

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal**



**TESIS**

**IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ÁRBOLES  
SEMILLEROS DE *Cinchona officinalis* L. (QUINA) EN EL  
DISTRITO DE QUEROCOTO, CHOTA – CAJAMARCA**

**Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal**

**PRESENTADO POR**

Bachiller: Diego García Zárate

**ASESORES**

Ing. Luis Dávila Estela

Ing. Fátima Elizabeth Marcelo Bazán

**Cajamarca – Perú**

**-2019-**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

*Secretaría Académica*



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los dieciséis (16) días del mes de agosto del año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2A- 201 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designado por el consejo de Facultad N° 151-2019-FCA-UNC, Fehca 31 de Mayo del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación de Tesis titulada: "IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ÁRBOLES SEMILLEROS DE *Cinchona officinalis* L. (QUINA) EN EL DISTRITO DE QUEROCOTO, CHOTA- CAJAMARCA", para optar el Título Profesional de INGENIERO FORESTAL, del Bachiller: GARCÍA ZÁRATE DIEGO

A las siete (07) horas y cincuenta (50) minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente de Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición de trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la aprobación por unanimidad con el calificativo de quince (15)

Por lo tanto, el graduado queda expedita para que se expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las Nueve (09) horas y Veinticinco (25) minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 16 de agosto de 2019.

Ing. M. Sc. Walter Roncal Briones  
PRESIDENTE

Ing. Nehemías Honorio Sangay Martos  
SECRETARIO

Ing. Andrés Lozano Lozano  
VOCAL

Ing. Luis Davila Estela  
ASESOR

Ing. Fátima Marcelo Bazán  
CO-ASESOR

A mis padres, hermanas, mascotas, amigos y a mí mismo.

“No escales montañas para que el mundo pueda verte, sino para que tú puedas ver al mundo”

INCAWASI.

## **Agradecimiento**

A la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, Cajamarca, Peru – INIA por las facilitar el desarrollo de esta investigación.

Maeve O'Reilly, porque confías en mi aun cuando ni yo mismo lo hago.

A todas las personas que ayudaron en la redacción de esta tesis, en especial a la ingeniera Fátima Marcelo y el ingeniero Luis Dávila, por dedicar tiempo y paciencia en corregirla.

<b>INDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>Dedicatoria</b>	ii
<b>Agradecimiento</b>	iii
<b>Resumen</b>	viii
<b>Abstract</b>	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco Teórico	4
2.2.1. Fuentes semilleras	4
2.2.2. Selección de árboles semilleros	5
2.2.3. Selección fenotípica de árboles	6
2.2.4. Parámetros de selección	7
2.2.5. Criterios de selección	7
2.2.6. Árbol candidato	7
2.2.7. Árbol plus	8
2.2.8. Densidad de árboles	8
2.2.9. Población base	9
2.2.10. Variación genética	9
2.2.11. Criterios de selección	10
2.2.12. Semilla	10
2.2.13. Metodología de selección de árboles semilleros	11
2.2.14. Generalidades de la <i>C. officinalis</i> L.	12
2.2.14.1. Origen y distribución	12
2.2.14.2. Clasificación Botánica	13
2.2.14.3. Descripción botánica	13
2.2.14.4. Reproducción	14
2.2.14.5. Fenología	14
2.2.14.6. Problemática actual de la especie <i>C. officinalis</i>	15
2.2.14.7. Utilidades e importancia	15
2.3. Marco Metodológico	

2.3.1. Cálculo de la densidad de árboles	16
2.3.2. Cálculo de frutos por árbol	16
2.3.3. Cálculo de semillas	17
2.3.4. Recolección de frutos	17
2.3.5. Extracción de semilla	18
2.3.6. Almacenamiento de la semilla	18
2.3.7. Análisis físicos de semillas	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>24</b>
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	24
3.2. Características ecológicas	24
3.3. Materiales	26
3.4. Metodología	27
3.4.1. Fase de campo	27
3.4.2. Medida de variables dasométricas	28
3.4.3. Densidad de árboles maduros	29
3.4.4. Selección y aplicación de criterios para la selección en los árboles de <i>C. officinalis</i>	29
3.4.5. Evaluación del potencial reproductivo	33
3.4.6. Recolección de frutos de árboles seleccionados	31
3.4.7. Extracción de semillas	31
3.4.8. Selección de árboles de acuerdo a su puntaje.	32
3.4.9. Cálculo del potencial reproductivo de los árboles seleccionados de acuerdo a los criterios de selección	33
3.4.10. Análisis físico de semilla	34
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>38</b>
4.1. Aplicación de Criterios de selección	39
4.2. Evaluación y selección de árboles semilleros de <i>C. officinalis</i> en base a los criterios identificados	45
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>54</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Formato de evaluación dasométrica en campo.	26
<b>Tabla 2.</b> Medidas dasométricas de los 17 árboles candidatos a semilleros	37
<b>Tabla 3.</b> Características de la forma los árboles candidatos semilleros seleccionados	38
<b>Tabla 4.</b> Total, de árboles evaluados dasométricamente y árboles seleccionados a candidato a semillero	51
<b>Tabla 5.</b> Puntaje de selección por criterios fenotípicos.	53
<b>Tabla 6.</b> Árboles seleccionados como semilleros, medidas dasométricas y georreferenciación.	55
<b>Tabla 7.</b> Datos obtenidos del conteo de semillas de 10 frutos de cada árbol seleccionado para el cálculo de potencial reproductivo.	56
<b>Tabla 8.</b> Cálculo del potencial de producción de semillas por árbol.	57
<b>Tabla 9.</b> Cálculo de la Producción de semillas por árbol.	58
<b>Tabla 10.</b> Análisis del peso de 1000 semillas puras de <i>C. officinalis</i> .	59
<b>Tabla 11.</b> Cálculo de pureza de <i>C. officinalis</i> .	60
<b>Tabla 12.</b> Cálculo del contenido de humedad de <i>C. officinalis</i> .	61
<b>Tabla 13.</b> Resumen del análisis de los árboles semilleros seleccionados	62

## Índice de figuras

<b>Fig. 1.</b> Ubicación y localización de la zona en estudio.	23
<b>Fig.2.</b> Frutos después del secado	32
<b>Fig. 3.</b> Semilla seleccionada.	32
<b>Fig. 4.</b> Análisis de semilla de quina.	32
<b>Fig. 5.</b> Conteo de semillas germinadas de quina.	32
<b>Fig. 6.</b> Ubicación de individuos de <i>C. officinalis</i> candidatos a semilleros.	34

<b>Fig.7.</b> Distribución espacial de árboles seleccionados para semilleros	35
<b>Fig.8.</b> Puntajes de criterios de selección de <i>C. officinalis</i> .	39
<b>Fig.9.</b> Producción de semillas por árbol semillero de <i>C. officinalis</i> .	40
<b>Fig.10.</b> Comparativo entre árboles y la pureza de semilla obtenida.	40
<b>Fig.11.</b> Contenido de humedad entre árboles seleccionados.	41
<b>Fig.12.</b> Porcentaje de germinación de semillas entre árboles seleccionados.	42
<b>Fig.13.</b> Reconocimiento del área.	63
<b>Fig. 14.</b> Apertura de caminos para evaluar los individuos de la especie.	63
<b>Fig. 15.</b> Georreferenciación de zona.	63
<b>Fig.16.</b> Registro de datos. del árbol candidato a semillero.	63
<b>Fig.17.</b> Medida de Altura y DAP.	64
<b>Fig.18.</b> Aplicación y registro de criterios de selección de a.semilleros.	64
<b>Fig. 19.</b> Distancia para medida de altura.	64
<b>Fig.20.</b> Evaluación del árbol de <i>C. officinalis candidato</i> a semillero.	64
<b>Fig. 21 y 22.</b> Extracción de frutos de <i>C. officinalis</i> con tijera telescópica.	65
<b>Fig. 23.</b> Árbol candidato a semillero en un área apropiada.	65
<b>Fig. 24.</b> Clasificación de frutos de acuerdo al árbol en bolsas herméticas.	66
<b>Fig. 25.</b> Frutos maduros, listo para secar en ambientes adecuados.	66
<b>Fig. 26.</b> Secado de frutos de <i>C.officinalis</i> .	66
<b>Fig. 27.</b> Colecta de frutos secos.	66
<b>Fig. 28 y 29.</b> Extracción de semillas de los frutos obtenidos del secado.	67
<b>Fig. 30.</b> Semillas seleccionadas.	67
<b>Fig. 31.</b> Semillas preparadas para la prueba de pureza.	68
<b>Fig. 32.</b> Semillas preparadas para la prueba de contenido de humedad.	68
<b>Fig. 33.</b> Prueba de germinación en bandejas.	68
<b>Fig. 34.</b> Pesado de semillas.	68

## RESUMEN

La presente investigación consistió en seleccionar árboles semilleros de *Cinchona officinalis* L. aplicando criterios de selección, en la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección de Pagaibamba, centros poblados de San Luis y Paraguay, distrito de Querocoto, provincia de Chota departamento de Cajamarca. Para ello, se utilizó el método de valoración individual a través de los criterios de selección para árboles semilleros, estimando sus características fenotípicas y las medidas de variables dasométricas, se evaluó el potencial reproductivo y se analizó la calidad física de semilla a través de las normas ISTA (2016). Se identificaron 59 individuos potenciales en un área de 0.98 km<sup>2</sup>, seleccionando 17 árboles los cuales cumplen los siguientes criterios de selección: fuste recto, copa simétrica, floración mayor a 80% con respecto a su copa, frutos abundantes, en buen estado fitosanitario, semillas en buen estado. Se calculó el potencial reproductivo, obteniendo un promedio de 67 semillas por fruto, 18 frutos en la rama, 502 frutos totales en rama/árbol promedio y una producción de semillas por árbol promedio de 1262. Se obtuvo un promedio de pureza de semilla 82.22%, contenido de humedad de 16.56 % y un porcentaje de germinación de 99.06%.

**Palabras clave:** Selección de árboles semilleros, *Cinchona officinalis* L. criterios de selección, potencial reproductivo, Querocoto, Chota.

## ABSTRACT

This Research consisted in identifying selection of seedlings of *Cinchona officinalis* L. Located in the buffer zone of the Forest of Protection of Pagaibamba between the populated centers of San Luis and Paraguay of the District of Querocoto, Province of Chota Department of Cajamarca; Using the individual valuation method and evaluating: dasometric measures, reproductive potential and seed quality analysis using ISTA standards. 59 individuals of *C. officinalis* L. Were identified in an approximate area of 0.98 km<sup>2</sup> applying the selection criteria for seed trees; Evaluating its phenotypic characteristics and dasometric measures; Selecting 21 trees fulfilling the following selection criteria: Symmetrical cup, flowering greater than 80% with respect to its glass, abundant fruits and in good phytosanitary state, seeds in good condition and with high germination power. Four individuals presented a plague on the fruits, an attack of a lepidopteran so they were ruled out. The reproductive potential Was calculated, obtaining an average of 67.1 seeds per fruit, 18.82 fruits in the branch, 502 total fruits in the average tree and seeds and a seed/branch production per average tree of 1262.88. Seed quality analysis was carried out using ISTA (2016) standards, obtaining an average of 82.22% seed purity, high purity, 16.56% moisture content and 99.06% germination percentage.

**Key Words:** Seed tree Selection, *Cinchona officinalis* L. Selection criteria, reproductive potential, Querocoto, Chota.

## I. INTRODUCCIÓN

El árbol de la quina *C. officinalis*, de la familia Rubiaceae, es una especie endémica de los bosques montanos de Perú y Ecuador (Garmendia 2005). Esta especie ha tenido grandes amenazas para su conservación, desde la extracción de corteza desmedida para obtención de alcaloides, empleados contra el paludismo, hasta la modificación de su lugar de desarrollo, causado por la deforestación, desarrollo urbano, agricultura y ganadería (Álvarez 2013). Estas razones ocasionaron la destrucción de su ambiente formando pequeñas y dispersas poblaciones, considerándola actualmente vulnerable (Madsen 2002). Según Garmendia (2005), la especie presenta un déficit en regeneración por semillas y de forma vegetativa, debido a que requiere condiciones muy específicas para su crecimiento y desarrollo.

La importancia de esta especie está en torno a su madera, por ser empleada para postes, puntales, vigas, leña y carbón (Loján, 1992). Su importancia ecológica es el aporte de nutrientes (Gonzaga, 2012), además de ser una especie nativa que aporta elementos al suelo como: nitrógeno, potasio, fósforo y materia orgánica y medicinal para obtención de alcaloides, empleados para el paludismo (Álvarez 2013).

Este trabajo se orienta a seleccionar árboles de *C. officinalis* con potencial semillero, para obtener calidad y cantidad de semillas con el fin de realizar repoblamiento en zonas donde su hábitat esta degradado a empleando criterios de selección ya establecidos.

### 1.1. Problema de la investigación

La *C. officinalis* al igual que otras especies de importancia medicinal, está afectadas por causa de la modificación de su ecosistema (Anda 2002) por lo que, para poder desarrollar estrategias de manejo de recursos genéticos forestales, aplicados a la conservación de esta especie, se puede realizar por medio de una identificación y selección de árboles semilleros, con un fin de su conservación a

través de la repoblación en masa y un potencial uso económico como: madera, corteza, leña, etc.

Además de lo descrito en el párrafo anterior, esta especie se encuentra bajo riesgo por parte de la acción antrópica debido a la ampliación de la frontera agrícola, haciéndola más vulnerable a la desaparición en dichas zonas, estas poblaciones presentan una gran base genética sumado a esto su amplia distribución a lo largo del Perú, la convierten en un recurso forestal importante, pero se requiere identificar fuentes semilleras a fin de obtener semillas de buena calidad, para poder aumentar su población.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Existen árboles semilleros de *C. officinalis* L., que cumplen con los criterios de selección de producción de semilla, madera y corteza en el Bosque de protección de Pagaibamba, distrito de Querocoto, provincia de Chota?

## **1.3 Objetivo de la investigación**

### **Objetivo general**

Seleccionar árboles semilleros de *Cinchona officinalis*, en la zona de amortiguamiento del Bosque de protección de Pagaibamba, distrito de Querocoto, provincia de Chota.

### **1.3.1. Objetivos específicos**

- Aplicar los criterios de selección para árboles semilleros de *Cinchona officinalis*.
- Evaluar y seleccionar los árboles semilleros de *Cinchona officianlis* en base a los criterios de selección identificados.

## **1.4 Hipótesis de la investigación**

Existen árboles de *C. officinalis* en la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección de Paigabamba, que cumplen con los criterios de selección para ser considerados como semilleros.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes

Carahuay *et al.* (2016) realizaron un trabajo de investigación en Ecuador, sobre el potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la Provincia de Loja, donde se determinó el potencial productivo y el análisis de semilla de esta especie, teniendo como resultado el promedio de frutos por rama de 52,35; el número de frutos por árbol de 704,38; y, el número promedio de semillas por árbol de 1 260. La germinación de las semillas a nivel de laboratorio fue de 70,5 %.

Ordoñez *et al.* (2004) ha realizado un trabajo sobre el manejo de semillas forestales nativas de la sierra de Ecuador y el norte de Perú con apoyo de la cooperación Suiza, definiendo algunas guías para la selección de fuentes y árboles semilleros, así mismo las evaluaciones fenotípicas y parámetros que se deben tener en cuenta en trabajos de investigación sobre este tema.

Se ha realizado un proyecto de selección de especies nativas: *Alnus acuminata*, *Cedrea odorata*, *Ocotea sp.*, *Gordonia fruticosa* y *Solanum pseudosyphanta* para fuentes semilleras en Molinopampa, Amazonas – Perú a cargo del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, donde se determinó selección de árboles óptimos para fuentes de semillas, evaluándose variables dasométricas, forma de fuste, rectitud de ramas y diámetro de copa (IIAP 2012).

Se evaluaron e identificaron árboles semilleros de castaña *Bertholletia excelsa* en concesiones castañeras de la región de Madre de Dios con los siguientes criterios para la selección: Productividad de árboles sobresalientes, características fenotípicas (sanidad de la copa y frutos), características morfológicas y evaluación de productividad por árbol; con el objetivo de ampliar la base genética para la reproducción de castaña (Corvera y Arcos, 2006).

La Asociación Civil para la Investigación y Desarrollo Forestal - ADEFOR, realizó investigaciones sobre criterios y pautas para la selección de árboles plus de

*Alnus acuminata*, *Caesalpinia spinosa* y *Prunus serotina* (ADEFOR 2005); donde consideró que los criterios son forma de fuste, ausencia de bifurcaciones en la base, libre de plagas o enfermedades, tamaño de copa, exposición solar y producción de frutos.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1. Fuentes semilleras**

La selección de las fuentes semilleras adecuadas tiene un papel decisivo en el éxito, mediocridad o el fracaso de los programas de plantaciones; la semilla de especies forestales puede provenir del bosque natural, de un rodal semillero, de un área semillera o de huerto semillero. En silvicultura es de todos conocido que una tercera parte del éxito de una reforestación o plantación es atribuida a la elección, colecta, beneficio y almacenamiento de las semillas e indudablemente esto en buena parte obedecen a las proporciones de potencial y eficiencia de semillas para ofrecer opciones exitosas para el manejo de una especie (Marquéz, 2007).

Las fuentes semilleras forestales son la base para implementar programas de mejoramiento genético forestal, por tener en claro las procedencias y fuentes de semillas, sitios seleccionados con altos porcentajes de árboles sanos y buen fenotipo (Meza 2014).

Según la FAO (2003) las fuentes semilleras se clasifican en:

- **Huerto Semillero Comprobado (HSC)**

Plantación de clones o progenies seleccionadas intensivamente, aislada para reducir la contaminación de polen de árboles inferiores y manejada intensivamente para la producción de semillas. Tiene el respaldo de pruebas de progenies y ha sido sometido a aclareos genéticos.

- **Huerto Semillero No Comprobado (HSNC)**

Huerto semillero similar al anterior pero no ha sido sometido a aclareos genéticos.

- **Rodal Semillero (RS)**

Puede ser plantado o natural, aislado o manejado para reducir la contaminación de polen de árboles inferiores y que ha sido sometido a aclareos de mejoramiento para dejar entre 100 y 250 árboles por hectárea con características fenotípicas deseables para el caso de plantaciones. En bosque natural puede contener entre 60 y 80 árboles en un área con condiciones ambientales similares. Debe tener una base genética amplia, con el 50% de los árboles en estado de fructificación y un área mínima de 1,0 hectáreas. En bosque natural, el área no es un limitante, siempre y cuando los árboles se localicen en condiciones ambientales similares.

- **Fuente Seleccionada (FS)**

Esta fuente no cumple con uno o varios de los requisitos mencionados para Rodal Semillero, principalmente porque presenta problemas de aislamiento.

- **Fuente Identificada (FI)**

Son grupos de árboles que, por su baja densidad, poca área y/o porque no contienen el número suficiente de árboles por hectárea, no clasifican dentro de la categoría anterior, pero pueden utilizarse en forma temporal mientras se establecen fuentes más avanzadas.

En esta categoría se encuentran principalmente:

- Parcelas experimentales (pruebas de procedencia y/o progenie con un número reducido de árboles)
- Plantaciones piloto o demostrativas de poca extensión
- Las especies del bosque natural que por su naturaleza ocurren en baja densidad (menos de 30 árboles).

### **2.2.2. Selección de árboles semilleros**

Los árboles semilleros son especies forestales que conservan características deseables para producir semillas (Universidad de California, 2007). La selección de árboles plus o semilleros es el proceso mediante el cual se

escogen los mejores árboles, según los rasgos objeto del mejoramiento para dar origen a una población de mejoramiento (Ipinza 1998).

La selección de árboles semilleros nos permite obtener materiales forestales de reproducción como: frutos, semillas, plantas y partes de plantas utilizadas en el proceso de germinación natural o artificial, constituyen parte esencial de todo proceso de reforestación de bosques; además, a corto plazo son elementos básicos para realizar repoblamiento; su morfología y genética determinan importantes características para futuras masas forestales en términos de composición, adaptación y crecimiento (Alía *et al.* 2005).

### **2.2.3. Selección fenotípica de árboles**

La base para la selección de árboles sobresalientes está centrada en la base en la expresión fenotípica de caracteres de interés. Por tanto, la manifestación de estos caracteres está siempre bajo efectos ambientales y, efectos genéticos, que podrían ser muy altos en algunos casos y confundir al seleccionador con lo que observe fenotípicamente (Jara 1994).

La selección genética integra diferentes objetivos múltiples, conciliando intereses de conservación y producción. Las modernas prácticas de manejo reconocen el papel global de los bosques en la mantención de los recursos hídricos, la conservación de suelos, la estabilidad atmosférica, su papel en la conservación de la biodiversidad y su uso estético y recreativo, no obstante, para que los bosques cumplan a cabalidad sus funciones es necesario recuperar su potencial genético, considerando el rescate, conservación y mejoramiento de sus características deseables de cada especie (Gutiérrez 2003). Esta abarca dos fases La selección genética es un proceso de dos pasos:

- la identificación de los individuos que posean un genotipo superior
- utilización de estos individuos como padres para la nueva generación.

### **2.2.4. Parámetros de selección**

Los parámetros genéticos están asociados a características del crecimiento de los árboles (altura, diámetro de altura de pecho, volumen e índice de conicidad

del fuste) y la respuesta esperada bajo diferentes escenarios de selección, con el propósito de evaluar la posibilidad de iniciar un programa de domesticación (Vicente *et al.* 2003).

Los parámetros de selección comúnmente evaluados para árboles semilleros son: altura, diámetro a la altura de pecho (DAP), forma del fuste (rectitud y circularidad, libre de plagas y enfermedades y edad de fructificación (Chang 1987); también depende de los parámetros genéticos de las características de interés, incluyendo la heredabilidad y las correlaciones genéticas existentes entre ellas (Vicente *et al.* 2003); del mismo modo Aguirre (2013) recomienda emplear caracteres cuantitativos, en este caso, por ejemplo, un parámetro puede ser un valor mínimo de altura total de 8 metros.

#### **2.2.5. Criterios de selección**

Según Ciappesoni *et al.* (2004) define que los criterios de selección son aquellas características que medimos y que son utilizadas para ordenar a los individuos. En la práctica, debido a ser muy costoso o trabajoso, puede ocurrir que no sea posible medir directamente la característica en el objetivo, lo que nos obliga a buscar otras características que estén relacionadas genéticamente con ésta. Los criterios de selección deben reunir ciertas cualidades como:

- Estar genéticamente relacionado al objetivo de selección.
- Presentar variabilidad genética para permitir la selección.
- Ser heredable para poder ser transmitido a su descendencia.
- Ser relativamente fáciles y económicos de medir de forma de permitir una mayor cantidad potencial de individuos registrados.

#### **2.2.6. Árbol candidato**

Árbol seleccionado tentativamente como árbol plus, que se encuentra a la espera de una prueba de superioridad fenotípica (Aguirre 2013).

En bosques naturales multietáneos pie a pie normalmente no es posible encontrar árboles de la misma especie lo suficientemente cerca del árbol candidato. En este tipo de poblaciones, la calidad fenotípica del árbol candidato se compara con la de los árboles en la región y de esta manera, al aumentar

las diferencias ambientales y de edad entre los árboles que se están comparando, la heredabilidad tiende a ser baja y por lo tanto se reduce significativamente la eficiencia de la selección Ledig, citado por Ipinza (1998).

### **2.2.7. Árboles plus**

Un árbol plus, es un árbol fenotípicamente sobresaliente en una o varias características de interés económico Ipinza (1998). La selección de árboles plus comienza con establecer cuidadosamente las características fenotípicas. Aguirre (2013) define como fenotipo al conjunto de caracteres visibles o medibles de un individuo resultado de la influencia del genotipo, del ambiente, de la interacción del genotipo con el ambiente y de la edad (por ejemplo, forma del fuste, altura, forma de copa, grosor de ramas, entre otros), que definirán un árbol plus. Estas deben cumplir condiciones como: tener importancia económica, presentar niveles aceptables de control genético y presentar variación genética (Ipinza 1998), además recalca que las características que se elijan para la selección deben ser aquellas que estén directamente relacionadas con el objetivo del programa de mejora genética.

### **2.2.8. Densidad de árboles**

Básicamente el concepto de densidad de un bosque está asociado al de ocupación del espacio disponible para crecer; así existirán árboles que presentan densidad normal, sobredensos y subdensos (Husch *et al.* 1993). Para determinar con objetividad el nivel de ocupación del espacio es necesario establecer mediciones y construir índices. Casi todos ellos se relacionan con la cantidad de árboles, su tamaño y la distribución espacial que éstos tengan (Corvalan *et al.* 2006). La densidad es un indicador confiable del grado de ocupación del arbolado de un lugar y tiempo específicos, además es una de las pocas variables que representan, de manera sencilla y objetiva la estructura de áreas forestales (Mallen 2018).

En las distribuciones aleatorias se debe esperar ausencia total de interacciones entre los individuos y con el medio (Márquez 2000). Para que la probabilidad de encontrar un individuo sea la misma en todo el punto del espacio las

distribuciones uniformes o irregulares se debe esperar interacciones negativas entre los miembros de la población de manera que existen interacciones hostiles y cada individuo maximiza su supervivencia, minimizándose la hostilidad del conjunto (Márquez 2000).

A medida que los árboles aumentan su altura dominante, debe aumentar su espaciamiento para mantener fija su densidad. Las variaciones de densidad pueden aumentar o disminuir debido a cambios en la proporción (Husch,1993). La estructura horizontal de un rodal queda bien representada por alguna distribución de frecuencias de DAP de los individuos que constituyen un bosque. Si bien la estructura horizontal puede ser representada por el área basal o la cobertura, éstas pueden definirse a partir de las distribuciones diamétricas dada la proporcionalidad que existe entre estas variables. Rara vez se mide directamente el área de los individuos, así como la cobertura de copa y normalmente se derivan de funciones de DAP (Covalan *et al.* 2006).

#### **2.2.9. Población base**

Corresponde a un grupo de individuos a la cual se aplica un mejoramiento genético, es la población fundacional. A partir de todos los individuos disponibles para la selección se desarrollará una población mejorada (Ipinza 1998). Generalmente las poblaciones naturales de la especie de interés constituyen la población inicial de los programas de mejoramiento genético (Sotolongo *et al.* 2008).

#### **2.2.10. Variación genética**

La variación genética se puede ilustrar como la amplitud de la curva en forma de campana alrededor de la media, es decir los individuos que presentan características no comunes y que están ligados a objetivos (Ciappesoni *et al.* 2004). El punto de partida de todo el programa de mejoramiento genético es la variabilidad genética original de la población. De esta población base se seleccionan los individuos o genes que reúnen las características de interés y se multiplican en forma intensiva para capturar el beneficio de árboles que serán cultivados (Sotolongo *et al.* 2008).

Las variantes ambientales de una región a otra hacen posible suponer que existe una diferenciación geográfica con respecto a los caracteres morfológicos y anatómicos de los árboles que las conforman (Reyes *et al.* 2006).

#### **2.2.11. Semilla**

Las semillas son el primer mecanismo de reproducción y están constituidas por un embrión y por compuestos de reserva (Glúcidos, proteínas y lípidos) rodeados por las cubiertas seminales (Pita y Pérez, 1998). La semilla es la forma más práctica y eficiente para recolectar, transportar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal, por corresponder a un estado compacto, resistente e independiente dentro del ciclo de vida de una planta. Cada una de ellas es potencialmente un nuevo individuo, que contiene parte de la variabilidad genética presente en toda una población (Oliva *et al.* 2014).

MINAGRI (2012), define a la semilla genética como la resultante de un proceso de mejoramiento genético capaz de reproducir la identidad de un cultivar o variedad producida mantenida bajo el control directo de su obtentor por un mantenedor bajo dirección, supervisión o autorización.

La semilla es la forma más práctica y eficiente para recolectar, transportar, estudiar y almacenar la diversidad vegetal, por corresponder a un estado compacto, resistente e independiente dentro del ciclo de vida de una planta. Cada una de ellas es potencialmente un nuevo individuo, que contiene parte de la variabilidad genética presente en toda una población (Roberts 1973) citado por Oliva *et al.* (2014).

#### **2.2.12. Metodología para selección de árboles semilleros**

##### **Árboles de comparación**

Consiste en la comparación del árbol candidato con los otros árboles vecinos para observar las características que son objeto de mejoramiento. Frecuentemente, la comparación se efectúa con respecto de los cinco mejores árboles dentro de una vecindad. Este método se utiliza solamente en rodales

coetáneos o bosques naturales coetáneos o con registro de su edad (Ipinza 1998).

### **Método de selección o línea base**

Para aplicar este método es necesario conocer con exactitud la edad de cada árbol, también tener información de las estaciones climáticas, consiste en el desarrollo de curvas (regresiones) para las variables de interés que depende de la edad o de algún otro factor (Zobel y Talbert 1984).

### **Valoración individual**

Este método se emplea cuando se seleccionan en bosques disetáneos o heterogéneos, donde los árboles se encuentran dispersos y son de edades distintas, debido a la alta variación ambiental y a las diferencias de edad entre árboles, en este tipo de poblaciones la heredabilidad es generalmente baja (Ipinza 1998).

#### **2.2.13. Potencial reproductivo**

Lyons (1956) citado por Márquez (2007) utiliza los términos “seed production capacity” y “seed production efficiency” al estudiar la biología de la producción de semillas, el primer concepto se refiere al número de óvulos que son capaces de convertirse en semillas por estar desarrollados normalmente al tiempo de la polinización; el segundo es la proporción de esos óvulos que se convirtieron en semillas. La capacidad de producción de semillas es una característica fijada en el fruto, en el momento de la polinización, la eficiencia en cambio es variable y expresa el éxito del fruto en la producción de semillas.

Cada individuo tiene un conjunto de rasgos reproductivos los cuales están determinados por su genotipo y de aquí por la historia evolutiva del conjunto de genes de los cuales el individuo es miembro. La combinación de los rasgos reproductivos de los individuos pertenecientes al mismo conjunto genético puede ser considerada como la estrategia reproductiva de esos individuos. Algunos rasgos pueden ser plásticos, mostrando variación, pero otros pueden

ser inflexibles, mostrando poca variación. El medio ambiente que un individuo experimenta determinará la expresión del rasgo (Días, 1997).

#### 2.2.14. Generalidades e importancia de la *C. officinalis* L.

##### Origen y distribución

Es una de las especies de amplia distribución, principalmente en el norte de Perú y en el sur de Ecuador (Álvarez 2013). En el Perú, se la encuentra en los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas, Lambayeque, Huánuco, Pasco, Junín, Cusco y Puno, entre los 400 a 3 200 msnm (Zevallos, 1989).

##### Clasificación botánica

Según el facilitador de información de biodiversidad global (GBIF, 2016) la describe como perteneciente:

- **Orden:** GENTIANALES
- **Familia:** Rubiaceae
- **Género:** *Cinchona*
- **Especie:** *officinalis*
- **Nombre Científico:** *Cinchona officinalis* L.
- **Sinónimos:**
  - Cascarilla officinalis* (L.) Ruiz (sinónimo)
  - Cinchona academica* Guibourt (sinónimo)
  - Cinchona calisaya* var. *josephiana* Wedd. (sinónimo)
  - Cinchona chahuraguera* Pav. (sinónimo)
  - Cinchona chahuraguera* Pav. ex DC., nom. nud. (sinónimo)
  - Cinchona condaminea* Humb. & Bonpl. (sinónimo)
  - Cinchona condaminea* var. *chahuraguera* DC. (sinónimo)
  - Cinchona condaminea* var. *vera* Wedd., nom. inval. (sinónimo)
  - Cinchona crispa* Tafalla ex Howard (sinónimo)

## Descripción botánica

La *C. officinalis*, es un árbol de 11 a 15 m de alto; fuste cilíndrico de 30 a 40 cm de diámetro; ramificación simpodial; copa globosa irregular, bastante densa; la corteza externa es de color marrón oscuro, ligeramente fisurada y desprende pequeñas placas en forma irregular sin presencia de lenticela (Villar *et al.*, 2018). Hojas coriáceas con grandes nervios de 1,8, a 2,7 cm de largo, de color verde oscuro; algunas son pubescentes y otras lisas; simples, opuestas y recusadas; de forma elíptica-ovalada; pecioladas; hojas de 8 a 27 cm de largo y 7 a 18 cm de ancho (Garmendia 2005). Las hojas nuevas llegan a medir de 6.2 a 9.5 cm de longitud y de 4.5 a 7.3 cm de ancho, hojas maduras, llegan a medir de 6.4 a 16.5 cm de longitud y de 6.5 a 10.9 cm de ancho (Villar *et al.* 2018).

Las flores se agrupan en panículas terminales de 20 a 25 cm de longitud, con corola blanca o roja, tubular de 8 a 13 mm de longitud, son hermafroditas, actinomorfas. Frutos en capsulas cilíndricas de color marrón oscuro, de forma elipsoide, dehiscente. Las semillas son fusiformes, redondeadas por un ala membranosa, son de 7-10 mm de largo, 2-3 mm de ancho y son ligeras para su tamaño, puesto que un gramo puede contener más o menos 9,000 (Gardenia 2005).

Villar *et al.* (2018) describen los frutos como secos de tipo cápsula de forma oblonga a ligeramente falcada de 0.4 a 3.5 cm de longitud y de 0.4 a 2.4 cm de ancho, bicalpelar con dehiscencia longitudinal, teniendo entre 37 a 85 semillas. Los frutos maduros son de color vino tinto fuerte, toda la estructura llega a medir de 1.9 a 3.2 cm de longitud, y de 0.8 a 0.7cm de ancho, y el pedicelo de 0.5 a 1.1 cm; cuando el exocarpo obtiene apariencia verrucosa de crema, indica que el fruto a alcanzado su madures fisiológica y las semillas son viables.

Según Villar *et al.* (2018), presenta semillas planas, aladas, rodeadas en su contorno por una membrana; de 3.4 a 7.6 mm de longitud y de 1.3 a 3.0mm de ancho con ala; de 0.8 a 2.4 mm de longitud y de 0.5 a 1.7 mm de ancho sin ala, las semillas inmaduras tienen un color verde plomizo y las maduras de color

marrón. La colecta de semilla, se debe realizar entre los meses de septiembre a noviembre.

## **Reproducción**

Se propaga por semillas y su desarrollo es muy lento. El tipo de germinación es epigea y el principal agente dispersante es el viento y el agente polinizador son las aves (Loján 1992). La reproducción por semilla la recomienda Villar *et al.* (2018) por ser el tipo de propagación óptimo comparado con propagación asexual.

Actualmente, las poblaciones de *Cinchona* son pequeñas (Garmendia 2005) encontrándose solo en lugares donde se dan condiciones específicas para la germinación y el desarrollo de las plántulas.

## **Fenología**

Padilla (2017) define fenología como el estudio de los cambios visibles que se producen en un vegetal, en el transcurso de un ciclo o periodo, que abarcan la floración, foliación, fructificación, colorido otoñal del follaje y su caída con la consecuente exhibición del tronco y sus ramas, además en su estudio fenológico de la especie de *C. officinalis* en cuatro sectores, concluye que fenológicamente dicha especie no tienen temporadas bien marcadas de ocurrencia del fenómeno, ya que se observó cierto porcentaje de ocurrencia durante todos los meses del periodo comprendido. Por otro lado, no existe relación entre fenómenos fenológicos y eventos meteorológicos en cada sector.

El inicio de la floración se da en las partes apicales de las ramas. En las flores, en un inicio los sépalos protegen a los pétalos en formación, teniendo un color verde plomizo al igual que el pedúnculo, raquis y pedicelos; conforme va madurando fisiológicamente este verde se hace más oscuro hasta tomar un color vino tinto; el pico de floración empieza en el mes de enero con la apertura de la corola y desarrollo de sus lóbulos, el pedúnculo, raquis y pedicelos tienen color vino tinto o púrpura con pubescencia blanquecina; la fructificación inicia marzo

presentando frutos dehiscentes entre los meses de octubre a diciembre (Villar *et al.* 2018).

### **Problemática actual de la especie *C. officinalis***

La especie se encuentra en vías de extinción, al ser sometida a la tala excesiva e indiscriminada para obtener su corteza, de la cual se extrae un alcaloide conocido como “quinina”, para el tratamiento del paludismo; otra causa es el incremento de la frontera agrícola y la creciente expansión demográfica, deteriorando su ambiente y disminuyendo su capacidad de desarrollo y de sus funciones ecológicas (Villar *et al.* 2018).

### **Utilidades e importancia**

El más importante uso es en la medicina, empleado para la fiebre, sobre todo de origen tropical y especialmente: el paludismo, fiebres de tipo periódico, fiebres intermitentes sin irritación nerviosa, entre otras. Además, también estimula el apetito y tonifica el organismo (Cepvi 2018), según Hernández (2015), es muy utilizada en casos de estrés psíquico y físico, arritmias cardíacas, estimula el crecimiento del cabello y evita su caída.

La madera de esta especie se utiliza para postes, puntales, vigas, leña y carbón (Loján 1992). La corteza, que tiene aplicaciones medicinales por los compuestos metabólicos, por tal motivo la *Cinchona* sp. se explotó en varios países, principalmente en el Ecuador y Perú, constituyéndose en el primer fármaco-terapéutico que aportó América a la farmacopea universal (Ulloa 2006).

Otro uso es en la coctelería a través de mezclas con agua tónica. La quinina 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. Es anecdótico que después de más de cuatro siglos de su descubrimiento como tónico medicinal andino, regrese a nuestros países también en forma de tónico, esta vez gaseoso, para su deleite en cócteles (Ulloa 2006).

Villar *et al.* (2018) destaca la importancia ambiental-forestal, al ser la *Cinchona officinalis* una especie siempre verde, esciófita en sus primeros estadíos, de hoja ancha y copa globosa, angiosperma, longeva y de gran tamaño, la hacen destacar por los servicios ecosistémicos, como se demuestra en el estudio de Gonzaga (2012) la *C. officinalis* aporta 92.8% de materia orgánica al suelo, además de ser una de las especies que aporta mayor porcentaje de nitrógeno, potasio, magnesio, presentando un valor maderable debido a su elevada durabilidad natural y muy fácil trabajabilidad; siendo utilizada para la carpintería, ebanistería, construcción de viviendas o como postes para linderos.

### 2.3.1. Cálculo de frutos por árbol

Se requiere conocer el número de frutos por árboles de *C. officinalis*, por lo cual se escogerá al azar seis ramas con frutos y se procederá a contar los frutos para luego sacar el promedio por rama (ramas terciarias, cuaternarias o quitenárias) para después multiplicar con el total de ramas con frutos. De esta manera se obtendrá el número de frutos por árbol Ordoñez (2001), citado por Carahuay *et al.* (2016):

$$NFp. = \frac{(F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6)}{6} (N.R.F.)$$

NFp. = Número de frutos promedio por árbol.

F = Número de fruto en la rama.

N.R.F. = Número de ramas con frutos.

### 2.3.2. Cálculo de semillas

Para el cálculo de la producción de semillas se cuentan el número de semillas de 10 frutos y se sacará un promedio. Luego se aplicará la fórmula de Ordoñez (2001), citado por Carahuay *et al.* (2016):

$$PS = Pp \times NFp. \times NRF.$$

Donde: PS= Producción de semilla del árbol

Pp= Promedio de semillas por 10 frutos

NFp= Número de frutos promedio

NRF= Número de ramas con fruto

### **2.3.3. Recolección de frutos de árboles semilleros**

Se debe recolectar teniendo en cuenta la altura, puede emplearse tijeras telescópicas, trepando o con ayuda de una escalera, identificando la ubicación del fruto y cortando las ramas donde se encuentran. La clasificación de los frutos en función de su procesamiento puede verse desde diferentes puntos de vista: dehiscentes (Secos) indehiscentes (carnosos), estos deben ser recolectados y posteriormente aislados. Una vez que llega el material a los sitios de procesamiento, deben ser ubicados en sitios de buena ventilación y aislados de posibles fuentes de contaminación y otros agentes externos como cambios bruscos de las condiciones del medio ambiente (Oliva *et al.* 2014); además recomienda registrar diámetro a la altura de pecho (DAP), forma y longitud del fuste, grosor de la corteza, forma de la copa, altura, ángulo, densidad y resistencia a la ruptura de las ramas, densidad del follaje y profundidad de la copa, densidad básica (dureza), oleo resinosas (presencia de resinas, látex); producción; resistencia, susceptibilidad a enfermedades, resistencia, susceptibilidad a plagas de insectos, resistencia, susceptibilidad a heladas, fuego, etc.

El secado natural en frutos y semillas se asocia con las condiciones naturales del medio ambiente y por lo tanto está sujeto a las modificaciones de las condiciones climáticas. El secado natural es más barato, por cuanto no consume energía eléctrica, pero no se puede controlar por tiempo lo que sí ocurre con el secado artificial. Se fundamenta con el calor del sol y el intercambio de aire y se afecta por el nivel de humedad relativa (Oliva *et al.* 2014).

### **2.3.4. Extracción de semilla**

La selección de semillas forestales es una actividad un tanto más complicada y difícil que la misma actividad aplicada en la agricultura. Para la selección de semillas se pueden emplear métodos como: el trillado que consiste en romper las infrutescencias separando las semillas del fruto. Se puede hacer con

máquinas (trillas) o a escala más pequeña bien pisando los frutos, el aventado: consiste en limpiar las semillas utilizando una corriente de aire o viento, el aventado horizontal la corriente de aire es horizontal, permitiendo que las partículas pesadas se alejen más, el cribado: las cribas son superficies generalmente planas, que tienen orificios o aberturas mediante las cuales podemos separar la masa de semillas en dos, una fracción que queda sobre la criba (que normalmente son las impurezas) y otra que atraviesa la criba (que normalmente son las semillas) o extraer manualmente donde se utiliza para volúmenes de semillas pequeñas (Figuroa 2003).

### **2.3.5. Almacenamiento de la semilla**

Se puede definir el almacenamiento como la conservación de semillas viables desde el momento de la recolección hasta que se necesitan para la siembra (Holmes y Buszewicz,1958), citado por FAO (1991). Se distinguen dos tipos principales de semillas (Roberts,1973) citado por FAO (1991):

**Ortodoxas.** Semillas que pueden secarse hasta un contenido de humedad bajo, de alrededor del 5 por ciento (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0°C durante largos períodos.

**Recalcitrantes.** Semillas que no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50 por ciento, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos.

### **2.3.6. Análisis físicos de semillas**

**Germinación.** Se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal, es decir la aparición de una radícula. La germinación se inicia con la entrada de agua a la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En condiciones de laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales, por la

radícula es el hecho que se utiliza para considerar germinación ha tenido lugar (Pita *et al.* 1998).

De acuerdo a ISTA (2016), el test de germinación es para determinar el máximo del potencial de germinación de un lote de semillas, los cuales pueden ser usados para comparar la calidad de diferentes lotes.

Se debe emplear 400 semillas, separadas de 100 en 100 en recipientes separados o con un margen de separación (4 pruebas) debido que cada semilla representa el 1% de la prueba, ISTA recomienda usar un sustrato neutro como algodón. También registrar el momento de instalación de la prueba como la fecha de finalización. El porcentaje de germinación debe registrarse cada día hasta el final de la germinación, al culminar las cuatro pruebas deben ser promediadas.

$$\text{Germinación promedio} = \frac{G1 + G2 + G3 + G4}{4}$$

### **Energía de germinación (EG).**

Definida como el porcentaje de semillas de una muestra determinada que germinan en un período de tiempo también determinado. Para cada tratamiento se puede determinar la energía de germinación, mediante la siguiente ecuación (Hartmann *et al.*,2010):

$$EG = \frac{2}{3} TG$$

Donde:

EG = energía de germinación, expresada en porcentaje de semillas germinadas respecto al total.

TG = tiempo total de germinación = IG+PG, expresado en días, donde:

IG = tiempo de inicio de la germinación

PG = periodo de germinación (tiempo transcurrido entre el inicio y el final de la germinación).

Para determinar IG se cuantifica el tiempo de inicio de la germinación (días); para cuantificar PG se cuantifica el tiempo transcurrido entre el inicio y el final de la germinación (días).

**Velocidad absoluta de germinación (VAG).** es la germinación diaria media máxima, para calcular la VAG, se deben tomar datos del porcentaje de germinación (Pg), mediante el conteo diario de semillas con emergencia de radícula hasta los seis días después de la siembra y se emplea siguiente ecuación (Islam *et al.*, 2012):

$$VAG = \frac{GP}{PG}$$

Donde:

GP= Germinación promedio

PG = periodo de germinación (tiempo transcurrido entre el inicio y el final de la germinación).

**Índice de germinación.** Representa el producto de la germinación relativa de las semillas por el crecimiento relativo de la radícula. Para calcular el índice de germinación, se utiliza la siguiente fórmula (Islam *et al.*, 2012):

$$IG = \frac{tiNi}{S}$$

Donde:

ti: número de días después de la siembra

Ni = número de semillas germinadas

S = número total de semillas utilizadas

**Pureza.** De acuerdo al ISTA (2016), el objeto del análisis de pureza es para determinar: (a) el porcentaje de la composición a través del peso de la muestra

examinada y por deducción la composición del lote de la semilla, y (b) la identificación de varias especies de semillas y partículas inertes que están constituyendo la muestra. Las muestras de semillas pueden contener impurezas tales como malezas, semillas de otras especies, estructuras desprendidas de la semilla estas ofrecen información importante sobre la calidad de la semilla.

El porcentaje de pureza se calcula con la siguiente fórmula:

$$P\% = \frac{\text{Peso de la semilla pura}(g)}{\text{Peso total de la muestra}(g)} \times 100$$

**Humedad.** El contenido de humedad (CH) y la temperatura son factores cruciales durante el almacenamiento y manejo de la semilla. El contenido de humedad determina la actividad fisiológica y bioquímica de la semilla. Por lo tanto, la determinación del contenido de humedad de la semilla es de vital importancia para las operaciones de manejo. Granos secos y sanos, pueden ser mantenidos bajo almacenamiento apropiado, por muchos años, en tanto, que los granos húmedos se pueden deteriorar en tan solo unos cuantos días (Luz, 2008). El contenido de humedad de las semillas es muy importante porque permite conservar su viabilidad durante un tiempo. Un nivel elevado de humedad, provoca germinación; y el exceso de humedad provoca la putrefacción de las semillas y por otro lado una pérdida repentina de humedad provoca daños en la estructura de las semillas hasta la muerte embrionaria (AGRO RURAL 2017).

AGRO RURAL (2017) recomienda realizar el siguiente procedimiento:

- Se tomará una muestra de semillas *C. officinalis* entre 200 o 300 gramos.
- Se calibrará la balanza de tres a cuatro veces, luego pesar de tres a cuatro veces el recipiente vacío que usaremos como contenedor de la muestra de semillas, luego promediar los pesos.
- Realizar un pesaje neto de la muestra 3 veces, promediar los pesos, descontar el peso del recipiente, al resultado se denominará peso inicial (PI).
- Se distribuirá las semillas uniformemente en un recipiente, para colocarlas en una estufa a 103 +/- por 24 horas.

- Finalmente volver a pesar la muestra empleado la misma balanza y el mismo contenedor que se usó inicialmente. A este peso se le denominará peso final (PF). Se repetirá en las otras dos muestras.
- El cálculo del contenido de humedad se empleará la siguiente formula:

$$CH \% = \frac{PI - PF}{PI} \times 100$$

### 2.3.7. Cálculo de la densidad de árboles

El método árbol/ ha es el más utilizado para muestrear y describir la estructura de un bosque intervenido antrópicamente. Este consiste en demarcar un área determinada o unidad de muestra no menor a una ha, identificar y medir el DAP de los árboles dentro de ésta, para el cálculo del coeficiente de regresión (Abelleira 2007). Este cálculo es un indicador confiable del grado de ocupación del arbolado de un lugar y tiempo específicos (Mallen 2018).

Se aplican las siguientes fórmulas:

**Diámetro cuadrático** (Hernández *et al.* 2013).

$$D_{\frac{q}{q}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n D_n^2 i$$

Donde:  $D_{\frac{q}{q}}$  = diámetro cuadrático (cm)

$D_n$  = diámetro normal (cm)

$N$  = número de árboles medidos

**Ajuste de datos a una regresión no lineal** (Hernández *et al.* 2013).

$$\log(N) = \log(b^0) + b_1 \log\left(\frac{D_{\frac{q}{q}}}{q}\right)$$

Donde:  $N$  = Números de árboles  $ha^{-1}$

$b_0$  = Coeficiente de regresión (intercepto)

b1=Coeficiente de regresión (pendiente)

Log= Logaritmo base 10

### **Cálculo de árboles por hectárea**

$$abh^2 = 0.7852 \left( \frac{d}{100} \right) \left( \frac{10\,000}{\frac{(0.7854)(b^0 + b1d)^2}{100}} \right)$$

Donde:

$abh^2$  = Árboles por hectárea

d = Diámetro menor

### **Cálculo de la incertidumbre absoluta o desviación media**

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

**Valor aceptado**

$$Va = abh^2 \pm S^2$$

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

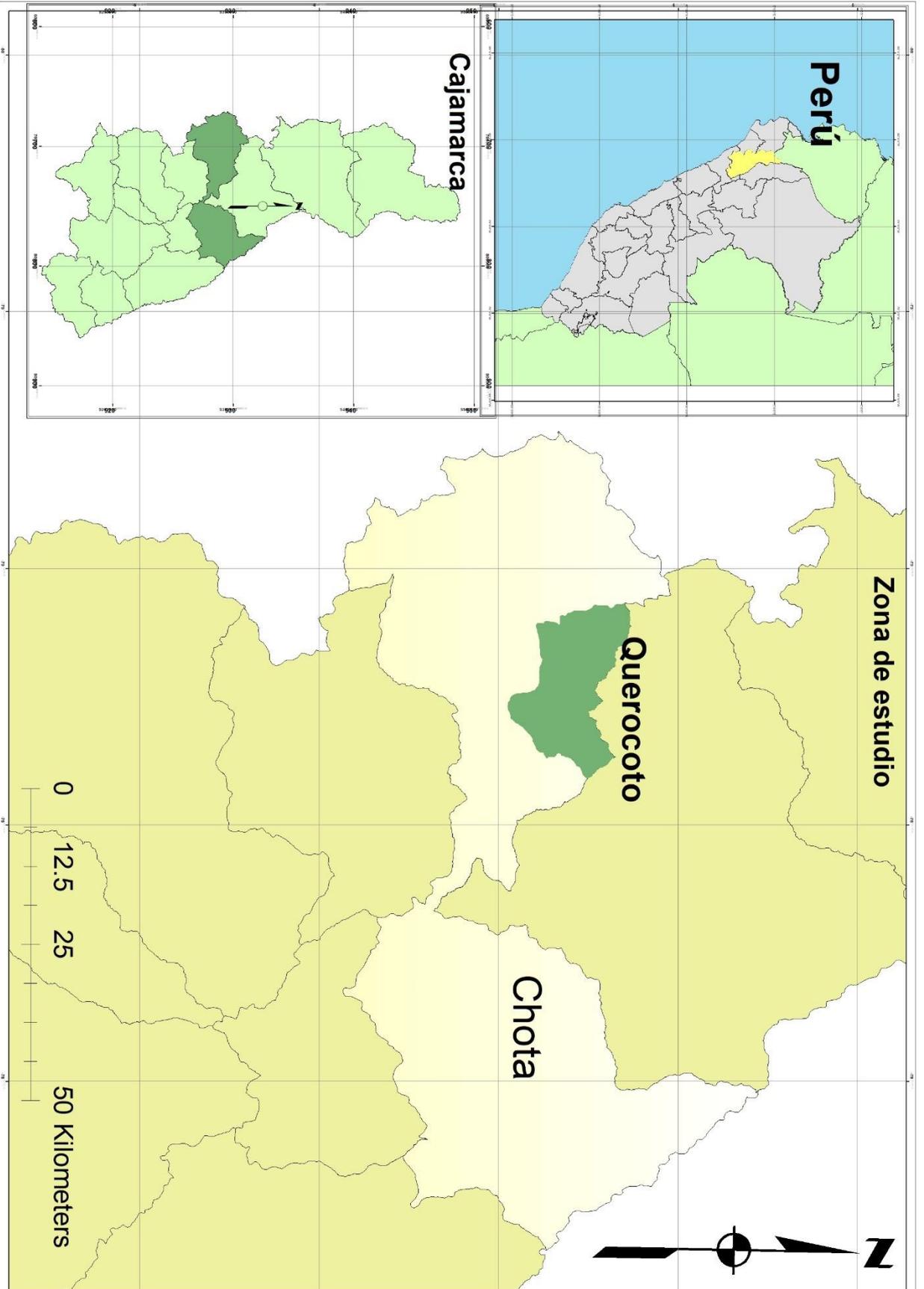
### **3.1. Ubicación geográfica y características ecológicas del área de estudio**

#### **3.1.1. Ubicación**

Ubicado en la Zona de Amortiguamiento del Bosque de Protección de Pagaibamba, en los centros poblados de San Luis y Paraguay del distrito de Querocoto, provincia de Chota departamento de Cajamarca; entre las coordenadas geográficas: A 6.36°-79.05°, B 6.37°-79.05°, C 6.37°-79.07°, D 6.38°-79.07° y una altitud promedio de 2760 msnm.

### 3.1.2. Características ecológicas

Los centros poblados de San Luis y Paraguay del distrito de Querocoto comprende desde los 2600 a 3250 msnm, ocupando gran parte de laderas, partes inferiores de las laderas y planas. El ecosistema está conformado por bosques que pertenecen a la zona de vida bosque muy húmedo tropical (bmh-MT), que presentan precipitaciones aproximadas de 520 mm, temperatura promedio de 15 ° C, mínima de 9° C y máxima de 21° C y una humedad relativa promedio de 80 % (*Villar et al.* 20018), la vegetación natural originaria está constituido por especies arbóreas y flora acompañante, siendo las más conocidas: *Podocarpus sp.*, *Ocotea sp.*, *Eugenia sp.*, *Chusquea sp.*, *Polylepis sp.*, *Rubus sp.*, *Alnus acuminata.*, *Baccharis sp.*, helechos arbóreos, entre otros (SERNANP 2017).



**Fig. 1.** Ubicación y localización de la zona en estudio, distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material biológico**

- Árboles de *C. officinalis* L. (quina)
- Semillas de *C. officinalis* L.
- Frutos de *C. officinalis* L.

### **3.2.2. Material de campo**

- Binoculares
- Formatos de criterios de selección
- Formatos de recolección de datos dasométricos
- GPS
- Libreta de campo
- Lápiz 2B
- Marcador Black (indeleble)
- Cinta métrica
- Hipsómetro de Suunto.
- Bolsas herméticas.

### **3.2.3. Material y equipo de laboratorio**

- Balanza analítica
- Horno de secado
- Pinzas
- Algodón
- Etiquetas de codificación
- Recipientes
- Bandejas
- Sobres de papel

### **3.2.4. Material de gabinete**

- Materiales de escritorio

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Fase de campo

El trabajo de investigación se dividió en tres etapas: reconocimiento de la zona, evaluación de las variables dasométricas de los individuos identificados además de la evaluación y aplicación de los criterios de selección de los árboles de *C. officinalis* individualmente; esta última etapa se subdividió en la identificación de los individuos semilleros y la extracción de los frutos.

##### 3.3.1.1 Área de estudio

El área de evaluación comprendió una extensión de 98.9 ha (0.98 km<sup>2</sup>); donde se identificaron individuos de *C. officinalis*, en zonas accesibles para su posterior evaluación.

##### 3.3.1.2 Identificación de árboles candidatos a semilleros

La identificación de árboles consistió en recorrer el área de estudio, observando árboles maduros de *C. officinalis*, de tamaño a medio a grande, con presencia de frutos, para posteriormente evaluarlos (Anexo 1).

##### 3.3.1.2 Medición de variables dasométricas de individuos de *C. officinalis*

En los árboles candidatos a semilleros de *C. officinalis*, fueron medidas las siguientes variables dasométricas: diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm empleándose una cinta métrica, altura comercial (Hc) medida calculada desde el suelo hasta la bifurcación y la total (HT) en m, mediante el hipsómetro de Suunto, además, cada árbol fue georreferenciado con sus coordenadas, siguiendo el formato de la Tabla 1.

**Tabla. 1.** Formato de registro de variantes dasométricas y otros datos de campo.

Número de árbol	Código	Variantes dasométricas			GEOREFERENCIACIÓN			Observación
		DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	E	N	Cota	

### 3.3.1.3 Densidad de árboles maduros de *C. officinalis*

Se realizó con el fin de verificar si la cantidad de individuos evaluados es significativa para la investigación. Para este procedimiento se requiere conocer el cálculo del diámetro cuadrático para esto se empleó un diámetro de referencia (el promedio de la medida de DAP de los 59 individuos evaluados) para este cálculo se recurre al promedio de la menor y mayor medida encontrada, en la evaluación del diámetro a la altura del pecho y al número de los árboles que se evaluaron.

El diámetro de referencia que se obtuvo ( $D_q$ ) fue de 21.4 cm que según Reineken (1993), se encuentra de acuerdo a los rangos para el cálculo de densidades de rodales.

$$D_q = \frac{1}{59} \sum_{i=L}^n 21.59^2 i$$

Una vez determinado el diámetro cuadrático, se eligió el diámetro de referencia (b1) 25 cm que es la media de los 59 individuos evaluados, de acuerdo a lo propuesto por Reineke (1933) y Vega (1995), este diámetro permite hacer comparaciones entre árboles evaluados.

Se sustituye la siguiente fórmula:

$$\log(N) = \log(b_0) + b_1 \log(D_q)$$

$$\log(N) - 0.7854e^2 = b^0 (D_q)$$

Para poder calcular el número de árboles, se empleó la regresión lineal, esto sirve para predecir el número de árboles por hectárea y categoría diamétrica; los valores de los coeficientes de regresión fueron  $b^0 = 1\ 327.7527$  y  $b_1 = -1.42$  (Anexos 8 y 9), este valor se encuentra en la tabla propuesta por Mayer codificado, de la ecuación 1 se obtuvo un  $R^2 = 0.886$  y un valor de  $\alpha < 0.0001$  (Mayer *et al.* 1970).

Se determinó que los valores de los coeficientes de regresión  $R= 0.886$  y un valor de  $\alpha < 0.0001$ . Al sustituir los valores en las ecuaciones.

Se determinó la densidad de 17 árboles/ha de *C.officinalis* en el área de estudio, a través de ecuaciones con regresión simple, con un error de 10% y un valor de regresión  $\alpha = 0,0001$ .

### **Cálculo de la incertidumbre absoluta o desviación media**

Se empleó la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

La incertidumbre encontrada fue de  $\pm 0.79$  equivalente a 1, además fue evaluada con ayuda de tabla chi cuadrado ( $p$ ), donde el índice de alfa de Cronbach obtenido es de 0.8 demostrando que la fiabilidad de la prueba es buena, consecuentemente

### **Valor aceptado**

La fórmula empleada fue:

$$Va = abh^2 \pm S^2$$

Valor aceptado es la suma del promedio más la incertidumbre encontrando un resultado, este dato obtenido se realiza con el fin de dar concordancia entre la proximidad del resultado encontrado; la densidad de árboles calculada por el método estadístico es de  $17 \pm 1$  árboles por hectárea en la zona de amortiguamiento del Bosque de Paigabamba.

### 3.3.1.4 Criterios para la selección de árboles semilleros

Los criterios para la selección de árboles semilleros aplicados fueron:

#### 1. Altura

Altura total (m)	Puntaje
9,0-18	Aceptado
Menor de 8.9	Descartado

#### 2. Diámetro de fuste

Diámetro cm	Puntaje
Mayor de 26 cm	2
Menor o igual a 26 cm	1
Inferior de 26 cm	0

#### Bifurcación del fuste

Bifurcación del fuste	Puntaje
No presenta bifurcación	2
Bifurcado a la altura del DAP	1
Presencia de bifurcación por debajo del DAP	0

#### 3. Copa

##### Simetría de copa

Simetría de copa	Puntaje
Simétrica o regular	2
Asimétrica o irregular	1

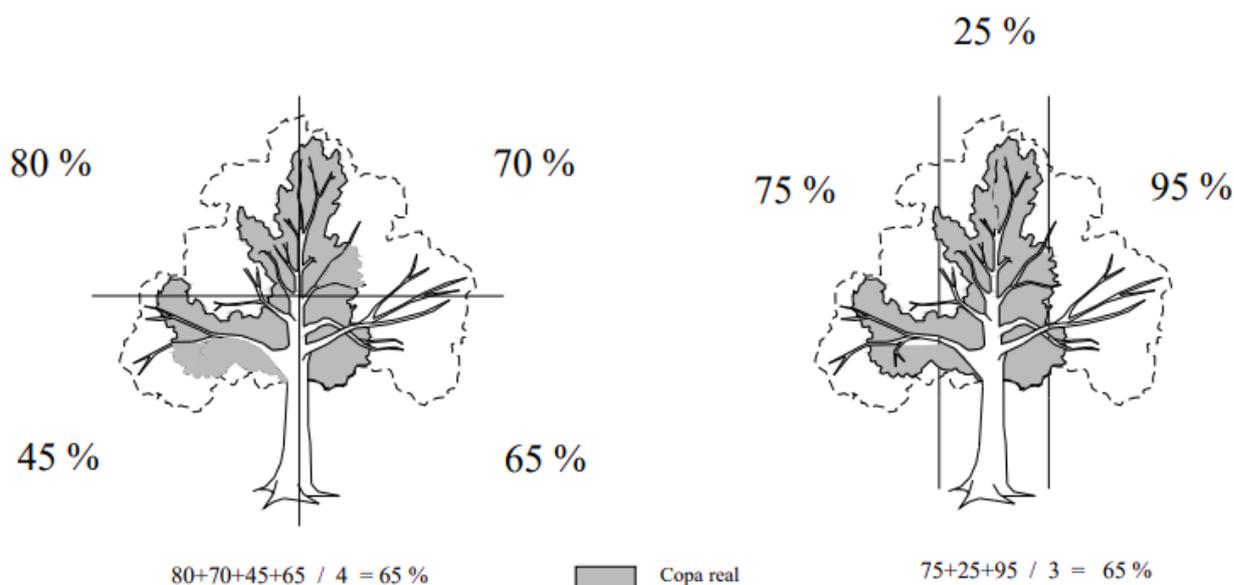
##### Superficie de copa expuesta al sol

Superficie de copa expuesta al sol %	Puntaje
Mayor al 70	3
Entre 25 y 70	2
Menor al 25	1

Esta característica no es heredable (ADEFOR 2005), pero se creyó conveniente porque está ligada a la producción de semilla.

#### 4. Porcentaje de copa en floración y fructificación

Se empleó el método de evaluación de copas con densidad excesiva (SSF, 2012), que se realiza dividiendo imaginariamente la copa en cuatro partes para árboles que presentan copa regular y dos partes para los que presentan copa irregular; dando un porcentaje a cada parte y promediando el resultado.



Porcentaje de copa en floración	Puntaje
> 80	3
80 – 20	2
< 20	1

Porcentaje de copa en fructificación	Puntaje
> 70	3
70 – 30	2
< 30	1

#### 5. Estado fitosanitario

Estado fitosanitario del árbol	Puntaje
Sano	2
Ataque biológico	1

Estado fitosanitario del fruto	Puntaje
Frutos sanos	Aceptado
Ataque biológico en frutos	Descartado

\*Ataque biológico, referido a plagas.

## 6. Estrato dominante

Los árboles seleccionados deben pertenecer al estrato dominante, cuya copa sobrepase el nivel medio del dosel y que tengan una copa equilibrada y además reciben plena luz de arriba y en parte de los lados.

## 7. Potencial productivo

El cálculo del potencial productivo de los árboles seleccionados, deberá ser menor de 1000 semillas/árbol, como lo recomienda Carahuay *et. al* (2016); debido a que la producción de semillas por árbol es óptima al sobrepasar este número.

Potencial productivo semillas/árbol	puntaje
> 1000	Aceptado
< 1000	Descartado

## 8. Germinación

La semilla de los árboles seleccionados, deberán presentar un porcentaje de germinación mayor a 70%, (ISTA, 2016), para considerar que estas semillas presentan un porcentaje alto y significativo.

### 3.3.1.5 Aplicación de criterios

Consistió en aplicar los criterios de selección para árboles semilleros, a todos los árboles que fueron medidos por sus variables dasométricas, para después poder calcular el puntaje de selección en la fase de gabinete.



**Fig.6.** Ubicación de individuos de *C. officinalis* candidatos a semilleros en la zona de amortiguamiento del Bosque de Pagalbamba, Querocoto provincia de Chota.

### **3.3.1.6 Evaluación del potencial reproductivo de los árboles seleccionados de acuerdo a los criterios de selección**

Se empleó la metodología de Ordoñez *et al.* (2004), seleccionando al azar seis ramas con frutos por árbol (terciarias o cuaternarias), según disponga el árbol, se procedió a contar el número de frutos en cada una de ella, luego se obtuvo el promedio para seis ramas evaluadas (número de frutos por rama). El promedio de frutos encontrados por rama se multiplicó por el total de ramas con fruto, es decir también se evaluó la cantidad de ramas que tienen frutos por árbol de esta manera se obtuvo el número aproximado de frutos/árbol. Se aplicó la fórmula planteada según la metodología usada por Carahuay (2016).

### **3.3.1.7 Recolección de frutos de árboles seleccionados**

Para la cosecha de frutos se consideró que el árbol haya alcanzado la madurez fisiológica, es decir, que presenten fructificación y esta empieza a alcanzar una coloración diferente al que muestra al inicio, morfológicamente el cambio de coloración del fruto de verde a rojo con una coloración marrón oscuro a marrón claro con apariencia verduzca y la dehiscencia del mismo, se colectó utilizando una tijera telescópica para extraer frutos de la copa y tijera de podar, para separar los frutos de las ramas, teniendo cuidado de no dañarlos. La fecha de colecta se realizó entre fines de octubre y noviembre, época productiva y con presencia de frutos.

## **3.3.2 Trabajo de laboratorio**

### **3.3.2.1 Extracción de semillas**

Los frutos fueron colocados en bolsas plásticas herméticas y codificadas, para después secarlos al ambiente por un tiempo aproximado de una semana, este procedimiento se realizó debido al tipo de fruto (dehiscentes) ya que no es posible extraer semilla directamente del árbol. Las semillas fueron extraídas de los frutos de forma directa o manual, aplicando la metodología de Oliva *et al.* (2014) para el cálculo de semillas por fruto.

### **3.3.2.2 Análisis físico de semilla de *C. officinalis***

Los frutos de *C. officinalis* fueron secados a temperatura ambiente para la obtención de semillas, separados y codificados de acuerdo al árbol correspondiente, acondicionándolos en cajas de cartón y con papel periódico en el fondo durante una semana y media. Este procedimiento se realizó por la dificultad en la colecta de la semilla ya que los frutos al ser dehiscentes la dispersión de semilla hace difícil la recolección de esta.

#### **Muestreo de semillas de *C. officinalis***

El objetivo fue obtener una muestra representativa de semillas de *C. officinalis* del total de semillas recolectadas del árbol seleccionado. La toma de muestras se realizó como recomienda ISTA (2016), a mano debido a que se tuvo lotes pequeños de semillas de cada uno de los árboles evaluados, sacando la totalidad de semillas del envase y acumulando sobre una superficie lisa, luego se obtuvo porciones de semillas, la cantidad de porciones obtenidas se reconocieron como una muestra compuesta, para los análisis de semilla: pureza, humedad y germinación.

#### **Análisis de pureza del lote de semillas de *C. officinalis***

Para poder determinar el porcentaje de pureza de las semillas de *C. officinalis*. Se tomó dos muestras de 1000 semillas por árbol, recomendado por ISTA (2016) divididas en dos A y B.

El procedimiento fue el pesado de la muestra A en dos ensayos A1 (peso inicial, semillas intactas más materia inerte) y A2 (peso de las semillas intactas), y la muestra B con sus dos ensayos B1 (peso inicial, semillas intactas más materia inerte) y B2 (peso de las semillas intactas), para después aplicar la fórmula dada por ISTA (2016), y así obtener el porcentaje de pureza. Teniendo en cuenta de que dentro de la materia inerte se ha considerado: arena, piedras, hojas, restos de corteza, flores, partes de frutos extraíbles, parte de frutos o semillas no extraíbles menores a la mitad de tamaño original.

El promedio de los dos ensayos dio como resultado el porcentaje de pureza de semillas por cada árbol.

### **Prueba de peso de semillas**

El procedimiento se hizo de acuerdo a las normas ISTA (2016) de la muestra usada en la prueba de pureza, se separó 1000 semillas puras para pesarlas y calcular el peso de una semilla.

### **Prueba del contenido de humedad de semillas**

Se determinó el contenido de humedad de las semillas en la muestra, para usarlo como factor de importancia en el almacenamiento y conservación de las mismas.

Se pesaron tres submuestras de semilla pura de 200 g cada una y por cada árbol. Se aplicó el método de secado por estufa recomendado por ISTA (2016) que consistió en secar las submuestras a una temperatura constante ( $103 \pm 2$  °C) por un periodo de tiempo determinado de 24 horas, se extrajeron y se enfriaron para ser pesadas de nuevo, este procedimiento se repitió hasta que los tres últimos pesos sean constantes. Se determinó el promedio del contenido de humedad de las muestras, para luego promediar los resultados.

### **Prueba de germinación**

Se determinó el porcentaje de germinación, conociendo la proporción de semillas germinadas con relación al número de semillas sembradas en la muestra.

Del lote usado en la prueba de pureza, se seleccionaron 400 semillas y se separaron en 4 muestras de 100 semillas, colocándolas en un sustrato de algodón bajo condiciones de temperatura, humedad y luz adecuados recomendado por ISTA (2016).

Las semillas germinadas fueron contadas y separadas de las bandejas, anotando el número de semillas germinadas de las cuatro replicaciones. Se determinó el porcentaje de germinación de semillas.



**Fig. 2. y Fig. 3.** Frutos después del secado y semilla seleccionadas de quina.



**Fig. 4.** Prueba de peso de semilla. **Fig.5.**Conteo de semillas germinadas de quina.

### 3.3.3 Fase de gabinete

#### 3.3.3.1 Selección de árboles de acuerdo a su puntaje

Se realizó, sistematizando en una hoja de cálculo de EXCEL los datos obtenidos con la aplicación de los criterios para la selección de árboles semilleros de *C. Officinalis*.

#### 3.3.3.2 Cálculo del potencial reproductivo de los árboles seleccionados de acuerdo a los criterios de selección

Para el cálculo de producción de semilla por árbol, se extrajo y se contó el número de semillas de 20 frutos y luego se determinó el número de semillas por árbol, aplicando la fórmula de Ordoñez (2001).

$$PS = Pp \times NFp \times NRF.$$

Donde: PS= Producción de semilla del árbol  
Pp= Promedio de semillas por 10 frutos  
NFp= Número de frutos promedio  
NRF= Número de ramas con fruto

### 3.3.3.2 Cálculo de porcentaje de germinación, energía de germinación e índice de germinación

**Germinación.** Para el cálculo de porcentaje de germinación, se empleó la siguiente fórmula

$$G\% = (\text{Semillas Germinadas} / \text{Semillas Sembradas}) \times 100$$

G%= Porcentaje de germinación de semillas.

Los resultados fueron promediados de las cuatro pruebas, para obtener el porcentaje de germinación final.

**Energía de germinación (EG).** Para cada tratamiento se determinó la energía de germinación, mediante la siguiente ecuación (Hartmann *et al.* 2010):

$$EG = \frac{2}{3} TG$$

Donde:

**EG** = energía de germinación, expresada en porcentaje de semillas germinadas respecto al total.

**TG** = tiempo total de germinación = IG+PG, expresado en días, donde:

**IG** = tiempo de inicio de la germinación

**PG** = periodo de germinación (tiempo transcurrido entre el inicio y el final de la germinación).

Para determinar IG se cuantificó el tiempo de inicio de la germinación (días), para cuantificar PG se cuantificó el tiempo transcurrido entre el inicio y el final de la germinación (días).

**Velocidad absoluta de germinación (VAG).** Para calcular la VAG, se tomaron datos del porcentaje de germinación (Pg), mediante el conteo diario de semillas con emergencia de radícula hasta los seis días después de la siembra y se utilizó la siguiente ecuación (Islam *et al.* 2012):

$$VAG = \frac{GP}{PG}$$

Donde:

GP= Germinación promedio

**Índice de germinación.** Para calcular el índice de germinación, se aplicó la siguiente fórmula (Islam *et al.*, 2012):

$$IG = \frac{tiNi}{s}$$

Donde:

ti: número de días después de la siembra

Ni = número de semillas germinadas

S = número total de semillas utilizadas

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Aplicación de criterios de selección

Se aplicaron los criterios de selección para árboles semilleros, a todos los árboles que fueron identificados en el área de estudio, se calculó el puntaje de selección como se muestra en el anexo 2.

#### 4.1.1. Fuste

Se evaluó la bifurcación de los árboles, como criterio a tener en cuenta para la selección de los árboles semilleros, evaluándose los 59 árboles identificados, de los cuales el 43 % de estos no presenta un fuste bifurcado (Anexo 2). Los 17 árboles semilleros seleccionados no presentan bifurcación.

#### 4.1.2. Copa

Teniendo en cuenta este criterio, se evaluó la simetría y la superficie expuesta al sol, el resultado encontrado fue que 23 árboles de los 59 árboles evaluados presentan copa regular simétrica representando el 40%, mientras que 19 árboles solamente presentan una superficie al sol mayor a 70%. De los 17 árboles seleccionados para semilleros, solamente 15 presentan copa regular simétrica y 14 copa simétrica.

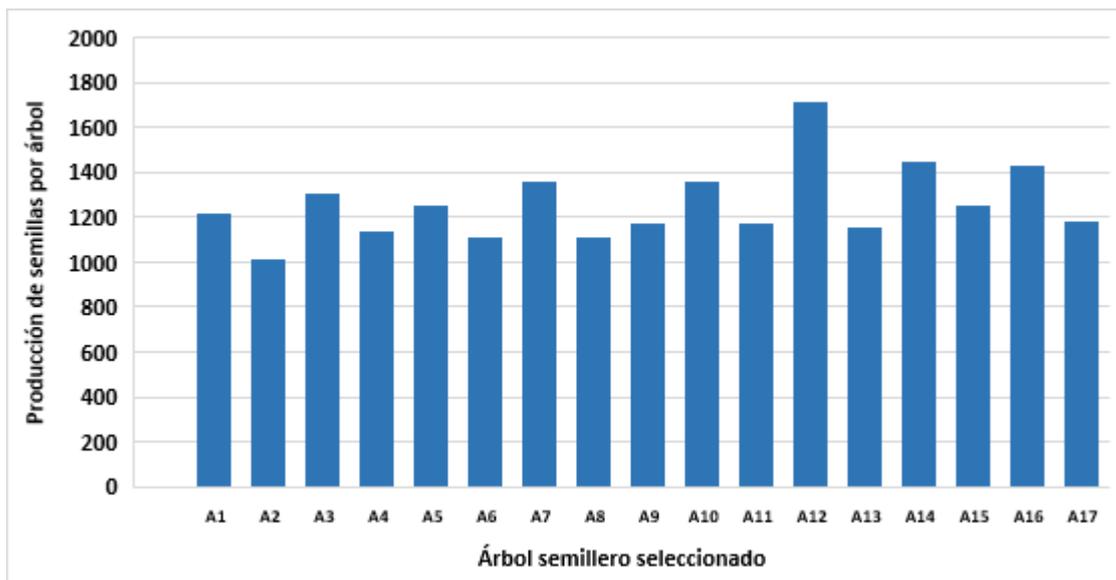
#### 4.1.3. Frutos y semillas

##### **Potencial productivo de *C. officinalis***

El potencial productivo (Producción de semillas promedio por árbol) obtenido de 17 árboles de *C. officinalis* fue de 1262 semillas/árbol (anexo 4 y 5), teniendo en cuenta que todos los árboles sobrepasan la producción de 1000 semillas/árbol, con un máximo de 1720 semillas/árbol y un mínimo de 1014 semillas/árbol.

El potencial reproductivo promedio de los 17 árboles semilleros seleccionados fue: 67 semillas por fruto, 18 frutos en la rama, 502 frutos en árbol promedio y una producción promedio de semillas/árbol de 1262

Se obtuvo el peso total de 1000 semillas con un promedio de 0.307 g, calculando que hay 3 257,29 semillas en un 1 kg.



**Fig.9.** Producción de semillas por árbol semillero de *C. officinalis*.

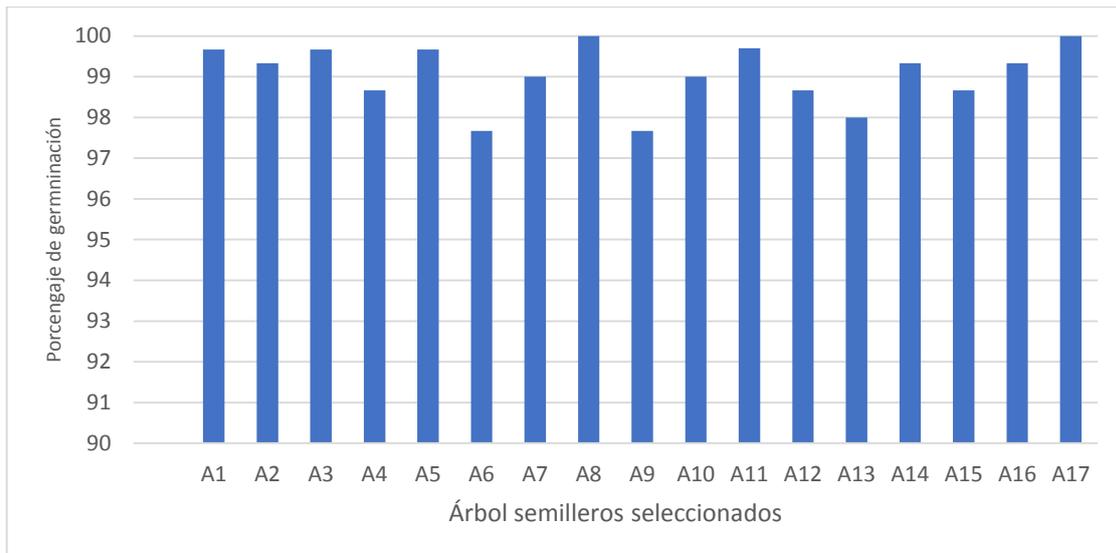
Carahuay *et al.* (2016) obtuvo un resultado de 1260.00 semillas/ árbol; Moreno *et al.* (2018), encontró un potencial reproductivo entre 463.00 y 1837.00 semillas/árbol; ambos resultados son cercanos al resultado obtenido en el presente estudio.

### **Análisis de semillas de *C. officinalis***

#### **Germinación**

El número de días total de la prueba de germinación desde su inicio hasta el conteo final fue de 32 días.

Los resultados de germinación obtenidos siguiendo las normas ISTA (2016), de las semillas de los 17 árboles semilleros seleccionados (fig.12), presentan un promedio de germinación de 99.06 %, los valores oscilan entre 97.67 % y 100%, se obtuvo una desviación estándar de 0.74, indicando haber diferencia entre los árboles seleccionados, pero es mínima.



**Fig.12.** Porcentaje de germinación de semillas de árboles seleccionados de *C. officinalis*.

El análisis de germinación promedio de este estudio es de 99.06 % en la prueba, durante 18 días; mientras que el estudio de Carahuay *et al.* (2016) presenta resultados de porcentaje germinación de 70.50% hasta los 35 días, al igual que el estudio de Apolo (2012) menciona que la germinación de *C. officinalis* alcanzan un porcentaje de 73.5%; Herrera (2016) obtuvo una germinación mayor al 80% en lugares procedentes de Loja y Galápagos; Gonzaga y Moncayo (2012) obtuvo una germinación de 73,5% que inicia a los 12 días y finaliza a los 24. Herrera (2006) menciona que la capacidad germinativa baja puede deberse a defectos en la semilla o falta de desarrollo del embrión, como: secado excesivo y edad; los datos obtenidos en el presente estudio demuestran que las semillas se encontraban en buen estado fitosanitario, además de ser colectada siguiendo técnicas propuestas por Oliva *et al.* (2014) pudiendo ser este un factor importante para obtener un alto porcentaje germinativo.

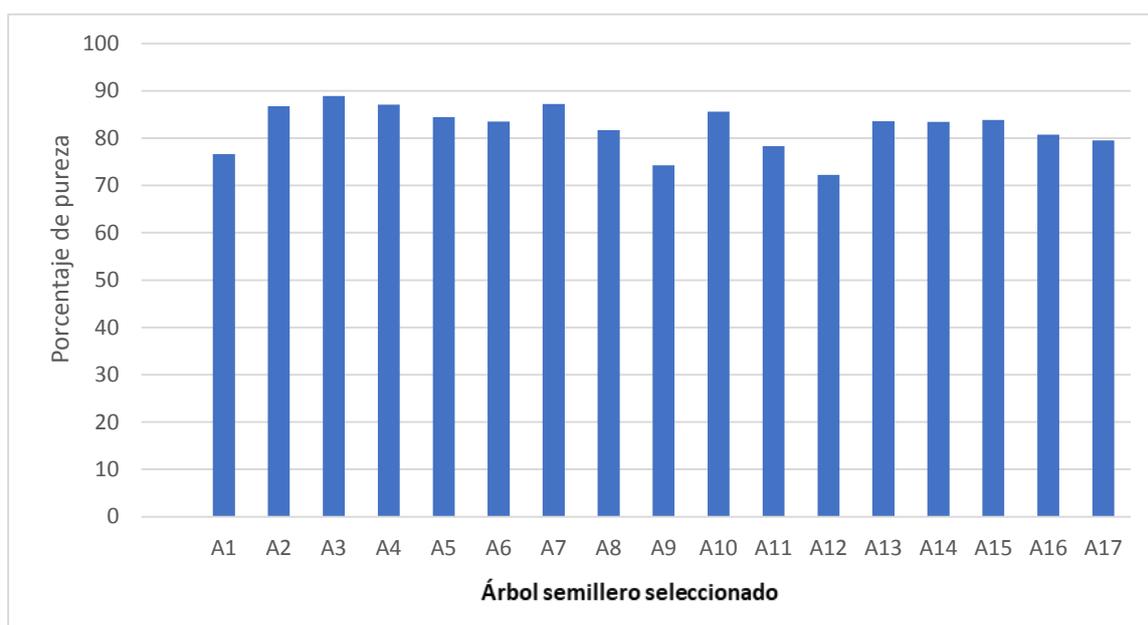
La energía de germinación (EG) determinada fue de 22.43 %, este es el porcentaje máximo de germinación durante toda la prueba mientras que la velocidad absoluta de germinación fue de 99.11 %, ambos índices indican que este tipo de semilla tiene una rápida capacidad de desarrollo de radícula, la desviación estándar entre las semillas de los 17 árboles evaluados y su velocidad de germinación fue de 0.89, significando que hay diferencia entre ellos, pero no es significativa.

El índice de germinación es de 32.69 %, indicando una relación significativa entre el porcentaje de germinación y los días transcurridos (aumenta) de manera positiva, coincidiendo con (Islam *et al.*, 2012), que define que el IG de muestras que sobrepasan el 25 % aumenta la germinación con el tiempo.

## Pureza

De los 17 árboles seleccionados, se obtuvo una pureza que oscila entre de 72.23 y 88.88 % con un promedio de 82.22 % (Anexo 8), y una desviación estándar de 4.58 significando que existe variación mínima.

La pureza es un factor relativo, y depende del método de recolección de frutos y extracción de semillas, por lo cual este valor es variable en comparación a los resultados obtenidos por otros autores.



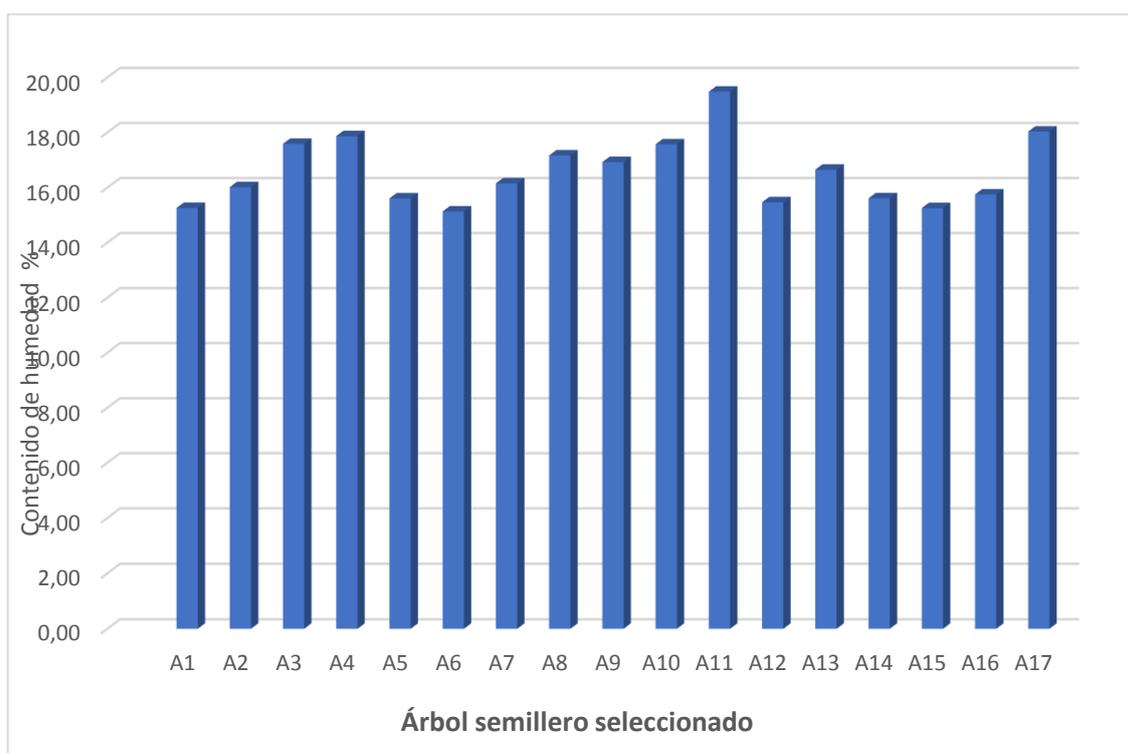
**Fig.10.** Porcentaje de pureza en semillas de árboles semilleros seleccionados.

El análisis de pureza de los árboles seleccionados alcanzó un promedio de 82.22 %, Gonzaga (2012) obtiene un resultado de 82.6 % que corrobora los resultados obtenidos en este estudio, mientras que el resultado de pureza de semillas evaluadas por Carahuay (2016) obtiene 38.04 % considerándolo como pureza baja, este contenido puede variar debido al método de recolección de semilla.

Carahuay *et al.* (2016) encontraron niveles de pureza bajos por un ataque de un lepidóptero (polilla) que se alimenta de la semilla antes de que esta cumpla con su madurez fisiológica; la misma plaga se encontró en cuatro árboles, donde la polilla consumió la totalidad de frutos.

### Contenido de humedad

El promedio de contenido de humedad de las semillas de los 17 árboles seleccionados de *C. officinalis* fue de 16.65 %, que oscila entre 15.13% y 19.49%; con una desviación estándar de 1.24 significando que existe variación entre las muestras de semilla, pero es mínima.



**Fig.11.** Contenido de humedad en semillas en árboles semilleros seleccionados.

Carahuay (2016) menciona que el contenido de humedad de semillas en la especie de *C. officinalis* es elevado (86.46%); mientras que el estudio de Gonzaga (2012) encontró un porcentaje de contenido de humedad 16.11%, semejante al resultado obtenido en esta investigación que fue de un promedio de 16.56 %. También poseen la característica de no poder resistir temperaturas bajas esto hace que estas semillas sean de tipo mixta, es decir presentan

características entre ortodoxas y recalcitrantes como lo confirma el estudio de Villar *et al.* (2018).

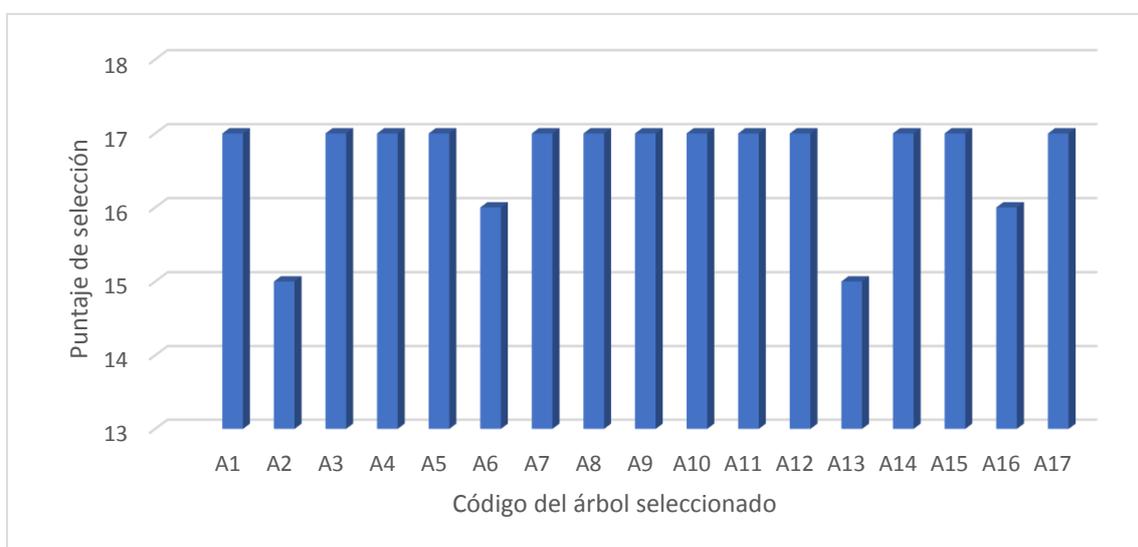
Las características de los árboles semilleros se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Árboles semilleros según criterios de selección

<b>Rectitud</b>	<b>Copa</b>	<b>Frutos</b>	<b>Semillas</b>
Árbol recto o con leve torcedura y ausencia de bifurcación	Simétrica, con una superficie de amplia floración mayor al 80% con respecto a la copa	Buen estado fitosanitario	Buen estado fitosanitario,

#### 4.2. Evaluación y selección de árboles semilleros de *C. officinalis* en base a los criterios identificados

Los resultados obtenidos de acuerdo a la evaluación por el método de valoración individual (Ipinza, 1998), aplicando los criterios identificados en la metodología, fue de 17 individuos, determinando como puntaje mínimo 15 y puntaje máximo 17 (anexo 1). Los individuos seleccionados presentan la siguiente morfología vegetativa y reproductiva: altura mayor a 9 metros, fuste con leve torcedura, copa simétrica con una superficie amplia mayor 70%, floración abundante mayor al 80% con respecto a la copa, porcentaje de copa en fructificación mayor a 70% con respecto a sus frutos, buen estado fitosanitario de los frutos.



**Fig.8.** Puntaje obtenido en la evaluación de los árboles de *Cinchona officinalis*.

Los criterios de selección aplicados consistió en la evaluación de variables dasométricas: altura total, comercial y DAP, mientras que las variables para la selección de árboles semilleros que fueron: forma de fuste, copa, floración, fructificación, estado fitosanitario del individuo y el estado fitosanitario del fruto, con fines de repoblación y fines industriales; empleando la metodología de valoración individual; ADEFOR (2005) seleccionó parámetros similares, enfocándose en individuos con fines maderables, con la metodología de valoración individual y puntajes de selección. Valladolid *et al.* (2017) evaluaron parámetros similares añadiendo dos más, ángulo de rama y dominancia, estos dos últimos parámetros no fueron considerados debido a que este estudio se realizó en plantaciones forestales.

#### 4.2.1. Evaluación de los árboles semilleros seleccionados

Como se muestra en la Tabla 3 las medidas de variables dasométricas de los 17 árboles semilleros seleccionados en la zona de estudio son: DAP máximo de 45.8 cm, mínimo de 16.1 y 26 cm de promedio; altura total máxima de 17.5 m, mínima de 9 m con un promedio de 12.2 m.

Código del árbol	Variables dasométricas		
	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)
A1	19.3	6.50	10.00
A2	19.9	8	10.5
A3	45.8	10	17.5
A4	42.2	8.25	14
A5	38.1	10	14
A6	20.1	6.75	10.5
A7	21.1	5.5	9
A8	19.3	7.5	9.5
A9	30.7	7.50	11.50
A10	36.6	9.00	14.75
A11	18.5	9	17
A12	20.5	6.75	10.50
A13	18.1	5.8	9
A14	38.5	8.5	13
A15	16.1	6.5	13.5

A16	17.3	6.75	11
A17	20.4	7.25	12.00
Promedio	26.0	7.6	12.2
S <sup>2</sup>	10.1	1.4	2.6

**Tabla 3.** Medidas de altura y diámetro de los 17 árboles.

Los resultados de la medida de variables dasométricas obtenidos coinciden con Gardenia (2005) que en su estudio señala que la altura de los individuos de *C. officinalis* sobrepasan 10 metros de altura y de 10 a 110 cm de diámetro, también recalca que por la explotación a la que ha estado sometida dicha especie ya no se encuentran individuos muy grandes, que en su mayoría son ejemplares relativamente medianos; Loján (1992) describe a esta especie como un árbol de tamaño promedio a 16 metros y con un DAP aproximado de 28 centímetros, que coincide con los datos obtenidos en este estudio.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los criterios de selección de árboles semilleros de *C. officinalis* L.(quina) aplicados fueron: altura, fuste con leve torcedura, copa simétrica con una superficie amplia, floración abundante, buen estado fitosanitario de los frutos; además buen porcentaje de germinación.

Empleando los criterios de selección se seleccionaron 17 árboles semilleros de *C.officinalis* L.(quina). en la zona de amortiguamiento del Bosque de Paigabamba en distrito de Querocoto, Chota- Cajamarca.

Se recomienda continuar con la siguiente etapa de este estudio, implementar un programa de selección de árboles de *C. officinalis*, en los distintos lugares que esta especie se encuentra, con fines de obtener plasticidad genética empleando estos métodos de selección, además se de realizar estudios similares enfocados en especies nativas, que tienen potenciales económicos y ecológico.

## VI. LITERATURA CITADA

- ADEFOR (Asociación Civil para la Investigación y el Desarrollo Forestal). 2005. Criterios y pautas para la selección de árboles plus. Cajamarca, Perú.
- Alfa, R; Alva, N; Agundez, D; Iglesias, S. 2005. Manual para la comercialización y producción de semillas y plantas forestales. Materiales de base y reproducción. Madrid, España.
- Álvarez, J. 2013. El árbol de la calentura. Boletín Instituto Nacional de la Salud. Perú. N.º 2013-09.
- Anda, A. 2002. La Cascarilla. Ed. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Aguirre, C; Fassbender, D. 2013. Selección de árboles plus de siete especies forestales nativas de importancia ecológica y económica en la Selva Central del Perú. Lima, Perú.
- AGRO RURAL (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural, Perú). 2017. Muestreo, pruebas de germinación, cálculo de humedad, almacenamiento y monitoreo de semillas forestales. Lima. Perú.
- Caraguay Y. K.; Eras H, V; Gonzales Zaruma, D; Serrano, J. (2016). Potencial reproductivo y análisis de calidad de semilla de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja-Ecuador. 1st ed. Loja, Ecuador. pp.273,274.
- Cepvi, 2015. Psicología, medicina, salud y terapias alternativas. Enciclopedia de plantas medicinales descripción y usos medicinales; Quina *Cinchona officinalis*. (En línea). Consultado 05. abr. 2015. Disponible en:<http://www.cepvi.com/medicina/plantas/quina.shtml#.VSN2PRqPhTQ.com>

- Chang, B. 1987. Selección de especies y manejo de semillas forestales. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical y Enseñanza. Costa Rica.
- Ciappesoni, G; Montossi, F; Barbieri, I; Aguilar L.2004.Impacto de un núcleo de selección en la mejora genética en la agricultura y ganadería.Montevideo Uruguay.
- Corvalán, P; Vera, J. 2006. Cátedra de dasometría y recursos forestales. Universidad de Chile.
- Corvera, R.; Arcos, M.S. 2006. Manual Técnico Buenas prácticas de cultivo en castaña. IIAP. Puerto Maldonado, Perú.
- Días, M; Campos, P. 1997. La dehesa española: una diversidad en el uso del suelo y la vida silvestre. La agricultura y las aves en Europa. Londres, Inglaterra.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).1961. Unasyuva, Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. Vol. 15.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en El Salvador. Roma-Italia.
- Figuroa, M.2003.Extracción de semillas: Métodos seco Húmedo. Murcia, España.
- Garmendia, A. 2005. El Árbol de la Quina (*Cinchona spp.*). Distribución y caracterización de su hábitad y arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- GBIF (Facilidad de información de biodiversidad global) .2017. GBIF Backbone Taxonomy. (en línea) Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2018-11-21.

- Gonzaga, L; Moncayo, M. 2012. Fenología, producción de hojarasca y ensayos de germinación de las principales especies nativas del “Bosque Protector” parroquia de San Pedro de Vilcabamba-Loja, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Gutiérrez, B. 2003. Mejoramiento genético y conservación de recursos forestales nativos en Chile. Instituto forestal Castilla. Concepción. Chile.
- Hartmann, H; Kester, D; Davies, F; Geneve, R. 2010. Plant propagation. Principles and practices. 8th edition. New Jersey, EEUU.
- Hernández, R; García, J; Muñoz, J; García, X. 2013. Guía de densidad para manejo de bosques naturales en Hidalgo.
- Hernández, P. 2015. Tratado metódico y práctico de materia médica y de terapéutica. Fundado en la ley de los semejantes; China – *Cinchona officinalis* – Quina – Materi médica. Madrid, España.
- Herrera, J. 1990. Identificación y descripción de diecinueve especies forestales del bosque húmedo tropical Colonia Angamos (Rio Yavari). Folia Amazónica. Colombia.
- Husch, B; Miller, C. and Beers, T. 1993. Mesura forestal (forest mensuration). Krieger Publishing Company, Third Edition Malabar, Florida.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana).2012. Mejoramiento genético de la castaña (*Bertholletia excelsa*) aplicado al desarrollo regional de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú.

- Ipinza, R. H. 1998. Mejoramiento Genético Forestal-Programa CONIF, Sobre la investigación en semillas de especies forestales nativas. Santafé de Bogotá, Colombia.
- INSTA (Asociación Internacional de Análisis de Semillas, Suiza).2016. Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas. Zúrich, Suiza.
- Islam, S.; Mia, A.; Hossain, T.; Ahmed, J.; Khan, H.2012.Evaluación sobre la emergencia de los embriones y el vigor de las plántulas de la calabaza amarga pequeña (*Momordica charantia* L.) a temperatura subóptima.
- Jara, L. 1994. Identificación y selección de fuentes semilleras. En Convenio CONIF – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Bogotá, Colombia.
- Larreátegui, D .2011. Revisión histórica de Ecuador. El árbol de Quina: 400 años de su descubrimiento. Quito, Ecuador.
- Loján, L. (1992). El verdor de los Andes: Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal altoandino. FAO. Proyecto de desarrollo forestal participativo en los Andes. Quito, Ecuador.
- Luz, M. 2008. Medidores de Humedad. Revista Internacional de las Semillas consultado el 04. dic. 2018 Disponible en: [http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed61/artigocapa61\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed61/artigocapa61_esp.shtml).
- Madsen, J. 2002. Historia Cultural de la Cascarilla de Loja. Botánica Austroecuatorial: Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Quito, Ecuador.
- Mallén, C. (2018). Los otros mexicanos. Revista Mexicana De Ciencias Forestales, 4(19).México D.F.

- Márquez, E. 2000. Ecología Forestal.El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. Universidad Austral de Chile.
- Marquéz, J. 2007. Potencial y eficiencia de producción de semillas como indicadores del manejo de *Pinus Oaxacana*. Instituto de genética forestal. Veracruz, México.
- Mayer, P; Prado, C; Ardila, G; Octavio, S.1970. Probabilidad y aplicaciones estadísticas. Versión en español. Massachussets E.A.U.
- Mendoza, A. 1990. Progreso del mejoramiento genético de papa por resistencia, en función a la resistencia de los procedimientos de tamizado. Avances en el mejoramiento genético de la papa en países del cono sur. México D.F., México.
- Meza, B. E. 2014. Identificación y selección de árboles plus de las especies *Tabebuia donnell-smithii* Rose y *Tabebuia rosea* Bertol en el Soconusco. Chiapas, México.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2012. Reglamento general de la ley general de semillas, disposiciones generales.D.L.nº 1080. Decreto supremo N.º 006-2012-AG. Lima, Perú.
- Moreno, J; Perés, C; Eras, V. 2018. Caracterización de fuentes semilleras de la especie *Cinchona officinalis* L. (RUBIACEAE), con fines de propagación in vitro. México.
- Oliva, M; Vacalla, F; Pérez, D; Tucto, A. 2014. Manual de recolección de semillas de especies forestales nativas: Experiencia en Molinopampa, Amazonas Perú. Chachapoyas, Perú.

- Ordoñez, L; Arbeláez, V; Prado, L. 2004. Manejo de semillas forestales nativas en la sierra del Ecuador y norte del Perú. Quito, Ecuador
- Padilla, T. 2017. Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L. en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja. Tesis. Ing. Forestal. Loja, Ecuador. UNL.
- Pita, M; Perez, F. 1998. Germinación de semillas, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación de España. Madrid, España.
- Reyes, H; Vargas, H; J. López, U. 2006. Similitud fenotípica de poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* Carr. Agrociencia. México.
- Roca, W.; Mogrisnki, L. 1993. Cultivo de tejidos en la agricultura, fundamentos y aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Roncal, W. 2002. Ecología, importancia y usos de las especies nativas del Norte del Perú, en memoria de primer taller de capacitación sobre "Introducción al tema de semillas forestales". Cajamarca, Perú.
- Sánchez, V; Salazar, G; Vargas, J; Jasso, J. 2003. Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata* Montecillo, México.
- SSF (Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos). 2012. Red de parcelas permanentes para el seguimiento intensivo y continuo de los ecosistemas forestales, programa internacional de cooperación para el seguimiento y la evaluación de los efectos de la contaminación atmosférica en los bosques. Manual de campo tomo II. Galicia, España.
- SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas del Perú). 2017. Aprobación del plan maestro del Bosque de Protección de Pagaibamba para el periodo 2017-2021. Resolución Presidencial Lima, Perú 2017.

- Sotolongo, R; Geada, G; Cobas, M. 2008. Mejoramiento genético forestal, texto para estudiantes. Madrid, España.
- Ulloa, C. 2006. Aromas y sabores andinos. En: M. Moraes R., B. Øllgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (Eds.), Botánica económica de los andes centrales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Universidad de California.2007. Forest Vegetation Management (Manejo de la vegetación forestal. Oakland (California), Estados Unidos 2007.
- Vallodoid, J; León, A; Paredes, D. 2017.Selección de árboles semilleros en plantaciones forestales de la provincia de Santa Elena, Ecuador.Revista Científica y Tecnológica UPSE, Volumen IV:1-7, pag.4.
- Vicente, S; Salazar, G; Vargas, J; Jasso, J.2003.Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata*.Texocoto Mexico.
- Villar, M; Marcelo, F; Baselly, R. 2018. INIA (INSTITUTO NACIONAL DE INOVACIÓN AGRARIA). Estudio silvicultural de la quina "*Cinchona officinalis* L.", en el Distrito de Querocoto, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Cajamarca.
- Zevallos, P.1989. Taxonomía, distribución geográfica y estatus del género *Cinchona* en el Perú. Lima, Perú.
- Zoel, B; Talbert, J. Selección y selección de genotipos superiores para el stock de plantación de calidad basado en el rendimiento de crecimiento vegetativo de algunas especies seleccionadas de acacia de 12 años de edad. Nueva York, EEUU.

## VII. ANEXO

**Anexo 1:** Total, de árboles evaluados dasométricamente y árboles seleccionados a candidato a semillero.

Número de árbol	Código	DASOMETRÍA			GEOREFERENCIACIÓN			Observación	Volumen comercial	Volumen total	Árbol seleccionado
		DAP (cm)	H.C. (m)	H.T. (m)	E	N	Cota				
1	A1	18.2	5.25	9.00	714537	9295173	2688		0.14	0.23	
2	A2	19.3	6.50	10.00	714537	9295172	2688	Seleccionado	0.19	0.29	A1
3	A3	19.9	8	10.5	713212	9294312	2623		0.25	0.33	A2
4	A4	33.4	9.25	18	714785	9295388	2675		0.81	1.58	
5	A5	12.8	5.75	8.5	714803	9295386	2572		0.07	0.11	
6	A6	41.7	9	18	714765	9295362	2610		1.23	2.46	
7	A7	29.9	6	10	714761	9295393	2603		0.42	0.70	
8	A8	25.9	6.5	11	714756	9295384	2604		0.34	0.58	
9	A9	45.8	10	17.5	714740	9295459	2675	Seleccionado	1.65	2.88	A3
10	A10	42.2	8.25	14	714742	9295547	2680	Seleccionado	1.15	1.96	A4
11	A11	38.1	10	14	714742	9295547	2680	Seleccionado	1.14	1.60	A5
12	A12	20.1	6.75	10.5	714818	9295424	2673	Seleccionado	0.21	0.33	A6
13	A13	19.7	6	10	713326	9294320	2589		0.18	0.30	
14	A14	17.9	4	8.8	713317	9294317	2621		0.10	0.22	
15	A15	18.7	5.5	8	713282	9294331	2623		0.15	0.22	
16	A16	21.1	5.5	9	713299	9294326	2623	Seleccionado	0.19	0.31	A7
17	A17	18.2	6	11.5	713250	9294333	2620		0.16	0.30	
18	A18	19.3	7.5	9.5	713228	9294340	2626	Seleccionado	0.22	0.28	A8
19	A19	27.9	7.5	11	713224	9294340	2626	Fitosanitario	0.46	0.67	Fitosanitario
20	A20	18.6	9.00	13.25	713425	9294175	2605		0.24	0.36	
21	A21	18.7	6.75	10.25	713433	9294149	2607		0.19	0.28	
22	A22	20.7	7.25	11.25	713360	9294129	2624	Fitosanitario	0.24	0.38	Fitosanitario
23	A23	20.5	8.00	12.00	713377	9294114	2624		0.26	0.40	
24	A24	10.2	4.50	6.50	713580	9294591	2664		0.04	0.05	
25	A25	10.9	3.50	7.25	713357	9294118	2589		0.03	0.07	
26	A26	24.7	8.50	12.50	713354	9294124	2581	Fitosanitario	0.41	0.60	Fitosanitario
27	A27	31.1	8.50	11.25	713476	9294270	2604		0.65	0.85	
28	A28	18.5	6.50	9.25	713439	9294314	2629		0.17	0.25	
29	A29	31.3	7.00	13.50	713493	9294360	2616		0.54	1.04	

30	A30	16.7	7.25	10.25	713574	9294590	2664		0.16	0.22	
31	A31	15.9	5.75	10.50	713581	9294592	2663		0.11	0.21	
32	A32	18.9	8.50	11.00	713580	9294591	2664		0.24	0.31	
33	A33	20.2	8.00	11.50	713590	9294577	2667		0.26	0.37	
34	A34	19.5	4.25	7.25	713638	9294611	2712		0.13	0.22	
35	A35	25.4	6.50	11.25	714207	9295033	2731		0.33	0.57	
36	A36	26.8	6.50	13.50	714307	9295090	2712		0.37	0.76	
37	A37	30.7	7.50	11.50	714517	9295122	2717	Seleccionado	0.55	0.85	A9
38	A38	36.6	9.00	14.75	714559	9295162	2699	Seleccionado	0.94	1.55	A10
39	A39	24.1	6.50	13.75	714559	9295162	2699	Fitosanitario	0.30	0.63	Fitosanitario
40	A40	10.2	4.50	6.50	715211	9295724	2562		0.04	0.05	
41	A41	18.5	9	17	714812	9295378	2556	Seleccionado	0.24	0.46	A11
42	A42	13.6	6	16.5	714807	9295381	2656		0.09	0.24	
43	A43	12.5	11	33	714690	9295365	2668		0.13	0.40	
44	A44	16.5	10	35	714692	9295366	2666		0.21	0.75	
45	A45	20.5	6.75	10.50	714810	9295415	2673	Seleccionado	0.22	0.34	A12
46	A46	16.0	6.00	11.50	713511	9294320	2646	Fitosanitario	0.12	0.23	Fitosanitario
47	A47	12.5	9	13	713961	9295042	2522		0.11	0.16	
48	A48	15.1	8.5	12.2	713385	9294332	2624		0.15	0.22	
49	A49	13.5	5	8.75	713310	9294349	2620		0.07	0.13	
50	A50	18.1	5.8	9	713137	9294325	2591	Seleccionado	0.15	0.23	A13
51	A51	15.2	5	7.8	713126	9294335	2570		0.09	0.14	
52	A52	19.3	5.75	15.5	713102	9294309	2564		0.17	0.45	
53	A53	38.5	8.5	13	713096	9294336	2573	Seleccionado	0.99	1.51	A14
54	A54	19.5	7.9	11.3	713104	9294369	2537		0.24	0.34	
55	A55	16.1	6.5	13.5	713103	9294392	2538	Seleccionado	0.13	0.27	A15
56	A56	17.3	6.75	11	713107	9294411	2546	Seleccionado	0.16	0.26	A16
57	A57	20.4	7.25	12.00	713446	9294208	2607	Seleccionado	0.24	0.39	A17
58	A58	10.8	4.00	7.00	713432	9294217	2638		0.04	0.06	
59	A59	11.1	4.50	7.75	713432	9294217	2638		0.04	0.07	

**Anexo 2:** Puntaje de selección por criterios fenotípicos.

Sp.	Código	Características morfológicas							Puntuación	Código de selección
		Fuste	Bifurcación	copa	Frutos	E. Fitosanitario	S.Copa	Floración		
<i>Cinchona officinalis</i> L.	A1	2	1	2	2	2	2	2	13	
	A2	2	2	2	3	2	3	3	17	A1
	A3	2	1	2	3	2	2	3	15	A2
	A4	2	2	2	1	2	2	2	13	
	A5	2	2	2	2	2	2	2	14	
	A6	2	2	2	1	2	2	1	12	
	A7	1	2	2	1	2	1	1	10	
	A8	1	2	2	1	2	1	1	10	
	A9	2	2	2	3	2	3	3	17	A3
	A10	2	2	2	3	2	3	3	17	A4
	A11	2	2	2	3	2	3	3	17	A5
	A12	2	2	2	3	2	2	3	16	A6
	A13	2	2	2	1	2	3	1	13	
	A14	2	2	2	1	2	2	1	12	
	A15	2	2	2	2	2	1	2	13	
	A16	2	2	2	3	2	3	3	17	A7
	A17	2	2	2	2	2	2	1	13	
	A18	2	2	2	3	2	3	3	17	A8
	A19	2	2	2	2	2	2	1	13	
	A20	1	2	1	3	2	1	3	13	
	A21	1	1	2	2	2	1	1	10	
	A22	1	2	2	3	2	2	3	15	Descartado
	A23	1	1	1	2	1	2	1	9	
	A24	2	1	2	1	1	3	1	11	
	A25	2	2	2	2	2	2	3	15	Descartado
	A26	2	2	1	2	2	2	1	12	
	A27	2	2	2	2	1	1	1	11	
	A28	1	2	2	1	2	1	1	10	
	A29	2	2	2	1	2	1	1	11	
	A30	2	2	2	1	2	2	1	12	

A31	1	1	2	1	2	3	1	11	
A32	1	1	2	2	2	2	2	12	
A33	2	2	2	1	2	2	1	12	
A34	1	1	2	1	2	1	2	10	
A35	2	2	2	2	2	2	2	14	
A36	2	2	1	1	2	1	1	10	
A37	2	2	2	3	2	3	3	17	A9
A38	2	2	2	3	2	3	3	17	A10
A39	2	2	2	3	2	3	3	17	Descartado
A40	2	2	2	1	2	2	2	13	
A41	2	2	2	3	2	3	3	17	A11
A42	1	1	1	2	2	1	1	9	
A43	1	1	2	1	2	1	1	9	
A44	1	1	2	3	2	2	2	13	
A45	2	2	2	3	2	3	3	17	A12
A46	2	2	2	2	2	2	3	15	Descartado
A47	2	2	2	2	2	2	2	14	
A48	2	2	2	1	2	1	1	11	
A49	1	2	2	1	2	1	1	10	
A50	1	1	2	3	2	3	3	15	A13
A51	2	1	2	3	2	2	2	14	
A52	1	1	1	2	2	1	1	9	
A53	2	2	2	3	2	3	3	17	A14
A54	1	2	1	3	2	1	3	13	
A55	2	2	2	3	2	3	3	17	A15
A56	2	2	2	3	2	2	3	16	A16
A57	2	2	2	3	2	3	3	17	A17
A58	1	1	1	1	1	1	1	7	
A59	2	2	2	2	2	2	2	14	

**Anexo 3:** Árboles seleccionados como semilleros, medidas dasométricas y georreferenciación.

Número de árbol	Código	Cod. Árbol semillero	Dasometría			Volumen en m <sup>3</sup>		Georreferenciación		
			DAP (cm)	H.C. (m)	H.T. (m)	Comercial	Total	E	N	Cota
2	A2	A1	19.3	6.50	10.00	0.19	0.29	714537	9295172	2688
3	A3	A2	19.9	8	10.5	0.25	0.33	713212	9294312	2623
9	A9	A3	45.8	10	17.5	1.65	2.88	714740	9295459	2675
10	A10	A4	42.2	8.25	14	1.15	1.96	714742	9295547	2680
11	A11	A5	38.1	10	14	1.14	1.60	714742	9295547	2680
12	A12	A6	20.1	6.75	10.5	0.21	0.33	714818	9295424	2673
16	A16	A7	21.1	5.5	9	0.19	0.31	713299	9294326	2623
18	A18	A8	19.3	7.5	9.5	0.22	0.28	713228	9294340	2626
37	A37	A9	30.7	7.50	11.50	0.55	0.85	714517	9295122	2717
38	A38	A10	36.6	9.00	14.75	0.94	1.55	714559	9295162	2699
41	A41	A11	18.5	9	17	0.24	0.46	714812	9295378	2556
45	A45	A12	20.5	6.75	10.50	0.22	0.34	714810	9295415	2673
50	A50	A13	18.1	5.8	9	0.15	0.23	713137	9294325	2591
53	A53	A14	38.5	8.5	13	0.99	1.51	713096	9294336	2573
55	A55	A15	16.1	6.5	13.5	0.13	0.27	713103	9294392	2538
56	A56	A16	17.3	6.75	11	0.16	0.26	713107	9294411	2546
57	A57	A17	20.4	7.25	12.00	0.24	0.39	713446	9294208	2607
<b>Máximo</b>			45.8	10.0	17.5	1.6	2.88			
<b>Mínimo</b>			16.1	5.5	9.0	0.1	0.23			
<b>Promedio</b>			26.0	7.6	12.2	0.5	0.81			

**Anexo 4:** Datos obtenidos del conteo de semillas de 10 frutos de cada árbol seleccionado para el cálculo de potencial reproductivo.

<b>Promedio de semillas de 10 frutos</b>											
<b>Árbol</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S9</b>	<b>S10</b>	<b>PP</b>
<b>A1</b>	65	59	54	63	72	63	81	76	46	81	64.3
<b>A2</b>	71	79	66	73	49	53	68	76	75	66	67.6
<b>A3</b>	73	56	68	69	74	69	52	70	78	81	69.0
<b>A4</b>	72	80	66	65	68	75	50	79	49	69	67.3
<b>A5</b>	67	63	51	79	80	65	49	68	59	82	66.3
<b>A6</b>	69	49	52	74	81	50	61	51	75	56	61.8
<b>A7</b>	68	68	76	69	68	60	83	46	67	45	65.0
<b>A8</b>	84	70	66	69	68	68	70	56	68	78	69.7
<b>A9</b>	71	64	58	61	74	65	77	79	72	70	69.1
<b>A10</b>	73	71	64	54	69	71	72	71	50	52	64.7
<b>A11</b>	74	62	72	68	66	69	78	68	73	64	69.4
<b>A12</b>	60	82	73	62	68	60	72	69	60	82	68.8
<b>A13</b>	67	81	79	71	79	69	75	63	48	49	68.1
<b>A14</b>	68	83	68	73	68	64	45	84	60	47	66.0
<b>A15</b>	51	69	71	68	79	73	69	74	68	78	70.0
<b>A16</b>	71	73	66	61	85	69	44	73	78	63	68.3
<b>A17</b>	53	72	74	76	60	81	47	49	73	75	66.0
<b>PP. Total</b>											<b>67</b>

**Anexo 5:** Cálculo del potencial de producción de semillas por árbol.

Especie	Número de árbol	Código	F1	F2	F3	F4	F5	F6	NRF	PP	NFp.	NFT	Ps
<i>Cinchona officinalis</i> L.	1	A1	26	31	34	26	28	39	19	64.3	29	551	1222.33
	2	A2	24	35	21	28	31	29	15	67.6	26	392	1014.00
	3	A3	35	18	32	25	25	31	19	69.0	26	502	1311.00
	4	A4	26	24	23	16	17	27	17	67.3	21	364	1144.10
	5	A5	37	32	28	26	29	21	19	66.3	27	521	1259.70
	6	A6	21	24	25	27	34	36	18	61.8	26	476	1112.40
	7	A7	27	28	24	32	39	20	21	65.0	27	573	1365.00
	8	A8	27	25	33	25	27	28	16	69.7	26	414	1115.20
	9	A9	26	28	43	22	34	24	17	69.1	28	471	1174.70
	10	A10	31	26	24	33	25	35	21	64.7	28	585	1358.70
	11	A11	45	27	42	29	21	31	17	69.4	30	515	1179.80
	12	A12	25	46	24	17	25	30	25	68.8	27	686	1720.00
	13	A13	31	24	19	16	18	23	17	68.1	21	359	1157.70
	14	A14	34	23	28	29	38	33	22	66.0	30	651	1452.00
	15	A15	24	32	34	24	31	26	18	70.0	27	486	1260.00
	16	A16	21	23	25	26	26	29	21	68.3	24	513	1434.30
	17	A17	23	31	27	26	35	24	18	66.0	26	473	1188.00
<b>Promedio</b>									18.82	67.1	27	502	1262.88

**NFp. = Número de frutos promedio por árbol.**

**F=Número de fruto en la rama.**

**N.R.F.= Número de ramas con frutos.**

**P.s.= Producción de semillas por árbol**

**PP = Promedio de semillas por 10 frutos**

**Anexo 6:** Cálculo de la Producción de semillas por árbol.

Especie	Código	Número de ramas con fruto	Promedio de semillas por 10 frutos	Número de frutos promedio por árbol	Número de frutos total por árbol	Producción de semillas por árbol
<i>Cinchona officinalis</i> L.	<b>A1</b>	19	64.3	29	551	1222.33
	<b>A2</b>	15	67.6	26	392	1014.00
	<b>A3</b>	19	69.0	26	502	1311.00
	<b>A4</b>	17	67.3	21	364	1144.10
	<b>A5</b>	19	66.3	27	521	1259.70
	<b>A6</b>	18	61.8	26	476	1112.40
	<b>A7</b>	21	65.0	27	573	1365.00
	<b>A8</b>	16	69.7	26	414	1115.20
	<b>A9</b>	17	69.1	28	471	1174.70
	<b>A10</b>	21	64.7	28	585	1358.70
	<b>A11</b>	17	69.4	30	515	1179.80
	<b>A12</b>	25	68.8	27	686	1720.00
	<b>A13</b>	17	68.1	21	359	1157.70
	<b>A14</b>	22	66.0	30	651	1452.00
	<b>A15</b>	18	70.0	27	486	1260.00
	<b>A16</b>	21	68.3	24	513	1434.30
	<b>A17</b>	18	66.0	26	473	1188.00

**Anexo 7:** Análisis del peso de 1000 semillas puras de *Cinchona officinalis*.

Árbol	Peso 1000 semillas puras	PESO DE 1 SEMILLA
A1	0.3151	0.000315
A2	0.2841	0.000284
A3	0.3074	0.000307
A4	0.2915	0.000292
A5	0.2808	0.000281
A6	0.2951	0.000295
A7	0.328	0.000328
A8	0.3564	0.000356
A9	0.2915	0.000292
A10	0.3204	0.000320
A11	0.2741	0.000274
A12	0.2809	0.000281
A13	0.3351	0.000335
A14	0.3102	0.000310
A15	0.3378	0.000338
A16	0.3298	0.000330
A17	0.2913	0.000291

**Anexo 8:** Cálculo de pureza de *C. officinalis*.

Especie /árbol	Peso A	Peso de la semilla pura gr (B)	Porcentaje de pureza	% Promedio sub muestra A1 y B1	
<i>Cinchona officinalis</i> L.	<b>A1</b>	0.4141	0.3371	81.41	<b>76.63</b>
		0.4612	0.3314	71.86	
	<b>A2</b>	0.3213	0.2798	87.08	<b>86.76</b>
		0.3312	0.2863	86.44	
	<b>A3</b>	0.3483	0.3073	88.23	<b>88.88</b>
		0.3141	0.2812	89.53	
	<b>A4</b>	0.4122	0.3312	80.35	<b>87.07</b>
		0.3914	0.3671	93.79	
	<b>A5</b>	0.3214	0.2809	87.40	<b>84.48</b>
		0.3312	0.2701	81.55	
	<b>A6</b>	0.3812	0.326	85.52	<b>83.51</b>
		0.3454	0.2815	81.50	
	<b>A7</b>	0.3914	0.3295	84.18	<b>87.22</b>
		0.3814	0.3442	90.25	
	<b>A8</b>	0.3523	0.2903	82.40	<b>81.70</b>
		0.3841	0.3111	80.99	
	<b>A9</b>	0.3892	0.2806	72.10	<b>74.28</b>
		0.342	0.2615	76.46	
	<b>A10</b>	0.3714	0.3029	81.56	<b>85.59</b>
		0.314	0.2814	89.62	
	<b>A11</b>	0.3684	0.31	84.15	<b>78.31</b>
		0.3912	0.2835	72.47	
	<b>A12</b>	0.3812	0.2906	76.23	<b>72.23</b>
		0.3831	0.2614	68.23	
	<b>A13</b>	0.4123	0.3465	84.04	<b>83.59</b>
		0.3515	0.2922	83.13	
	<b>A14</b>	0.413	0.3395	82.20	<b>83.43</b>
		0.3714	0.3144	84.65	
	<b>A15</b>	0.4275	0.3587	83.91	<b>83.85</b>
		0.4151	0.3478	83.79	
	<b>A16</b>	0.3831	0.3286	85.77	<b>80.74</b>
		0.3983	0.3015	75.70	
	<b>A17</b>	0.3634	0.2805	77.19	<b>79.50</b>
		0.3634	0.2973	81.81	
Promedio				<b>82.22</b>	

**Anexo 9:** Cálculo del contenido de humedad de *C. officinalis*.

Árbol	Muestra	Peso gr	Peso Final	Promedio Peso Final	C.H %
A 1	A1.1	200	162.11	169.48	<b>15.26</b>
	A1.2		168.31		
	A1.3		178.02		
A 2	A2.1	200	175.5	167.97	<b>16.02</b>
	A2.2		161.76		
	A2.3		166.65		
A 3	A3.1	200	162.11	164.82	<b>17.59</b>
	A3.2		164.23		
	A3.3		168.11		
A 4	A4.1	200	163.14	164.26	<b>17.87</b>
	A4.2		163.87		
	A4.3		165.78		
A 5	A5.1	200	172.83	168.79	<b>15.61</b>
	A5.2		165.21		
	A5.3		168.32		
A 6	A6.1	200	167.43	169.74	<b>15.13</b>
	A6.2		169.84		
	A6.3		171.94		
A 7	A7.1	200	172.76	167.69	<b>16.15</b>
	A7.2		164.87		
	A7.3		165.45		
A 8	A8.1	200	165.67	165.66	<b>17.17</b>
	A8.2		166.9		
	A8.3		164.41		
A 9	A9.1	200	166.51	166.15	<b>16.93</b>
	A9.2		165.62		
	A9.3		166.31		
A 10	A10.1	200	162.15	164.85	<b>17.57</b>
	A10.2		164.56		
	A10.3		167.85		
A 11	A11.1	200	156.1	161.03	<b>19.49</b>
	A11.2		164.87		
	A11.3		162.11		
A 12	A12.1	200	178.64	169.07	<b>15.47</b>
	A12.2		162.55		
	A12.3		166.01		
A 13	A13.1	200	163.15	166.70	<b>16.65</b>
	A13.2		162.03		
	A13.3		174.91		
A 14	A14.1	200	172.51	168.78	<b>15.61</b>
	A14.2		167.1		
	A14.3		166.72		
A 15	A15.1	200	171.5	169.49	<b>15.26</b>
	A15.2		169.84		
	A15.3		167.13		
A 16	A16.1	200	172.4	168.50	<b>15.75</b>
	A16.2		164.89		
	A16.3		168.2		
A 17	A17.1	200	168.82	163.93	<b>18.04</b>
	A17.2		164.32		
	A17.3		158.65		
PROMEDIO					<b>16.56</b>

**Anexo 10:** Resumen del análisis de los árboles semilleros seleccionados.

Especie	Código	Puntaje total de criterio de selección	Volumen total	Producción de semillas/rama/ árbol	Pureza	Contenido de humedad	Porcentaje de germinación
<i>Cinchona officinalis</i>	A1	17	0.29	1222.33	76.63	15.26	99.67
	A2	15	0.33	1014.00	86.76	16.02	99.33
	A3	17	2.88	1311.00	88.88	17.59	99.67
	A4	17	1.96	1144.10	87.07	17.87	98.67
	A5	17	1.60	1259.70	84.48	15.61	99.67
	A6	16	0.33	1112.40	83.51	15.13	97.67
	A7	17	0.31	1365.00	87.22	16.15	99.00
	A8	17	0.28	1115.20	81.70	17.17	100.00
	A9	17	0.85	1174.70	74.28	16.93	97.67
	A10	17	1.55	1358.70	85.59	17.57	99.00
	A11	17	0.46	1179.80	78.31	19.49	99.70
	A12	17	0.34	1720.00	72.23	15.47	98.67
	A13	15	0.23	1157.70	83.59	16.65	98.00
	A14	17	1.51	1452.00	83.43	15.61	99.33
	A15	17	0.27	1260.00	83.85	15.26	98.67
	A16	16	0.26	1434.30	80.74	15.75	99.33
	A17	17	0.39	1188.00	79.50	18.04	100.00
PROMEDIO			0.81	1262.88	82.22	16.56	99.06

Anexo 11: Tabla de desviaciones normales aleatorias, propuesta por P. Mayer.

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	.31	-1.42	-1.45	-.35	.18	.09	.00	.11	-1.91	-1.07
01	.90	-.58	.38	-.28	.30	-2.62	-1.43	-1.79	-.99	-.35
02	.22	.58	.87	-.02	.04	.12	-.17	.78	-1.31	.95
03	-1.00	.53	-1.90	-.77	.67	.56	-.94	.16	2.22	-.08
04	-.12	-.43	.69	.75	-.32	.71	-1.13	-.79	-.26	-.86
05	.01	.37	-.36	.68	.44	.43	1.18	-.68	-.13	-.41
06	.16	-.83	-1.88	.89	-.39	.93	-.76	-.12	.66	2.06
07	1.31	-.82	-.36	.36	.24	-.95	.41	-.77	.78	-.27
08	-.38	-.26	-1.73	.06	-.14	1.59	.96	-1.39	.51	-.50
09	.38	.42	-1.39	-.22	-.28	-.03	2.48	1.11	1.10	.40
10	1.07	2.26	-1.68	-.04	.19	1.38	-1.53	-1.41	.09	-1.91
11	-1.65	-1.29	-1.03	.06	2.18	-.55	-.34	-1.07	.80	1.77
12	1.02	-.67	-1.11	.08	-1.92	-.97	-.70	-.40	-.72	-.47
13	.06	1.43	-.46	-.62	-.11	.36	.64	-.27	.72	.68
14	.47	-1.84	.69	-1.07	.83	-.25	-.91	-1.94	.96	.75
15	.10	1.00	-.54	.61	-1.04	-.33	.94	.56	.62	.07
16	-.71	.04	.63	-.26	-1.35	-1.20	1.52	.63	-1.29	1.16
17	-.94	-.94	.56	-.09	.63	-.36	.20	-.60	-.29	.94
18	.29	.62	-1.09	1.84	-.11	.19	-.45	.23	-.63	-.06
19	.57	.54	-.21	.09	-.57	-.10	-1.25	-.26	.88	-.26
20	.24	.19	-.67	3.04	1.26	-1.21	.52	-.05	.76	-.09
21	-1.47	1.20	.70	-1.80	-1.07	.29	1.18	.34	-.74	1.75
22	-.01	.49	1.16	.17	-.48	.81	1.40	.17	.57	.64
23	-.63	-.26	.55	-.21	-.07	-.37	.47	-1.69	.05	-.96
24	.85	-.65	-.94	.12	-1.67	.28	-.42	.14	-1.15	-.41
25	1.07	-.36	1.10	.83	.37	-.20	-.75	-.50	.18	1.31
26	1.18	2.09	-.61	.44	.40	.42	-.61	-2.55	-.09	-1.33
27	.47	.88	.71	.31	.41	-1.96	.34	-.17	1.73	-.33
28	.26	.90	.11	.28	.76	-.12	-1.01	1.29	-.71	2.15
29	.39	-.88	-.15	-.38	.55	-.41	-.02	-.74	-.48	.46
30	-1.01	-.89	-1.23	.07	-.07	.08	-.08	-1.95	-.34	-.29
31	1.36	.18	.85	.55	.00	-.43	.27	-.39	.25	.69
32	1.02	-2.49	1.79	.04	-.03	.85	-.29	-.77	.28	-.33
33	-.53	-1.13	.75	-.39	.43	.10	-2.17	.37	-1.85	.96
34	.76	1.21	-.68	.26	.93	.99	1.12	-1.72	-.04	-.73
35	.07	-.23	-.88	-.23	.68	.24	1.38	-2.10	-.79	-.27
36	.27	.61	.43	-.38	.68	-.72	.90	-.14	-1.61	-.88
37	.93	.72	-.45	2.80	-.12	.74	-1.47	.39	-.61	-2.77
38	1.03	-.43	.95	-1.49	-.63	.22	.79	-2.80	-.41	.61
39	-.32	1.41	-.23	-.36	.60	-.59	.36	.63	.73	.81
40	1.41	.64	.06	.25	-1.75	.39	1.84	1.23	-1.27	-.75
41	.25	-.70	.33	.12	.04	1.03	-.64	.08	1.63	.34
42	-1.15	.57	.34	-.32	2.31	.74	.85	-1.25	-.17	.14
43	.72	.01	.50	-1.42	.26	-.74	-.55	1.86	-.17	-.10
44	-.92	.15	-.66	.83	.50	.24	-.40	1.90	.35	.69
45	-.42	.62	.24	.55	-.06	.14	-1.09	-1.53	.30	-1.56
46	-.54	1.21	-.53	.29	1.04	-.32	-1.20	.01	.05	.20
47	-.13	-.70	.07	.69	.88	1.18	.61	-.46	-1.54	.50
48	-.29	.36	1.44	-.44	.53	-.14	.66	.00	.33	-.36
49	1.90	-1.21	-1.87	-.27	-1.86	-.49	.25	.25	.14	1.73

Fuente: Mayer *et al.* (1970) Probabilidad y aplicaciones estadísticas.

Anexo 11: Valores para la distribución de Student

$$\Pr\{t \text{ de Student} \leq \text{valor tabulado}\} = \gamma$$

$f$	0.75	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.0000	3.0777	6.3138	12.7062	31.8207	63.6574
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0322
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5177	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7969
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3006	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896

\*D. B. Owen, *Handbook of Statistical Tables*, Reading, Mass., Addison-Wesley Publishing Co., Inc., 1962. (Cortesía de la Atomic Energy Commission, Washington, D.C.)

Fuente: Mayer *et al.* (1970) Probabilidad y aplicaciones estadísticas.



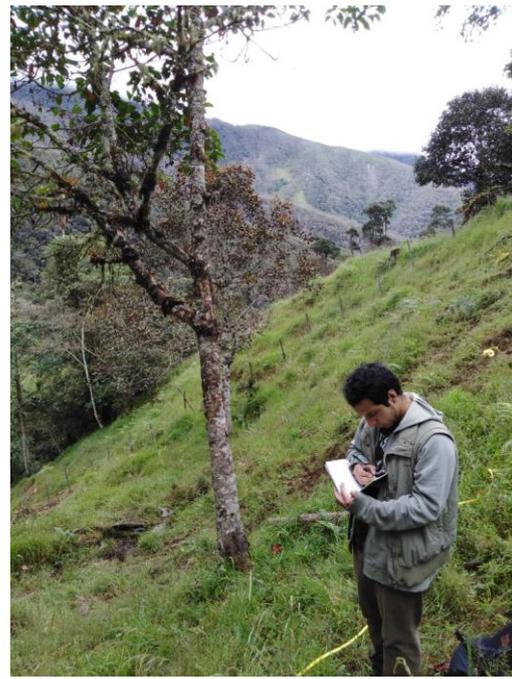
**Fig.13.** Reconocimiento del área.



**Fig. 14.** Apertura de caminos para evaluar los individuos de la especie.



**Fig. 15.** Georreferenciación de zona.



**Fig.16.** Registro de datos. del árbol candidato a semillero.



**Fig.17.** Medida de Altura y DAP.



**Fig.18.** Aplicación y registro de criterios de selección de árboles semilleros.



**Fig. 19.** Distancia para medida de altura.



**Fig.20.** Evaluación dasométrica del árbol de *C. officinalis* candidato a semillero.



**Fig. 21 y 22 .** Extracción de frutos de *C. officinalis* desde el suelo con tijera telescópica.



**Fig. 23.** Árbol candidato a semillero en un área con impacto antrópico.



**Fig. 24.** Clasificación de frutos de acuerdo al árbol en bolsas herméticas.

**Fig. 25.** Frutos maduros, listo para secar en ambientes adecuados.



**Fig. 26.** Secado de frutos de *C. officinalis*.



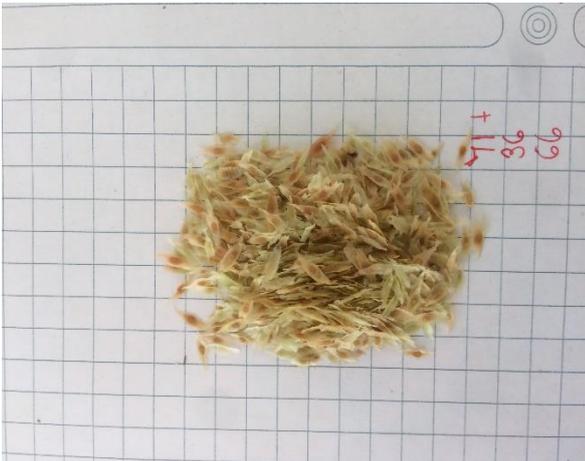
**Fig. 27.** Colecta de frutos secos



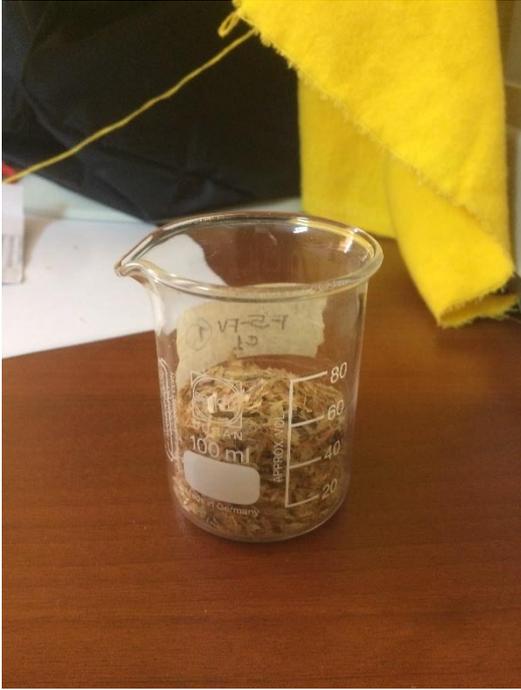
**Fig. 28** Semillas de *C. officinalis* con impurezas.



**Fig. 29.** Extracción de semillas de los frutos obtenidos del secado.



**Fig. 30.** Semillas seleccionadas.



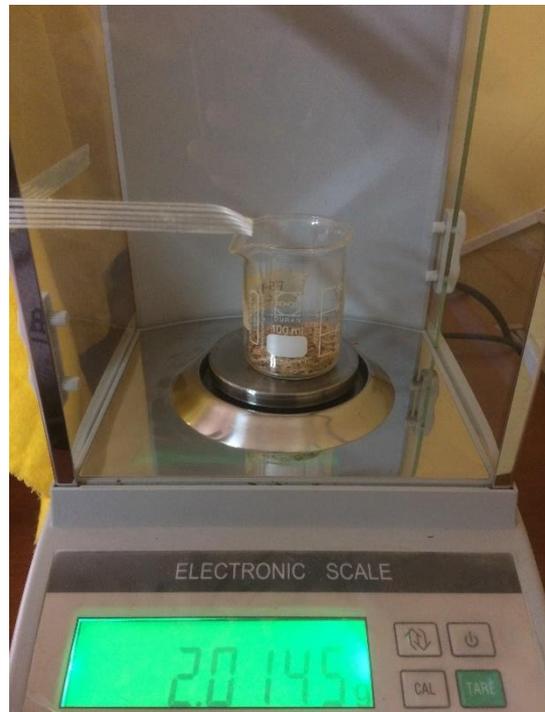
**Fig. 31.** Semillas preparadas para la prueba de pureza.



**Fig. 32.** Semillas preparadas para la prueba de contenido de humedad.



**Fig. 33.** Prueba de germinación en bandejas.



**Fig. 34.** Pesado de semillas.