








# Efecto del sustrato en la germinación de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae)

Franklin Hitler Fernandez Zarate<sup>1,2\*</sup> , Annick Estefany Huaccha Castillo<sup>3</sup> , Luci Magali Barturén Vega<sup>4</sup> , Lenin Quiñones Huatangari<sup>2</sup> , Tito Sánchez Santillán<sup>5</sup> 

- (1) Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, Perú.  
(2) Instituto de Ciencias de Datos de la Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú.  
(3) Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú.  
(4) Stichting Interkerkelijke Aktie Voor Latijns Amerika Solidaridad, Moyobamba, Perú.  
(5) Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.

\*Autor de correspondencia: F. Fernandez [[fran.9615fernandez@gmail.com](mailto:fran.9615fernandez@gmail.com)]

> Recibido el 04 de noviembre de 2021 - Aceptado el 11 de febrero de 2022

**Como citar:** Fernandez, F.H., Huaccha, A.E., Barturén, L.M., Quiñones, L., Sanchez, T. 2022. Efecto del sustrato en la propagación sexual de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae). *Ecosistemas* 31(1): 2314. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2314>

## Efecto del sustrato en la germinación de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae)

**Resumen:** *Cinchona officinalis*, conocida como árbol de la quina, es una especie emblemática de Perú, con alto valor medicinal, se popularizó por su uso antimalárico y se encuentra en peligro de extinción. El objetivo de la investigación fue estudiar el efecto del sustrato sobre la propagación sexual de *C. officinalis*. Se aplicó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos de acuerdo con el tipo de sustrato T1 (25 % de tierra de bosque + 75 % de arena), T2 (50 % de tierra de bosque + 50 % de arena), T3 (75 % de tierra de bosque + 25 % de arena), T4 (100 % de tierra de bosque) y T5 (100 % de arena). En los tratamientos se emplearon tres repeticiones y 100 semillas por unidad experimental. El inicio de la germinación de *C. officinalis* ocurrió a partir de los 12 días después de la siembra hasta el día 42. El sustrato tierra de bosque tuvo mejor efecto en el índice ( $18.45 \pm 3.63$ ), velocidad ( $0.40 \pm 0.06$ ), tiempo ( $21.44 \pm 0.98$ ) y porcentaje de germinación ( $85 \% \pm 13.23 \%$ ); seguido por los tratamientos T3 y T2. Por su parte, T5 fue el tratamiento con menor efecto sobre la germinación de *C. officinalis*. El estudio evidencia que el tipo de sustrato empleado favoreció el proceso de germinación de semillas de *C. officinalis*; sugiriendo usar un sustrato procedente de bosques naturales y puro (sin combinación).

**Palabras clave:** agrosilvicultura; árbol de la quina; germinación; vivero agroforestal

## Effect of substrate on the germination of *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae)

**Abstract:** *Cinchona officinalis*, known as cinchona tree, is an emblematic species of Peru, with high medicinal value, became popular for its antimalarial use and is in danger of extinction. The objective of the research was to study the effect of substrate on the sexual propagation of *C. officinalis*. A completely randomized design was applied with five treatments according to the type of substrate T1 (25 % forest soil + 75 % sand), T2 (50 % forest soil + 50 % sand), T3 (75 % forest soil + 25 % sand), T4 (100 % forest soil) and T5 (100 % sand). Three replicates and 100 seeds per experimental unit were used in the treatments. The onset of germination of *C. officinalis* occurred from 12 days after sowing until day 42. The forest soil substrate had the best effect on the index ( $18.45 \pm 3.63$ ), speed ( $0.40 \pm 0.06$ ), time ( $21.44 \pm 0.98$ ) and germination percentage ( $85 \% \pm 13.23 \%$ ); followed by treatments T3 and T2. T5 was the treatment with the least effect on *C. officinalis* germination. The study shows that the type of substrate used favored the germination process of *C. officinalis* seeds, suggesting the use of a substrate from natural forests and pure (without combination).

**Keywords:** agroforestry; cinchona tree; germination; agroforestry nursery

## Introducción

*Cinchona officinalis* conocida como "quina", "árbol de quina" o "cascarilla", es una especie medicinal que pertenece a la familia Rubiaceae (Raheem et al. 2004); se distribuye de forma natural a lo largo de zonas altoandinas y amazónicas de Bolivia, Ecuador, Colombia, y Perú (Aymard 2019). Su corteza contiene varios alcaloides, destacándose la quinina, quinidina, cinchonina y cinchonidina, por lo que, fue exportada a diversas partes del mundo, siendo ampliamente usada por más de tres siglos para el tratamiento contra la malaria y otras enfermedades (arritmias cardíacas, resfriados, fibrilación auricular, tónico eupéptico, catarros y como tónico capilar) (Córdor Cuyubamba et al. 2009; Kaufman y Rúveda 2005).

A pesar de su extendida explotación, se carece de información sobre el impacto generado por la extracción de la corteza en poblaciones naturales (Zevallos 1989). Por otra parte, los ecosistemas naturales de la quina, principalmente de *C. officinalis*, también han sufrido severos daños causados por la expansión agrícola y pecuaria (Zevallos 1989; Vásquez et al. 2018; Huamán et al. 2019), lo que dificulta encontrar hoy en día, poblaciones en cantidades considerables, dentro de la geografía boscosa del territorio peruano (Budenhagen et al. 2004).

Una alternativa para recuperar plantas nativas y combinarlas con cultivos, es la agrosilvicultura, sin embargo, uno de los problemas a afrontar está en la etapa productiva a nivel de vivero (Abanto-Rodríguez et al. 2016); sobre todo en la fase germinativa,

que es muy dependiente de diversos factores de calidad como: tipo de sustrato, fertilización, la semilla botánica, tipo de recipiente y riego (Santos et al. 2010).

La propagación de *C. officinalis* se realiza principalmente por semilla, siendo este recurso muy importante para el manejo agrícola y silvícola de la especie (Vásquez et al. 2018). En condiciones naturales *C. officinalis* presenta baja tasa de germinación y regeneración, encontrándose en lugares apartados y en pequeños grupos, que lo convierte en una especie en peligro de extinción (Buddenhagen et al. 2004).

Los sustratos para la producción de plantas deben permitir la retención del agua, oxígeno y nutrientes, además de ofrecer un pH compatible con la especie; ausencia de elementos químicos en niveles tóxicos y conductividad eléctrica adecuada, para ello se pueden emplear materiales combinados o en su composición original (Frade et al. 2011). Por lo descrito, la investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de la tierra de bosque y arena sobre la germinación de *C. officinalis*. Como hipótesis nos planteamos que el sustrato tiene un efecto significativo sobre la germinación de semillas de *C. officinalis*.

## Material y métodos

### Área de estudio

El ensayo se desarrolló desde el 5 de febrero hasta el 6 de abril de 2021 en la comunidad La Cascarilla (5°40' 16.5" S y 78°53' 11.6" E), provincia de Jaén en Perú, a 1810 m de altitud, cuya precipitación anual es de 1730 mm, temperatura mínima de 13.0 °C y máxima de 20.5 °C. El clima en el área es del tipo AM (clasificación de Köppen), el cual se define como tropical monzónico (Fernandez et al. 2021).

### Especie de estudio

*Cinchona officinalis* es una especie anemocórica, de 11 a 15 m de altura con fuste cilíndrico, de 30 a 40 cm de diámetro; presenta una ramificación simpodial, copa globosa irregular, sus hojas son simples, opuestas y decusadas, de 8 a 26.8 cm de largo y de 7 a 18 cm de ancho. Flores en forma de panículas terminales de 20 a 25 cm de longitud, ligeramente pubescentes, hermafroditas, actinomorfas; cáliz gamosépalo de aproximadamente 4 mm de longitud, cilíndrico, con 5 lóbulos pequeños; corola blanco-roja, con pétalos fundidos, de 1.5 cm de largo. Fruto dehiscente en forma de cápsula elipsoide de color marrón oscuro, de 0.8 a 2.5 cm de largo y de 0.4 a 0.8 cm de ancho, dehiscente; sus semillas tienen forma fusiforme de 0.3 a 0.8 cm de largo (Zevallos 1989).

### Colecta y secado de material biológico

Las semillas de *C. officinalis* fueron colectadas en octubre de 2020 de una única población, existente en el distrito San Luis (6°22' 6.68" S y 79°3' 29.50" E) a 2489 m de altitud. En total se colectó 1 kg de frutos maduros (color pardo a marrón), los que fueron empacados en bolsas de tela para su posterior transporte a la comunidad La Cascarilla, los frutos fueron instalados bajo sombra por 15 días, posterior a ello se seleccionó semillas en perfecto estado fitosanitario; luego se almacenaron en una bolsa de tela a temperatura ambiente.

### Preparación del ensayo

Se usó una cámara de subirrigación de 1 m de largo por 0.45 m de ancho y 0.5 m de alto, segmentada en 15 unidades experimentales de 0.15 m de ancho por 0.2 m de largo y 0.1 m de alto, en cada unidad experimental se dispuso sustrato que fue preparado de acuerdo con los porcentajes de tierra de bosque extraída de la zona donde la especie en estudio crece de forma natural y arena para cada tratamiento; el sustrato se humedeció a capacidad de campo y se sembraron 100 semillas de por cada réplica evitando cubrir las con sustrato, posterior a ello se aplicaron riegos diarios (0.15 L.m<sup>-2</sup>) con el fin de asegurar humedad constante.

## Diseño experimental

El ensayo se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (Tabla 1) y tres réplicas por cada tratamiento distribuidas aleatoriamente en la cámara de subirrigación; se emplearon 100 semillas de *C. officinalis* por cada réplica y 1500 en todo el experimento.

## Evaluación y registro de datos

La evaluación se realizó diariamente durante 60 días, se consideró como indicador de germinación la aparición del ápice de la radícula en cada réplica.

El porcentaje de germinación (G%) se determinó según la siguiente fórmula:

$$G\% = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Semillas sembradas}} \times 100$$

Además, se determinaron parámetros relacionados con la germinación de semillas de acuerdo con lo establecido por González y Orozco (1996):

Tiempo promedio de germinación (T).

$$T = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum n_i}$$

Índice de germinación (IG)

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

Velocidad de germinación (M)

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

Donde:

$n_i$  = cantidad de semillas germinadas por 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

## Análisis de datos

Se verificó el cumplimiento de los supuestos de Normalidad (Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Luego se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para cada variable de respuesta y las medias fueron comparadas mediante la prueba post-hoc de Tukey HSD ( $p < 0.05$ ). Todos los datos fueron procesados en el software StatGraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies Inc, Warrenton, VA, EE. UU.).

**Tabla 1.** Clasificación de los tratamientos según el tipo de sustrato para la germinación de *C. officinalis*.

**Table 1.** Classification of treatments according to the type of substrate for germination of *C. officinalis*.

Tratamiento	Descripción
T1	25 % de tierra de bosque + 75 % de arena
T2	50 % de tierra de bosque + 50 % de arena
T3	75 % de tierra de bosque + 25 % de arena
T4	100 % de tierra de bosque
T5	100 % de arena

## Resultados

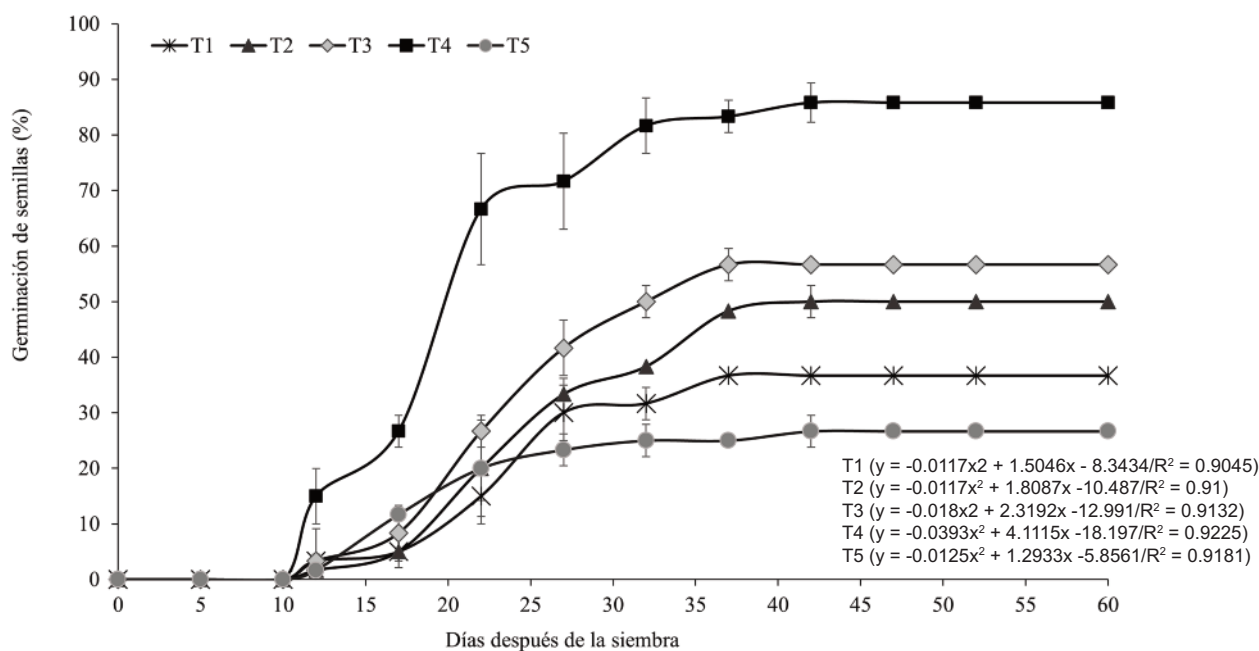
El inicio de la germinación de semillas de *C. officinalis* se observó con la aparición de la radícula a partir de los 12 días después de la siembra. En adelante, la germinación incrementó a diario, logrando el mayor porcentaje de germinación acumulado a los 42 días (Fig. 1). Las curvas de germinación acumulada presentaron una tendencia polinómica con cierto grado de similitud en todos los tratamientos. La mayor capacidad germinativa se dio entre los días 22 y 27 en todos los tratamientos, luego se incrementaron en cantidades mínimas entre los días 28 y 37; completando su fase germinativa posterior a los 38 días (constante). No obstante, la curva de germinación con el T4 se mantuvo siempre por encima de los demás tratamientos y el T5 por debajo.

El análisis de varianza mostró que el tipo de sustrato tiene influencia significativa ( $p < 0.05$ ) sobre la germinación total de semillas de *C. officinalis*. La comparación múltiple indicó que el T4 alcanzó

la mayor tasa de germinación con  $85 \% \pm 13.23 \%$ , seguido del T3 y T2 con un  $56.7 \% \pm 7.63 \%$  y  $46.7 \% \pm 11.55 \%$  respectivamente, la menor tasa de germinación se registró en el T5 con un  $26.7 \% \pm 5.77 \%$ . Existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre el T4 y los demás tratamientos y, entre el T3 y el T5 (Fig. 2).

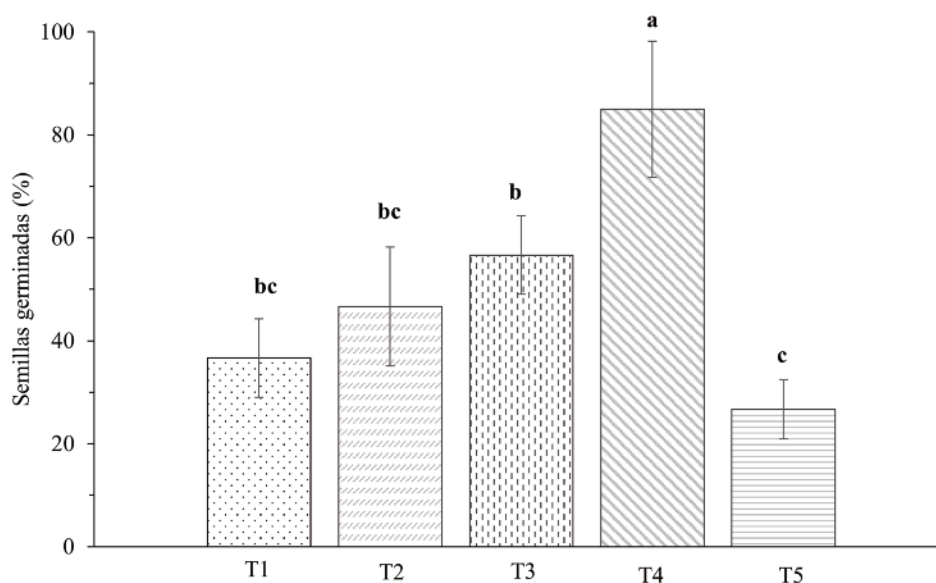
El tiempo promedio de germinación de las semillas de *C. officinalis* estuvo comprendido entre 21.44 y 26.72 días (T4 y T2 respectivamente). Se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el índice de germinación y la velocidad de germinación de semillas de *C. officinalis*; el mayor índice de germinación se registró en el T4, seguido del T2 y T3, sin diferencias estadísticas significativas entre sí. La velocidad de germinación en el T4 fue la más alta y se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre éste con los demás tratamientos y entre el T3 y el T5 (Tabla 2).

En la Tabla 3 se muestran las características físico-químicas de los sustratos usados en la germinación de semillas de *C. officinalis*.



**Figura 1.** Curvas de germinación acumulada de semillas de *C. officinalis* sembrados en diferentes sustratos

**Figure 1.** Cumulative germination curves of *C. officinalis* seeds sown in different substrates.



**Figura 2.** Efecto del sustrato sobre la germinación de semillas de *C. officinalis* a los 60 días. Medias con letras distintas por tratamiento, indican diferencias significativas con la prueba Tukey HSD ( $p < 0.05$ ).

**Figure 2.** Effect of substrate on germination of *C. officinalis* seeds at 60 days. Means with different letters per treatment indicate significant differences by Tukey HSD test ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 2.** Resultados de germinación de semillas de *C. officinalis* en diferentes sustratos.**Table 2.** Seed germination results of *C. officinalis* seeds in different substrates

Tratamiento	Tiempo promedio de germinación (día)	Índice de germinación (día)	Velocidad de germinación (semillas.día <sup>-1</sup> )
T1	25.81 ± 3.38 a	9.32 ± 1.05 bc	0.17 ± 0.04 bc
T2	26.72 ± 0.79 a	12.43 ± 2.84 abc	0.22 ± 0.05 bc
T3	25.55 ± 1.65 a	14.47 ± 1.98 ab	0.27 ± 0.04 b
T4	21.44 ± 0.98 a	18.45 ± 3.63 a	0.40 ± 0.06 a
T5	21.61 ± 4.59 a	5.87 ± 2.26 c	0.13 ± 0.03 c

**Tabla 3.** Propiedades físico-químicas de los sustratos empleados en los experimentos de germinación de *C. officinalis*.**Table 3.** Physicochemical properties of the substrates used in the *C. officinalis* germination experiments.

Tratamiento	pH (1:1, p/v)	C. E. (dS/m)	P (ppm)	K (ppm)	N (%)	M. O (%)	Clase textural
T1	7.85 ± 0.12	0.82 ± 0.01	8.02 ± 2.53	89.29 ± 1.31	0.28 ± 0.00	5.68 ± 0.09	Arenoso franco
T2	6.88 ± 0.21	2.10 ± 0.02	10.83 ± 3.12	143.73 ± 2.11	0.43 ± 0.01	6.52 ± 0.01	Arenoso franco
T3	5.73 ± 0.29	1.56 ± 0.00	8.96 ± 2.48	138.72 ± 1.56	0.20 ± 0.00	7.06 ± 0.11	Arenoso franco
T4	3.87 ± 0.24	0.15 ± 0.01	9.95 ± 1.43	187.42 ± 1.87	0.53 ± 0.01	10.55 ± 0.15	Franco arenoso
T5	6.98 ± 0.09	0.89 ± 0.00	5.33 ± 1.11	67.71 ± 2.13	0.08 ± 0.00	1.62 ± 0.04	Arenoso franco

## Discusiones

La germinación de las semillas de *C. officinalis* se inicia a los 12 días después de la siembra, hasta el día 42, en el que se registró el mayor porcentaje de germinación acumulada; estos resultados difieren de los reportados por Caraguay et al. (2016), quienes mencionan que las semillas de *C. officinalis*, inician la germinación al quinto día y finalizan a los 35 días; dichas variaciones pueden estar relacionadas con las condiciones fisiológicas, genéticas y morfológicas individuales de las semillas (Herrera et al. 2006), además de factores como la humedad, condiciones climáticas, edáficas y manejo agronómico realizado (Meza et al. 2004; Bonfil-Sanders et al. 2008).

El mayor porcentaje de germinación (85 %) de semillas de *C. officinalis* se registró en el T4 (sustrato de bosque); posiblemente se deba al alto contenido de materia orgánica (10.55 %) y pH (3.87) del sustrato (García-Hoyos et al. 2011), así como la textura (franco arenoso), que facilita la retención de agua y proveen nutrientes necesarios durante el proceso de germinación (Alves et al. 2005; Cunha et al. 2006; Alfonso et al. 2017). El tipo de sustrato tiene influencia en la imbibición de las semillas, debido a algunas características como el potencial hídrico (Wagner et al. 2006); que permite activar las sustancias almacenadas en el sistema embrionario y en consecuencia aceleran la emergencia de estas (García-Hoyos et al. 2011).

Diferentes investigaciones han mostrado los efectos del tipo de sustrato en la germinación de semillas en especies del género *Cinchona*; con algunas variaciones en los resultados, provocados por factores edafo-climáticas, la especie y tratamientos pregerminativos. Por ejemplo, Campos et al. (2016) en semillas de *Cinchona pubescens* aplicaron KNO<sub>3</sub> a 1000 ppm, logrando una germinación de 91 %, considerado muy alto respecto a lo encontrado en el estudio, y a los reportados por Conde et al. (2017), con una germinación de

83.33 % para *C. officinalis* en sustrato turba. Por su parte Rodríguez et al. (2020) reportaron un 50 % de germinación en sustrato de textura arenosa, coincidiendo con la germinación encontrada en el T2 de este estudio (50 % tierra de bosque + 50 % arena).

Jäger (2014) indica que las semillas de *C. pubescens* tienen un porcentaje de germinación que varía entre el 50 % y el 85 %, rango que también incluye a *C. officinalis* según los resultados del presente estudio. El mayor índice y velocidad de germinación, así como el menor tiempo, fueron reportados en el T4, lo que resulta favorable para propagar *C. officinalis* y evitar el letargo prolongado en el germinador; que por lo general son afectados por la invasión de agentes patógenos, generando mortandad de semillas y/o desuniformidad en plántulas logradas. No cabe duda que las semillas de quina, requieren de ciertas condiciones favorables que brindan los sustratos, destacando el contenido adecuado de materia orgánica, retención hídrica y pH (Rodríguez et al. 2020).

## Conclusión

El estudio evidencia que el tipo de sustrato empleado favoreció el proceso de germinación de semillas de *C. officinalis*; sugiriendo usar un sustrato procedente de bosques naturales donde existen relictos de la especie. Así mismo, para propagar masivamente especies del género *Cinchona*, no se recomienda usar arena pura como sustrato durante la etapa de germinación.

## Contribución de los autores

Franklin Fernandez: Análisis formal, Conceptualización, Investigación, Redacción-Revisión y edición. Annick Huaccha: Investigación, Redacción-Revisión y edición, Visualización. Luci Barturén: Revisión y edición. Lenin Quiñones: Revisión, edición. Tito Sánchez: Revisión, edición.



## Referencias

- Abanto-Rodríguez, C., García-Soria, D., Guerra-Árevalo, W., Murga-Orrillo, H., Saldaña-Ríos, G., Vázquez-Reátegui, D., Tadashi-Sakazaki, R. 2016. Sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.). *Scientia Agropecuaria* 7: 341-347.
- Alfonso, M.V., Martinazzo, E.G., Aumonde, T.Z., Villela, F.A. 2017. Parâmetros fisiológicos de mudas de *Albizia niopoides* produzidas em diferentes composições de substrato. *Ciência Florestal* 27: 1395-1402.
- Alves, G., de Farias, L., Pinheiro Lopes, K., da Silva, A., Pontes, V. 2005. Viabilidade e vigor de sementes de acerola (*Malpighia puniceifolia*) submetidas a embebição sob diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 35: 81-84.
- Aymard, G. 2019. Breve reseña de los aspectos taxonómicos y nomenclaturales actuales del género *Cinchona* (Rubiaceae-Cinchoneae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 43: 234-241.
- Bonfil-Sanders, C., Cajero-Lázaro, I., Evans, R.Y. 2008. Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. *Agrociencia* 42: 827-834.
- Buddenhagen, C.E., Rentería, J.L., Gardener, M., Wilkinson, S.R., Soria, M., Yáñez, P., Tye, A., Valle, R. 2004. The Control of a Highly Invasive Tree *Cinchona pubescens* in Galapagos1. *Weed Technology* 18: 1194-1202.
- Campos, J., Campos, S., Cerna, L., Chico, J. 2016. Germinación de semillas de quina, *Cinchona pubescens* Vahl. con ácido giberélico, nitrato de potasio y agua de coco. *Revista Científica Pakamuros* 4: 13-13.
- Caraguay, K.A., Eras, V.H., Gonzalez, D., Moreno, J., Minchala, J., Yaguana, M., Valarezo, 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* 18: 271-280.
- Conde, M.E., Moreno, J.A., Eras, V.H., Minchala, J., González, D., Yaguana, M., Valarezo, C. 2017. Multiplicación sexual y asexual de *Cinchona officinalis* L., con fines de conservación de la especie. *TZHOECOEN* 9: 81-93.
- Cóndor Cuyubamba, E., de Oliveira, B.H., Loayza Ochoa, K., Reyna Pinedo, V. 2009. Estudio químico de los tallos de *Cinchona pubescens* Vahl. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 75: 54-63.
- Cunha, A. de M., Cunha, G. de M., Sarmiento, R. de A., Cunha, G. de M., Amaral, J.F.T. do. 2006. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore* 30: 207-214.
- Fernandez, F.H., Huaccha, A.E., Quiñones, L., Sánchez, T. 2021. Influencia del tamaño de plántula de *Cinchona officinalis* (Rubiaceae) en la supervivencia y deformación del tallo posterior al repique. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 9: 412-422.
- Frade, E., F., Araújo, J. de A., Silva, S., B., Moreira, J., G. V., Souza, L., P. 2011. Substratos de resíduos orgânicos para produção de mudas de Ingazeiro (*Inga edulis* Mart) no vale do Juruá - Acre. *Enciclopedia Biosfera* 7: 959-969.
- García-Hoyos, A., Sánchez-Robles, J., García-Hernández, L.A., León-González, F. de. 2011. Reproducción sexual e influencia de sustratos en el desarrollo de *Malpighia glabra* L. (Malpighiaceae). *Polibotánica* 119-133.
- González, L., Orozco, A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Botanical Sciences* 15-30.
- Herrera, J., Alizaga, R., Guevara, E., Jiménez, V. 2006. *Germinación y crecimiento de la planta*. Editorial Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Huamán, L., Albán, J., Chilquillo, E. 2019. Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis* L.) en el Norte de Perú. *Ecología Aplicada* 18: 145-153.
- Jäger, H. 2014. *Cinchona pubescens*. En: Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U., Stimm, B., Schütt, P. (Eds.), *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie*, pp. 1-14. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Kaufman, T.S., Rúveda, E.A. 2005. The Quest for Quinine: Those Who Won the Battles and Those Who Won the War. *Angewandte Chemie International Edition* 44: 854-885.
- Meza, N., Pereira, A., Bautista, D. 2004. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de semillas de níspero (*Manilkara achras* Miller Fosberg). *Revista de la Facultad de Agronomía* 21: 60-66.
- Raheem, I.T., Goodman, S.N., Jacobsen, E.N. 2004. Catalytic Asymmetric Total Syntheses of Quinine and Quinidine. *Journal of the American Chemical Society* 126: 706-707.
- Rodríguez, R.R., Barreto, I., Velásquez, T.D. 2020. Germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L. en tres tipos de suelos de Cajamarca, Perú. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 8: 75-87.
- Santos, F.C.B. dos, Oliveira, T.K. de, Lessa, L.S., Oliveira, T.C. de, Luz, S.A. da. 2010. Produção de mudas de cupuaçuzeiro em diferentes substratos e tubetes. *Magistra, Cruz das Almas - BA* 22: 185-190.
- Vásquez, J.H., Lápiz, E., Barboza, M.K.Y., Vásquez, S.N., Quispe, L.M. 2018. Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* 2: 77-85.
- Wagner, A., Duarte, L., Da Silva, J., Lancada, C., Alexandre, R., Diniz, E., Hozt, C. 2006. Influencia do tempo de embebição em água sobre a dormência de sementes de pinha *Annona squamosa* L. *Ceres* 53: 317-322.
- Zevallos, P.A. 1989. *Taxonomía, distribución geográfica y status del género Cinchona en el Perú*. 1.ª ed. Centro de Datos para la Conservación, Universidad Nacional Agraria La Molina., Lima, Perú.