

Germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L. en tres tipos de suelos de Cajamarca, Perú

Germination of *Cinchona officinalis* L. seeds in three soils types of Cajamarca, Peru

Germinação de sementes de *Cinchona officinalis* L. em três tipos de solo em Cajamarca, Peru

Roque Raúl Rodríguez Barrutia^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-5987-8801>

Israel Barrutia Barreto²  <https://orcid.org/0000-0002-5728-0651>

Tomás Darío Marín Velásquez³  <https://orcid.org/0000-0002-3334-5895>

¹Instituto Nacional de Investigaciones de la Expedición Científica: "Por la ruta del árbol de la Quina". Perú.

²Centro de Altos Estudios Nacionales. Perú.

³Innova Scientific SAC. Perú.

*Autor para la correspondencia: illiary_pakary77@yahoo.es

Recibido: 7 de noviembre de 2019.

Aprobado: 21 de enero de 2020.

RESUMEN

En la investigación se analiza la germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L., en tres suelos de poblaciones ubicadas en tres sectores de la provincia de Cajamarca en Perú, para su reintroducción en zonas donde ha desaparecido. Las semillas se recolectaron en las localidades de donde se obtuvieron las muestras de suelo y se trasladaron a la ciudad de Trujillo, Perú. Se estableció un diseño experimental por bloque con tres suelos y tres réplicas de 2 kg cada una con 100 semillas por réplica, para un total de 300 semillas por suelo. Se utilizaron envases de plástico perforados, con tapa. Se aplicó riego por atomización diariamente y se taparon las unidades para conservar la humedad. El lapso de conteo de las plántulas fue entre 13 y 60 días; además, se midió la altura de las mismas al final del estudio. Se realizó análisis de varianza no paramétrica con $\alpha = 0,05$ para establecer la influencia del suelo sobre el porcentaje de germinación. Se concluyó que las semillas de *C. officinalis* L. pueden germinar manteniendo las condiciones similares a las de su hábitat (temperatura y humedad); también el suelo donde germinó la mayor cantidad de semillas fue el de textura franco-arenosa. Se concluyó que el tipo de suelo tiene influencia significativa sobre el porcentaje de germinación con $p < 0,05$. Se demostró que se puede reproducir fuera de su hábitat con fines de reforestación de las zonas de donde ha desaparecido esta planta emblemática del Perú.



Palabras clave: árbol de quina; textura de suelo; plántulas; reforestación.

ABSTRACT

The research analyzes the germination of seeds of *Cinchona officinalis* L., in three soil samples from populations located in three sectors of the province of Cajamarca in Peru. The seeds were collected in the localities from where the soil samples were obtained and moved to the city of Trujillo, Peru. An experimental design was established per block with three soils and three replicates of 2 kg each with 100 seeds per replicate, for a total of 300 seeds per soil. Perforated plastic containers with lids were used. Spray irrigation was applied daily and units were covered to conserve moisture. The count of the seedlings lasted between 13 and 60 days, and their height was measured at the end of the study. Non-parametric variance analysis was performed with $\alpha = 0.05$ to establish the influence of the soil on the germination percentage. It was concluded that the seeds of *Cinchona officinalis* L. can germinate maintaining the conditions similar to those of its habitat (temperature and humidity), in addition the soil where germinated the greater quantity of seeds was the one of sandy loam texture. It was concluded that the type of soil has significant influence on the percentage of germination with $p < 0.05$. It was demonstrated that it can reproduce outside its habitat for reforestation purposes in areas where this emblematic plant of Peru has disappeared.

Keywords: cinchona tree; soil texture; seedlings; reforestation.

SÍNTESE

A pesquisa analisa a germinação de sementes de *Cinchona officinalis* L., em três solos de populações localizadas em três setores da província de Cajamarca, no Peru, para sua reintrodução em áreas onde desapareceu. As sementes foram coletadas nas localidades de onde as amostras de solo foram obtidas e transferidas para a cidade de Trujillo, Peru. Foi estabelecido um desenho experimental por bloco com três solos e três réplicas de 2 kg cada uma com 100 sementes por réplica, para um total de 300 sementes por solo. Foram utilizados recipientes de plástico perfurado com tampas. A irrigação com spray foi aplicada diariamente e as unidades foram cobertas para conservar a umidade. As plântulas foram contadas entre 13 e 60 dias e a sua altura foi medida no final do estudo. A análise não paramétrica de variância com $\alpha = 0,05$ foi realizada para estabelecer a influência do solo na percentagem de germinação. Concluiu-se que as sementes de *C. officinalis* L. podem germinar mantendo condições semelhantes às do seu habitat (temperatura e humidade); também o solo onde germinou a maior quantidade de sementes foi aquele com textura arenosa de argila. Concluiu-se que o tipo de solo tem influência significativa na percentagem de germinação com $p < 0,05$. Foi demonstrado que ela pode se reproduzir fora de seu habitat para fins de reflorestamento nas áreas onde esta planta emblemática do Peru desapareceu.

Palavras-chave: árvore cinchona; textura do solo; mudas; reflorestamento



INTRODUCCIÓN

Cinchona officinalis L., conocida como árbol de Quina o Cascarilla, es una planta perteneciente a la familia botánica *Rubiaceae*, originaria de la zona Andina suramericana, específicamente de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela (Gómez *et al.*, 2016). De la corteza de este árbol se extrae una sustancia rica en un alcaloide denominado quinina, el cual es utilizado para el tratamiento de la malaria o paludismo. Aunque se conoce genéricamente como *officinalis* (medicinal), se conocen alrededor de 23 especies del género *Cinchona* y es Perú el país que más especies posee (19), incluso aparece en el Escudo Nacional (Álvarez, 2013). Desde tiempos ancestrales, el uso medicinal de la quina era conocido por los pueblos originarios de los Andes, lo que hizo que con la colonización española sus propiedades y beneficios se extendieran, llegando a convertirse en uno de los árboles que más vidas ha salvado en el mundo. Su uso medicinal también ha sido su desgracia, ya que es una especie en peligro de extinción por su excesiva explotación y el uso inadecuado de los bosques, lo que ha producido la muerte de miles de plantas (Dulce, 2013). Al ser un árbol originario de la zona andina, el clima donde se encuentra distribuido es predominantemente cálido y húmedo, con abundantes precipitaciones y nubosidad casi todo el año; son zonas altas con influencia en el microclima y variaciones de temperatura y precipitación acordes con la altitud y latitud (Zevallos, 1989).

En el caso del Perú, el árbol de quina es considerado un símbolo nacional, debido a que aparece en el escudo nacional; sin embargo, existe dentro de la población un gran desconocimiento acerca del nivel de riesgo del mismo, ya que ha sido extraído indiscriminadamente de su ambiente y llevado a Asia para su explotación comercial. Aunque se han realizado proyectos de reforestación con especies endémicas del género *Cinchona* como en la zona andina de Lambayeque (Muñoz, 2017), algunas fuentes como la del portal de noticias Radio Podcast Perú de Lima (RPP, 2017) mencionan que, hasta el momento, de las 19 especies que existen en Perú, no existe un inventario con los árboles que se encuentran en estado salvaje.

La reproducción de la quina requiere de condiciones climáticas específicas, por ser una especie cuyo hábitat es de zona de montaña nublada, por lo que se han realizado estudios a nivel de laboratorio en los que se busca reproducirla en condiciones controladas (Campos-Ruíz *et al.*, 2016; Caraguay-Yaguana, 2016; Jeréz, 2017; Lima *et al.*, 2018), por lo que la presente investigación muestra los resultados de la germinación de las semillas de *C. officinalis* L., recreando las condiciones de temperatura y humedad necesarias a nivel de invernadero. La finalidad de la presente investigación es determinar el potencial germinativo de la planta fuera de su hábitat natural, manteniendo condiciones similares, para su posible reintroducción en aquellas zonas donde ha desaparecido producto de la deforestación y la sobreexplotación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas de *C. officinalis* L. fueron recolectadas de poblaciones silvestres ubicadas en el Centro Poblado Menor La Cascarilla-Jaén (1 850 msnm), sectores Tayabamba (1 200 msnm) y Santa Elena (2 100 msnm). Asimismo, se tomaron tres muestras compuestas de suelo de los mismos sitios donde se recolectaron las semillas, siguiendo el protocolo establecido en la *Guía de Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente del Perú*, (2014).



Se muestran las semillas y las muestras de suelo se trasladaron a la ciudad de Trujillo-Perú, ubicada a nivel del mar, donde se realizaron los ensayos, estableciéndose un diseño experimental por bloques, completamente al azar. La nomenclatura utilizada para el diseño (Tabla 1).

Tabla 1. - Nomenclatura utilizada para las unidades experimentales

Nomenclatura	Muestra de suelo
STY	Suelo del Sector Tayabamba
SSE	Suelo del Sector Santa Elena
SLC	Suelo de la Cascarilla

Los suelos fueron caracterizados para obtener su textura mediante el método de sedimentación descrito por *Andrades et al., (2015)*. Las muestras de suelo utilizadas fueron de 2 kg de suelo colocadas en envases o bandejas de plástico con tapa. En cada unidad experimental se sembraron 100 semillas a voleo de acuerdo a su procedencia y se regaron por atomización, con frecuencia diaria, cerrando cada unidad experimental para mantener un microclima con alta humedad que simulara las condiciones del ambiente natural de donde se obtuvieron las semillas.

El monitoreo de la cantidad de plántulas en cada unidad experimental se realizó desde los 13 días hasta 60 días, realizándose un conteo total, acumulado y promedio, para luego, mediante análisis estadísticos no paramétricos, establecer si existió diferencia significativa entre la germinación respecto al tipo de suelo. Se aplicaron modelos estadísticos no paramétricos debido a que, al tratarse de un estudio preliminar no se contaron con datos suficientes para realizar pruebas de supuestos de normalidad, en cuyo caso este tipo de pruebas es más conveniente. Se utilizó el software estadístico *InfoStat*, versión 2018. Adicionalmente se midió la altura de las plántulas al final del tiempo máximo de la investigación.

También se determinaron los siguientes parámetros, relacionados con la germinación de las semillas (*González y Ürozco, 1996*):

Coefficiente de velocidad de germinación (Ecuación 1).

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} \times 100 \quad (1)$$

Tiempo promedio de germinación (Ecuación 2).

$$T = \frac{1}{CV} \quad (2)$$



Índice de germinación (Ecuación 3).

$$IG = \frac{\sum (n_i t_i)}{N} \quad (3)$$

Velocidad de germinación (Ecuación 4).

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right) \quad (4)$$

Donde:

n_i =número de semillas germinadas al día i ,
 t_i =número de días después de la siembra,
 t =tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla,
 N =Número total de semillas sembradas,
 CV =Coeficiente de Velocidad de germinación,
 T =Tiempo promedio de germinación,
 IG =Índice de germinación,
 M =Velocidad de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran los resultados del monitoreo de la germinación de las semillas en cada una de las unidades experimentales, durante un lapso de tiempo de 60 días (Tabla 2).

Se observa que la mayor parte de las semillas germina a los 13 días en todos los suelos. En promedio, el 58,1 % de las semillas germina en ese tiempo. También se evidencia que en el STY el número de semillas germinadas fue mayor, seguido por el SLC y en tercer lugar el SSE.

Tabla 2. - Resultados obtenidos de la germinación de las semillas de *C. officinalis* L.

Días	Número de semillas germinadas		
	STY	SSE	SLC
13	88	55	62
25	45	25	36
30	9	4	9
35	3	3	4
40	3	2	2
45	2	1	1
50	0	0	0
55	0	0	0
60	0	0	0
Total	150	90	114
Porcentaje	50%	30%	38%
Tamaño promedio (cm)	2,0	1,0	1,0



El tamaño promedio de las plántulas al final de los 60 días de monitoreo fue mayor en STY (2,0 cm) observándose que, para las plántulas germinadas en los suelos SSE y SLC, el tamaño promedio fue el mismo (1,0 cm).

Las condiciones en la localidad donde se establecieron las unidades experimentales se mantuvieron a una temperatura entre 13,5 y 22,0 °C y, como las mismas se manejaron en ambiente cerrado, el microclima creado presentó una humedad cercana al 100 %, lo que es común en las zonas en las que se recolectaron las semillas y las muestras de suelo. Esto, según lo que reporta [Sánchez y Vásquez, \(2010\)](#) en el informe del mapa climático del departamento de Cajamarca, en donde la región de Jaén está catalogada como de clima de selva ecuatorial, seco, cálido y húmedo, con temperatura media superior a 18 °C y sin estación seca, con precipitaciones durante todo el año (60,85 mm en promedio), siendo los meses más lluviosos octubre, noviembre y diciembre.

La replicación de las condiciones de temperatura y humedad presentes en el hábitat natural de la *C. officinalis* L., demostró que la misma, a pesar de ser una especie adaptada a la selva ecuatorial, puede germinar, si se mantiene la condición de humedad, en zonas de menor altura y con mayores temperaturas a la de su hábitat. Al respecto, [Espinosa y Ríos, \(2014\)](#) en su estudio del crecimiento de plántulas de *C. officinalis* L., reportaron que las mismas se mantuvieron a una temperatura promedio de 23 °C, lo que concuerda con la temperatura medida en la presente investigación.

El porcentaje de germinación de las semillas varió en función del tipo de suelo donde se sembraron, llegando a obtenerse un máximo de 50 % en el suelo del sector Tayabamba de textura franco arenosa. El porcentaje de germinación obtenido concuerda con los reportados por [Lima et al., \(2018\)](#), quienes muestran valores entre 41,1 y 74,4 %. Igualmente se observó concordancia con los resultados de [Caraguay-Yaguana, \(2016\)](#), quienes obtuvieron 50 % de germinación de semillas para condiciones de poca luz a nivel de laboratorio. [Campos-Ruíz et al., \(2016\)](#) también reportan valores de germinación superiores a los obtenidos; sin embargo, los autores citados utilizaron semillas de *Cinchona pubescens* y aplicaron tratamientos para mejorar los resultados. [Jeréz, \(2017\)](#) también reportó, para semilla de *C. officinalis* L. germinación de más de 80 %, pero bajo condiciones controladas de laboratorio, lo que evidentemente incide en la diferencia respecto a los resultados de la presente investigación, donde las semillas germinaron en condiciones de invernadero sin tratamientos para mejorar su germinación. Solo se buscó simular las condiciones naturales de su hábitat.

Respecto al crecimiento de las plántulas a los 60 días, se observó que en STY el tamaño superó a los otros suelos en 100 %, lo que demostró que no solo hay mayor germinación en este suelo, sino que las plántulas se desarrollan con un mayor tamaño en un mismo período de tiempo respecto a los otros dos suelos utilizados. Al comparar estos resultados con los reportados por [Asicon, \(2013\)](#) se observa que el desarrollo de las plántulas fue mayor en el presente estudio, debido a que el autor citado reporta un máximo de 3,2 cm a 150 días, por lo que, si se considera un crecimiento lineal, sería aproximadamente 1,3 cm a 60 días; resultado similar a los obtenidos en las muestras de suelo SSE y SLC, pero inferior al del suelo STY.

La tasa de crecimiento de plántulas de *C. officinalis* L. también fue estudiada por [Espinosa y Ríos, \(2014\)](#), quienes reportaron un valor de 2,63 cm en 120 días (0,022 cm/día), resultado que también es inferior al obtenido en la investigación, debido a que la tasa de crecimiento diario fue de 0,033 cm/día. La tasa de crecimiento de las



plántulas de quina varía de acuerdo a la especie, lo que se observa al comparar el resultado obtenido con trabajos como el de *Gómez et al., (2016)*, quienes reportan que la *C. pubescens, Vahl* (quina roja) alcanzó una altura entre 3 y 4 cm en 60 días, lo que significa una tasa de crecimiento entre 0,05 y 0,067 cm/día, valores superiores a los obtenidos en la investigación para la *C. officinalis* L.

Las curvas de germinación se estabilizan a partir de los 40 días, independientemente del tipo de suelo, con cese de la misma a partir de 45 días (Figura 1).

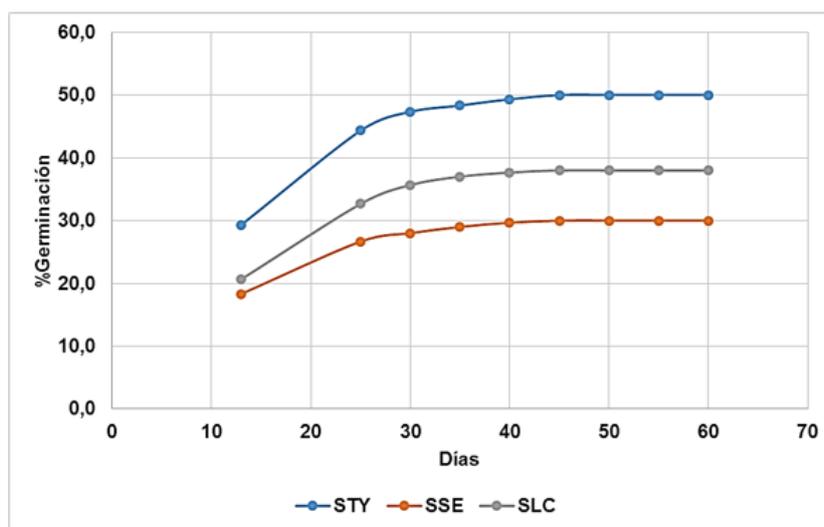


Figura 1. - Curvas de germinación de las semillas

Las curvas de germinación por tipo de suelo fueron similares en comportamiento y uniformidad, observándose una ligera diferencia en cuanto al tiempo de estabilización en los suelos SSE y SLC y los resultados en STY. En su investigación, *Moreno y Conde, (2016)* determinaron que las semillas de *C. officinalis* L. estabilizaron su curva de germinación en un tiempo mínimo de 50 días, lo que contrasta con lo obtenido en la presente investigación, donde se observó que la estabilización ocurrió cinco días antes (45 días), lo que se debe a las diferentes condiciones de los ensayos establecidas para la presente investigación, más favorables en comparación con los resultados de los autores citados.

Otro resultado que contrasta con el obtenido fue el de *Campos et al., (2016)*, quienes obtuvieron tiempos de estabilización de germinación entre 23 y 29 días; sin embargo, los autores aplicaron tratamientos para acelerar la germinación, lo que es causa de las diferencias, ya que indujeron a que la mayoría de las semillas germinaran en menor tiempo. En todos los casos revisados, las semillas de *C. officinalis* L. fueron germinadas bajo condiciones controladas de laboratorio; en su mayoría sometidas a tratamientos de fertilización, por lo que la investigación realizada representa un aporte significativo y se logró la germinación bajo condiciones de invernadero y solo con condiciones ambientales que aseguraran su desarrollo.

De acuerdo a las pruebas de normalidad realizadas (*Shapiro-Wilks*), donde se obtuvieron resultados de *p-valor* < 0,05, el crecimiento de las semillas no sigue una distribución normal, por lo que para la comparación de los resultados se realizó la prueba de varianza no paramétrica de *Kruskal-Wallis*. El análisis mostró que el



porcentaje de germinación de las semillas se vio influenciado significativamente por el tipo de suelo con nivel de significancia de 0,05 (Tabla 3) y (Tabla 4).

Tabla 3.- Resultados del análisis de varianza de *Kruskal-Wallis*

Variable	SUELO	N	Medias	D.E.	Medianas	gl	H	P-valor
% GERMINACIÓN	SEE	9	27,96	3,79	29,67	2	16,31	0,0003
	SLC	9	35,08	5,68	37,67			
	STY	9	46,52	6,71	49,33			

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de *InfoStat*

Los resultados estadísticos mostraron que existe dependencia entre el tipo de suelo y el porcentaje de germinación de las semillas de *C. officinalis* L. La germinación presentó diferencias significativas en los suelos utilizados en el estudio. La germinación en un suelo de textura franco-arenosa también fue estudiada por Suárez, (2018), quien obtuvo porcentajes de germinación de dos variedades de Cinchona entre 47,5 y 55,8 %, lo que es similar a lo obtenido en la presente investigación (Tabla 3).

En la Tabla 4, se observa que la germinación de semillas en los suelos presenta diferencias significativas (p -valor < 0,05), lo que se ve reflejado en la ubicación de cada tipo de suelo en grupos diferentes, según la letra correspondiente.

Tabla 4. - Resultados del análisis de rangos múltiples de *Kruskal-Wallis*

Tratamiento	Rank	Grupo
SEE	6,44	A
SLC	14,00	B
STY	21,56	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de *InfoStat*

Lo anterior sugiere que las semillas de *C. officinalis* necesitan, además, de las condiciones climáticas adecuadas, suelos livianos, que presentan buen drenaje para germinar en mayor proporción. Lo anterior también fue observada por Méndez *et al.*, (2009), quienes muestran que en suelo arenoso se obtiene un mayor porcentaje de germinación de semillas de *Psidium guajava* L. que, si bien no es la misma especie, demuestra que este tipo de suelo favorece la germinación. Los suelos de granos finos como los SSE y SLC, al retener agua pueden influir en la pudrición de las semillas, sobre todo al ser sembradas a voleo, porque las semillas están directamente expuestas al agua de riego. La influencia del tipo de sustrato en la germinación fue observado por Jiménez *et al.*, (2018), quienes concluyeron que la influencia del sustrato en la germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* fue estadísticamente significativa, lo que es consistente con lo obtenido en la presente investigación.



Se observa el resultado de textura del suelo a partir de un análisis granulométrico aplicando sedimentación (Sandoval *et al.*, 2011) a cada una de las muestras (Tabla 5).

Tabla 5. - Textura de los suelos utilizados

Suelo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clasificación
STY	85	8	7	Franco Arenoso
SLC	20	70	10	Limoso Franco
SSE	21	12	67	Arcilloso

El suelo STY se clasifica como de textura gruesa (franco-arenoso) y los suelos SLC y SSE son de textura fina (Jaramillo, 2002). De lo anterior se infiere que las semillas de *C. officinalis* L. tienden a germinar en mayor cantidad en el suelo de textura gruesa; es decir suelos livianos con buen drenaje. Una de las razones de la menor germinación en los suelos de textura fina se debe a que, por ser suelos con mayor retención de agua (Ibáñez, 2006), causan la pudrición de las semillas, sobre todo en un microclima de alta humedad. Se muestran los resultados de los parámetros de germinación determinados para la interpretación de estos (Tabla 6).

Tabla 6. - Parámetros de germinación calculados

Suelo	CV	T	IG	M
STY	5,26	0,19	9,51	3,33
SSE	5,33	0,19	5,63	2,00
SLC	5,09	0,20	7,47	2,53
Coefficiente de variación (%)	2,36	2,99	25,75	25,56

Como se observa en la Tabla 6, los parámetros que muestran las mayores diferencias son el índice de germinación y la velocidad de germinación. Los coeficientes de velocidad y el tiempo de germinación no mostraron variaciones importantes, lo que se puede observar a través del coeficiente de variación de cada parámetro, donde la variabilidad de los valores fue menor a 5 % para el CV y T.

Los parámetros de germinación estudiados muestran que, en los tres suelos el coeficiente de velocidad de germinación y el tiempo de germinación de las semillas fueron estadísticamente similares, presentando un coeficiente de variación menor a 5 %. Los parámetros, índice y velocidad de germinación mostraron coeficientes de variación mayores a 5 %, por lo que se considera que estos parámetros se vieron influenciados por el tipo de suelo donde se sembraron las semillas. Los mayores índices y velocidades de germinación fueron para las semillas sembradas en STY, lo que corrobora lo observado anteriormente y demuestra que las semillas tienden a germinar en mayor proporción y con mayor velocidad en el suelo franco-arenoso proveniente del sector Tayabamba. Respecto a lo anterior, Gómez *et al.*, (2016) concluyeron que es posible la reproducción de la especie; sin embargo, aclaran que el riego constante no sustituye las condiciones del bosque nublado, lo que influye en



la germinación y que va a depender además de la calidad de las semillas, por lo que recomiendan reproducir las plantas en su hábitat, así como analizar la relación entre la germinación y el nivel de luz que reciben las semillas.

A partir de los resultados obtenidos, se demuestra que las semillas de *C. officinalis* L. pueden ser germinadas manteniendo las condiciones de temperatura ambiente alrededor de 23 °C y en sistema cerrado por riego atomizado, para mantener la humedad cercana al 100 %.

El suelo del sector Tayabamba fue el de mejores propiedades para la germinación de las semillas, al obtenerse un porcentaje superior a los alcanzados en las otras muestras de suelo, con un nivel de significancia de 5 %.

El crecimiento de las plántulas al final de un período de 60 días fue satisfactorio, llegando a tener una tasa de crecimiento diario superior a las de otras investigaciones revisadas, con una curva de germinación que se estabiliza a los 45 días y una mayor germinación a los 13 días en todas las muestras de suelo.

Se debe continuar investigando sobre la germinación y el crecimiento de la *C. officinalis* L. fuera de su hábitat natural y bajo condiciones de invernadero, con la finalidad de lograr un sistema de reproducción que permita obtener plántulas que puedan ser utilizadas para la repoblación de las zonas en las que ha desaparecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ ALONSO, José, 2013. *El árbol de la calentura*. Boletín Instituto Nacional de Salud, vol. 19, pp. 214-215. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/handle/INS/296>
- ANDRADES RODRÍGUEZ, M., MOLINER ARAMENDÍA, A. y MASAGUER RODRÍGUEZ, A., 2015. *Prácticas de Edafología. Métodos didácticos para análisis de suelos* [en línea]. España: Universidad de La Rioja. ISBN: 978-84-608-5117-2. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/580696.pdf>
- ASICONA CABA, P., 2013. *Evaluación de cuatro sustratos en semilleros de quina (Cinchona Ledgeriana; Rubiaceae) en Escuintla* [en línea]. Tesis Ingeniería en Agronomía. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/17/Asicona-Pablo.pdf>
- CAMPOS RUÍZ, J., 2016. *Germinación de semillas de quina, Cinchona pubescens Vahl. con ácido giberélico, nitrato de potasio y agua de coco*. Pakamuros, vol. 4, no. 1, pp. 8-20. Disponible en: <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/38>
- CARAGUAY YAGUANA, K.A., ERAS GUAMAN, V.H., GONZÁLEZ ZARUMA, D., MORENO SERRANO, J., MINCHALA PATIÑO, J., YAGUANA ARÉVALO, M. y VALAREZO ORTEGA, C., 2016. *Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de Cinchona officinalis L., provenientes de relictos boscosos en la provincia de Loja-Ecuador*. Revista Investigaciones Altoandinas, vol. 18, no. 3, pp. 271-280. ISSN: 2306-8582. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5645611>



- DULCE MOSTACERO, D., 2013. *Medicina mágica: el ayer y hoy del árbol de la Quina*. Annalicemos Historia [en línea]. Disponible en: <http://annalicemoshist8ria.blogspot.com/2013/06/medicina-magica-el-ayer-y-hoy-del-arbol.html>.
- ESPINOSA, C.I. y RÍOS, G., 2014. *Patrones de crecimiento de Cinchona officinalis in vitro y ex vitro; respuestas de plántulas micropropagadas y de semillas*. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, vol. 35, no. 1-2, pp. 73-82. ISSN: 0034-9313. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Patrones-de-crecimiento-de-Cinchona-officinalis-in-Espinosa-R%C3%ADos/d99237b1f68a0fed158407e638ac04d9a122b655>
- GÓMEZ SILVERA, A., BERAUN MACEDO, L.A., GÓMEZ RENGIFO, O.J. y LLATAS DUCEP, E., 2016. *Procesos de regeneración natural de la quina o cascarilla (Cinchona spp.): en los bosques de neblina del distrito de Kañaris, región Lambayeque*. INIA. Estación Experimental Agraria Vista Florida-Lambayeque [en línea], Disponible en: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/572/1/Gomez-procesos_reg.pdf.
- GONZÁLEZ ZERTUCHE, L. y OROZCO SEGOVIA, A., 1996. *Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, vol. 58, pp. 15-30. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/M%C3%A9todos-de-an%C3%A1lisis-de-datos-en-la-germinaci%C3%B3n-de-Zertuche-Segovia/83f14cbfc4b71bb5021d62f0b6e85f46ce3c665a>
- IBÁÑEZ, J.J., 2006. *El Agua en el Suelo 4: Textura del Suelo y Propiedades Hídricas*. Un Universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida [en línea]. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>.
- JARAMILLO, D.F., 2002. *Introducción a la ciencia del suelo* [en línea]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Medellín. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>.
- JERÉZ BASTIDAS, E.A., 2017. *Propagación sexual y asexual de la cascarilla (Cinchona officinalis L.), con fines de potencial reproductivo en el vivero Catiglata del Consejo provincial de Tungurahua* [en línea]. Trabajo de Diploma. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/7663>.
- LIMA JIMÉNEZ, N.R., MORENO SERRANO, J.A., ERAS GUAMÁN, V.H., MINCHALA PATIÑO, J., GONZÁLEZ ZARUMA, D., YAGUANA ARÉVALO, M. y VALAREZO ORTEGA, C., 2018. *Propagación in vitro de Cinchona officinalis L a partir de semillas*. *Revista de Investigaciones Altoandinas* [en línea], vol. 20, no. 2. ISSN 2313-2957. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200002.



- MEDIAKIT GRUPO RPP, 2017. *El árbol de la Quina: presente en el Escudo, pero casi extinto en el Perú*. RPP Lima [en línea]. Disponible en: <https://rpp.pe/peru/lima/el-arbol-de-la-quina-presente-en-el-escudo-pero-casi-extinto-en-el-peru-noticia-1067299>.
- MÉNDEZ NATERA, J.R., MORENO, M.J. y MOYA, J.F., 2009. *Efecto de diferentes combinaciones de sustratos (arena, suelo y/o bagazo de caña de azúcar) sobre la germinación de semillas y altura de plantas de guayaba (Psidium guajava L.)*. Revista Científica UDO Agrícola [en línea], vol. 9, no. 1. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/47372017_Efecto_de_diferentes_combinaciones_de_sustratos_arena_suelo_yo_bagazo_de_cana_de_azucar_sobre_la_germinacion_de_semillas_y_altura_de plantas_de_guayaba_Psidium_guajava_L.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2014. *Guía para muestreo de suelos* [en línea]. 2014. S.l.: Dirección General de Calidad Ambiental. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf.
- MORENO SERRANO, J.A. y CONDE MONTAÑO, M.E., 2016. *Propagación in vivo de Cinchona officinalis L., a partir de material vegetal sexual y asexual, con fines de conservación de la especie* [en línea]. Trabajo de Diploma. Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10270>.
- MUÑOZ, L., 2017. *El árbol de la quina: entre la extinción y su rescate en la zona andina de Lambayeque*. Infobosques [en línea]. Disponible en: <http://infobosques.com/portal/noticias-y-eventos/el-arbol-de-la-quina-entre-la-extincion-y-su-rescate-en-la-zona-andina-de-lambayeque/>.
- SÁNCHEZ ROJAS, A. y VÁSQUEZ PERALTA, C., 2010. *Mapa climático Departamento de Cajamarca* [en línea]. 2010. S.l.: Gobierno Regional de Cajamarca. Disponible en: <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MapaClimatico.pdf>.
- SANDOVAL ESTRADA, M., DÖRNER FERNÁNDEZ, J., SEGUEL SEGUEL, O., CUEVAS BECERRA, J. y RIVERA SALAZAR, D., 2011. *Métodos de análisis físico de suelos* [en línea]. 2011. S.l.: Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Disponible en: http://www.trapananda.uach.cl/proyectos/desarrollo/lib/exe/fetch.php?media=proyectos:metodos_analisis_fisico_suelos.pdf.
- SUÁREZ TORRES, J.A., 2018. *Caracterización de las semillas de Cinchona capuli L. Andersson y C. lancifolia Mutis y el efecto de las rizobacterias promotoras del crecimiento en la germinación y la formación de plántulas* [en línea]. Trabajo de Diploma. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/8440>.
- ZEBALLOS POLLITO, P.A., 1989. *Taxonomía, distribución geográfica y status del género Cinchona en el Perú* [en línea]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266558941_Taxonomia_distribucion_geografica_y_status_del_genero_Cinchona_en_el_Peru.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2019 Roque Raúl Rodríguez Barrutia, Israel Barrutia Barreto, Tomás
Darío Marín Velásquez

