hábitat potencial de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja es de apenas 9 836 km<sup>2</sup>, de los cuales el 78.45 % se ha perdido y solo el 17.88 % está protegido bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), que incluye el Parque Nacional Podocarpus y Parque Nacional Yacuri (Espinosa y Ríos, 2017).

En condiciones naturales el género *Cinchona* presenta baja tasa de germinación y regeneración, encontrándose únicamente en lugares apartados y en pequeños grupos (Buddenhagen et al., 2004), siendo este un motivo más para que *Cinchona officinalis* L. esté en peligro de desaparición y sea considerada como especie prioritaria para la conservación e investigación.

En este sentido, una alternativa para la reproducción de esta especie, es el cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, como una técnica alternativa, que permite la propagación clonal masiva de especies de propagación vegetativa o de variedades. Además, este método permite obtener plantas libres de enfermedades y en algunas ocasiones reduce el tiempo de propagación; por tal razón, este es considerado como uno de los mejores métodos aplicados para aumentar la tasa de germinación, multiplicación potencial y propagación de *Cinchona officinalis* L. (Buddenhagen et al., 2004).

En la provincia de Loja, se ha desarrollado una amplia producción científica, contenida en documentos técnicos y trabajos de investigación a nivel de tesis de grado, particularmente en la Universidad Nacional de Loja, mencionando algunos como “Procesos biotecnológicos para la inducción *in vitro* de raíces a partir de explantes obtenidos de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja”, “Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento *in vitro* de explantes de *Cinchona officinalis* L., proveniente de relictos boscosos de la provincia de Loja”, “Procesos biotecnológicos para la implantación e inducción de

callos en *Cinchona officinalis* L., a partir de plántulas del invernadero, a nivel de laboratorio en la provincia de Loja”; así como también, en otras instituciones a nivel local y nacional sobre la cascarilla y el cultivo *in vitro* de sus tejidos vegetales . Sin embargo, dicha información es de acceso limitado, ya que se encuentra dispersa y desordenada en diferentes fuentes bibliográficas, razón por la cual no puede aportar o contribuir a la generación de nuevas investigaciones.

En este contexto, la bibliometría se considera como una parte de la cienciometría, que pretende analizar de manera más general el conjunto de actividades de la investigación académico-científica (Ardanuy, 2014), la cual mediante el uso de métodos estadísticos y matemáticos analiza la producción científica y los fenómenos ligados a la comunicación de la ciencia (Armengol, 2017).

Tanto en el Ecuador como en la provincia de Loja, las investigaciones sobre análisis bibliométricos específicamente de los trabajos de investigación de tesis de Ingeniería Forestal son desconocidas, ya que, luego de haberse realizado una revisión de literatura no se encontró publicación alguna (Chamba, 2017). Frente a esta problemática se ve la necesidad de realizar una recopilación y sistematización de la información relacionada con el cultivo de tejidos vegetales *in vitro* de la especie, con la finalidad de utilizar la misma para la investigación y difusión.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tiene como finalidad analizar mediante indicadores bibliométricos los nueve trabajos de investigación de tesis de pregrado de Ingeniería Forestal, realizados en la Universidad Nacional de Loja en el periodo 2016 a 2020, sobre el cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., y de esta manera contribuir con información bibliográfica y sistematizada sobre la importancia de *Cinchona* y el cultivo de tejidos vegetales *in vitro*; por cuanto, realizar un trabajo bibliográfico se considera como una herramienta fundamental para el análisis del contenido científico, basado en la evidencia de documentos consolidados en el meta – análisis.

La información analizada contribuirá a la conservación y manejo de la especie, además de sistematizar conocimientos, para poner a disposición de la comunidad científica, de actores interesados y de la ciudadanía en general y, seguir generando información científica, sobre los métodos de propagación alternativa, mediante el cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, que permitan la multiplicación y conservación de la *Cinchona*.

Además, la información permitirá visualizar y conocer cuáles son las metodologías que se han aplicado en los nueve trabajos de investigación analizados, para determinar la más adecuada o

recomendada para usar, ya que el cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, es una técnica alternativa, que aporta al incremento de la población de *Cinchona officinalis* L., obteniendo mayor cantidad de plántulas por unidad de superficie y de mejor calidad, de tal manera que con la difusión de esta información, se aportará a futuras investigaciones que se emprendan y a concientizar en la ciudadanía de la importancia de conservar la especie.

Con los antecedentes señalados, los objetivos que orientaron la presente investigación fueron los siguientes:

**Objetivo General:**

- Contribuir al conocimiento sobre investigaciones realizadas en cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., mediante la recopilación de información, con la finalidad de aportar a futuras investigaciones en la Universidad Nacional de Loja.

**Objetivos Específicos:**

- Sistematizar la información generada de investigaciones realizadas en cultivos de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja.
- Realizar un análisis crítico comparativo de las metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Antecedentes históricos de *Cinchona officinalis* L.

Descubierta en el siglo XVII, la cascarilla o quina, contiene en su corteza un compuesto que fue utilizado desde el tiempo de los Incas, para curar enfermedades como el paludismo o malaria, y fue considerada como la “Salvación de la Humanidad”, por ser el remedio contra las fiebres palúdicas (Hernández, 2015).

Los archivos que nombran las expediciones prehispánicas muestran que, quienes descubrieron la cascarilla fueron los habitantes de la Cultura Palta y la utilizaron con eficacia en el campo de la medicina natural, además, que de Loja fue llevada a Lima desde donde se propagó su fama terapéutica, que después trascendió a España. La historia cuenta que un indígena de Malacatos bautizado como Pedro de Leyva mientras estaba en Lima, tuvo la oportunidad de presentar la corteza a los jesuitas que, al percatarse de la importancia curativa de la planta la difundieron a la humanidad. El remedio se extendió en toda Europa y luego empezó a ser conocido como "los polvos de los jesuitas", "polvos de la condesa" o "polvos del cardenal" y, se lo disolvía en algún licor o como infusión, para poder suministrárselo a los enfermos pudientes (Larreategui y Lafuente, 2013). La cascarilla o “quina” es considerada como uno de los principales productos forestales del Ecuador, siendo económicamente importante desde el punto de vista medicinal, simbolizando el origen histórico del “árbol de la vida” o “planta salvadora de la humanidad”. En ese aspecto, la provincia de Loja fue la primera en adquirir fama como la más importante fuente de *Cinchona*, atribuyéndose su origen y principal centro de producción al nudo de Cajanuma (Buitrón, 1999).

La *Cinchona*, está constituida por cuatro compuestos químicos (alcaloides), más conocidos y estudiados de *Cinchona* que están presentes en su corteza: cinchona, cinchonidina, quinidina y quinina, siendo el último el más importante antimalárico. Al ser aislado el alcaloide quinina en el año de 1820, se pudo certificar su contenido en las diferentes especies de *Cinchona* sp. (Tapia, 2013).

## 4.2. Descripción botánica y taxonómica de *Cinchona officinalis* L.

### 4.2.1. Descripción botánica

*Cinchona officinalis* L. es un árbol nativo de los Andes, se encuentra entre 1000 a 3500 m s.n.m. En el Ecuador está ampliamente distribuido en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Loja (Figura 1) (Álvarez, 2016).

Según Pollito (1989) y Missouri Botanical Garden (2017), la filogenia de *Cinchona* es:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Gentianales

**Familia:** Rubiácea

**Género:** *Cinchona*

**Especie:** *officinalis*

**Nombre Científico:** *Cinchona officinalis* L.

**Nombre Común:** cascarilla, quina, quinina



Figura 1. Árbol de *Cinchona officinalis* L.



#### 4.2.2. Descripción taxonómica

*Cinchona officinalis* L., es un árbol de 11 a 15 m de altura, de 30 a 40 cm de diámetro de tallo; ramificación simpodial, con copa globosa irregular, bastante densa. La corteza es de color marrón oscuro, ligeramente fisurada y desprende pequeñas placas en forma irregular (Rodríguez, 2014).

Las formas de la hoja varían de casi orbicular o lanceolada a elíptico-ovalada, de 8 a 27 cm de largo y 7 a 18 cm de ancho, simples, opuestas y decusadas. Ápice agudo, acuminado, obtuso o redondo; base obtusa; borde entero, ligeramente sinuado. Forma de la hoja elíptica oblonga o elíptico-ovada. Pinnatinervia recta-curva; haz glabro o ligeramente pubescente, envés con pubescencia escasa o abundante de tipo ceroso. Estípulas aovadas y caducas (Chamba, 2018).

Flores hermafroditas, actinomorfas; cáliz gamosépalo, con 5 lóbulos pequeños; corola blanco-roja, con pétalos fundidos. Las flores se encuentran en panículas terminales de 20 a 25 cm de longitud, son hermafroditas, actinomorfas, la corola es blanca-roja.

Los frutos son cápsulas de color marrón oscuro, de forma elipsoide. Es una cápsula septicida seca dehiscente polisperma, ovoide alargada que puede contener de 12 a 90 semillas se separa longitudinalmente, a través de las ranuras carpelares desde la base al ápice del fruto, originando dos valvas o lóculos. El pericarpio es delgado pero leñoso de consistencia dura, la superficie de forma fisurada color café a marrón oscuro, con presencia de diminutos tricomas de color blanco (Figura 2).



Figura 2. Descripción taxonómica de *Cinchona officinalis* L. A) Árbol de *C. officinalis* L. B) Hojas de *C. officinalis* L. C) Flores de *C. officinalis* L. D) Frutos de *C. officinalis* L. y E) Semilla de *C. officinalis* L. Fuente: Proyecto de Investigación *Cinchona* UNL 2015.

### **4.3. Importancia de la conservación de *Cinchona officinalis* L.**

*Cinchona officinalis* L. es una planta que ha sido utilizada para la obtención de la quinina, constituye un agente útil en la prevención y tratamiento de la malaria y el paludismo o fiebre amarilla. Dentro del ámbito culinario, se la usa en la coctelería a través de mezclas con agua tónica. El ingrediente principal es la quinina, que al ser extraída de la corteza de estos árboles da el sabor amargo a este tónico que ha conquistado el mercado de bebidas gaseosas, especialmente en Europa y Estados Unidos (Russell, 2012).

También se usa para curar neumonías, acelerador del parto, tónico capilar para evitar la caída del cabello, desordenes del ritmo cardíaco, calambres e indigestión. Es depurativa pues favorece la eliminación de toxinas por la piel y orina (Galeano y Galeano, 2009).

### **4.4. Importancia de la biotecnología vegetal en la propagación de las plantas**

La biotecnología es muy importante ya que, ha permitido resolver problemas en todos los aspectos de la producción y elaboración agrícolas, incluido el fitomejoramiento, para elevar y estabilizar el rendimiento, mejorar la resistencia a plagas, animales y condiciones abióticas adversas como la sequía y el frío, y aumentar el contenido nutricional de los alimentos. Se utiliza también, con el fin de crear material de propagación/plantación de bajo costo y libre de enfermedades para cultivos como la mandioca, la frutilla y las papas y está proporcionando nuevos instrumentos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades de las plantas y los animales y para la evaluación y conservación de los recursos genéticos (Sharry, 2020).

En lo que respecta a la biotecnología vegetal, esta es una extensión de la propagación de las plantas, con una diferencia muy importante, permite la transferencia de una mayor variedad de información genética de una manera más precisa y controlada (Cano & López, 2021).

### **4.5. Métodos de propagación**

Existen tres tipos de propagación de plantas que se observan en la naturaleza: sexual (por semilla) y asexual (vegetativamente), en las cuales se puede lograr una diversidad de técnicas de siembra dependiendo del tipo de especie que se vaya a propagar y la micropropagación *in vitro* (Chamba, 2018).

#### **4.5.1. Micropropagación de cultivo de tejidos vegetales**

El cultivo *in vitro* de tejidos significa cultivar algunas partes de las plantas conocidos también como “explantes”, siendo estos los segmentos de hoja, tallo y raíces; además, de otros tejidos u órganos vegetales, dentro de un frasco de vidrio en un ambiente artificial, en los que se deben controlar la asepsia, el crecimiento y el desarrollo de estos diferentes tejidos. No deben crecer microorganismos, como bacterias y hongos, y los tejidos o plantas deben mostrar un óptimo desarrollo (Salgado, 2009).

Castillo (2004), reconoce a la micropropagación o propagación clonal como una de las aplicaciones más generalizadas del cultivo *in vitro*, donde a partir de un fragmento o explante de una planta madre se obtiene una descendencia uniforme con plantas genéticamente idénticas denominadas clones. Las yemas vegetativas de las plantas son consideradas como el explante más usado para los procesos de propagación *in vitro*. Los frascos que contienen a los explantes se ubican en estanterías con luz artificial dentro de la cámara de crecimiento, donde se fija una temperatura que oscila entre los 21 y 23 °C, además de controlar la cantidad de horas de luz. Por su parte, el medio de cultivo se compone de una mezcla de sales minerales, vitaminas, reguladores de crecimiento, azúcar, agua y agar. La composición del medio de cultivo siempre va a depender de la especie vegetal que se use y de la etapa del proceso de micropropagación (Castillo, 2004).

La micropropagación es el sistema de propagación vegetativa más recientemente implementado, pero que por razones de costo no ha eliminado el uso de los sistemas tradicionales, especialmente en especies forestales, ya que, su reproducción masiva en viveros es más ventajosa desde un punto de vista económico. Estas técnicas actuales son un buen complemento para la producción de plantas en vivero, al permitir producir un material de alta calidad genética que podrá ser reproducido en forma masal, por semilla (González y Vilca, 1998). La micropropagación requiere de la instalación de laboratorios y la aplicación de técnicas asépticas similares a los empleados para el cultivo de hongos, bacterias y otros microorganismos.

#### **4.5.2. Ventajas del cultivo de tejidos vegetales**

De acuerdo a Rodríguez, (2014), las ventajas del cultivo de tejidos son los siguientes:

- Facilita la realización de una propagación clonal masiva de plantas idénticas en un corto tiempo.

- El costo de mantenimiento de un banco de germoplasma, en condiciones de laboratorio, es menor en comparación al mantenimiento en condiciones de campo, evitando el riesgo de pérdidas por factores climáticos.
- Las plántulas se mantienen libres de plagas y enfermedades, por ser una técnica que requiere de mucha asepsia.
- Permite la ampliación de la base genética de una especie.
- Los clones pueden ser propagados en cualquier época del año.

#### **4.5.3. Desventajas del cultivo de tejidos vegetales**

Según Wegier-Briuolo et al. (2013) las principales desventajas del cultivo *in vitro* son:

- Técnica sensible a contaminación por hongos y bacterias
- Necesidad de acceso a instrumental e infraestructura especializada
- Capacitación para aprender las técnicas *in vitro*.
- Necesidad del desarrollo empírico de las técnicas y protocolos que se van a utilizar para cada especie o tejido.
- Propensión del tejido a oxidación y crecimiento anómalo.
- Existencia de pérdidas durante los trasplantes
- Necesidad de hacer una evaluación del costo beneficio de las técnicas que se van a utilizar.

#### **4.5.4. Medio de cultivo *in vitro***

Para obtener un cultivo de tejidos vegetales exitoso, depende total y sustancialmente del medio de cultivo empleado, es así que, para establecer un sistema de cultivo de tejidos, se elabora un medio de cultivo que se ajuste a los principales requerimientos nutricionales de la especie vegetal, al tipo de explante, y al sistema de cultivo. La efectividad de un cultivo depende tanto de los ingredientes básicos (nutrientes, azúcar y hormonas) como el agente gelatinizador (Szabados et al., 1991).

El medio de cultivo es una solución acuosa en donde se encuentran disueltas sales minerales que aportan los elementos esenciales como son: los macronutrientes (N, P, K, S, Ca y Mg) y micronutrientes (Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, y Co). Por lo normal es muy necesario una fuente de carbono, generalmente la sacarosa, debido a la escasa actividad fotosintética de los tejidos *in vitro*.

Además, se puede enriquecer el medio con aminoácidos, vitaminas y reguladores del crecimiento. Los medios de cultivo se preparan a partir de soluciones concentradas 10 o 100 veces (Soluciones Madre o Stock). En la solución madre se pueden mezclar varias sales minerales siempre que no se produzcan problemas de precipitación. Se puede utilizar de dos formas a los medios de cultivo, como solución líquida o con un agente gelificante como el agar (Universidad de Oviedo [UNIOVI], 2009).

#### **4.5.5. Reguladores del crecimiento**

Krikorian (1993) menciona que en la mayoría de los cultivos *in vitro* se hace necesario agregar al medio sustancias reguladoras de crecimiento, generalmente del tipo auxinas o las citoquininas. Las auxinas que más se utilizan son: Ácido diclorofenoxiacético (2,4-D), ácido naftalenacético (ANA), ácido indolacético (AIA), y ácido indolbutírico (AIB); las citoquininas que más se emplean son: Kinetina (KIN), bencil amino purina (BAP), y zeatina (ZEA).

##### **4.5.5.1. Auxinas**

Las auxinas son consideradas como una gran familia de sustancias que tienen en común la capacidad de producir un agrandamiento celular, sin embargo, al mismo tiempo promueven la división celular en el cultivo de tejidos (Krikorian, 1993). Están presentes en la planta en grandes cantidades específicamente en las partes donde se presentan procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con sus funciones fisiológicas asociadas con la elongación de tallos y coleóptilos, formación de raíces adventicias, inducción de floración, diferenciación vascular, algunos tropismos y promoción de la dominancia apical.

Las auxinas promueven la dominancia apical o inhibición del desarrollo de las yemas laterales por la yema apical. Considerándose como las más utilizadas a las siguientes: el ácido indolacético (AIA), ácido naftalenacético (ANA), ácido indolbutírico (AIB), 2,4-D y 2, 4,5-T. La auxina AIA es la que presenta mayor actividad en la formación de órganos, pero tiene en contra, que es la más inestable frente a factores del medio como luz y temperatura. Por el contrario, el 2,4-D es muy efectivo específicamente para la inducción de callos. Se debe tener en cuenta, que las auxinas se disuelven por lo general en etanol o en una solución de hidróxido de sodio (Krikorian, 1993).

#### **4.5.5.2. Citoquininas**

Citoquininas proviene del término citokinesis que se refiere al proceso de división celular, el mismo que puede ser considerado como el segundo proceso madre de todos los procesos fisiológicos en los vegetales, ya que a este proceso le antecede en importancia la diferenciación celular, la cual se encarga de dar origen a la formación de cada uno de los órganos de cualquier vegetal (Mok y Mok, 2001).

Margara (1988), cree que las citoquininas son sintetizadas en tejidos jóvenes o meristemáticos como ápices radiculares, yemas del tallo, nódulos de raíces de leguminosas, semillas en germinación, especialmente en endospermas líquidos y frutos jóvenes; desde donde se transportan vía xilema hacia la hoja donde se acumula, para luego ser exportada vía floema hacia otros órganos como los frutos.

#### **4.5.6. Fases del cultivo de tejidos vegetales *in vitro***

##### **4.5.6.1. Preparación de la planta madre**

Con el objetivo de establecer el cultivo en condiciones de asepsia, se deben obtener explantes con un nivel nutricional y un grado de desarrollo adecuado. Para obtener estos explantes es recomendable mantener a las plantas madre, es decir la planta donadora de yemas, durante un período de tiempo que puede oscilar entre unas semanas o varios meses en un invernadero bajo condiciones controladas (Castillo, 2004).

##### **4.5.6.2. Desinfección del material vegetal**

Una vez elegida la planta madre, se extraerán los fragmentos a partir de los cuales se obtendrán los explantes. Los explantes pueden ser yemas, trozos de hojas, porciones de raíces, semillas, etc. Antes de extraerlos se hará una desinfección de los fragmentos de la planta madre para eliminar los contaminantes externos.

Ya desinfectado el material vegetal, se debe mantener en condiciones de asepsia; por lo tanto, se trabaja en cabinas de flujo laminar para extraer los explantes a partir del material vegetal. Estos

explantes se introducen en un tubo de cultivo conteniendo medio de iniciación para poder controlar la sanidad y la viabilidad (Castillo, 2004).

#### **4.5.6.3. Inoculación *in vitro* del material vegetal**

Luego de la desinfección superficial, las semillas o las yemas dependiendo del material seleccionado, se ponen en medio de cultivo estéril. En un período de una semana o quince días, comienza el proceso de germinación o regeneración de nuevos tejidos vegetales, iniciando el ciclo de cultivo *in vitro* (Castillo, 2004).

### **4.6. Bibliometría y sistematización de información**

#### **4.6.1. Análisis bibliométrico**

Realizar un análisis de publicaciones científicas es sin duda algo fundamental que se debe desarrollar en las investigaciones ya que es una herramienta que permite calificar la calidad del proceso generador del conocimiento e impacto en el entorno. Las tecnologías de información y comunicaciones, en especial el acceso abierto, han generado universalidad en el acercamiento a los contenidos, desdibujando lo local en lo global, propiciando como nunca antes el acceso a comunidades que no solo pueden hacer uso en corto tiempo de la investigación, sino también generar crítica de las mismas (Sánchez y Botella, 2010).

#### **4.6.2. Definición de bibliometría**

La bibliometría (deriva de los vocablos griegos biblos: 'libro' y metrón: 'medir'), es la ciencia que permite el análisis cuantitativo de la producción científica a través de la literatura, estudiando la naturaleza y el curso de una disciplina científica. Se basa en la aplicación de los métodos estadísticos y matemáticos dispuestos para definir los procesos de la comunicación escrita, la naturaleza y el desarrollo de las disciplinas científicas, mediante técnicas de recuento y análisis de dicha comunicación (Escorcia, 2008).

Desde su origen hasta la actualidad, la bibliometría ha estado ligada estrechamente tanto con la bibliografía identificando desde sus orígenes a la bibliografía, como base fundamental de su desarrollo. La bibliometría en un primer instante se denominó como bibliografía estadística, la cual

fue aplicada en el año 1923, por Hulme, basándose en el requerimiento de realizar un recuento de las publicaciones (Carrizo, 2012).

Se conoce que la bibliometría puede dividirse en dos áreas: la primera es la descriptiva, que trata aspectos puramente cuantitativos, como distribución geográfica, documental, temática y su productividad, como segunda se tiene a la evolutiva, la cual añade a la primera, estudios de evaluación de la actividad científica implicando técnicas estadísticas y programas informáticos de mayor complejidad, teniendo que manejarse sus resultados con cuidado, sobre todo en las Ciencias Sociales, donde factores sociales, económicos y políticos actúan sobre los indicadores bibliométricos, desviando sus resultados (Jiménez, 2012).

#### **4.6.3. Campos de aplicación más frecuentes**

- Selección de libros y publicaciones periódicas.
- Identificación de las características temáticas de la literatura.
- Evaluación de bibliografías y de colecciones.
- Historia de la ciencia.
- Estudio de la sociología de la ciencia.
- Determinación de revistas núcleos en determinada temática.
- Identificación de los países, instituciones y autores más productivos en un período determinado.
- Distribución según idiomas de las fuentes en una temática específica.

#### **4.6.4. Indicadores bibliométricos**

Los indicadores son definidos como los parámetros que se aplican en el proceso evaluativo de cualquier actividad. Normalmente, se emplea un conjunto de ellos, cada uno de los cuales pone de relieve una faceta del objeto de la evaluación (Sancho, 2002).

Su uso se basa específicamente en el papel que desempeñan las publicaciones en la difusión de los nuevos conocimientos encontrados, ya que es un papel que asumen todos los niveles del proceso científico. Estos indicadores son válidos en el momento en que los resultados de las investigaciones dan lugar a publicaciones científicas, lo cual es habitual en las áreas científicas más básicas (Gomez y Bordons, 2012).



Por lo general, los indicadores bibliométricos se pueden clasificar en dos grupos estos son: los indicadores de actividad y los de impacto, los primeros permiten visualizar el estado real de la ciencia y dentro de estos se encuentran número y distribución de publicaciones, productividad, dispersión de las publicaciones, colaboración en las publicaciones, vida media de la citación o envejecimiento, conexiones entre autores, entre otros. Y dentro de los indicadores de impacto se encuentran la evaluación de documentos muy citados “Hot papers” y el factor de impacto (FI) (Carreño et al., 2009).

#### **4.6.5. Indicadores o índices bibliométricos más usados en la actualidad**

Según Estrella y Lastra (2019), los siguientes indicadores son algunos de los más aplicados y calculados en la actualidad:

**4.6.5.1. Indicadores personales:** a estos se les atribuye una serie de rasgos cualitativos relacionados directamente con el autor del estudio, es decir se hace referencia a indicadores relacionados con el género del investigador, variable que pasa a ser uno de los indicadores más estudiados dentro de la comunidad científica como edad, sexo, antecedentes personales, entre otros.

**4.6.5.2. Indicador de productividad:** se mide con el número de publicaciones por investigador, institución y grupo; se usa para la descripción de áreas temáticas. El cual se lo calcula con el uso de la siguiente formula:

$$IP = \text{Log } N$$

**Donde:**

**IP:** indicador de productividad

**Log N:** logaritmo natural del número de las publicaciones

**4.6.5.3. Grado de colaboración (Índice de Subramanyan):** con él se puede medir la colaboración científica entre varios autores, permitiendo determinar el tamaño de los grupos de investigación.

**4.6.5.4. Indicador de antigüedad – obsolescencia:** es utilizado para calcular el nivel de envejecimiento de la literatura científica, puede ser calculado mediante el factor de envejecimiento anual mediante el máximo de citas y la vida media.

**4.6.5.5. Índice de Price:** Mide la proporción de citas en un documento que no tienen más de cinco años de antigüedad.

**4.6.5.6. Índice de aislamiento:** Indica la cantidad de referencias que pertenecen a las publicaciones del mismo país donde se edita la literatura y refleja el grado de aislamiento o apertura al exterior de un país.

#### **4.7. Sistematización de información secundaria**

Según Martinic (1984), la sistematización es un proceso de reflexión que pretende ordenar u organizar lo que ha sido el desarrollo, los procesos y los resultados de un proyecto, con la finalidad de encontrar las dinámicas que expliquen el curso que asumió el trabajo realizado.

Por otro lado, Jara (1994) menciona que, la sistematización es definida como la interpretación crítica de una o varias experiencias que, a partir de su ordenamiento y reconstrucción, descubre o explicita la lógica del proceso, los factores que han intervenido en él, cómo se han ido relacionado entre sí y por qué lo han hecho de ese modo.

##### **4.7.1. Importancia de la Sistematización de información**

Según la (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2004) la contribución de la Sistematización al desarrollo es fundamental y permite:

- Recuperar y revalorar la información y datos.
- Contribuye a mejorar las estrategias, enfoques y metodologías.
- Retroalimenta las intervenciones de los equipos e instituciones.
- Permite introducir correcciones, favorece el desarrollo profesional de los equipos y de las instituciones.
- Aporta documentación al sistema de información de la institución.
- Sirve como una herramienta de aprendizaje

#### **4.7.2. Aplicación de la Sistematización de información**

Según la FAO (2004) la aparición y desarrollo de la sistematización ha estado ligado al desarrollo del método científico y en los últimos años, sus usos más frecuentes han estado asociados, básicamente, a dos campos:

- La sistematización de información o sistematización de datos, de documentos afines a un tema particular; y,
- La sistematización de experiencias, aplicado a proyectos de producción implementados o realizados.

#### **4.7.3. Importancia de las revisiones sistemáticas**

La importancia en sí de las revisiones sistemáticas, es la de resumir y analizar la evidencia respecto de una pregunta en forma estructurada, explícita y sistemática. Por lo tanto, se explicita el método utilizado para encontrar, seleccionar, analizar y sintetizar la evidencia presentada. Las revisiones sistemáticas son consideradas como investigaciones científicas en las cuales la unidad de análisis son los estudios originales (Ferreira, Urrútia, y Alonso-Coello, 2011).

##### **4.7.3.1. Tipos de revisiones sistemáticas**

**Revisiones sistemáticas cualitativas:** en este tipo de revisión no se considera un análisis estadístico necesariamente, ya que la evidencia se presenta de manera descriptiva.

**Revisiones sistemáticas cuantitativas:** en este caso los resultados se presentan haciendo uso de herramientas estadísticas, en donde se procede a combinar con la información cualitativa en un solo estimador puntual.

## 5. Metodología

### 5.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación es de carácter cualitativo de tipo descriptivo, que se elaboró en base al análisis de información secundaria extraída de trabajos de titulación, elaborados por estudiantes de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en el periodo comprendido entre los años 2016 a 2020; la cual, se realizó en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, que se encuentra ubicado a 3 km de la Ciudad de Loja (Figura 3), entre las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud: 04° 00' 00" S
- Longitud: 79° 12' 00" O
- Altitud: 2135 m s.n.m.

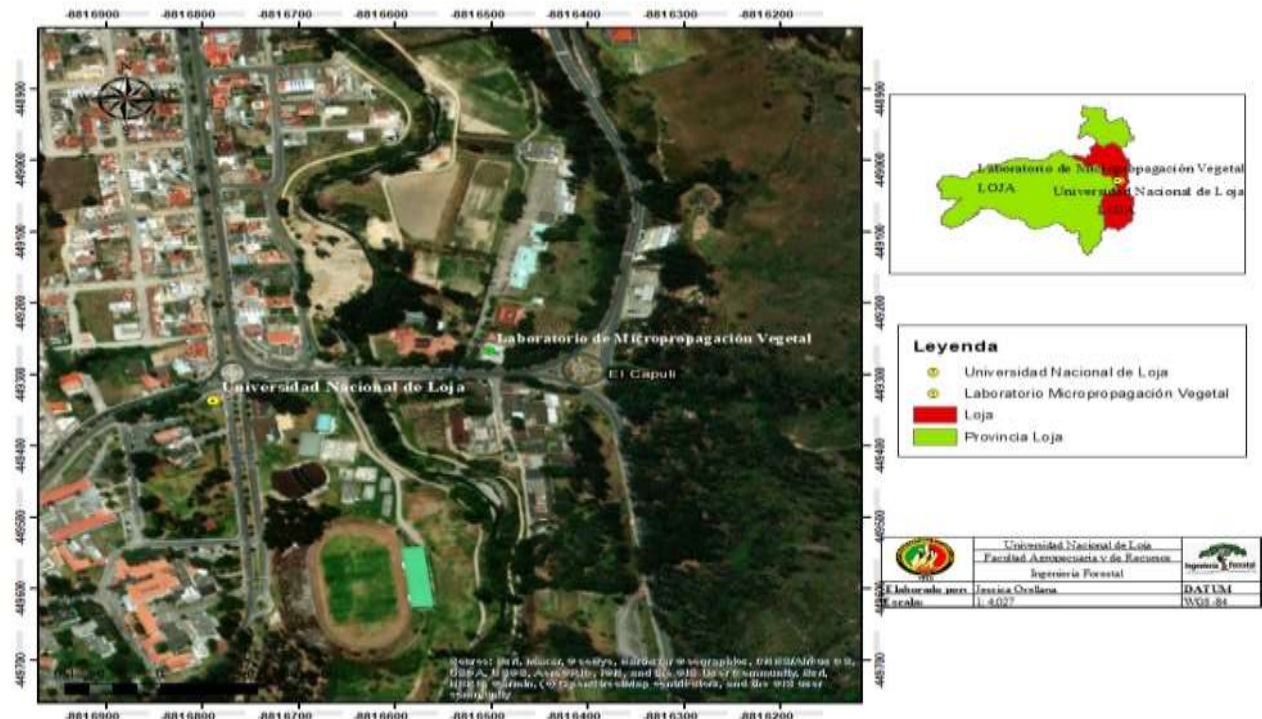


Figura 3. Mapa de la ubicación del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Universidad Nacional de Loja.

## **5.2. Metodología para la sistematización de la información generada de las investigaciones realizadas en cultivos de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja.**

### **5.2.1. Recolección de información**

Los documentos necesarios para la elaboración del análisis correspondiente, se obtuvieron en medios digitales (internet), en donde se realizó una búsqueda sistematizada en el acceso abierto del repositorio (<https://dspace.unl.edu.ec/>) y en el blog del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja (<https://laboratoriomicropropagacionvegetalunl.wordpress.com/>). Para conseguir una mejor calidad de información se aplicaron algunos términos de selectividad como “*Cinchona officinalis*”, “cultivo de tejidos vegetales”, “micropropagación *in vitro*”, con la finalidad de focalizar la búsqueda en documentos relevantes para la investigación. Se encontró un total de 30 tesis, que se han realizado sobre *Cinchona officinalis* L. de las cuales se seleccionaron nueve, en formato digital, que eran las únicas que trataban sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L., desarrolladas en el periodo 2016 a 2020.

### **5.2.2. Organización de los trabajos investigativos**

Con la información obtenida se construyó una matriz, haciendo uso de Microsoft Excel; en donde, se organizó la información más relevante de cada tesis en forma sistemática, básica y detallada, con la finalidad de facilitar la obtención de los datos posteriores (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz general para la organización de información técnica recopilada

<b>N°</b>	<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>AUTOR</b>	<b>AÑO DE PUBLICACIÓN</b>

### 5.2.3. Procesamiento de datos de los trabajos de investigación

Para procesar los datos de las investigaciones y sistematizarlos se utilizó bibliometría mediante la aplicación de índices bibliométricos que permitieron valorar los procesos científicos y proporcionaron los datos de interés dentro del proceso investigativo sobre el impacto generado, en tiempo y espacio.

Los índices bibliométricos utilizados dentro de esta investigación, fueron los siguientes:

**5.2.3.1. Indicadores personales:** dentro de estos indicadores se determinó el sexo y la edad de cada autor de las nueve investigaciones analizadas, ya que, fueron las únicas variables con las que se pudo contar. Es así que, se revisó manualmente cada una de las investigaciones para determinar la cantidad de estudiantes mujeres y hombres que las habían elaborado; y así también, conocer el rango de edad promedio de sus autores.

**5.2.3.2. Determinación del índice de productividad:** para la obtención de este índice se tomó en cuenta la cantidad de investigaciones científicas por autor y por años, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$IP = \text{Log } N$$

**Dónde:** *IP* es el indicador de productividad personal y *N* es el número de artículos (Vallejo Ruiz, 2005).

Además, se usó la información de la Tabla 2, como apoyo para la interpretación de los resultados que se fueron obteniendo.

Tabla 2. Interpretación de los valores para cada productor

INTERPRETACIÓN	
Grandes Productores	(10 o más trabajos) $IP > 1$
Productores intermedios	(entre 2 y 9 trabajos) $0 > IP < 1$
Productores transitorios	(un solo trabajo) $IP = 0$

**5.2.3.3. Obtención del índice de Price:** el cálculo de este índice ayudó a establecer el porcentaje de citas de las investigaciones en el período 2016-2020; es decir, en los documentos que no tienen más de cinco años de antigüedad.

Para su cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$IO = \frac{\text{Documentos} - 5 \text{ años}}{\text{Total}} \times 100\%$$

**5.2.3.4. Cálculo del índice de aislamiento:** este indicador ayudó a determinar el porcentaje de citas que tienen los trabajos de investigación en el país. Para el cálculo de este índice se usó la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{\text{Citas}_{\text{país}}}{\text{Total}_{\text{citas}}} \times 100\%$$

### **5.3. Metodología para realizar el análisis crítico comparativo de las metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.**

En base a la metodología planteada por la FAO (2004), se sistematizó la información de las nueve investigaciones antes mencionadas, considerando que este es un proceso de análisis crítico que permite reflexionar sobre las mejores prácticas y debilidades de las investigaciones, los puntos críticos que influyen en la obtención de un resultado u otro; lo cual conlleva a tener una herramienta de ayuda para mejorar las prácticas realizadas.

Para lo cual, se elaboró un esquema general en donde se explica las etapas y pasos que se desarrollaron dentro de la investigación y el producto que es lo que se pretende obtener al finalizar el proceso de sistematización de las nueve investigaciones (Ver Figura 4).

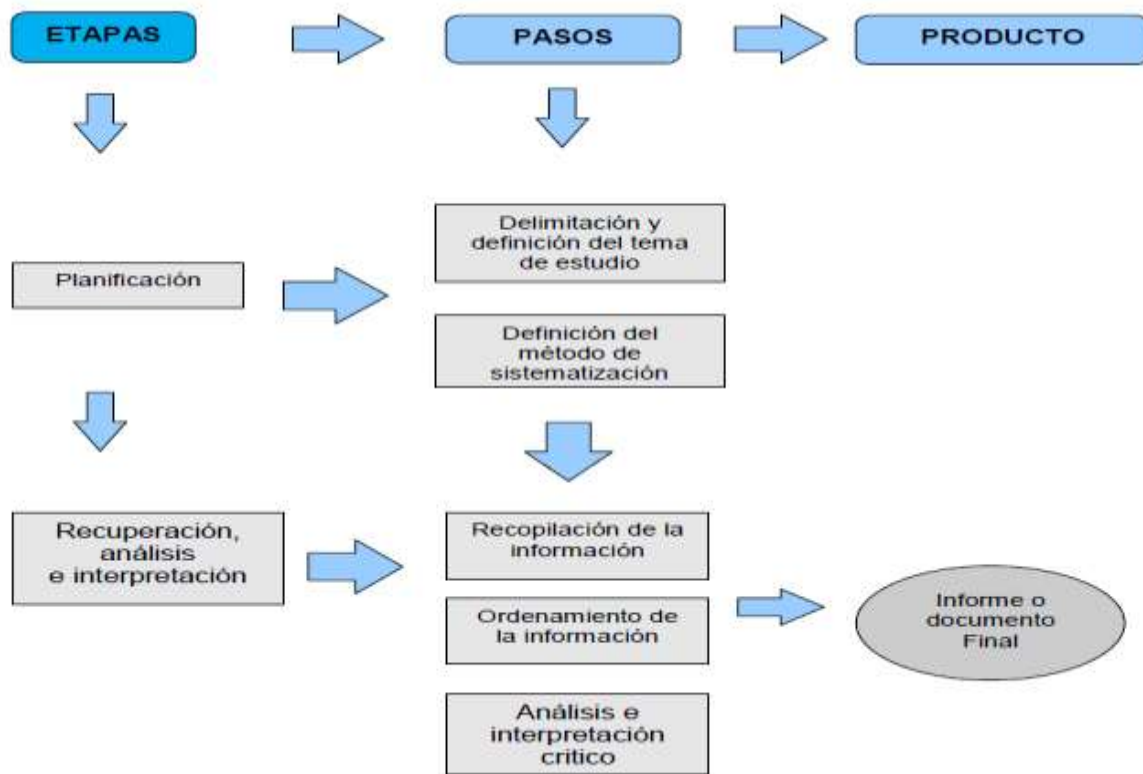


Figura 4. Esquema general del proceso de Sistematización, adaptado a la presente investigación.

Fuente: FAO (2004).

### 5.3.1. Planificación del proceso de sistematización de la información

Esta etapa correspondió al diseño del proceso de sistematización con carácter participativo, dentro del cual es importante tener claro el objeto de la sistematización, el resultado que se desea conseguir y para qué va a servir dicho proceso, es decir su utilidad. Para lo cual, dentro de esta etapa se consideraron los siguientes pasos metodológicos:

**5.3.1.1 Delimitación y definición del tema de estudio:** el cual consistió en la definición de los resultados que se desean conseguir con la sistematización de investigaciones en cultivos de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.; así como, la utilidad del producto tanto en temas de investigación como para conocimiento local.



**5.3.1.2. Definición del método de sistematización:** Este paso permitió encaminar el desarrollo del proceso de sistematización, orientando el levantamiento de información y dirigiendo el proceso hacia los elementos a destacar.

El procedimiento que se realizó para definir la metodología de sistematización fue:

1. Se estableció el motivo por el que se generó la necesidad de realizar esta investigación, conocer los aciertos, mejores prácticas y tratamientos con mejores resultados sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.
2. Se cuestionó el aspecto específico sobre el éxito o fracaso sobre una práctica u otra.

Puesto que este proceso es una sistematización de nueve investigaciones de tesis que ya han sido realizadas, puede estar alineada con una sistematización retrospectiva, que incluye dentro de su objeto una memoria de la experiencia en la que se rescaten los aprendizajes logrados, y los resultados están orientados a mejorar investigaciones similares en el futuro.

## **5.3.2. Recuperación, análisis e interpretación de la investigación**

### **5.3.2.1. Recopilación de la información**

En base a la metodología planteada por la FAO (2004), se pudieron obtener los elementos necesarios para formar la experiencia (investigación) en toda su dimensión, mediante técnicas analíticas como una lectura de exploración para conocer sobre la experiencia, lectura de búsqueda de datos para localizar información específica y datos requeridos; y, por último, una lectura crítica para comprender a fondo sobre la experiencia.

En este sentido, se procedió a recopilar las nueve investigaciones de tesis de Ingeniería Forestal, relacionadas con el cultivo de tejidos vegetales *in vitro* de *Cinchona officinalis* L, existentes en el Repositorio Institucional– Biblioteca Virtual de la Universidad Nacional de Loja y en la Biblioteca del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales, durante el periodo: 2016 a 2020.

### 5.3.2.2. Ordenamiento de la información

Una vez identificadas las nueve tesis, se procedió a su ordenamiento, considerando que la información debe encontrarse establecida de forma clara y práctica. Para esto se reflejó la información recolectada en un procesador de texto (Word 2016, Excel) el cual contiene la siguiente información (Tabla 3):

- Título del trabajo de investigación de tesis
- Objetivos
- Reguladores de crecimiento usados
- Medio de cultivo usado
- Lugar de recolección de la especie
- Secciones de las plantas usadas
- Resultados obtenidos
- Análisis

Tabla 3. Matriz comparativa de metodologías utilizadas en los trabajos de titulación

<b>Título del trabajo de investigación de tesis</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Reguladores de Crecimiento usados</b>	<b>Medio de cultivo usado</b>	<b>Lugar de recolección de la especie</b>	<b>Secciones de las plantas usadas</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Análisis</b>

### 5.3.2.3. Análisis, interpretación y presentación de la información

Previo a la sistematización, se corroboró la calidad de la información recopilada, haciendo un análisis de las nueve tesis consideradas acorde a los objetivos planteados en la presente investigación, profundizando en la interpretación de los resultados obtenidos con la extracción de las conclusiones, recomendaciones y lecciones aprendidas de las prácticas realizadas.

La información levantada se realizó de manera concisa, sintética y puntual; aportando información pertinente y relevante; tomando en cuenta el enfoque, la metodología utilizada, estrategias y resultados de lo aplicado en cada investigación.

Para la divulgación de información se generó un documento técnico sistematizado, en el que se incluyen esquemas, tablas, figuras, donde se presentó todas las metodologías que se han aplicado en cada trabajo de investigación revisado, con un análisis de pertinencia de cada una, en base a los resultados obtenidos (Anexo 2. Guía de sistematización de metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.).

## 6. Resultados

### 6.1. Resultados de la sistematización de la información generada de investigaciones realizadas en cultivos de tejidos vegetales de *Cinchona Officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja

#### 6.1.1. Trabajos de investigación analizados

Tabla 4. Información organizada de las nueve tesis analizadas

N°	TÍTULO DE LA TESIS	AUTOR	AÑO DE PUBLICACIÓN
1	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA PROPAGACIÓN IN VITRO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE DIFERENTES FUENTES DE MATERIAL VEGETAL”.	Nelson Ramiro Lima Jiménez	2016
2	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA EL BROTIAMIENTO Y ENRAIZAMIENTO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE VITROPLANTAS, EN LA ARGELIA - LOJA”	Lorena Melania Chamba Granda	2017
3	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE CALLOS A PARTIR DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA”	Karina Cecibel González Valdiviezo	2017
4	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA FORMACIÓN DE CALLOS Y ESTRUCTURAS DE NOVO DE <i>Cinchona officinalis</i> L. PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	Katherine Isabel Méndez Montaño	2018
5	PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA IMPLANTACIÓN E INDUCCIÓN DE CALLOS EN <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE PLÁNTULAS DEL INVERNADERO, A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA.	Jessica Alejandra Guartanza Loja	2019

N°	TÍTULO DE LA TESIS	AUTOR	AÑO DE PUBLICACIÓN
6	“BALANCE HORMONAL PARA LA FASE DE BROTAÇÃO Y ENRAIZAMIENTO IN VITRO DE EXPLANTES DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTE DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	Daniela Katherine Paredes Jiménez	2019
7	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN IN VITRO DE RAÍCES A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	Claudia Milena Cueva Coronel	2020
8	PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CALLOGÉNICAS, A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA.	Johanna Gabriela Rueda Rodríguez	2020
9	“INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE NOVO, A PARTIR DE CALLOS OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	Katty María Lima Suquilanda	2020

### 6.1.2. Indicadores personales

Durante el periodo 2016 a 2020 se analizaron nueve trabajos de investigación de tesis, relacionados con el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L. Como se observa en la figura 5, el 89% del total de las investigaciones fueron realizados por mujeres, con un promedio de edad de 26 años y el 11%, que corresponde a una sola investigación, que fue elaborada por un estudiante hombre, con una edad de 29 años.

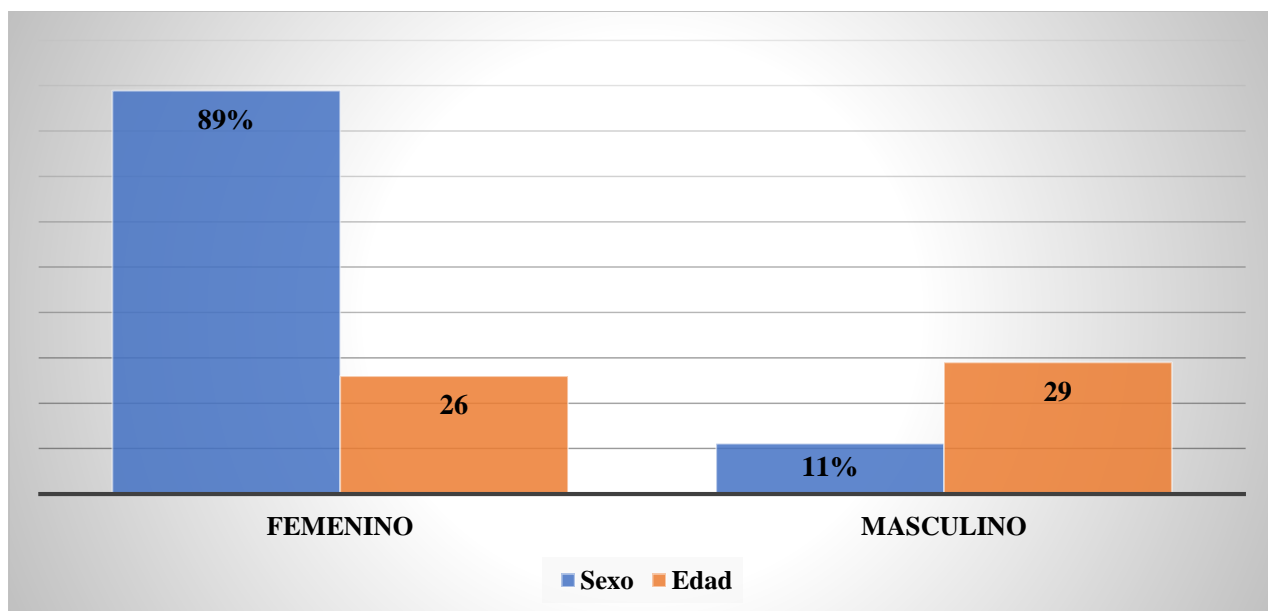


Figura 5. Porcentaje y edad de los autores hombres y mujeres que realizaron las nueve investigaciones analizadas.

### 6.1.3. Índice de productividad de las investigaciones

Como se muestra en la figura 6, el cálculo del índice de productividad científica (IP) de la Universidad Nacional de Loja en las investigaciones sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L., dio como resultado 0,95 del total, lo que significa que es una Institución de Educación Superior (IES) con producción científica tipo intermedia. Además, los autores de las nueve investigaciones son considerados productores transitorios, puesto que el IP es igual a cero (Tabla 2).

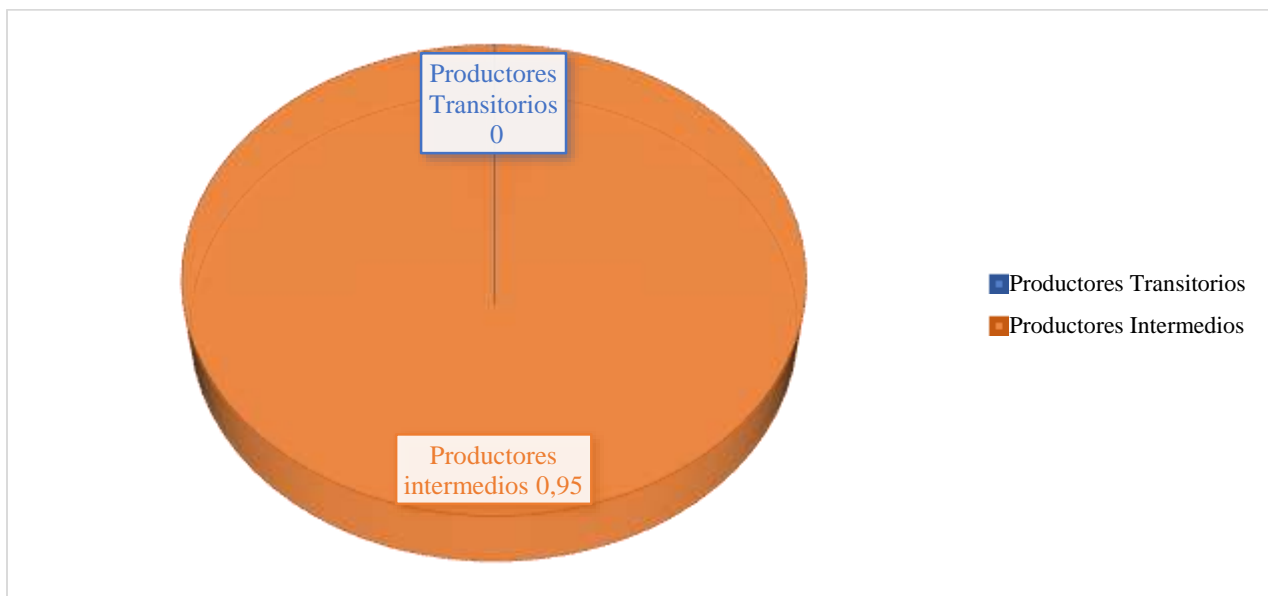


Figura 6. Producción científica de la Universidad Nacional de Loja y de los autores de los nueve trabajos de investigación de tesis analizados.

#### 6.1.4. Índice de Price

En base al cálculo del Índice de Price (IO), se determinó el porcentaje de antigüedad de las citas en las investigaciones de cinco años atrás de la Universidad Nacional de Loja, dentro de esta línea de investigación. En la figura 7 se observa que, el trabajo de investigación de tesis que presentó un mayor índice de Price fue el número cinco, denominado “Procesos biotecnológicos para la implantación e inducción de callos en *Cinchona officinalis* L., a partir de plántulas del invernadero, a nivel de laboratorio en la provincia de Loja” debido a que tiene mayor número de citas con un IO de 87,95 %, por lo tanto, este trabajo de titulación posee mayor antigüedad en sus citas bibliográficas; así mismo, la tesis que menor vejez y cantidad de citas presento fue la número cuatro, titulada: “Procesos biotecnológicos para la formación de callos y estructuras de novo de *Cinchona officinalis* L. provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja”, con un IO de 15,38 %.

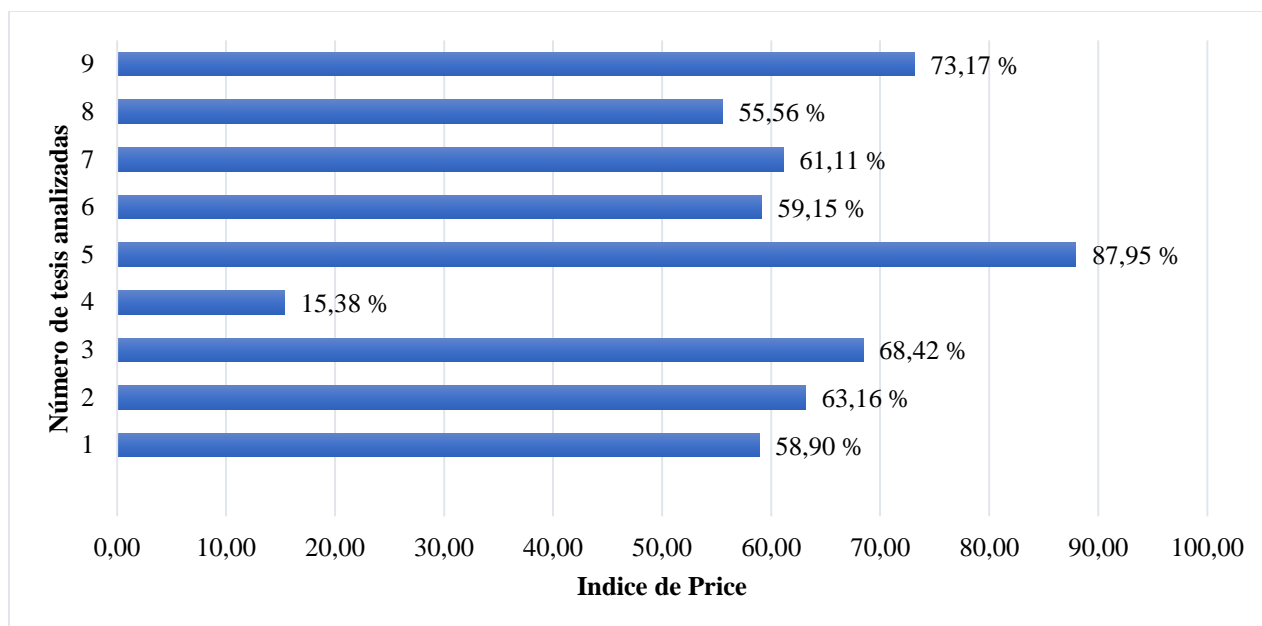


Figura 7. Índice de Price de las citas bibliográficas de las nueve investigaciones analizadas.

#### 6.1.5. Análisis del índice de aislamiento

Este análisis permitió mostrar el porcentaje de referencias que pertenecen al mismo país que la publicación citadora, en este caso Ecuador, y refleja el grado de aislamiento o apertura al exterior del país. Como se muestra en la figura 8, el porcentaje de aislamiento promedio que se obtuvo en esta investigación en base al análisis de las nueve tesis fue de 67 %, para Ecuador, esto debido a que los autores utilizan un porcentaje de literatura nacional alto en el período analizado. En cuanto a los países extranjeros más citados se encuentran Cuba con el 7 %, seguido por Chile con el 6 % y otros países como Perú, Colombia, México y España, con el 5 % de citas bibliográficas.



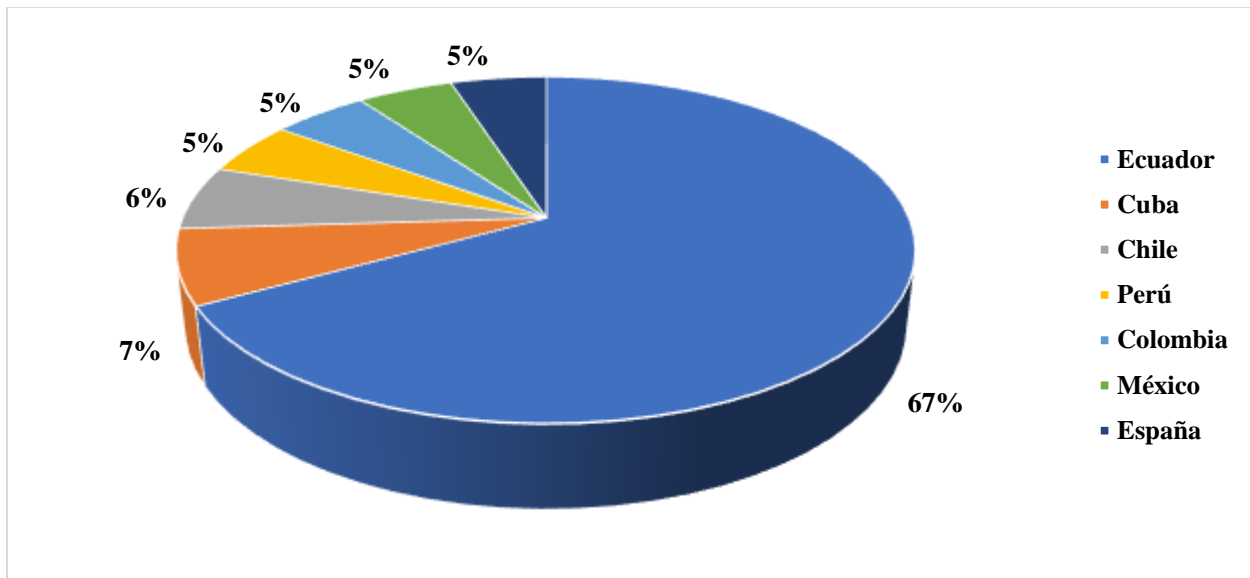


Figura 8. País de origen de las citas bibliográficas en las investigaciones de tesis analizadas.

## 6.2. Resultados del análisis crítico comparativo de las metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.

### 6.2.1. Delimitación del objetivo de la sistematización según la metodología de la FAO (2004)

El objetivo de la sistematización se basó en la obtención de experiencias para contribuir al conocimiento sobre investigaciones realizadas en cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L.

De acuerdo con la presencia de los trabajos de investigación de tesis que se encuentran en el repositorio virtual y en el blog del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja, se presentaron un total de 30 tesis de Ingeniería Forestal que se han realizado sobre la especie *Cinchona officinalis* L. de forma general; de las cuales, se seleccionaron nueve que están relacionadas con el cultivo de tejidos de *Cinchona officinalis* L., corresponden al 30 % del total.

### 6.2.2. Descripción específica del tipo de hormonas utilizadas en las investigaciones sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L.

La (Tabla 5) detalla la evaluación de las concentraciones auxina-citoquinina en las fases de multiplicación e inducción *in vitro* que se realizaron en las investigaciones:

Tabla 5. Evaluación del balance hormonal auxina-citoquinina en las fases de multiplicación e inducción *in vitro* de los explantes usados en las investigaciones

No.	Título del trabajo de investigación de tesis	Concentración de auxina (mg L <sup>-1</sup> )	Concentración de citoquinina (mg L <sup>-1</sup> )	Concentración auxina-citoquinina (mg L <sup>-1</sup> )
1	PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN IN VITRO DE RAÍCES A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA	(0,5); (1,0) mg L <sup>-1</sup>	(0,5); (1,0) mg L <sup>-1</sup>	T1 (0,0;0,0), T2(0,0;0,5); T3(0,5;0,0); T4(0,5;0,5); T5(0,5;1,0); T6(1,0;0,5); T7(1,0;1,0) mg L <sup>-1</sup> .
2	“BALANCE HORMONAL PARA LA FASE DE BROTAÇÃO Y ENRAIZAMIENTO IN VITRO DE EXPLANTES DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTE DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	(0,2); (0,5) mg L <sup>-1</sup>	(2,0); (2,5) mg L <sup>-1</sup>	T1 (0,0; 2,0); T2 (0,0; 2,5); T3 (0,2; 2,0); T4 (0,5; 2,0) mg L <sup>-1</sup>
3	PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA IMPLANTACIÓN E INDUCCIÓN DE CALLOS EN <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE PLÁNTULAS DEL INVERNADERO, A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA.	(1,00); (2,00) y (3,00) mg L <sup>-1</sup>	0,50 mg L <sup>-1</sup>	T1(0,0; 0,0); T2(1,00; 0,0); T3(2,00; 0,0); T4(3,00; 0,0); T5(1,00; 0,5) T6(2,00; 0,5); T7(3,00; 0,5)

No.	Título del trabajo de investigación de tesis	Concentración de auxina (mg L <sup>-1</sup> )	Concentración de citoquinina (mg L <sup>-1</sup> )	Concentración auxina-citoquinina (mg L <sup>-1</sup> )
4	Procesos Biotecnológicos para la inducción de callos a partir de Vitroplantas de <i>Cinchona officinalis</i> L., a nivel de Laboratorio en la Provincia de Loja.	1 mg L <sup>-1</sup>	0,5 mg L <sup>-1</sup>	combinación de 1 mg/l 2,4-D + 0,5 mg% KIN (T3)
5	PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CALLOGÉNICAS, A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA.	(1,0); (2,0); (3,0) mg L <sup>-1</sup>	0,0 mg L <sup>-1</sup>	T1 (1,0 mg L <sup>-1</sup> 2.4-D +0,0 mg L <sup>-1</sup> KINETINA) y T2 (2,0 mg L <sup>-1</sup> 2.4-D +0,0 mg L <sup>-1</sup> KINETINA),
6	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA FORMACIÓN DE CALLOS Y ESTRUCTURAS DE NOVO DE <i>Cinchona officinalis</i> L. PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	1,0; y 2,0 mg L <sup>-1</sup>	0,0; y 0,5 mg L <sup>-1</sup> .	T1 (1,0:0,0), T2 (2,0:0,0), T3 (1,0:0,5), T4 (2,0:0,5) mg L <sup>-1</sup>

No.	Título del trabajo de investigación de tesis	Concentración de auxina (mg L <sup>-1</sup> )	Concentración de citoquinina (mg L <sup>-1</sup> )	Concentración auxina-citoquinina (mg L <sup>-1</sup> )
7	“INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE NOVO, A PARTIR DE CALLOS OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	0,0 mg L <sup>-1</sup> , 0,2 mg L <sup>-1</sup> , 0,4 mg L <sup>-1</sup> , 0,6 mg L <sup>-1</sup>	1,0 mg L <sup>-1</sup> , 2,0 mg L <sup>-1</sup> , 3,0 mg L <sup>-1</sup>	T0 (0,0;0,0); T1 (0,0;1,0); T2 (0,0;2,0); T3 (0,0;3,0); T4 (0,2;1,0); T5 (0,4;2,0); T6 (0,6;3,0);
8	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA EL BROTAMIENTO Y ENRAIZAMIENTO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE VITROPLANTAS, EN LA ARGELIA - LOJA”	0,5 y 1,5 mg L <sup>-1</sup>	2,5; 3,0 y 3,5 mg L <sup>-1</sup>	T1 (0,5;2,5); T2 (0,5;3,0); T3 (0,5;3,5); T4 (1,5;2,5); T5 (1,5;2,5); T6 (1,5;3,5);
9	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA PROPAGACIÓN IN VITRO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE DIFERENTES FUENTES DE MATERIAL VEGETAL”.	1,0 mg L <sup>-1</sup>	0,2 y 2,0 mg L <sup>-1</sup>	T1 (0,2;0,2), T2 (0,2;2,0), T3 (0,2;0,2), T4 (0,2;2,0) mg L <sup>-1</sup>

En base a los resultados obtenidos, en la figura 9 se puede observar, que los nueve trabajos de investigación de tesis utilizaron concentraciones de auxinas y citoquininas en un rango de 1,0 a 5 mg L<sup>-1</sup>, en donde el 60 % del total usaron auxinas en una concentración de 1,0 mg L<sup>-1</sup>,

considerándose como la más utilizada; mientras que para el caso de las citoquininas se obtuvo que el 40% utilizaron la concentración de 0,5 mg L<sup>-1</sup> (Anexo 1).

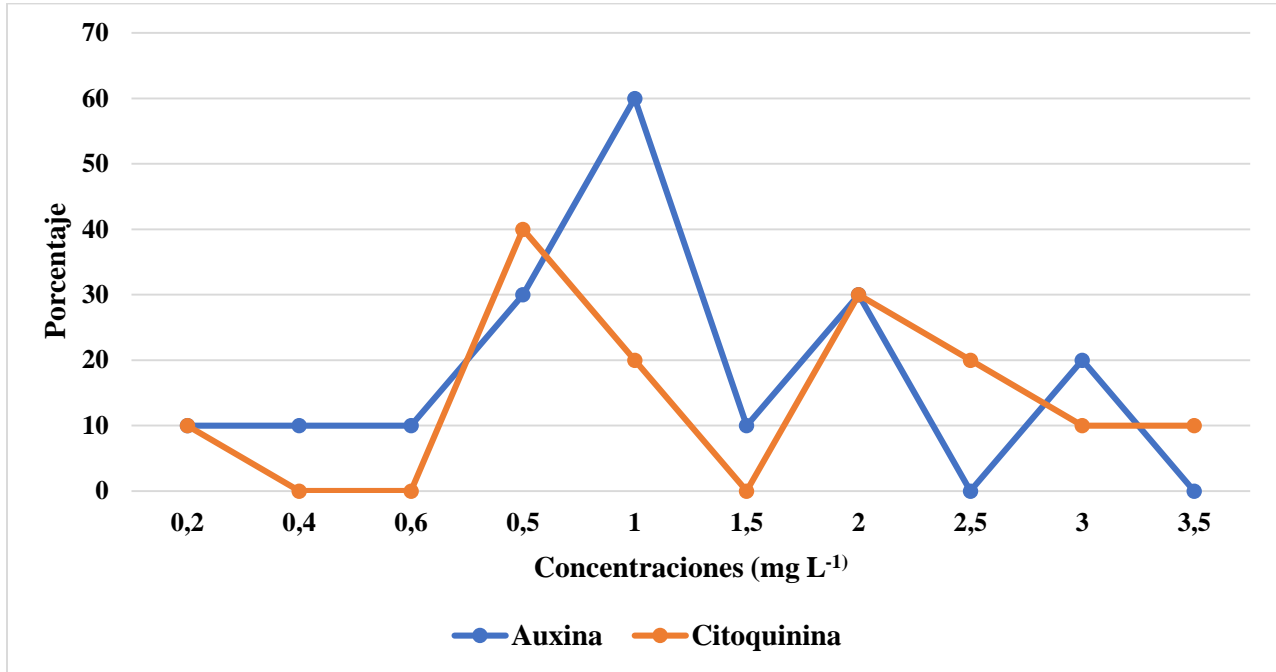


Figura 9. Concentración de auxinas y citoquininas utilizadas en las nueve investigaciones analizadas

Como se muestra en la figura 10, de acuerdo al número de tratamientos utilizados se obtuvo que, el 34 % de las investigaciones utilizaron siete tratamientos con diferentes concentraciones de auxinas y citoquininas, de la misma manera el 33 % aplicaron en este caso cuatro tratamientos, por otro lado, el 22 % usaron tan solo dos tratamientos; y, finalmente el 11 % del total de los trabajos de investigación analizados, utilizaron seis tratamientos en sus respectivas metodologías.

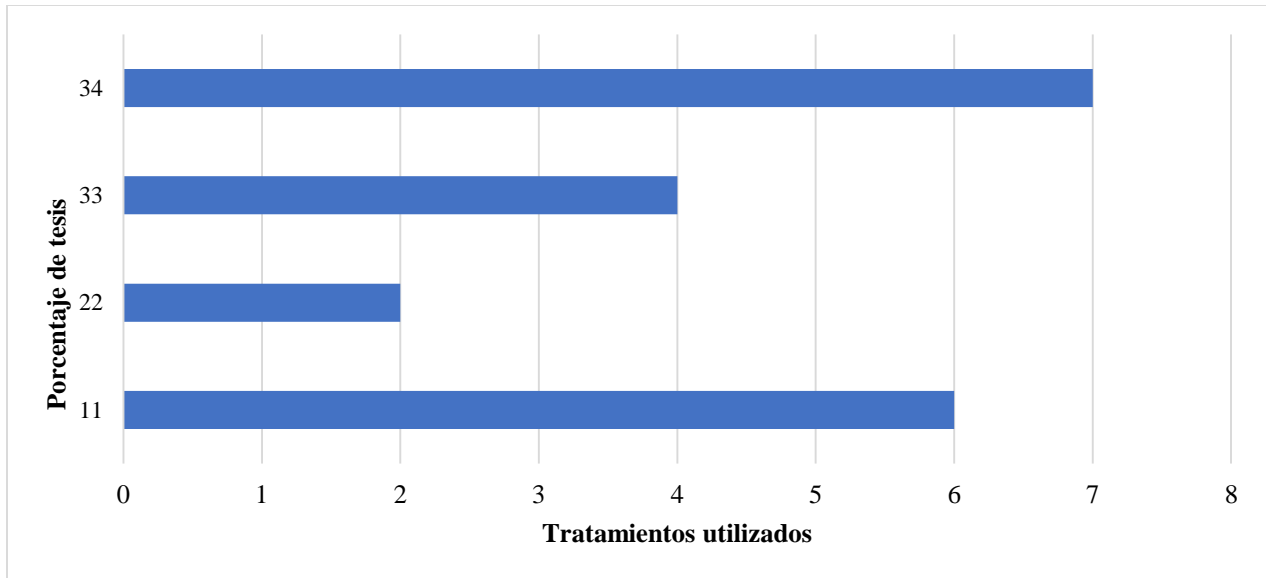


Figura 10. Número de tratamientos utilizados en las nueve investigaciones analizadas

### 6.2.3. Clasificación y sistematización de metodologías aplicadas en investigaciones, de acuerdo al medio de cultivo utilizado

Como se presenta en la figura 11, en las metodologías de investigación de los nueve trabajos de titulación se pudo evidenciar que el 100 % usaron el mismo medio de cultivo, conocido como Murashige y Skoog (MS, 1962); esto debido a que, el medio MS es utilizado para la mayoría de las especies vegetales, el cual contiene los requerimientos nutricionales necesarios, por lo que es de amplia utilización, excepto para las especies más sensibles a la salinidad, ya que se caracteriza por tener una elevada concentración salina.

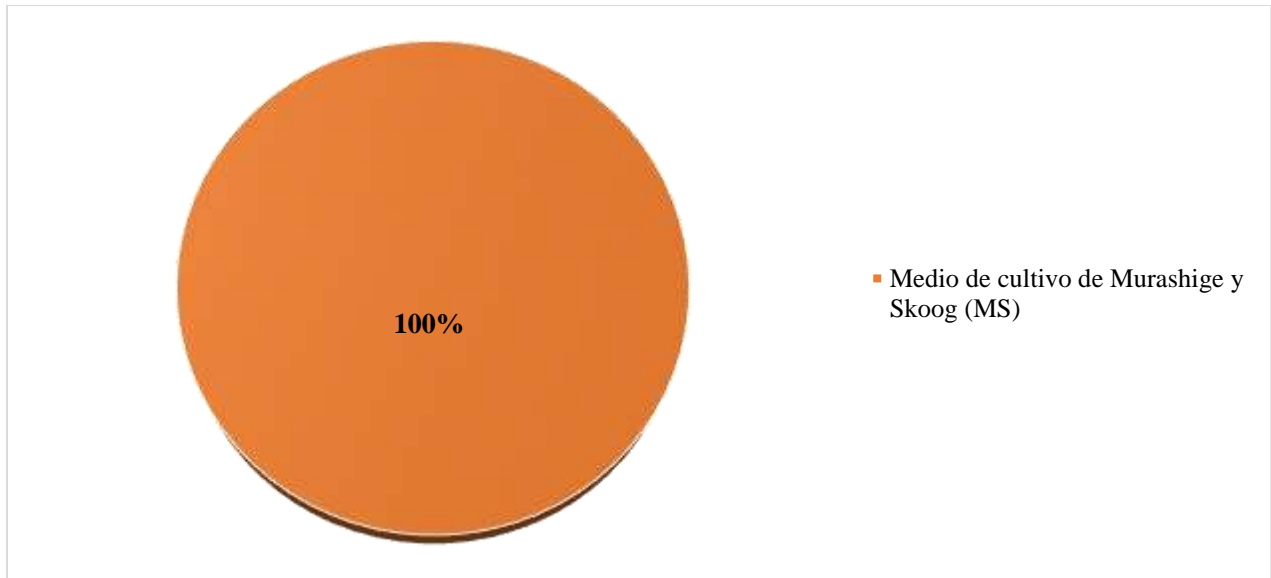


Figura 11. Medio de cultivo utilizado en las nueve investigaciones

#### **6.2.4. Clasificación de los lugares en los que se realizó la recolección del material vegetal para la investigación**

Como se evidencia en la figura 12, los lugares de donde se realizó la mayor cantidad de recolección del material vegetal *Cinchona officinalis* L. para su posterior estudio son los relictos boscosos de los sectores Uritusinga, Zamora Huayco y Selva Alegre, con el 56 % del total, seguidos por las vitroplantas obtenidas del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, con un 33 %; y, finalmente las quebradas Naque, San Simón y Saraguro con el 11 %.

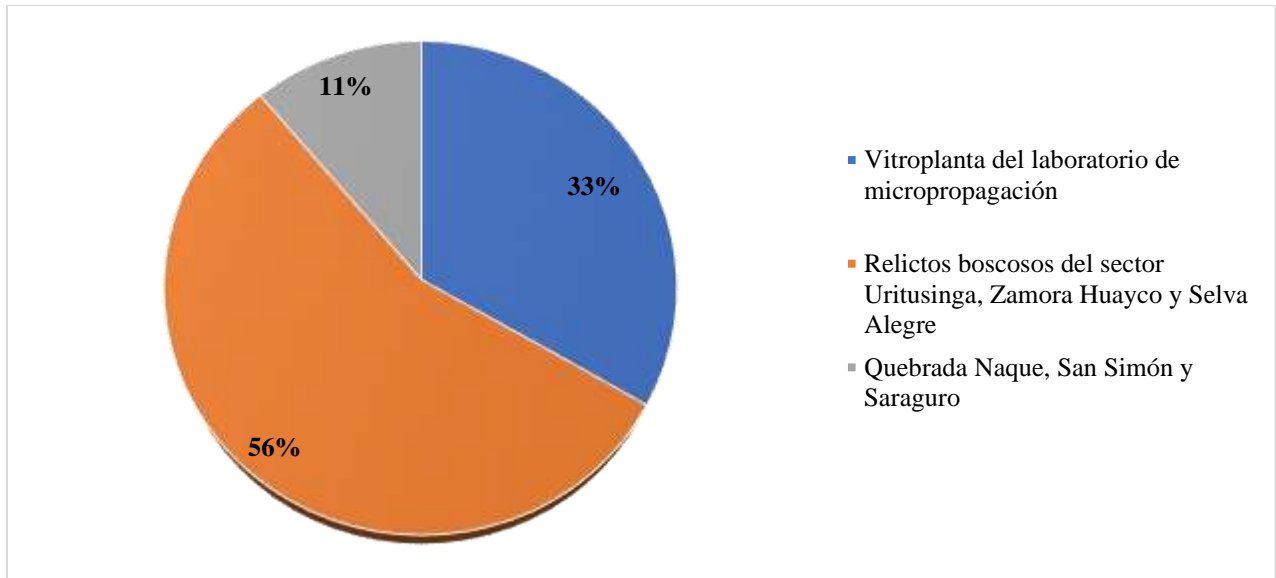


Figura 12. Lugar de recolección del material vegetal de *Cinchona officinalis* L. para los ensayos en los nueve trabajos de investigación analizados.

#### 6.2.5. Clasificación de las secciones de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., utilizados en las investigaciones

De la información presentada en la figura 13, se puede observar que la sección de tejido vegetal de *Cinchona* más utilizada en la metodología de las mismas, son los ápices caulinares, segmentos nodales, frutos y semillas representando el 44 % del total, mientras que las raíces, hojas, brotes axilares y terminales corresponden a el 22 %, seguidos por las estructuras callogénicas con el 11 %, siendo las secciones vegetales menos utilizadas.



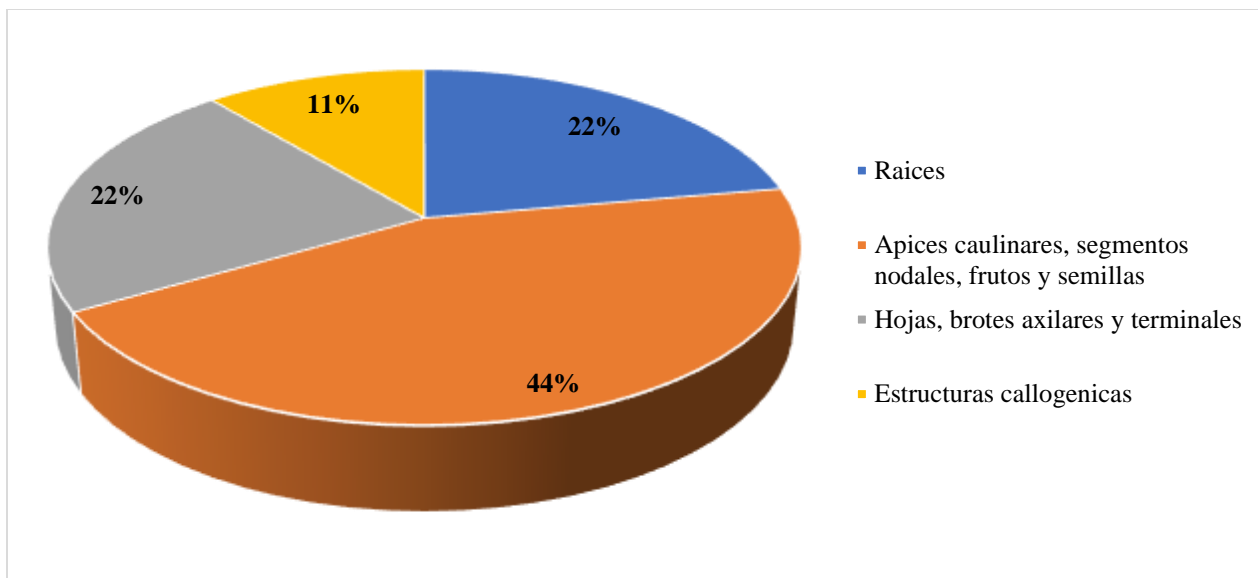


Figura 13. Secciones de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., utilizados en la metodología de las nueve investigaciones analizadas.

#### 6.2.6. Número y sistematización de trabajos de investigación de tesis generados sobre el cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja, en el periodo 2016 a 2020

La información que se recopiló y analizó corresponde a los años 2016 a 2020, considerándose como el periodo en el que se registró el mayor número de tesis elaboradas sobre el tema de análisis. En base a la figura 14, se puede observar que el año que mayor número de investigaciones presentó fue 2020, con un 33 % del total, mientras que los años con menor cantidad de investigaciones fueron 2016 y 2018, con el 11 %.

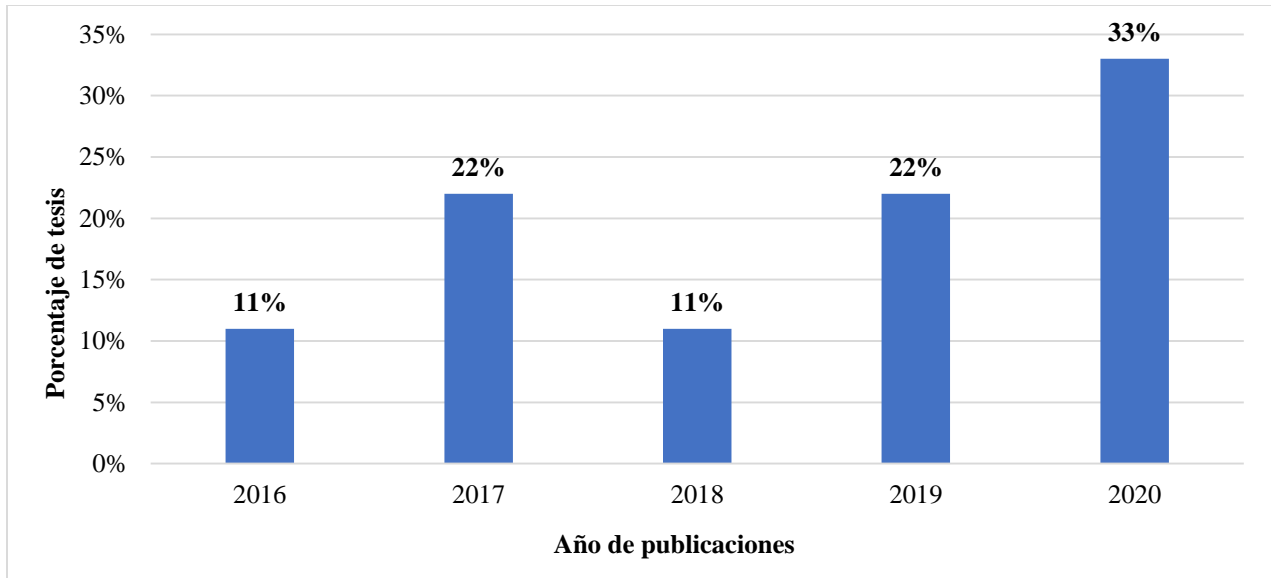


Figura 14. Porcentaje de investigaciones realizadas sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L. en la Universidad Nacional de Loja en el periodo 2016 - 2020.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Sistematización de la información generada de investigaciones realizadas en cultivos de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja.

El análisis bibliométrico que se ejecutó en la presente investigación, permitió medir la productividad, sexo, edad, obsolescencia, antigüedad de las citas y aislamiento de la información de los nueve trabajos de investigación de tesis, se consideró factible usar la bibliometría, ya que, es un método universal y confiable (Camps, 2007).

En la presente investigación bibliométrica, de los nueve trabajos de investigación de tesis analizadas sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L., se pudo evidenciar que en el periodo de 5 años (2016-2020), el 89% de las tesis realizadas fueron elaboradas por tesistas de sexo femenino (8), mientras que el 11% corresponde al sexo masculino (1); datos que al ser comparados con lo mencionado por Chamba (2017), son inferiores, puesto que en su investigación realizada en la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja en un periodo de 5 años (2013-2017), encontró, que el 52 % de los trabajos de investigación de tesis fueron realizados por hombres y un 48 % por mujeres.

En cuanto al índice de productividad científica en los nueve trabajos de investigación de tesis analizados, realizados en la Universidad Nacional de Loja, en el tema cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L., presentó una productividad de tipo intermedia, con un IP de 0,95, mientras que Estrella y Lastra (2019) indican que la productividad en general de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) en temas de titulación es superior con un índice de productividad de 3,3 y la Universidad Iberoamericana del Ecuador (UNIBE) que presentó un IP de 0,3, considerándose como grandes productores y productores intermedios respectivamente; pero en el caso de los nueve trabajos de investigación analizados en la Universidad Nacional de Loja, solo se analizó el tema de interés, más no todos los trabajos de titulación en general, lo que significa que la UNL como institución posee una buena producción científica en trabajos de investigación. Cabe recalcar que para cada autor se obtuvo un índice de productividad igual a 0, es decir productores transitorios, esto debido a la falta de publicación de trabajos de investigación de tesis sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L., ya que dentro de la institución, cada investigador

hasta el momento ha realizado solo una investigación, o bien, que han sido realizadas de manera esporádica a lo largo de los años.

Estrella y Lastra (2019), en su trabajo de investigación denominado “Análisis bibliométrico de los trabajos de titulación de ocho universidades de Pichincha, Napo y Orellana (Ecuador)”, para las IES analizadas como son: Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) Y Universidad San Francisco de Quito (USFQ), obtuvo un índice de Price (IO) de manera general de 14,49 %, 3,24 % y 2,02 % respectivamente; por el contrario en el presente estudio se obtuvo un IO promedio de 60,31 %, superior a los porcentajes anteriores, esto debido a que en la presente investigación solo se analizó un tema en específico y en un periodo de tiempo más corto (5 años).

Respecto al índice de aislamiento, Escorcía (2008) en su trabajo de investigación obtuvo un índice de 85 %, dando a entender que los autores utilizaron más bibliografía internacional, lo que se corrobora con lo obtenido por Estrella y Lastra (2019), en su investigación también presenta resultados similares, en donde la bibliografía extranjera muestra amplia apertura y acogimiento. Sin embargo, en la presente investigación se pudo evidenciar que, de las nueve tesis analizadas, se obtuvo un índice del 67 %, que es inferior a las investigaciones anteriores, debido a que en este caso los autores utilizaron una mayor cantidad de literatura nacional en el periodo analizado.

## **7.2 Análisis crítico comparativo de las metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.**

### **7.2.1 Tipo de reguladores del crecimiento utilizados en las investigaciones**

La formación de tejido callogénico en diferentes explantes puede ser estimada por una variedad de auxinas, siendo la más frecuentemente utilizada 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacético), a diferentes concentraciones, en muchos casos se hace necesario la interacción con una citoquinina para romper el balance hormonal endógeno y estimular una mayor formación de tejido callogénico (Coronel y Angamarca, 2021).

Los trabajos de investigación de tesis analizados, utilizaron concentraciones de auxina (2,4-diclorofenoxiacético) y citoquinina (Kinetina) en concentraciones entre 1,0 y 0,5 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, obteniendo resultados exitosos en la aparición de nuevas hojas, brotes, crecimiento

del explante y enraizamiento, resultados que son corroborados por Lima et al. (2016), quien aplicando auxinas como el ácido naftalenacético (ANA) y citoquininas bencil amino purina (BAP) para la multiplicación *in vitro* de explantes de *Cinchona officinalis* L. con una concentración de 0,1 mg L<sup>-1</sup> de ANA + 5,0 mg L<sup>-1</sup> de BAP, alcanzó la mayor formación de brotes, hojas y nudos, lo que le permitió concluir que la combinación de estos dos reguladores de crecimiento, resultaron ser efectivos en el brotamiento y crecimiento *in vitro* de explantes. Estos resultados son confirmados por lo mencionado por Cato et al. (2013), quienes afirman que las hormonas son claves para inducir la formación de nuevos brotes en diversos explantes *in vitro*.

Dentro de lo que concierne a los tratamientos aplicados en las nueve investigaciones, el 34 % utilizaron siete tratamientos con diferentes concentraciones de auxinas y citoquininas obteniendo resultados óptimos en lo que respecta a brotamiento, altura, número de nudos y hojas, el 22 % usaron dos tratamientos y tan solo el 11 % aplicaron seis tratamientos.

### **7.2.2 Medio de cultivo utilizado**

Jara et al. (2007) en su investigación utilizó el medio de cultivo M & S, obteniendo óptimos resultados para el caso del cultivo *in vitro* de las especies estudiadas, puesto que indujo el crecimiento de las hojas y la plántula en sí de manera óptima y muy favorable, resultados que se asemejan con lo mencionado por Flores et al. (2017) reportando que la altura de la planta, número de raíces y materia seca en 95 días del cultivo *in vitro* fueron mayores; así mismo, muestra que el mismo medio de cultivo en concentraciones menores no limitaron el crecimiento de los brotes. Por lo tanto, en los nueve trabajos de investigación de tesis analizados, se pudo determinar que el medio M & S es el más conocido y apto para la mayoría de las especies, obteniendo resultados iguales a los mencionados por los autores anteriormente citados; ya que, este medio de cultivo contiene los requerimientos nutricionales necesarios para el crecimiento y desarrollo *in vitro* de los tejidos inoculados, razón por la cual es de amplia utilización, excepto para las plantas más sensibles a la salinidad, debido a que se caracteriza por tener una elevada concentración salina.

### **7.2.3 Lugares en los que se realizó la recolección del material vegetal para realizar las investigaciones**

En cinco de las nueve investigaciones que se analizaron, se pudo constatar que la recolección del material vegetal se la realizó en mayor cantidad en una de las áreas que presentaba grandes extensiones de relicto boscoso de *Cinchona*, como es el caso de Uritusinga, que pertenece al cantón Catamayo, a una altitud de 2438 m s.n.m, con una temperatura promedio entre 12 °C a 21 °C (Eras et al., 2019); al igual que en los relictos boscosos de Zamora Huayco y Selva Alegre, representando el 56 % del total. Mientras que en los otros tres trabajos de investigación, se utilizaron vitroplantas del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, de la Universidad Nacional de Loja, correspondiendo al 33 %; y, tan solo una investigación utilizó material vegetal recolectado en los sitios el Naque, San Simón y Saraguro, con el 11 %. Por lo tanto, se determinó que el lugar de procedencia de la especie no posee una influencia muy significativa, puesto que al momento de realizar el cultivo *in vitro* de los tejidos vegetales se lo realiza en condiciones controladas de temperatura y asepsia, favoreciendo al crecimiento óptimo de los tejidos vegetales de la planta.

#### **7.2.4 Tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L. utilizados en las investigaciones**

En lo que respecta a el tipo de tejidos vegetales, en la presente investigación se pudo constatar, que de las nueve investigaciones analizadas, el 44 % utilizaron ápices caulinares, segmentos nodales, frutos y semillas, siendo este tipo de explantes los más usados en la metodología de las investigaciones mencionadas. Por otro lado los explantes como las raíces, hojas, brotes axilares y terminales representan el 22 % del total. En contraste con lo mencionado por Pedraza-Santos et al. (2006), recomiendan utilizar explantes aéreos, tales como secciones de hojas, ápices de tallos (ápices caulinares), ápices de inflorescencias y segmentos nodales en porcentajes de 10 %, 25 % y 40 % respectivamente. Los explantes que se obtienen desde el extremo más cercano al ápice del tallo muestran mayor porcentaje de regeneración de brotes, y mayor número de brotes por explante regenerado (Lin et al., 1998).

#### **7.2.5 Análisis de trabajos de investigación de tesis generados sobre el cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja, en el periodo 2016 a 2020**

El análisis de los nueve trabajos de investigación de tesis permitió determinar que, desde hace cinco años se vienen realizando investigaciones sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja; por lo tanto, en la presente investigación se

encontró que, a partir del año 2016 se publicó la primera tesis sobre el tema analizado, representando el 11 %; para el año 2020 el número de trabajos de investigación subió a tres documentos, alcanzando un valor del 33 % del total de trabajos de tesis analizados, información que al ser contrastada con lo mencionado por Labanda (2021) se deduce que es igual a lo obtenido en su estudio denominado “ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN BIBLIOMÉTRICO DE *Cinchona Officinalis* L., EN LA PROVINCIA DE LOJA”; también señala que en el periodo 2016 a 2020 se presentó el mayor número de trabajos de investigación de tesis, realizados sobre el cultivo de tejidos vegetales en *Cinchona officinalis* L. que es el tema de estudio de la presente investigación.

## 8. Conclusiones

- La Universidad Nacional de Loja como Institución de Educación Superior (IES), en la ejecución de trabajos de investigación de tesis sobre la propagación de *Cinchona officinalis* L., a través de cultivo de tejidos vegetales, posee una productividad científica de tipo intermedia con un IP de 0,95, deduciendo que su producción científica en estos temas de investigación, cada vez va mejorando y ascendiendo.
- El índice de Price (IO), en las investigaciones bibliométricas determinó que las mismas no presentaron mayor antigüedad, ya que de las nueve tesis analizadas, tan solo una presentó el mayor Índice de Price (IO), con el 87,95 %.
- El grado de aislamiento relacionado con el país de origen de la literatura citada, demostró que el 67 % de los autores utilizaron literatura nacional, debido a que existe una considerable información sobre el tema, pero también, usaron literatura internacional en porcentajes menores, comprendidos entre el 5 y 7 %.
- El medio de cultivo predominante en las investigaciones es el de Murashige & Skoog, el cual al ser utilizado en la micropropagación y con la ayuda de los reguladores de crecimiento en diferentes concentraciones, tanto de auxinas como de citoquininas, ha proporcionado resultados óptimos en lo que respecta a la formación de brotes, elongación, enraizamiento, etc.
- La recolección del material vegetal, para la implementación de los nueve trabajos de investigación analizados, se realizó en mayor proporción en relictos boscosos, seguidos por las vitroplantas proporcionadas por el Laboratorio de Micropropagación Vegetal y arboles relictos de las quebradas Naque, San Simón y Saraguro.
- En lo que respecta a la sección de tejido vegetal que más se usó en la metodología de las nueve tesis fueron los ápices caulinares, segmentos nodales, frutos y semillas.



## 9. Recomendaciones

- Al realizar la sistematización de cualquier documento científico, es recomendable la aplicación de un mayor número de índices bibliométricos que ayuden a analizar aspectos como: grado de colaboración, impacto, obsolescencia, inmediatez de citas, transitoriedad de la producción, entre otros, para obtener información más detallada.
- Para que la sistematización de los documentos mediante el uso de indicadores bibliométricos no resulte compleja o tediosa, se debe considerar información que tenga mínimo cinco años de antigüedad o publicación, para que de esta manera se puedan realizar los cálculos necesarios, consiguiendo resultados satisfactorios.
- Darle más importancia e interés a las investigaciones que tienen que ver con la sistematización y análisis de las investigaciones (tesis), mediante la aplicación de índices bibliométricos a nivel local y nacional, ya que de esta manera se podría contar con más documentos e información que permita validar, respaldar y contrastar los resultados obtenidos.
- Se considera importante el realizar la sistematización de información secundaria de los trabajos de investigación de tesis que tratan sobre el cultivo de tejidos vegetales, con la finalidad de dar a conocer la importancia de esta técnica alternativa de propagación de especies forestales como información valiosa, para la comunidad científica y en la sociedad en general, con la intención de contribuir a la conservación y manejo de especies vegetales en peligro de extinción y emblemáticas, como es el caso de *Cinchona officinalis* L.

## 9. Bibliografía

- Aguirre Mendoza, Z., Aguirre Mendoza, N., y Muñoz Ch, J. (2017). *Biodiversidad de la provincia de Loja*, Ecuador. *SciELO*.
- Aldaz, L., y Ochoa, I. (2011). *Propagación Asexual de diez Especies Forestales y Arbustivas en el Jardín Botánico "Reinaldo Espinosa"*. (Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja). Loja, Ecuador.
- Álvarez, G. (2016). *Identificación de hongos micorrizicos arbusculares en plantas de Chinchona spp. en sitios perturbados y no perturbados de la provincia de Loja*. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/9108?locale=es>
- Ardanuy, J. (2014). *Análisis de los estudios bibliométricos en Cataluña. BiD: Textos Universitaris de Biblioteconomia i Documentació*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1344/BiD2014.32.20>
- Armengol, N. (2017). *Estudio bibliométrico de la revista Pastos y Forrajes y su relación con los cambios de paradigma de I+D+i en la EEPF Indio Hatuey (Tesis de maestría, Universidad de Matanzas, Cuba)*. [https://www.researchgate.net/publication/323178041\\_Estudio\\_%0Abibliometrico\\_de\\_la\\_revista\\_Pastos\\_y\\_Forrajes\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_los\\_cambios\\_de\\_paradigma\\_%0Ade\\_IDi\\_en\\_la\\_EEPF\\_Indio\\_Hatuey](https://www.researchgate.net/publication/323178041_Estudio_%0Abibliometrico_de_la_revista_Pastos_y_Forrajes_y_su_relacion_con_los_cambios_de_paradigma_%0Ade_IDi_en_la_EEPF_Indio_Hatuey)
- Buddenhagen, C., Renteria, J., Gardener, M., Wilkinson, S., Soria, M., Yáñez, P., Tye, A., y Valle, R. (2004). El control de un árbol altamente invasivo *Cinchona pubescens* en Galápagos. *BioOne Complete*, 18, 1194–1202. [https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-18/issue-sp1/0890-037X\(2004\)018\[1194:TCOAHJ\]2.0.CO;2/The-Control-of-a-Highly-Invasive-Tree-Cinchona-pubescens-in/10.1614/0890-037X\(2004\)018\[1194:TCOAHJ\]2.0.CO;2.full](https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-18/issue-sp1/0890-037X(2004)018[1194:TCOAHJ]2.0.CO;2/The-Control-of-a-Highly-Invasive-Tree-Cinchona-pubescens-in/10.1614/0890-037X(2004)018[1194:TCOAHJ]2.0.CO;2.full)
- Buitrón, X. (09 de Octubre de 1999). *Ecuador: Uso y Comercio de Plantas Medicinales. Situación Actual y Aspectos Importantes. Para su Conservación*. Ecuador: Uso y Comercio de Plantas Medicinales: [https://www.traffic.org/medicinal-reports/traffic\\_pub\\_medicinal27.pdf](https://www.traffic.org/medicinal-reports/traffic_pub_medicinal27.pdf).
- Bussmann, R. W. (2006). *Manteniendo el balance de naturaleza y hombre: La diversidad florística andina y su importancia para la diversidad cultural-ejemplos del Norte de Perú y Sur de Ecuador*.
- Campos, J., Cerna, L., y Chico, J. (2014). *Efecto del ácido giberélico, nitrato de potasio y agua de coco en la germinación de semillas de quina, Cinchona pubescens*. Trujillo-Perú: Revista Científica de Estudiantes.

- Camps, D. (2007). Estudio bibliométrico general de colaboración y consumo de la información en artículos originales de la revista *Universitas Médica*, período 2002 a 2006. *Universitas Médica*, 48(4), 358–365. <https://www.redalyc.org/pdf/2310/231018670002.pdf>
- Cano, J., y López, G. (2021). Alcances y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ en el Sureste de México. *Centro de Investigación y Asistencia En Tecnología y Diseño Del Estado de Jalisco A.C.*
- Carreño, L. M., Poutou-Piñales, R. A., Mattar, S., y Marco González, T. (2009). Indicadores bibliométricos de actividad de la revista MVZ Córdoba 1994-2008. *Revista MVZ Cordoba*, 14(1), 1531–1543. <https://doi.org/10.21897/rmvz.363>
- Carrizo, G. (2012). *Hacia un concepto de Bibliometría*. Universidad Carlos III, de Madrid. Madrid.
- Castillo, A. (2004). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *Las Brujas, Canelones (Uruguay)*, 8 p.
- Cato, S. C., Macedo, W. R., Peres, L. E. P., y Castro, P. R. de C. (2013). Sinergismo entre auxinas, giberelinas e citoquininas em tomate cv. Micro-Tom. *Horticultura Brasileira*, 31(4), 549–553. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000400007>
- Chamba, L. (2017). Análisis bibliométrico de las tesis de ingeniero forestal de la Universidad Nacional de Loja, 2013-2017. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 107–117.
- Chamba, L. (2018). *Procesos biotecnológicos para el brotamiento y enraizamiento de Cinchona officinalis L., a partir de vitroplantas en la Argelia-Loja*. Loja-Ecuador.
- Coronel, C. C., y Angamarca, R. P. (2021). *Inducción in vitro In vitro induction of roots of L., from vitroplants*. 11(2), 43–52.
- Cuesta, F., Sevink, J., y Llambí, L. (2013). *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN*.
- Cuvi, N. (2011). *Ciencia e imperialismo en América Latina: La Misión de Cinchona y las estaciones agrícolas cooperativas*. Saarbrücken: Editorial Académica Española.
- Cueva, C. M. (2020). *Procesos biotecnológicos para la inducción in vitro de raíces a partir de explantes obtenidos de vitroplantas de Cinchona officinalis L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- de Granda-Orive, J. I., García Río, F., Gutiérrez Jiménez, T., Jiménez Ruiz, C. A., Solano Reina, S., y Sáez Valls, R. (2002). Análisis y evolución de los indicadores bibliométricos de producción y consumo del área de tabaquismo a través de Archivos De Bronconeumología (período 1970–

- 2000). Comparación con otras áreas neumológicas. *Archivos de Bronconeumología*, 38(11), 523–529. [https://doi.org/10.1016/s0300-2896\(02\)75281-2](https://doi.org/10.1016/s0300-2896(02)75281-2)
- Díaz, G. (2012). *Procesos morfogénico in vitro de Cedro (Cedrela montana Moritz ex Turcz.) inducidos, a partir de semillas, para propagación y conservación de germoplasma. Tesis de Grado*. Loja-Ecuador.
- Escorcía, T. (2008). *El Análisis Bibliométrico Como Herramienta para el Seguimiento de Publicaciones Científicas, Tesis y Trabajos de Grados. Pontificia Universidad Javeriana*. Bogotá.
- Espinosa, C., y Ríos, G. (2017). Patrones de crecimiento de *Cinchona officinalis* in vitro y ex vitro; respuestas de plántulas micropropagadas y de semillas. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 35((1–2)), 73–82.
- Estrella, N., y Lastra, X. (2019). Análisis bibliométrico de los trabajos de titulación de ocho Universidades de Pichincha, Napo y Orellana (Ecuador). *Siembra*, 6(1), 050–067. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i1.1720>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). Guía práctica para la sistematización de proyectos y programas de cooperación técnica. Oficina Regional de La FAO Para América Latina y El Caribe, 1–29. <https://www.fao.org/3/ah474s/ah474s.pdf>
- Ferreira, I., Urrutía, G., y Alonso-Coello, P. (2011). Systematic reviews and meta-analysis: *Scientific rationale and interpretation*. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688-696.
- Flores, L., Robledo, A., y Jimarez, M. (2017). Medio de cultivo y sustitutos del agar en el crecimiento in vitro de orquídeas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1315–1328. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.297>
- Galeano, V., y Galeano, H. (2009). *Uso de plantas medicinales: para prevenir y curar algunas enfermedades*. AHYAT.
- Garmendia, A. (2005). *El Árbol de la Quina (Cinchona sp), (1ra. ed.)*. Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja.
- Gomez, I., y Bordons, M. (2012). “Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica”. *Centro de información y Documentación científica, CINDOC, CSIC*. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/9813/1/20090122134420909.pdf>

- González, C., y Vilca, J. (1998). *Micropropagación vegetativa in vitro de aliso (Alnus acuminata). Red Andina de Semillas Forestales Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (RASEFOR). Asociación Civil para la Investigación y Desarrollo Forestal (ADEFOR). Cajamarca.*
- Gonzalez, K. C. (2017). *Procesos biotecnológicos para la inducción de callos a partir de vitroplantas de Cinchona officinalis L., a nivel de laboratorio en la provincia de Loja.* Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Guartanza, J. A. (2019). *Procesos biotecnológicos para la implantación e inducción de callos en Cinchona officinalis L., a partir de plántulas del invernadero, a nivel de laboratorio en la provincia de Loja.* Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Hernández, P. (05 de Abril de 2015). *Tratado metódico y práctico de materia médica y de terapéutica. Fundado en la ley de los semejantes; China – Cinchona officinalis – Quina – Materia médica.* <http://honatur.com/chinacinchona-officinalis-quina-materia-medica/>.
- Jara, G., Seemann, P., Durán, C., y Soto, S. (2007). Multiplicación *in vitro* y caracterización citológica de dos especies de orquídeas nativas (Chloraea y Gavilea) de la provincia de Valdivia, Chile. *Agro Sur*, 35(2), 43–44. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2007.v35n2-21>
- Jiménez, E. (2012). *Los métodos bibliométricos Estado de la cuestión y aplicaciones.* Universidad de Granada. Granada.
- Krikorian, A. D. (1993). Medios de Cultivo: Generalidades, composición y preparación. In *Cultivo de Tejidos en la Agricultura. Fundamentos y Aplicaciones* (pp. 42–59). [https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Cultivo de Tejidos en la Agricultura/capitulo3\\_parte1.pdf](https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Cultivo%20de%20Tejidos%20en%20la%20Agricultura/capitulo3_parte1.pdf)
- Labanda, D. (2021). *Análisis y sistematización bibliométrico de cinchona officinalis l., en la provincia de loja.* Universidad Nacional de Loja.
- Larreategui, D., y Lafuente, L. (2013). El arbol de quina, 400 años de su descubrimiento en el Ecuador. *Revista Metro Ciencia*, 21 (1).
- Lima, N. R. (2016). Tesis de grado. *Procesos biotecnológicos para la propagación in vitro de Cinchona officinalis L., a partir de diferentes fuentes de material vegetal.* Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Margara, J. (1988). *Multiplicación vegetativa y cultivo in vitro, los meristemos y la organogénesis.* Madrid, España.
- Méndez, K. (2018). *Procesos biotecnológicos para la formación de callos y estructuras de novo de*

- Cinchona officinalis* L. provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja.
- Missouri Botanical Garden. (2017). *Cinchona officinalis*. *Quinina*.  
<http://www.mobot.org/mobot/archives/image.asp?filename=GPN19820505.tif&returnto=/mobot/archives/results.asp>
- Mok, D., y Mok, M. (2001). *Cytokinin metabolism and action*.
- Morocho, D., y Romero, J. (2003). Bosques del Sur. El estado de 12 remanentes de bosques andinos de la provincia de Loja. *Fundación Arcoiris/ PROBONA*.
- Myers, N., Mittermaier, R., Mittermaier, C., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspot for conservation priorities. *Nature*, 853–858.
- Nieto, O. (2001). Remedios para el Imperio. Historia natural y la apropiación del nuevo mundo. *Revista de Estudios Sociales*, 09, pag. 113-115.
- Paredes, D. K. (2019). *Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento in vitro de explantes de Cinchona officinalis L., proveniente de relictos boscosos de la provincia de Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Pedraza-Santos, M. E., López-Peralta, M. C., González- Hernández, V. A., Engleman-Clark, E. M., y Sánchez-García, P. (2006). In vitro regeneration of *Alstroemeria* cv. ‘Yellow King’ by direct organogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 84(2), 189–198.  
<https://doi.org/10.1007/s11240-005-9020-z>
- Peralta González, M. (2015). *Criterios, clasificaciones y tendencias de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la ciencia*. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*.
- Pollito, P. (1989). *Taxonomía, distribución geográfica y status del género Cinchona en el Perú*.
- Rueda, J. G. (2020). *Procesos biotecnológicos para la inducción de estructuras callogénicas, a partir de explantes obtenidos de vitroplantas de Cinchona officinalis L., de relictos boscosos de la provincia de Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Rodríguez, F. (2014). “*Inoculación in vitro de hongos micorrizicos (mucl 46238; mucl 43204 independientemente en Cinchona officinalis.*”
- Russell. (2012). *Cinchona Officinalis*. (B. o. Demand, Ed.). <https://www.loot.co.za/product/jesse-russell-cinchona-officinalis/wzvd-2307-g330>

- Salgado, R. (2009). *La propagación de plantas in vitro, un éxito biotecnológico*.  
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/75-numero-10/153-la-propagacion-de-plantas-in-vitro-un-exito-biotecnologico.html>
- Sánchez, J., y Botella, J. (2010). *Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis: Herramientas para la Práctica Profesional*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77812441002%0ACómo>
- Sancho, R. (2002). *Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica*. Barcelona.
- Sharry, S. (2020). Plantas de probeta. *Plantas de Probeta*. <https://doi.org/10.35537/10915/46738>
- Szabados, L., Núñez, V. M., Tello, L., Mafla, G., Roa, J., y Roca, W. (1991). *Agentes gelatinizadores en el cultivo de tejidos*. [https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Cultivo de Tejidos en la Agricultura/capitulo4.pdf](https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Cultivo%20de%20Tejidos%20en%20la%20Agricultura/capitulo4.pdf)
- Tapia, J. (2013). *Estudio de factibilidad para la producción orgánica y comercialización de quina (Cinchona officinalis) en el Cantón Loja*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- UNIOVI. (2009). *Prácticas de biotecnología vegetal*. Oviedo, España.
- Vallejo Ruiz, M. (2005). Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en educación matemática (1975-2002). *Granada: Universidad de Granada*.
- Wegier-Briuolo, A. L., Barba-Escoto, L., García-Campusano, F. T. A., Pérez-Santacruz, J., y Flores-García, A. (2013). *Método para el establecimiento in vitro de caoba (swietenia macrophylla king) a partir de explantes vegetativos* (Issue July). <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/3825>
- Young, B., Josse, C., Stern, M., Vasconez, S., Olander, J., y Smyth, R. (2015). Hotspot de biodiversidad de los andes tropicales. Resumen técnico del perfil del ecosistema. *NatureServe y EcoDecisión*, 3-15 pp.  
[https://www.cepf.net/sites/default/files/tropicalandes\\_techsummary\\_sp](https://www.cepf.net/sites/default/files/tropicalandes_techsummary_sp).

## 10. Anexos

Anexo 1. Matriz comparativa de metodologías utilizadas en las nueve investigaciones de tesis analizadas

N <sup>o</sup>	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
1	<p>PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN IN VITRO DE RAÍCES A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA</p>	<p><b>Objetivo General</b>                      ✓ Contribuir a la generación de información que permita definir una metodología adecuada sobre el balance hormonal para la inducción in vitro de explantes provenientes de vitropiantas de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>                      ✓ Evaluar el balance hormonal de dos auxinas, para la inducción in vitro de raíces en explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L.                      ✓ Evaluar el balance hormonal</p>	<p><b>Evaluación del balance hormonal de dos auxinas:</b>                      Auxinas reguladoras de crecimiento: Ácido Indol Butírico (AIB) y Ácido 2,4-diclorofenoxi acético (2,4-D); con simbiología (A0A0; A0A0,5; A0,5A0; A0,5A0,5; A1A0,5; A1A1) mg L<sup>-1</sup>.</p> <p><b>Evaluación del balance hormonal auxina-citoquinina:</b>                      Ácido Indol Butírico (AIB) y Bencil Amino Purina (BAP); con simbiología (A0C0; A0C0,5; A0,5C0; A0,5C0,5; A0,5C1; A1C0,5; A1C1) mg L<sup>-1</sup>.</p>	<p>Murahige y Skoog (MS, 1962)</p>	<p>Vitropiantas de <i>Cinchona officinalis</i> L., codificadas, provenientes del relicto boscoso del sector Uritusinga, árbol número cinco, que presentaron las mejores características fenotípicas</p>	<p>Raíces en explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p>	<p>Para la variable enraizamiento el balance hormonal auxina-citoquinina obtuvo los mejores resultados en cuanto a las variables, número promedio de nudos por explante; número promedio de brotes por explante; número de hojas promedio, debido a que las auxinas promueven la elongación celular y las citoquininas inducen la división celular, esta interacción obtuvo un efecto positivo en la formación de callo en la base de los explantes,</p>	<p>En esta investigación el balance hormonal auxina-citoquinina obtuvo los mejores resultados en cuanto a las variables, número promedio de nudos por explante; número promedio de brotes por explante; número de hojas promedio, debido a que las auxinas promueven la elongación celular y las citoquininas inducen la división celular, esta interacción obtuvo un efecto positivo en la formación de callo en la base de los explantes,</p>



N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<p>auxina-citoquinina , para la inducción in vitro de raíces en explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p> <p>✓ Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados , para su conocimiento y aplicación.</p>						<p>más no la formación de raíces adventicias .</p> <p>Los balances hormonales auxínicos resultaron ser los más fructíferos para el enraizamiento in vitro, pues alcanzaron los valores más altos en cuanto a porcentaje de enraizamiento, número y longitud promedio de raíces por explante.</p>

N.º	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
2	“BALANCE HORMONAL PARA LA FASE DE BROTAÇÃO Y ENRAIZAMIENTO IN VITRO DE EXPLANTES DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTE DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	<p><b>Objetivo General</b>          ✓ Aportar a la generación de información sobre el balance hormonal, que permita la multiplicación y enraizamiento in vitro de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>          ✓ Determinar el efecto del balance hormonal auxina - citoquinina en diferentes concentraciones en la fase de multiplicación in vitro de explantes utilizando ápices caulinares y segmentos nodales de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p>	<p><b>Fase de multiplicación in vitro a partir de ápices caulinares y segmentos nodales:</b>          Balance hormonal auxina-citoquinina: Ácido indol-3-acético (AIA) y Bencil Amino Purina (BAP) con concentraciones (0,0; 2,0); (0,0; 2,5); (0,2; 2,0); (0,5; 2,0) mg L-1</p> <p><b>Fase de enraizamiento in vitro a partir de ápices caulinares y segmentos nodales:</b>          Ácido Indol Butírico (AIB) y Bencil Amino Purina (BAP) con concentraciones (1,0; 0,0); (2,0; 0,0); (1,0; 0,5); (2,0; 0,5) mg L-1</p>	Muras hige y Skoog (MS, 1962)	Germinación in vitro de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L. colectadas de árboles seleccionados provenientes de tres relictos boscosos en la provincia de Loja (Zamora Huayco, Selva Alegre, Uritusinga)	Ápices caulinares y segmentos nodales	En la fase de multiplicación in vitro, el T2 con concentración T2 (0,0 mg L-1 AIA + 2,5 mg L-1 BAP) fue el mejor en cuanto a porcentaje de brotación en los tres sectores. En la fase de enraizamiento in vitro en donde se utilizaron ápices caulinares y segmentos nodales de vitroplantas obtenidas en la fase de multiplicación, la concentración del T2 (2,0 mg L-1 AIB + 0,0 mg L-1 BAP), obtuvo el mejor resultados en los tres sectores.	El uso de mayor concentración de citoquininas promueve la formación de brotes mientras que, al combinar altas concentraciones de auxinas estimulan la formación de raíces.

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<p>Establecer el nivel adecuado de auxinas y citoquininas, para inducir el enraizamiento in vitro de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p> <p>✓ Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados.</p>						

N.º	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
3	<p>PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA IMPLANTACIÓN E INDUCCIÓN DE CALLOS EN <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE PLÁNTULAS DEL INVERNADERO, A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA.</p>	<p><b>Objetivo General:</b>          ✓ Contribuir a la generación de información sobre procesos biotecnológicos para la implantación e inducción de callos <i>Cinchona officinalis</i> L., a nivel de laboratorio.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>          ✓ Ensayar la desinfección de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L., de plántulas provenientes del invernadero, en la fase de implantación a nivel de laboratorio.</p> <p>✓ Evaluar la concentración de reguladores</p>	<p><b>Fase de inducción de callos con la combinación reguladores de crecimiento auxina y citoquinina:</b>  <b>Auxina: (2-4 D)</b> en concentraciones de (1,00); (2,00) y (3,00) mg L<sup>-1</sup>  <b>Citoquinina: Kinetina</b> al 0,50 mg L<sup>-1</sup>          Tratamientos:          T1(0,0; 0,0);          T2(1,00; 0,0);          T3(2,00; 0,0);          T4(3,00; 0,0);          T5(1,00; 0,5)          T6(2,00; 0,5);          T7(3,00; 0,5)</p>	<p>Murashige y Skoog (MS, 1962)</p>	<p>Plántulas del invernadero, provenientes de árboles codificados de <i>Cinchona officinalis</i> L., del relicto boscoso ubicado en el sitio Uritusinga.</p>	<p>Explantes desinfectados previamente provenientes de plántulas codificadas (hojas, brotes axilares y brotes terminales)</p>	<p>La combinación de auxina y citoquinina resultó ser la más efectiva en la formación de callos en el tratamiento 7 (3,00 2-4 D mg L<sup>-1</sup> + 0,50 mg L<sup>-1</sup>).</p>	<p>Los tratamientos previos de desinfección de plántulas provenientes de invernaderos (50,00 % NaClO) y (75,00 % NaClO) son clave en la fase de implantación de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L., pues presentan la menor contaminación de explantes, con 40,00 %, en 10 minutos de inmersión de los explantes respectivamente.</p> <p>Para la inducción de callos en explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de plántulas</p>

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<p>s del crecimiento, para la inducción de callos de <i>Cinchona officinalis</i> L., de explantes provenientes de plántulas del invernadero.</p> <p>✓ Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.</p>						<p>de invernadero, se recomienda utilizar el 2,4-D en concentraciones de 1,00; 2,00 y 3,00 mg L<sup>-1</sup>, como fuente de auxina.</p> <p>La combinación de auxina y citoquinina resultó ser la más efectiva en esta investigación, obteniéndose 73,30 % de formación de callos.</p>

N.º	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
4	Procesos Biotecnológicos para la inducción de callos a partir de Vitroplantas de <i>Cinchona officinalis</i> L., a nivel de Laboratorio en la Provincia de Loja.	<p><b>Objetivo General</b>  ✓ Contribuir a la generación de información sobre la germinación in vitro de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L., y la inducción de callos, a partir de vitroplantas producidas a nivel de laboratorio, con la finalidad de aportar a la conservación de la especie en la provincia de Loja.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>  ✓ Probar el efecto de dos desinfectantes con diferentes tiempos de exposición, para la germinación in vitro de semillas de la especie</p>	<p>Para la fase de inducción de callos: Auxinas y citoquininas en combinación de 1,0 mg/l 2,4-D + 0,5 mg/l BAP (T4)</p> <p>Para la fase de inducción de embriones: Auxinas y citoquininas para la obtención de mejores porcentajes de formación de embriones, combinación de 1 mg/l 2,4-D + 0,5 mg% KIN (T3)</p>	Muras hige y Skoog	Relicto boscoso, ubicado en el sector Uritusinga, cantón Catamayo, provincia de Loja	Segmentos Nodales	<p>Para la fase de inducción de callos, el uso de reguladores de crecimiento resultó T4(1,0 mg/l 2,4-D + 0,5 mg/l BAP), logrando mayor porcentaje de formación de callos.</p> <p>Para la fase de inducción de embriones, a partir de callos de <i>Cinchona officinalis</i> L., la combinación hormonal 2,4-D + KIN, alcanzó un máximo de formación de embriones en el tratamiento T3 (1,0 mg/l 2,4-D + 0,5 mg/l KIN).</p>	<p>Para la fase de inducción de callos: La formación de tejido callogénico en diferentes explantes puede ser estimada por una variedad de auxinas, siendo la más frecuentemente utilizada 2,4-D a diferentes concentraciones.</p> <p>Para la fase de inducción de embriones: El mayor porcentaje se obtuvo al combinar auxina-citoquininas, obteniendo se un promedio de 28,33 % de formación de embriones con la combinación de 1 mg/l 2,4-D</p>

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<p><i>Cinchona officinalis</i> L., proveniente de relictos boscosos de la provincia y cantón de Loja.</p> <p>✓ Determinar el balance hormonal adecuado para la inducción de callos, a partir de explantes de vitroplantas de la especie <i>Cinchona officinalis</i> L., a nivel de laboratorio.</p> <p>✓ D. Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.</p>						+ 0,5 mg% KIN (T3)

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
5	<p>PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CALLOGÉNICAS, A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA.</p>	<p><b>Objetivo General</b>          ✓ Contribuir a generar información sobre procesos biotecnológicos para la inducción de estructuras callogénicas a partir de explantes obtenidos de vitroplantas de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>          ✓ Evaluar el balance hormonal auxina-citoquinina en la formación de estructuras callogénicas en explantes obtenidos de vitroplantas de <i>Cinchona</i></p>	Auxina 2,4-D y Kinetina (citoquinina)	Murahige y Skoog	Relicto boscoso de Uritusinga	Segmentos de hojas de un centímetro cuadrado	El tratamiento que mejores resultados presentó fue el T0 el cual solo tenía auxina (3,0 mg L-1 2.4-D), formando la mayor parte de callos.	<p>En la fase de inducción de callos para observar el efecto del balance hormonal, fue posible estimular diferentes vías de respuesta para los explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L., el 16 % de contaminación se dio en los tratamientos T1 (1,0 mg L-1 2.4-D +0,0 mg L1 KINETINA) y T2 (2,0 mg L-1 2.4-D +0,0 mg L-1 KINETINA), a causa de hongos y bacterias que se encuentran presentes en el aire.</p> <p>En la fase de proliferación de estructuras callogénicas bajo un fotoperiodo</p>



N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<i>officinalis</i> <i>L.</i> ✓ Determinar la influencia del fotoperiodo en la proliferación de estructuras callogénicas de <i>Cinchona officinalis</i> <i>L.</i> . ✓ Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.						o de 16 horas luz y 8 oscuridad, se comprobó que la oxidación fenólica tuvo una influencia directa para los tratamientos que se encontraron en total oscuridad T0 y T1 ya que fueron los que mayor porcentaje de fenolización tuvieron y así mismo los que lograron mayor formación de estructuras callogénicas.

N.º	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
6	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA FORMACIÓN DE CALLOS Y ESTRUCTURAS DE NOVO DE <i>Cinchona officinalis</i> L. PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	<p><b>Objetivo General</b>  ✓ Contribuir a la generación de información sobre procesos biotecnológicos para la inducción de callos y estructuras de Novo de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>  ✓ Probar el efecto del balance hormonal auxina-citoquinina en diferentes concentraciones, en la fase de formación de callos de <i>Cinchona officinalis</i> L.  ✓ terminar el mejor balance hormonal para la formación de estructuras de Novo de <i>Cinchona</i></p>	Auxinas y citoquininas: en concentraciones de 1,0; y 2,0 mg/l, y BAP en concentraciones de 0,0; y 0,5 mg/l.	Murahige y Skoog	Uritusinga y Zamora Huayco	Frutos y segmentos nodales (formación de callos)	El medio de cultivo más favorecedor fue el de ANA 2,0 mg/l y 0,5 mg/l BAP (T4) logrando un 50.83% de formación de callos para el sitio Uritusinga; mientras que para el sitio de Zamora Huayco la combinación de ANA 2,0 mg/l y 0,0 mg/l BAP (T2) resultó ser la más afectiva obteniéndose un 70% de formación de callos. Para la formación de estructuras de Novo se logró determinar que el mejor medio de cultivo para la formación de	En la fase de formación de estructuras de Novo el empleo de una concentración de 0,6 mg/l ANA y 1,5 mg/l BAP (T2) permitió obtener el mayor porcentaje de brotes de Novo <i>Cinchona officinalis</i> L, por callo para el sitio Uritusinga; mientras que, para el sitio de Zamora Huayco una concentración de 0,3 mg/l ANA + 1,0 mg/l BAP permitió obtener el mayor porcentaje de brotes de Novo <i>Cinchona officinalis</i> L por callo.  En la fase de formación de estructuras

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<i>officinalis</i> <i>L.</i> ✓Difundir y publicar los resultados de la investigación a actores sociales interesados .					estructura s de Novo de material proveniente del sector Uritusing a estuvo suplementado con ANA 0,6 mg/l y 1,5 mg/l BAP (T2) alcanzando el 14.54% de formación de estructura s de Novo; mientras que, para el sitio de Zamora Huayco la combinación de ANA 0,3 mg/l y 1,0 mg/l BAP (T1) resultó ser la más afectiva obteniéndose un 20% de formación de estructura s de Novo	de Novo de Cinchona <i>officinalis</i> L, el T1 (0,3 mg/l ANA y 1,0 mg/l BAP) fue el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de callos con oxidación fenólica para el sitio de Uritusinga. En el sitio de Zamora Huayco el tratamiento T3 (0,9 mg/l ANA y 2,0 mg/l BAP) fue el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de callos con oxidación fenólica.

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
7	“INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE NOVO, A PARTIR DE CALLOS OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”	<p><b>Objetivo General</b> ✓ Contribuir a la generación de información sobre el balance hormonal para la inducción de estructuras de novo, a partir de callos obtenidos de vitroplantas de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> ✓ Evaluar el efecto de la combinación hormonal Auxina – Citoquinina, para la inducción de estructuras de novo, a partir de callos obtenidos de vitroplantas de <i>Cinchona officinalis</i> L., a nivel de</p>	Auxinas y citoquinina: 3,0 mg/l-1 2,4D+ 0,5 mg/l-1 KIN	Murashige y Skoog	Vitroplanta del laboratorio de micropropagación	Estructuras callogénicas	Las combinaciones hormonales AIA – KIN no ejercieron un efecto significativo sobre la cantidad y calidad de las estructuras de novo y con el uso de una sola citoquinina a BAP (Bencil Amino Purina) se evidenció que a medida que se incrementó la concentración de BAP, el porcentaje de formación de estructuras de novo fue menor.	En la fase de inducción de estructuras de novo de <i>C. officinalis</i> L, a partir de callos, las combinaciones hormonales AIA – KIN no ejercieron un efecto significativo sobre la cantidad y calidad de las estructuras de novo. El medio de cultivo MS con la adición de 0,0 mg/l-1 AIA + 1,0 mg/l-1 KIN (T1) fue el tratamiento que logró el porcentaje más alto (17,77 %) de formación de estructuras de novo.

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		laboratorio . ✓ Evaluar el efecto de una Citoquinina, para la inducción de estructuras de novo, a partir de callos obtenidos de vitroplantas de <i>Cinchona officinalis</i> L., a nivel de laboratorio . ✓ Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.						

N <sup>o</sup>	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
8	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA EL BROTIAMIENTO Y ENRAIZAMIENTO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE VITROPLANTAS, EN LA ARGELIA - LOJA”	<p><b>Objetivo General</b>          ✓ Aportar a la generación de información sobre los procesos biotecnológicos, que permitan la propagación in vitro de <i>Cinchona officinalis</i> L. con fines de conservación.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b>          ✓ Probar el efecto del balance hormonal auxina-citoquinina en diferentes concentraciones en la fase de multiplicación de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L. a partir de vitroplantas para maximizar el brotamiento de los explantes.</p>	Auxinas y citoquinina: ANA en concentraciones de 0,5 y 1,5 mg/l y BAP en concentraciones de 2,5; 3,0 y 3,5 mg/l Auxinas, Acido indolacético y Ácido indolbutírico: 0,1; 0,5 y 1,0 mg/l.	Murahige y Skoog	Vitroplanta del laboratorio de micropropagación	Explante	La combinación hormonal 0,5 mg/l ANA + 2,5 mg/l BAP resultó ser la más efectiva en cuanto a la formación de brotes, número de nudos y hojas, obteniéndose resultados de 6,06 brotes por explante, con 2,92 nudos, 6,20 hojas por brote.	<p>En la fase de multiplicación <i>Cinchona officinalis</i> L. alcanzó un máximo brotamiento en la interacción hormonal 0,5 mg/l ANA + 2,5 mg/l BAP, concluyendo que las concentraciones bajas que se utilizó de ANA-BAP respecto de los tratamientos aplicados, son las más efectivas en el brotamiento de esta especie.</p> <p>En la fase de enraizamiento <i>Cinchona officinalis</i> L. alcanzó un máximo en la aplicación hormonal ANA 1,0 mg/l, resaltando que las raíces se formaron a</p>

N <sup>o</sup>	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<p>✓ Encontrar el nivel adecuado de auxinas que conlleven a obtener un mayor enraizamiento in vitro de <i>Cinchona officinalis</i> L.</p> <p>✓ Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Loja.</p>						partir de una organogénesis indirecta o callos, concluyendo que al aumentar la concentración de ANA, esta es excelente en la inducción del crecimiento de raíces.
9	“PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA PROPAGACIÓN IN VITRO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE DIFERENTES FUENTES DE MATERIAL VEGETAL”.	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>✓ Aportar a la generación de información sobre los procesos biotecnológicos, que permitan la propagación in vitro de <i>Cinchona</i></p>	<p>Ácido giberélico (AG3): 1,0 mg/l</p> <p>La auxina: ácido naftalenacético (ANA) y dos citoquininas: benzilaminopurina (BAP) y kinetina (KIN), en dos concentraciones</p>	Murahige y Skoog	Quebrada Naque y San Simón, Uritusinga y Saraguro	Explante	Logrando los mejores resultados en la combinación hormonal de 0,2 ANA + 2,0 BAP; el mismo que permitió obtener 4,73	En la fase de inducción de callos de <i>Cinchona officinalis</i> L., a partir de segmentos nodales, el uso de reguladores de crecimiento resultó

N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		<p><i>officinalis</i> L., con fines de conservación de la especie.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>✓ Evaluar la desinfección de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L., aplicando distintas concentraciones y tiempos de inmersión.</p> <p>✓ Probar el efecto del balance hormonal auxina-citoquinina, en la fase de multiplicación de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L., provenientes de plántulas obtenidas in vitro.</p> <p>✓ Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales</p>	es 0,2 y 2,0 mg/l				<p>brotos desarrollados, con 0,83 cm de altura, 27 hojas y 12,10 nudos promedio formados por cada explante.</p>	<p>beneficioso para el tratamiento T4 (1,0 mg/l 2,4-D + 0,5 mg/l BAP) logrando el mayor porcentaje de formación de callos.</p> <p>En la fase de inducción de embriones, a partir de callos de <i>Cinchona officinalis</i> L., la combinación hormonal 2,4-D + KIN, alcanzó un máximo de formación de embriones en el tratamiento T3 (1,0 mg/l 2, 4-D + 0,5 mg/l KIN).</p>



N. o	Nombre del trabajo de investigación	Objetivos	Tipo de hormonas usadas	Medio de cultivo usado	Lugar de recolección de la especie	Secciones de las plantas usadas	Resultados obtenidos	Análisis
		interesados , docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Forestal.						

Anexo 2. Guía de sistematización de metodologías implementadas en las investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS**  
**NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

“Guía de sistematización de las investigaciones realizadas sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja”

**Autora:**

Jessica del Carmen Orellana Sigcho

**LOJA – ECUADOR**

**2022**

## Índice general

Contenido	Página
1. TESIS ANALIZADAS.....	3
1.1. TESIS 1: “INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE NOVO, A PARTIR DE CALLOS OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”.....	3
1.2. TESIS 2: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA EL BROTIAMIENTO Y ENRAIZAMIENTO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE VITROPLANTAS, EN LA ARGELIA - LOJA”.....	4
1.3. TESIS 3: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA PROPAGACIÓN IN VITRO DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE DIFERENTES FUENTES DE MATERIAL VEGETAL”.....	5
1.4. TESIS 4: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA IMPLANTACIÓN E INDUCCIÓN DE CALLOS EN <i>Cinchona officinalis</i> L., A PARTIR DE PLÁNTULAS DEL INVERNADERO, A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA.”.....	6
1.5. TESIS 5: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CALLOGÉNICAS, A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA.”.....	8
1.6. “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE CALLOS A PARTIR DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA”.....	10
1.7. TESIS 7: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA FORMACIÓN DE CALLOS Y ESTRUCTURAS DE NOVO DE <i>Cinchona officinalis</i> L. PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”.....	11
1.8. TESIS 8: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN IN VITRO DE RAÍCES A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA.”.....	13
1.9. TESIS 9: “BALANCE HORMONAL PARA LA FASE DE BROTIACIÓN Y ENRAIZAMIENTO IN VITRO DE EXPLANTES DE <i>Cinchona officinalis</i> L., PROVENIENTE DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”.....	15

### Índice de gráficos

Gráfico 1. Callos seleccionados para formación de estructuras de novo .....	80
Gráfico 2. Siembra de segmentos nodales y ápices de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	83
Gráfico 3. Siembra de semilla de <i>Cinchona officinalis</i> L., en la cámara de flujo laminar.....	87
Gráfico 4. Siembra in vitro de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	90
Gráfico 5. Coloración de los callos de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	93
Gráfico 6. Formación de callos <i>Chinchona offinallis</i> L.....	96
Gráfico 7. Disección e inoculación de callos.....	99
Gráfico 8. Inoculación in vitro de los explantes en el medio de cultivo .....	102
Gráfico 9. Identificación de frascos con explantes <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	107

### Índice de figuras

Figura 1. Concentraciones utilizadas de los tratamientos .....	81
Figura 2. Interacción hormonal Auxina – Citoquinina en la fase de brotamiento de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	85
Figura 3. Diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3 x 2x2.....	88
Figura 4. Tratamientos aplicados para la inducción de callos, a partir de explantes de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	92
Figura 5. Tratamiento que evaluaron la interacción de hormonas en la proliferación de estructuras callogénicas de <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	94
Figura 6. Diferentes concentraciones de auxinas y citoquininas para la inducción de callos de la especie de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	98
Figura 7. Tratamientos evaluados en la interacción de auxina-citoquinina para la formación de callos de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	101
Figura 8. Tratamientos evaluados para la inducción de raíces en explantes provenientes de vitroplantas de <i>Cinchona officinalis</i> L.....	104
Figura 9. Efecto de la combinación hormonal auxina-citoquinina en el crecimiento y desarrollo de brotes a partir de ápices caulinares y segmentos nodales en <i>Cinchona officinalis</i> L. ....	108

## TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DE TESIS ANALIZADAS

### 1.1 TESIS 1: “INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE NOVO, A PARTIR DE CALLOS OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE *Cinchona officinalis* L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”

#### ➤ Datos generales:

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Katty María Lima Suquilanda
<b>Ciudad - País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2020



Gráfico 1. Callos seleccionados para formación de estructuras de novo

Material vegetal que se utilizó para la fase de formación de estructuras de novo.

**Fuente:** (Lima K. M., 2020)

#### ➤ Objetivo General

- Contribuir a la generación de información sobre el balance hormonal para la inducción de estructuras de novo, a partir de callos obtenidos de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L.

#### ➤ Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la combinación hormonal Auxina – Citoquinina, para la inducción de estructuras de novo, a partir de callos obtenidos de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L., a nivel de laboratorio.
- Evaluar el efecto de una Citoquinina, para la inducción de estructuras de novo, a partir de callos obtenidos de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L., a nivel de laboratorio.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Auxinas y citoquinina: 3,0 mg/l-1 2,4D+ 0,5 mg/l-1 KIN

➤ **Lugar de recolección de la especie**

Vitroplanta del laboratorio de micropropagación.

➤ **Metodología aplicada**

➤ **Selección de callos**

El material vegetal que se utilizó para la fase de formación de estructuras *de novo*, fue las mejores estructuras callogénicas. Para la selección se tomó en cuenta el tamaño, color y estructura de los callos.

➤ **Preparación de cultivo**

Murashige y Skoog, suplementado con vitaminas como Tiamina 1 mg/l y mio-inositol 100 mg/l; sacarosa 2 %; agar 0,6 %. El regulador de crecimiento utilizado fue Bencil Amino Purina (BAP) en diferentes concentraciones.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIONES HORMONALES BAP (mg/l <sup>1</sup> )	CÓDIGO
T0	0,0	TESTIGO
T1	1,0	B1
T2	1,5	B2
T3	2,0	B3

Figura 6. Concentraciones utilizadas de los tratamientos

Se describe las concentraciones utilizadas en los tratamientos de la investigación.

**Fuente:** (Lima K. M., 2020)

➤ **Inoculación in vitro de callos**

Se inocularon dos callos por frasco, con un total de 15 frascos por tratamiento. Finalmente, se mantuvo los frascos en el cuarto de incubación a una temperatura de  $\pm 23^{\circ}\text{C}$  y a un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad, por un periodo de 80 días.

➤ **Diseño experimental para la formación de estructuras de novo de *Cinchona officinalis* L.**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), en arreglo factorial 1x3, con 3 tratamientos, más un testigo y tres repeticiones.

Evaluación

La evaluación se realizó mediante observación directa, a partir del segundo día hasta 80 días de inoculación, las variables evaluadas para la formación de estructuras *de novo* de *Cinchona officinalis* L fueron:

- Porcentaje de formación de estructuras *de novo*
- Número de días para la formación de estructuras *de novo*
- Número de brotes *de novo* por callo
- Altura de brotes *de novo*
- Número de raíces *de novo* por callo
- Longitud de raíces
- Porcentaje de contaminación
- Porcentaje de oxidación fenólica



➤ **Resultados**

Las combinaciones hormonales AIA – KIN no ejercieron un efecto significativo sobre la cantidad y calidad de las estructuras de novo y con el uso de una sola citoquinina BAP (Bencil Amino Purina) se evidenció que a medida que se incrementó la concentración de BAP, el porcentaje de formación de estructuras de novo fue menor.

**1.2 TESIS 2: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA EL BROTIAMIENTO Y ENRAIZAMIENTO DE *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE VITROPLANTAS, EN LA ARGELIA - LOJA”**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Agronómica
<b>Nombre del autor</b>	Lorena Melania Chamba Granda
<b>Ciudad - País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2017



Gráfico 2. Siembra de segmentos nodales y ápices de *Cinchona officinalis* L. en medio para brotamiento.

Estructuras utilizadas para la investigación.

**Fuente:** (Chamba, 2017)

➤ **Objetivo General**

- Aportar a la generación de información sobre los procesos biotecnológicos, que permitan la propagación in vitro de *Cinchona officinalis* L. con fines de conservación.

➤ **Objetivos Específicos**

- Probar el efecto del balance hormonal auxina- citoquinina en diferentes concentraciones en la fase de multiplicación de explantes de *Cinchona officinalis* L. a partir de vitroplantas para maximizar el brotamiento de los explantes.
- Encontrar el nivel adecuado de auxinas que conlleven a obtener un mayor enraizamiento in vitro de *Cinchona officinalis* L.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Loja.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Auxinas y citoquinina: ANA en concentraciones de 0,5 y 1,5 mg/l y BAP en concentraciones de 2,5; 3,0 y 3,5 mg/l Auxinas, Acido indol acético y Ácido indolbutírico: 0,1; 0,5 y 1,0 mg/l.

➤ **Lugar de recolección de la especie**

Vitroplanta del laboratorio de micropropagación

➤ **Metodología aplicada**

➤ **Selección de semillas y vitroplantas**

Las semillas se colectaron tomando en cuenta características sobresalientes de forma, tamaño, color, madurez fisiológica y buenas condiciones fitosanitarias. Para la selección de las vitroplantas a utilizarse en la fase brotamiento, se utilizó aquellas que presentaron una altura de 5 cm y con 2 nudos como mínimo.

### ➤ Preparación de cultivo

El medio de cultivo está constituido por sales minerales MS (Murashige & Skoog, 1962), suplementado con Tiamina 5 mg/l y Mio- Inositol 100 mg/l, sacarosa como fuente de carbohidratos al 2.0 %, agar 0.6 %, ANA y BAP en diferentes concentraciones cada una. En este medio de cultivo se ensayó seis tratamientos con tres repeticiones cada uno (Cuadro 3). El pH se ajustó a  $5.8 \pm 0.2$  con HCL o NaOH 1N.

FACTORES	CONCENTRACIONES
Nivel de concentración de Auxinas (ANA)	0.5 mg/l
	1.5 mg/l
Nivel de concentración de Citoquininas (BAP)	2.5 mg/l
	3.0 mg/l
	3.5 mg/l

Figura 7. Interacción hormonal Auxina – Citoquinina en la fase de brotamiento de explantes de *Cinchona officinalis* L.

Concentraciones de las hormonas utilizadas.

**Fuente:** (Chamba, 2017)

### ➤ Siembra *in vitro* de explantes y condiciones de incubación

La inoculación *in vitro* de los explantes de *Cinchona officinalis* L., se realizó en la cámara de flujo laminar en condiciones de total asepsia, previamente esterilizadas se realizó el corte de los explantes (ápices caulinares y segmentos nodales) de 2 a 3 cm y se procedió a sembrarlos, colocando dos explantes por frasco.

Posteriormente, se identificó cada uno de los tratamientos luego fueron trasladados al cuarto de incubación, donde se mantuvieron a una temperatura de  $\pm 23$  °C y fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad.

### ➤ Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), en arreglo factorial de 2 x 3, con 6 tratamientos y tres repeticiones.

➤ **Evaluación**

La unidad experimental fue el conjunto de ocho frascos de vidrio, para lo cual se inocularon 16 explantes, dos explantes por frasco. Las variables que se evaluaron fueron porcentaje de contaminación, porcentaje de mortalidad, días a la contaminación, días a la mortalidad, longitud de brotes, número de brotes por explante, número de nudos por brotes y número de hojas por brote. Para la evaluación de contaminación y mortalidad de los explantes de *Cinchona officinalis* L. se tomaron registros cada tres días durante el lapso de 30 días a partir de la siembra

➤ **Resultado**

La combinación hormonal 0,5 mg/l ANA + 2,5 mg/l BAP resultó ser la más efectiva en cuanto a la formación de brotes, número de nudos y hojas, obteniéndose resultados de 6,06 brotes por explante, con 2,92 nudos, 6,20 hojas por brote.

**1.3 TESIS 3: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA PROPAGACIÓN IN VITRO DE *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE DIFERENTES FUENTES DE MATERIAL VEGETAL”.**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Nelson Ramiro Lima Jiménez
<b>Ciudad - País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2016



Gráfico 3. Siembra de semilla de *Cinchona officinalis* L., en la cámara de flujo laminar

Semillas utilizadas *Cinchona officinalis* L. en la investigación.

**Fuente:** (Lima N. R., 2016)

➤ **Objetivo General**

- Aportar a la generación de información sobre los procesos biotecnológicos, que permitan la propagación in vitro de *Cinchona officinalis* L., con fines de conservación de la especie.

➤ **Objetivos Específicos**

- Evaluar la desinfección de semillas de *Cinchona officinalis* L., aplicando distintas concentraciones y tiempos de inmersión.
- Probar el efecto del balance hormonal auxina-citoquinina, en la fase de multiplicación de explantes de *Cinchona officinalis* L., provenientes de plántulas obtenidas in vitro.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Forestal.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Ácido giberélico (AG3): 1,0 mg/l, la auxina: ácido naftalenacético (ANA) y dos citoquininas: benzilaminopurina (BAP) y kinetina (KIN), en dos concentraciones 0,2 y 2,0 mg/l

➤ **Lugar de recolección de la especie**

Quebrada Naque y San Simón, Uritusinga y Saraguro

➤ **Metodología aplicada**

➤ **Selección de vitroplantas**

Para esta fase se utilizó vitroplantas, de 5 cm de altura promedio, con 1 – 2 nudos, obtenidas de la germinación in vitro de semillas de *Cinchona officinalis* L., de tal forma que no fue necesario la desinfección de los explantes ya que es material aséptico.

➤ **Preparación de cultivo**

El medio de cultivo está constituido por sales minerales MS (Murashige & Skoog, 1962), suplementado con vitaminas (1 mg/l de tiamina y 100 mg/l de mio-inositol), sacarosa como fuente de carbohidratos al 2%, agar 0,6% como agente gelificante y se adicionó la interacción de tres hormonas ANA, BAP y KIN, en distintas concentraciones, en esta fase se ensayó cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno (Cuadro 5). El pH se ajustó a  $5.8 \pm 0.2$  con HCL o NaOH 1N.

➤ **Siembra in vitro de explantes y condiciones de incubación**

La inoculación *in vitro* de las semillas se realizó en la cámara de flujo laminar en condiciones asépticas, se identificó cada uno de los tratamientos, para su traslado al cuarto de incubación, en donde se mantuvieron a una temperatura de  $\pm 23$  °C y fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad.

➤ **Diseño experimental para la formación de estructuras *de novo* de *Cinchona officinalis* L**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 3x2x2, con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

FACTORES	NIVELES
A. Tipo de auxinas- citoquininas	1. ANA (A1) 2. BAP (C1) 3. KIN (C2)
B. Concentración en mg/l	1. 0.2 mg/l (C1) 2. 2.0 mg/l (C2)

Figura 8. Diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3 x 2x2

**Nota:** Se describe el diseño experimental utilizado en la investigación.

**Fuente:** (Lima, 2016)

➤ **Evaluación**

La unidad experimental fue el conjunto de cinco frascos de vidrio, para lo cual se inocularon 10 explantes, a razón de dos explantes por frasco.

La evaluación se realizó por observación directa, cada 5 días, a partir del tercer día. Posteriormente se evaluó cada 30 días, durante un periodo de 3 meses.

➤ **Resultado**

Logrando los mejores resultados en la combinación hormonal de 0,2 ANA + 2,0 BAP; el mismo que permitió obtener 4,73 brotes desarrollados, con 0,83 cm de altura, 27 hojas y 12,10 nudos promedio formados por cada explante.

**1.4 TESIS 4: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA IMPLANTACIÓN E INDUCCIÓN DE CALLOS EN *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE PLÁNTULAS DEL INVERNADERO, A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA.”**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Jessica Alejandra Guartanza Loja
<b>Ciudad - País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2019



Gráfico 4. Siembra in vitro de explantes de *Cinchona officinalis* L.

Nota: Explantes utilizados en la investigación.

**Fuente:** (Guartanza, 2019)

➤ **Objetivo General**

- Contribuir a la generación de información sobre procesos biotecnológicos para la implantación e inducción de callos *Cinchona officinalis* L., a nivel de laboratorio.

➤ **Objetivos Específicos**

- Ensayar la desinfección de explantes de *Cinchona officinalis* L., de plántulas provenientes del invernadero, en la fase de implantación a nivel de laboratorio.
- Evaluar la concentración de reguladores del crecimiento, para la inducción de callos de *Cinchona officinalis* L., de explantes provenientes de plántulas del invernadero.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Auxina: (2-4 D) en concentraciones de (1,00); (2,00) y (3,00) mg L<sup>-1</sup>

Citoquinina: Kinetina al 0,50 mg L<sup>-1</sup>

➤ **Lugar de recolección de la especie**



Explantos desinfectados previamente provenientes de plántulas codificadas (hojas, brotes axilares y brotes terminales)

➤ **Metodología aplicada**

➤ **Selección de explantes**

Para esta fase se utilizó explantes provenientes de plántulas codificadas del invernadero, aplicando el mejor método de desinfección de la fase de implantación. Se colectaron hojas, brotes axilares, brotes terminales y fueron llevados al laboratorio para la desinfección.

➤ **Preparación de cultivo**

Se preparó el medio de cultivo sólido con las sales minerales de MS, suplementado con tiamina 1,00 mg L<sup>-1</sup>; mio-inositol 100,00 mg L<sup>-1</sup>; piridoxina 1,00 mg L<sup>-1</sup>; ácido nicotínico 2,00 mg L<sup>-1</sup>; glicina 1,00 mg L<sup>-1</sup> y ergostín 1,50 mg L<sup>-1</sup>, sacarosa 2,00 % (como fuente exógena de carbono), agar 6,00 g L<sup>-1</sup> (agente solidificante), cloranfenicol 100,00 mg L<sup>-1</sup> (para evitar contaminación); auxinas y citoquininas: 2,4-D y KIN en diferentes concentraciones. Se ensayó cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno. El pH se ajustó a  $6,50 \pm 0,20$  con NaOH 1N.

➤ **Inoculación e incubación *in vitro* de los explantes**

Se identificó los frascos de acuerdo a cada tratamiento y se procedió a ubicar en el cuarto de incubación, donde se mantuvieron a una temperatura de  $\pm 23$  °C y en condiciones de total oscuridad, para la inducción del callo.

➤ **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 7 tratamientos y 3 repeticiones.

TRATAMIENTO (T)	CONCENTRACIÓN	CODIGO*
T1	0,00 mg L <sup>-1</sup> 2, 4-D + 0,00 mg L <sup>-1</sup> KINETINA	TT
T2	1,00 mg L <sup>-1</sup> 2, 4-D + 0,00 mg L <sup>-1</sup> KINETINA	A1C1
T3	2,00 mg L <sup>-1</sup> 2, 4-D + 0,00 mg L <sup>-1</sup> KINETINA	A2C1
T4	3,00 mg L <sup>-1</sup> 2, 4-D + 0,00 mg L <sup>-1</sup> KINETINA	A3C1
T5	1,00 mg L <sup>-1</sup> 2, 4-D + 0,50 mg L <sup>-1</sup> KINETINA	A1C2
T6	2,00 mg L <sup>-1</sup> 2, 4-D + 0,50 mg L <sup>-1</sup> KINETINA	A2C2
T7	3,00 mg L <sup>-1</sup> 2, 4-D + 0,50 mg L <sup>-1</sup> KINETINA	A3C2

\*T= Testigo; A=Auxina; C=Citoquinina.

Figura 9. Tratamientos aplicados para la inducción de callos, a partir de explantes de *Cinchona officinalis* L.

Nota: Se describe los tratamientos y las concentraciones utilizadas en la investigación.

**Fuente:** (Guartanza, 2019)

### ➤ Evaluación

La evaluación se llevó a cabo por observación directa, durante 50 días, cada cinco días después de realizada la siembra. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de formación del callo, número de días a la formación de callos, color y friabilidad del callo.

### ➤ Resultado

Los tratamientos previos de desinfección de plántulas provenientes de invernaderos (50,00 % NaClO) y (75,00 % NaClO) son clave en la fase de implantación de explantes de *Cinchona officinalis* L., pues presentan la menor contaminación de explantes, con 40,00 %, en 10 minutos de inmersión de los explantes respectivamente.

Para la inducción de callos en explantes de *Cinchona officinalis* L., provenientes de plántulas de invernadero, se recomienda utilizar el 2,4-D en concentraciones de 1,00; 2,00 y 3,00 mg L<sup>-1</sup>, como fuente de auxina.

La combinación de auxina y citoquinina resultó ser la más efectiva en esta investigación, obteniéndose 73,30 % de formación de callos.

**1.5 TESIS 5: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CALLOGÉNICAS, A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE *Cinchona officinalis* L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA.”**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Johanna Gabriela Rueda Rodríguez
<b>Ciudad – País</b>	Loja – Ecuador
<b>Año</b>	2020

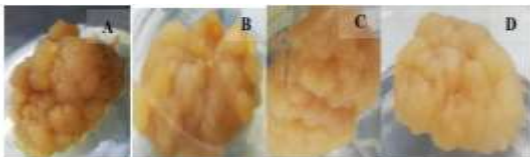


Gráfico 5. Coloración de los callos de *Cinchona officinalis* L.

Nota: Fotografías de la coloración de los callos de *Cinchona officinalis* L.

**Fuente:** (Rueda, 2020)

➤ **Objetivo General**

- Contribuir a generar información sobre procesos biotecnológicos para la inducción de estructuras callogénicas a partir de explantes obtenidos de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja.

➤ **Objetivos Específicos**

- Evaluar el balance hormonal auxina-citoquinina en la formación de estructuras callogénicas en explantes obtenidos de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L.
- Determinar la influencia del fotoperiodo en la proliferación de estructuras callogénicas de *Cinchona officinalis* L.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Auxinas y citoquinina: 3,0 mg/l-1 2,4D en ausencia de KINETINA

➤ **Lugar de recolección de la especie:**

Loja, sector Cajanuma

➤ **Metodología aplicada**

➤ **Selección de material vegetal y explantes**

Se tomaron las mejores vitroplantas y se seleccionaron los mejores explantes, con buena coloración y hojas bien desarrolladas. Al proceder estos explantes de vitroplantas no fue necesario realizar la desinfección ya que se encuentran creciendo en condiciones asépticas.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIONES (mg L <sup>-1</sup> )		
	2,4-D	KINETINA	CÓDIGO
T0	0,0	0,0	A0C0 OBS
T1	1,5	0,0	A1.5C0.0 OBS
T2	0,0	0,0	A0C0 FOT
T3	1,5	0,0	A1.5C0.0FOT

Figura 10. Tratamiento que evaluaron la interacción de hormonas en la proliferación de estructuras callogénicas de *Cinchona officinalis* L.

Nota: Se indica los tratamientos que se han utilizado en la investigación.

**Fuente:** Fuente: (Rueda, 2020)

➤ **Preparación del medio de cultivo**

El medio de cultivo basal utilizado estuvo constituido por las sales minerales de Murashige y Skoog (MS 1962), vitaminas B5 (tiamina 1 mg L<sup>-1</sup>, mio-inositol 100 mg L<sup>-1</sup>, piridoxina 1 mg L<sup>-1</sup>, ácido

nicotínico 2 mg L<sup>-1</sup> , glicina 1 mg L<sup>-1</sup> ), Ergostín 1.5 mg L<sup>-1</sup> sacarosa 2 % Agar 0,6 % y 2,4-D (auxina) y Kinetina (citoquinina) en diferentes concentraciones.

#### ➤ **Inoculación *in vitro* de los explantes**

La inoculación *in vitro* se realizó en la cámara de flujo laminar en condiciones de asepsia, se inocularon tres explantes por frasco. Las características que se tomaron en cuenta para la inducción de callos fueron; explantes de hoja con una longitud de un centímetro de largo. Los materiales que se utilizaron en el proceso de inoculación fueron: un bisturí, pinzas, caja Petri, mechero de gas. Utilizando las pinzas y el bisturí se obtuvieron los explantes que fueron inoculados tres explantes por frasco. Los explantes permanecieron en total oscuridad a una temperatura de  $\pm 23^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 50 días.

#### ➤ **Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado en esta fase, fue un diseño completamente al azar (DCA); cuenta con siete tratamientos más un testigo, cabe destacar que cada tratamiento incluía tres repeticiones.

#### ➤ **Evaluación**

La evaluación de los parámetros se realizó por observación directa cada cinco días, se inició en el tercer día después de la siembra hasta finalizar el periodo de control de 50 días. Se evaluaron los parámetros de porcentaje contaminación, porcentaje de oxidación fenólica y porcentaje de sobrevivencia; el modelo de hoja de campo fue el mismo para las tres variables, este estuvo compuesto por un código TnRnFn significando; Tn el tratamiento al que corresponde, Rn la repetición y Fn frasco evaluado (Anexo 1). Para la evaluar la formación de callo se elaboró otro modelo de ficha, en donde estuvo especificado netamente el porcentaje de callo formado en cada explante (%), la coloración del callo (Cl) y la friabilidad del callo (Cn)

- Porcentaje de contaminación
- Porcentaje de sobrevivencia
- Número de días a la contaminación
- Porcentaje de oxidación fenólica
- Número de días a la formación del callo
- Número de explantes que formaron callo
- Porcentaje de formación de callos
- Color del callo

➤ Friabilidad del callo

➤ **Resultado:**

En la fase de inducción de callos para observar el efecto del balance hormonal, fue posible estimular diferentes vías de respuesta para los explantes de *Cinchona officinalis* L., el 16 % de contaminación se dio en los tratamientos T1 (1,0 mg L<sup>-1</sup> 2.4-D +0,0 mg L<sup>-1</sup> KINETINA) y T2 (2,0 mg L<sup>-1</sup> 2.4-D +0,0 mg L<sup>-1</sup> KINETINA), a causa de hongos y bacterias que se encuentran presentes en el aire, pues la procedencia del material vegetal e inoculación de explantes se contaron con estrictas normas de asepsia.

**1.6 TESIS 6: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE CALLOS A PARTIR DE VITROPLANTAS DE *Cinchona officinalis* L., A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA”**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Karina Cecibel González Valdiviezo
<b>Ciudad – País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2017



Gráfico 6. Formación de callos *Cinchona officinalis* L.

Nota: Fotografía de la formación de callos de *Chinchona officinalis* L.

**Fuente:** (Gonzalez, 2017)

➤ **Objetivo General**

- Contribuir a la generación de información sobre la germinación *in vitro* de semillas de *Cinchona officinalis* L., y la inducción de callos, a partir de vitroplantas producidas a nivel de laboratorio, con la finalidad de aportar a la conservación de la especie en la provincia de Loja

➤ **Objetivos Específicos**

- Probar el efecto de dos desinfectantes con diferentes tiempos de exposición, para la germinación *in vitro* de semillas de la especie *Cinchona officinalis* L., proveniente de relictos boscosos de la provincia y cantón de Loja.
- Determinar el balance hormonal adecuado para la inducción de callos, a partir de explantes de vitroplantas de la especie *Cinchona officinalis* L., a nivel de laboratorio.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Auxinas y citoquininas en combinación de 1,0 mg/l 2,4-D + 0,5 mg/l BAP (T4)

➤ **Lugar de recolección de la especie**

Sector Uritusinga, cantón Catamayo, provincia de Loja

➤ **Metodología aplicada**

- **Obtención y selección de explantes de *Cinchona officinalis* L.**

Para esta fase, como explantes se utilizó los segmentos nodales con sus hojas a partir de las vitroplantas de una altura promedio de 4 cm.

➤ **Preparación del medio de cultivo**

Se elaboró el medio de cultivo con las sales minerales de MS, suplementado con tiamina 1mg/l, mio-inositol 100 mg/l, piridoxina 1 mg/l, ácido nicotínico 2 mg/l, glicina 1 mg/l, y ergostin 1,5 ml/l, sacarosa al 2, 0 % como fuente de carbohidratos, agar 0,6 %; también se adicionó auxinas: 2,4-D y

citoquininas: BAP, en diferentes concentraciones. Se ensayó seis tratamientos con tres repeticiones cada uno (Cuadro 5). El pH se ajustó a  $5,8 \pm 0,2$  con NaOH 1N o HCL 1N.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIONES (mg/l)	
	2,4-D	BAP
T1	1.0	0
T2	2.0	0
T3	3.0	0
T4	1.0	0.5
T5	2.0	0.5
T6	3.0	0.5

Figura 11. Diferentes concentraciones de auxinas y citoquininas para la inducción de callos de la especie de *Cinchona officinalis* L.

**Nota:** Concentraciones utilizadas en la investigación

**Fuente:** (Gonzalez, 2017)

#### ➤ **Desinfección y siembra *in vitro***

Los nodales no recibieron tratamiento alguno de desinfección por ser material séptico; la inoculación *in vitro* de los segmentos nodales de *Cinchona officinalis* L., se efectuó en condiciones completamente asépticas dentro de la cámara de flujo laminar; para ello, con la ayuda de un bisturí y unas pinzas se eliminó las partes necrosadas, y, luego, sobre una caja petri se disecciono el material vegetal con el fin de obtener los segmentos nodales, los cuales se constituían de un par de hojas con parte de tallo; sembrándose 2 explantes por frasco.

#### ➤ **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos y 3 repeticiones.

#### ➤ **Evaluación**

Se manipularon los datos de las diferentes variables evaluadas y el software InfoStat versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016); se realizó un análisis de varianza (ANOVA); y, la prueba estadística con el test de LSD Fisher al 0,05 % de probabilidad con el objetivo de identificar y analizar si existen diferencias significativas en sus medias y varianzas.

#### ➤ **Resultado:**

Para la fase de inducción de callos: La formación de tejido callogénico en diferentes explantes puede ser estimada por una variedad de auxinas, siendo la más frecuentemente utilizada 2,4-D a diferentes concentraciones. Para la fase de inducción de embriones: El mayor porcentaje se obtuvo al combinar



auxina-citoquininas, obteniéndose un promedio de 28,33 % de formación de embriones con la combinación de 1 mg/l 2,4-D + 0,5 mg% KIN (T3)

**1.7 TESIS 7: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA FORMACIÓN DE CALLOS Y ESTRUCTURAS DE NOVO DE *Cinchona officinalis* L. PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Katherine Isabel Méndez Montaña
<b>Ciudad - País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2018



Gráfico 7. Disección e inoculación de callos.

Nota: estructuras de Novo de *Cinchona officinalis* L. utilizadas en la investigación.

**Fuente:** (Méndez, 2018)

➤ **Objetivo General**

- Contribuir a la generación de información sobre procesos biotecnológicos para la inducción de callos y estructuras de *Novo* de *Cinchona officinalis* L.

➤ **Objetivos Específicos**

- Probar el efecto del balance hormonal auxina-citoquinina en diferentes concentraciones, en la fase de formación de callos de *Cinchona officinalis* L.
- Determinar el mejor balance hormonal para la formación estructuras de Novo de *Cinchona officinalis* L.
- Difundir y publicar los resultados de la investigación a actores sociales interesados.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Auxinas y citoquininas: en concentraciones de 1,0; y 2,0 mg/l, y BAP en concentraciones de 0,0; y 0,5 mg/l.

➤ **Lugar de recolección de la especie**

Uritusinga y Zamora Huayco, provincia de Loja.

➤ **Metodología aplicada**

➤ **Selección de material Vegetal**

El material vegetal utilizado en la fase de formación de brotes de *Novo* fueron las mejores formaciones callosas de cada uno de los tratamientos evaluados en el objetivo anterior, tomándose en cuenta su tamaño, color, y estructura.

➤ **Preparación del medio de cultivo**

El medio de cultivo estuvo constituido por sales minerales de Murashige & Skoog (MS), suplementado con Thiamina 5 mg/l y Mio- Inositol 100mg/l, sacarosa como fuente de carbohidratos al 2 %, agar 0.6 %; ANA (ácido naftalenacético) y BAP (bencil amino purina) en diferentes concentraciones cada una. El pH se ajustó a  $5.8 \pm 0.2$  con HCL o NaOH 1N. Una vez terminada la preparación del medio de cultivo fue distribuido en 90 frascos de vidrio a razón de 30 ml/frasco; finalmente el medio fue esterilizado en la autoclave a 120 °C de temperatura y 1,5 kg/cm<sup>2</sup> de presión, durante 20 minutos, al igual que el material de disección necesario para la inoculación.

Tratamientos	Descripción	Código
T1	1,0 mg/l ANA + 0,0 mg/l BAP	A1B1
T2	2,0 mg/l ANA + 0,0 mg/l BAP	A1B2
T3	1,0 mg/l ANA + 0,5 mg/l BAP	A2B1
T4	2,0 mg/l ANA + 0,5 mg/l BAP	A2B2

Figura 12. Tratamientos evaluados en la interacción de auxina-citoquinina para la formación de callos de *Cinchona officinalis* L

Nota: Concentraciones utilizadas en la investigación.

**Fuente:** (Méndez, 2018)

➤ **Inoculación *in vitro* de los callos**

La inoculación “*in vitro*” de callos para la formación de estructuras de Novo de *Cinchona officinalis* L. se realizó en la cámara de flujo laminar en condiciones de total asepsia, con la ayuda de cajas petri, bisturí, y pinzas; cada callo obtenido de *Cinchona officinalis* L, fue diseccionado en 4 partes iguales, cada sección constituyó un explante, para la inoculación se utilizaron dos explantes por frasco. Posteriormente, fueron sometidos a un proceso de incubación, donde se los mantuvo a una temperatura de  $\pm 23$  °C y fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad.

➤ **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), en un arreglo trifactorial 3 x 3 (3 tratamientos y tres repeticiones).

➤ **Evaluación**

La evaluación se la llevó a cabo por observación directa durante 100 días para el sitio de Uritusinga, el material obtenido de la fase de formación de callos de *Cinchona officinalis* L, presentó condiciones de asepsia y mayor viabilidad, lo que permitió realizar las evaluaciones durante mucho más tiempo. Mientras que, para el sitio de Zamora Huayco las evaluaciones se realizaron durante 80 días, tiempo en el cual el material vegetal obtenido en la fase anterior comenzó a perder su viabilidad y a mostrar indicios de contaminación y oxidación fenólica.

➤ **Resultado:**

El medio de cultivo más favorecedor fue el de ANA 2,0 mg/l y 0,5 mg/l BAP (T4) logrando un 50.83% de formación de callos para el sitio Uritusinga; mientras que para el sitio de Zamora Huayco la combinación de ANA 2,0 mg/l y 0,0 mg/l BAP (T2) resultó ser la más afectiva obteniéndose un 70% de formación de callos. Para la formación de estructuras de Novo se logró determinar que el mejor medio de cultivo para la formación de estructuras de Novo de material proveniente del sector Uritusinga estuvo suplementado con ANA 0,6 mg/l y 1,5 mg/l BAP (T2) alcanzando el 14.54% de formación de estructuras de Novo; mientras que, para el sitio de Zamora Huayco la combinación de

ANA 0,3 mg/l y 1,0 mg/l BAP (T1) resultó ser la más afectiva obteniéndose un 20% de formación de estructuras de Novo.

**1.8 TESIS 8: “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN IN VITRO DE RAÍCES A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE *Cinchona officinalis* L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA.”**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Claudia Milena Cueva Coronel
<b>Ciudad - País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2020

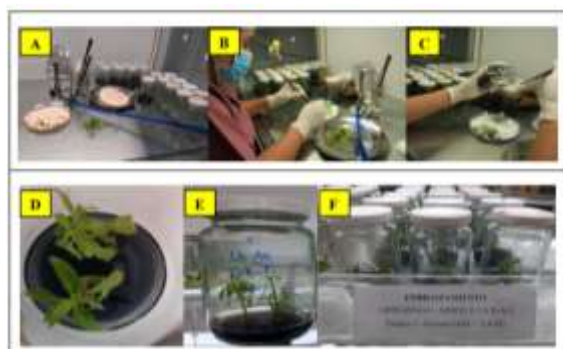


Gráfico 8. Inoculación in vitro de los explantes en el medio de cultivo

Nota: Fotografías de las estructuras utilizadas en la investigación.

**Fuente:** (Cueva, 2020)

➤ **Objetivo General**

- Contribuir a la generación de información que permita definir una metodología adecuada sobre el balance hormonal para la inducción *in vitro* de raíces en explantes provenientes de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L.

➤ **Objetivos Específicos**

- Evaluar el balance hormonal de dos auxinas, para la inducción *in vitro* de raíces en explantes de *Cinchona officinalis* L.
- Evaluar el balance hormonal auxina-citoquinina, para la inducción *in vitro* de raíces en explantes de *Cinchona officinalis* L.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados, para su conocimiento y aplicación.

➤ **Tipo de hormonas usadas**

Auxinas reguladoras de crecimiento: Ácido Indol Butírico (AIB) y Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D); con simbiología (A0A0; A0A0,5; A0,5A0; A0,5A0,5; A0,5A1; A1A0,5; A1A1) mg L-1; balance hormonal auxina-citoquinina: Ácido Indol Butírico (AIB) y Bencil Amino Purina (BAP); con simbiología (A0C0; A0C0,5; A0,5C0; A0,5C0,5; A0,5C1; A1C0,5; A1C1) mg L-1.

➤ **Lugar de recolección de la especie**

Uritusinga, provincia de Loja.

➤ **Metodología para evaluar balance hormonal de dos auxinas**

➤ **Selección de material vegetal**

En el Laboratorio de Micropropagación Vegetal, se seleccionaron vitroplantas de *Cinchona officinalis* L., codificadas, provenientes del relicto boscoso del sector Uritusinga, árbol número cinco, que presentaron las mejores características fenotípicas. Los árboles de los cuales provenían las vitroplantas fueron identificados previamente por el Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona. No fue necesario realizar la desinfección de las mismas, por cuanto se desarrollaron en condiciones asépticas.

➤ **Preparación del medio de cultivo**

El medio de cultivo basal estuvo constituido por las sales minerales del medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS, 1962), suplementado con Tiamina 1,0 mg L<sup>-1</sup>, Mio-Inositol 1,0 mg L<sup>-1</sup>, BAP 0,5 mg L<sup>-1</sup>, carbón activado 1,0 mg L<sup>-1</sup>, sacarosa como fuente de carbohidratos, al 2,0 %, agar como agente solidificante al 0,6 %. Los reguladores de crecimiento empleados fueron las auxinas, Ácido Indol Butírico (AIB) y Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) en diferentes concentraciones. En este ensayo se evaluó siete tratamientos incluidos el testigo de control, con tres repeticiones cada uno, el pH del medio de cultivo, se ajustó de 5,6 a 6,0, con HCL o NaOH 1 N. El medio de cultivo fue distribuido en frascos de vidrio, con 30 ml cada uno y luego se esterilizó en autoclave a 120 °C de temperatura y 1,5 kg/cm<sup>2</sup> de presión, durante 20 minutos.

### ➤ Inoculación *in vitro* de los explantes

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), compuesto por siete tratamientos incluido el testigo de control, con tres repeticiones cada uno. Se muestran los tratamientos evaluados en la fase de inducción de raíces en explantes de *Cinchona officinalis* L., usando Acido Indol Butírico (AIB) y Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) como reguladores de crecimiento.

TRATAMIENTOS	REGULADORES DEL CRECIMIENTO		SIMBOLOGÍA
	AIB (mg L <sup>-1</sup> )	2,4-D (mg L <sup>-1</sup> )	
T0	0,0	0,0	AA00
T1	0,0	0,5	AA00,5
T2	0,5	0,0	A0,5A0
T3	0,5	0,5	A0,5A0,5
T4	0,5	1,0	A0,5A1
T5	1,0	0,5	A1A0,5
T6	1,0	1,0	A1A1

Figura 13. Tratamientos evaluados para la inducción de raíces en explantes provenientes de vitropiantas de *Cinchona officinalis* L.

Nota: Concentraciones utilizadas en la investigación

**Fuente:** (Cueva, 2020)

### ➤ Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en esta fase, fue un diseño completamente al azar (DCA); cuenta con siete tratamientos más un testigo, cabe destacar que cada tratamiento incluía tres repeticiones.

### ➤ Evaluación

Las evaluaciones se realizaron por observación directa, con intervalos de cinco días, a partir del tercer día, hasta los 90 días después de la inoculación *in vitro*.

➤ **Metodología para evaluar balance hormonal auxina - citoquinina**

➤ **Selección de material vegetal**

En el Laboratorio de Micropropagación Vegetal, se seleccionaron vitroplantas de *Cinchona officinalis* L., codificadas, provenientes del relicto boscoso del sector Uritusinga, árbol número cinco, que presentaron las mejores características fenotípicas. Los árboles de los cuales provenían las vitroplantas fueron identificados previamente por el Equipo Técnico del Proyecto de Investigación Cinchona. No fue necesario realizar la desinfección de las mismas, por cuanto se desarrollaron en condiciones asépticas.

➤ **Preparación del medio de cultivo**

El medio de cultivo basal, estuvo constituido por las sales minerales del medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS, 1962), suplementado con Tiamina 1,0 mg L<sup>-1</sup>, Mio-Inositol 1,0 mg L<sup>-1</sup>, sacarosa como fuente de carbohidratos al 2,0 %, agar como agente solidificante al 0,6 %; Los reguladores de crecimiento empleados fueron Ácido Indol Butírico (AIB) y 33 Bencil Amino Purina (BAP) en diferentes concentraciones. En este ensayo se evaluó siete tratamientos incluido el testigo de control, con tres repeticiones cada uno, El pH del medio de cultivo se ajustó de 5,6 a 6,0 con HCL o NaOH 1 N. El medio de cultivo fue distribuido en frascos de vidrio, con 30 ml cada uno y luego se esterilizó en autoclave a 120 °C de temperatura y 1,5 kg/cm<sup>2</sup> de presión, durante 20 minutos.

➤ **Inoculación *in vitro* de los explantes**

La inoculación *in vitro* de los explantes de *Cinchona officinalis* L., se realizó en la cámara de flujo laminar en condiciones de total asepsia. Los materiales de disección utilizados, cajas petri, bisturís, tijeras y pinzas, fueron previamente esterilizados, en la autoclave a una temperatura de 120 °C, una presión de 1,5 kg/cm<sup>2</sup>, durante un tiempo de 20 minutos.

➤ **Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), compuesto por siete tratamientos incluido el testigo de control, con tres repeticiones cada uno.

➤ **Evaluación**

Las evaluaciones se realizaron por observación directa, con intervalos de cinco días, a partir del tercer día, hasta los 90 días después de la inoculación *in vitro*.

➤ **Resultado**

Las auxinas y citoquininas resultaron ser más efectivas al combinarlas que al aplicarlas por separado, tomando en cuenta que, en la presente investigación el balance hormonal auxina-citoquinina obtuvo los mejores resultados en cuanto a las variables, número promedio de nudos por explante; número promedio de brotes por explante; número de hojas promedio, debido a que las auxinas promueven la elongación celular y las citoquininas inducen la división celular. Así también, la interacción auxina-citoquinina, tuvo un efecto positivo en la formación de callo en la base de los explantes, más no la formación de raíces adventicias. Los balances hormonales auxínicos resultaron ser los más fructíferos para el enraizamiento in vitro de explantes de *C. officinalis*, por lo que alcanzaron los valores más altos en cuanto a porcentaje de enraizamiento, número y longitud promedio de raíces por explante. Además, el enraizamiento en los explantes se presentó mediante organogénesis directa, es decir, que no existió una fase intermedia de formación de estructuras callogénicas.

**1.9 TESIS 9: “BALANCE HORMONAL PARA LA FASE DE BROTAÇÃO Y ENRAIZAMIENTO IN VITRO DE EXPLANTES DE *Cinchona officinalis* L., PROVENIENTE DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”**

➤ **Datos generales:**

<b>Universidad</b>	Universidad Nacional de Loja
<b>Facultad</b>	Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
<b>Carrera</b>	Ingeniería Forestal
<b>Nombre del autor</b>	Daniela Katherine Paredes Jiménez
<b>Ciudad – País</b>	Loja - Ecuador
<b>Año</b>	2019





Figura 6. Identificación de frascos (tratamiento, sector, número de árbol y fecha) con explantes de *Cinchona officinalis* L.

Gráfico 9. Identificación de frascos con explantes *Cinchona officinalis* L.

Nota: Tratamientos utilizados en las estructuras estudiadas en la investigación.

**Fuente:** (Paredes, 2019)

### Objetivo General

- Aportar a la generación de información sobre el balance hormonal, que permita la multiplicación y enraizamiento *in vitro* de explantes de *Cinchona officinalis* L.

### Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del balance hormonal auxina - citoquinina en diferentes concentraciones en la fase de multiplicación *in vitro* de explantes utilizando ápices caulinares y segmentos nodales de *Cinchona officinalis* L.
- Establecer el nivel adecuado de auxinas y citoquininas, para inducir el enraizamiento *in vitro* de *Cinchona officinalis* L.
- Difundir los resultados de la investigación a los actores sociales interesados

### ➤ Tipo de hormonas usadas

Balance hormonal auxina-citoquinina: Ácido indol-3-acético (AIA) y Bencil Amino Purina (BAP) con concentraciones (0,0; 2,0); (0,0; 2,5); (0,2; 2,0); (0,5; 2,0) mg L<sup>-1</sup>

### Lugar de recolección de la especie

Zamora Huayco, Uritusinga, Provincia de Loja

### ➤ Metodología aplicada

#### ➤ Selección de material vegetal y explantes

Previo al establecimiento de los ensayos de multiplicación, se realizó la germinación *in vitro* de semillas de *Cinchona officinalis* L. Las semillas fueron colectadas de árboles seleccionados que

presentan características fenotípicas sobresalientes provenientes de tres relictos boscosos en la provincia de Loja. Se eligieron las semillas con mejores rasgos en cuanto a: forma, tamaño, madurez fisiológica y buenas condiciones fitosanitarias.

➤ **Preparación del medio de cultivo**

El medio de cultivo estuvo constituido por sales minerales de Murashige y Skoog (MS, 1962), suplementado con vitaminas (Tiamina 1 mg L<sup>-1</sup> y Mio-inositol 100 mg L<sup>-1</sup>), sacarosa como fuente de carbohidratos al 2 %, agar como agente gelificante 0,6 %, además, se adiciono reguladores de crecimiento como auxinas y citoquininas en diferentes concentraciones (Cuadro 3). El pH se ajustó a 5,8 ± 0,2 con ácido clorhídrico (HCL) o hidróxido de sodio (NaOH)1N.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
T1	0,0 mg L <sup>-1</sup> AIA + 2,0 mg L <sup>-1</sup> BAP	A1C1
T2	0,0 mg L <sup>-1</sup> AIA + 2,5 mg L <sup>-1</sup> BAP	A1C2
T3	0,2 mg L <sup>-1</sup> AIA + 2,0 mg L <sup>-1</sup> BAP	A2C1
T4	0,5 mg L <sup>-1</sup> AIA + 2,0 mg L <sup>-1</sup> BAP	A3C1

Figura 14. Efecto de la combinación hormonal auxina-citoquinina en el crecimiento y desarrollo de brotes a partir de ápices caulinares y segmentos nodales en *Cinchona officinalis* L.

Nota: Concentraciones utilizadas en la investigación.

**Fuente:** (Paredes, 2019)

➤ **Siembra de explantes**

En la cámara de flujo laminar se sembró dos explantes por frasco, para lo cual, se utilizó ápices caulinares y segmentos nodales provenientes de vitroplantas con altura de 1.0 a 2.0 cm y de 1 a 2 nudos (obtenidas en fase de germinación)

➤ **Diseño experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

➤ **Evaluación**

La evaluación se realizó a través de observación directa durante 90 días, en periodos de cinco días a partir del tercer día de haber realizado la siembra de explantes (Anexo1). Las variables evaluadas fueron:

- Porcentaje de brotación
- Número de brotes por explante

- Longitud del brote.
- Porcentaje de sobrevivencia
- Porcentaje de contaminación
- Porcentaje de oxidación fenológica

➤ **Resultado:**

Para la fase de brotación el T2 (0,0 mg L<sup>-1</sup> AIA + 2,5 mg L<sup>-1</sup> BAP) se considera la mejor concentración en la multiplicación in vitro pues, consiguió resultados positivos y viables en los tres sectores; siendo Zamora Huayco el que mayor porcentaje alcanzó con 97,78 %; en Uritusinga con 93,33% y en el caso de Selva Alegre con un valor intermedio de 78,88 %. Con respecto a la longitud de brotes, el T1 (0,0 mg L<sup>-1</sup> AIA y 2,0 mg L<sup>-1</sup> BAP) alcanzó el mayor promedio con 4,27 cm en el sector Zamora Huayco; en relación al T2 (0,0 mg L<sup>-1</sup> AIA y 2,5 mg L<sup>-1</sup> BAP) que alcanzó 3,3 y 2,7 cm en los sectores Uritusinga y Selva Alegre.

## 2. ANÁLISIS:

La formación de tejido callogénico en diferentes explantes puede ser estimada por una variedad de auxinas, siendo la más frecuentemente utilizada 2,4-D a diferentes concentraciones, en muchos casos se hace necesario la interacción con una citoquinina para romper el balance hormonal endógeno y estimular una mayor formación de tejido callogénico (Coronel & Angamarca, 2021).

Los 7 estudios realizados sobre el balance hormonal utilizando auxina-citoquinina, corroboran lo señalado por Lima et al. (2016) muestran que aplicando auxinas (ANA) y citoquininas (BAP) para la multiplicación in vitro de explantes de *C. officinalis* L, con una concentración de 0,2 mg L<sup>-1</sup> de ANA + 2,0 mg L<sup>-1</sup> de BAP alcanzó la mayor formación de brotes, hojas y nudos, con un número promedio de 4,73 brotes; lo que le permitió concluir que la utilización de la auxina ANA, promueve elongación celular estimulando el crecimiento vegetativo de los explantes, y la citoquinina BAP promueve la formación de nuevos brotes, permitiendo así la aparición de nudos y a su vez nuevas hojas.

Obteniendo los siguientes resultados:

- En el estudio 1, se obtuvo que para la variable enraizamiento el balance hormonal auxina-citoquinina con concentración hormonal (0,5 mg L<sup>-1</sup> AIB + 0 mg L<sup>-1</sup> BAP) fue la más

afectiva. La concentración hormonal (1,0 mg L<sup>-1</sup> AIB + 1,0 mg L<sup>-1</sup> BAP) obtuvo el mejor resultado en nudos por explante. La concentración (1,0 mg L<sup>-1</sup> AIB + 0,5 mg L<sup>-1</sup> 2,4-D) del balance hormonal auxínico alcanzó la mayor altura por explante.

- En el estudio 2, en la fase de multiplicación in vitro, el T2 con concentración T2 (0,0 mg L<sup>-1</sup> AIA + 2,5 mg L<sup>-1</sup> BAP) fue el mejor en cuanto a porcentaje de brotación en los tres sectores.

En la fase de enraizamiento in vitro en donde se utilizaron ápices caulinares y segmentos nodales de vitroplantas obtenidas en la fase de multiplicación, la concentración del T2 (2,0 mg L<sup>-1</sup> AIB + 0,0 mg L<sup>-1</sup> BAP), obtuvo el mejor resultado.

- En el estudio 3, la combinación de auxina y citoquinina resultó ser la más efectiva en la formación de callos en el tratamiento 7 (3,00 2-4 D mg L<sup>-1</sup> + 0,50 mg L<sup>-1</sup>).
- En el estudio 4, para la fase de inducción de callos, el uso de reguladores de crecimiento resultó T4(1,0 mg/l 2,4-D + 0,5 mg/l BAP), logrando mayor porcentaje de formación de callos, mientras que, para la fase de inducción de embriones, a partir de callos de *Cinchona officinalis* L., la combinación hormonal 2,4-D + KIN, alcanzó un máximo de formación de embriones en el tratamiento T3 (1,0 mg/l 2, 4-D + 0,5 mg/l KIN).
- En el estudio 6, El medio de cultivo más favorecedor fue el de ANA 2,0 mg/l y 0,5 mg/l BAP (T4) logrando un 50.83% de formación de callos para el sitio Uritusinga; mientras que para el sitio de Zamora Huayco la combinación de ANA 2,0 mg/l y 0,0 mg/l BAP (T2) resultó ser la más afectiva obteniéndose un 70% de formación de callos. Para la formación de estructuras de Novo se logró determinar que el mejor medio de cultivo para la formación de estructuras de Novo de material proveniente del sector Uritusinga estuvo suplementado con ANA 0,6 mg/l y 1,5 mg/l BAP (T2) alcanzando el 14.54% de formación de estructuras de Novo; mientras que, para el sitio de Zamora Huayco la combinación de ANA 0,3 mg/l y 1,0 mg/l BAP (T1) resultó ser la más afectiva obteniéndose un 20% de formación de estructuras de Novo.
- En el estudio 8, La combinación hormonal 0,5 mg/l ANA + 2,5 mg/l BAP resultó ser la más efectiva en cuanto a la formación de brotes, número de nudos y hojas, obteniéndose resultados de 6,06 brotes por explante, con 2,92 nudos, 6,20 hojas por brote.

- En el estudio 9, logrando los mejores resultados en la combinación hormonal de 0,2 ANA + 2,0 BAP; el mismo que permitió obtener 4,73 brotes desarrollados, con 0,83 cm de altura, 27 hojas y 12,10 nudos promedio formados por cada explante.

En cuanto, a los 2 estudios restantes se obtuvo que el uso auxinas o citoquinina resultaron ser más efectivas y con mejores resultados en la formación de nudos, brotes, hijas y novo. Obteniendo los siguientes resultados:

- En el estudio 5, el tratamiento que mejores resultados presento fue el T0 el cual solo tenía auxina (3,0 mg L<sup>-1</sup> 2.4-D), formando la mayor parte de callos.
- En el estudio 7, Las combinaciones hormonales AIA – KIN no ejercieron un efecto significativo sobre la cantidad y calidad de las estructuras de novo y con el uso de una sola citoquinina BAP (Bencil Amino Purina) se evidenció que a medida que se incrementó la concentración de BAP, el porcentaje de formación de estructuras de novo fue menor.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

Chamba, L. M. (2017). “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA EL BROTAMIENTO Y ENRAIZAMIENTO DE *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE VITROPLANTAS, EN LA ARGELIA - LOJA”. Tesis de grado. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Coronel, C. C., y Angamarca, R. P. (2021). Inducción in vitro In vitro induction of roots of L ., from vitroplants. 11(2), 43–52.

Cueva, C. M. (2020). PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN IN VITRO DE RAÍCES A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE *Cinchona officinalis* L., PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

González, K. C. (2017). PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE CALLOS A PARTIR DE VITROPLANTAS DE *Cinchona officinalis* L., A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Guartanza, J. A. (2019). PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA IMPLANTACIÓN E INDUCCIÓN DE CALLOS EN *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE PLÁNTULAS DEL INVERNADERO, A NIVEL DE LABORATORIO EN LA PROVINCIA DE LOJA. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Lima, N. R. (2016). Tesis de grado. “PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA PROPAGACIÓN IN VITRO DE *Cinchona officinalis* L., A PARTIR DE DIFERENTES FUENTES DE MATERIAL VEGETAL”. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Méndez, K. I. (2018). PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA FORMACIÓN DE CALLOS Y ESTRUCTURAS DE NOVO DE *Cinchona officinalis* L. PROVENIENTES DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Paredes, D. K. (2019). “BALANCE HORMONAL PARA LA FASE DE BROTACIÓN Y ENRAIZAMIENTO IN VITRO DE EXPLANTES DE *Cinchona officinalis* L., PROVENIENTE DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA”. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Rueda, J. G. (2020). PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS PARA LA INDUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CALLOGÉNICAS, A PARTIR DE EXPLANTES OBTENIDOS DE VITROPLANTAS DE *Cinchona officinalis* L., DE RELICTOS BOSCOSOS DE LA PROVINCIA DE LOJA. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

### Anexo 3. Certificado de traducción del resumen

Loja, 25 de agosto de 2022

#### CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Lorena Patricia Sinche Salinas con número de cédula 1104990455, Magíster en Enseñanza del idioma inglés como Lengua Extranjera, con registro de la SENESCYT número 1021-2021-2363754.

#### CERTIFICO

Haber realizado la traducción textual correspondiente al resumen del trabajo de titulación: "Sistematización bibliométrica de las investigaciones realizadas sobre cultivo de tejidos vegetales de *Cinchona officinalis* L., en la Universidad Nacional de Loja" de autoría de Jessica Del Carmen Orellana Sigcho, con número de Cédula: 1150487153.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador el presente documento para el trámite correspondiente.



Mgr. Lorena Patricia Sinche Salinas

Cédula: 1104990455

E-mail: lory.sinche@gmail.com