

Rasgos morfológicos de frutos, semillas y embriones de *Cinchona officinalis* L. (RUBIACEAE) en el sur del Ecuador

José Miguel Romero-Saritama

Departamento de Ciencias Naturales, Banco de Germoplasma
Universidad Técnica Particular de Loja jmromero@utpl.edu.ec

Recibido: 2015-06-11; aceptado: 2015-08-25

RESUMEN.- El estudio de rasgos morfológicos funcionales es importante para comprender el rol de las especies en las comunidades vegetales. El objetivo del trabajo fue generar información de rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativos de frutos, semillas y embriones de *Cinchona officinalis*, L. que nos permita mejorar el conocimiento, manejo, germinación y conservación *ex situ* de la especie. Colectamos 200 frutos maduros de cinco individuos presentes en un remanente de bosque montano en la provincia de Loja- Ecuador. Se seleccionaron 50 cápsulas y evaluamos 13 rasgos morfológicos. Los resultados mostraron que la especie posee cápsulas polispérmicas de 29 mm de largo x 9.5 mm de ancho con alta variación en el número de semillas por fruto, pericarpio de consistencia leñoso con superficie fisurada. Las semillas de *C. officinalis* están entre las más pequeñas del género *Cinchona* en Ecuador, son aladas de superficie membranosa que terminan en pequeñas y finas puntas microscópicas semejantes a tricomas simples de color café amarillento, miden un promedio de 5.1 mm de largo x 2.47 mm de ancho con un peso promedio de 3.30e-04 gramos por semilla. Embriones diminutos de color crema, foliados y espatulados con cotiledones redondeados rodeados de endospermo. El largo del embrión mostró asociación significativa con el ancho de las semillas y de los cotiledones.

PALABRAS CLAVES: Asociaciones morfológicas, *Cinchona officinalis*, conservación, especies medicinales, morfología de semillas.

ABSTRACT.- Understanding the functional role of plant seed, fruits and embryos morphological traits is essential in order to devise the ecological relevance of single species for the assembly of plant communities. In the present study we generated information concerning qualitative and quantitative traits of *Cinchona officinalis* L. seeds, fruits and embryo. A total of 200 mature fruits were collected from five individuals of this species in a mountain forest of Loja province, southern Ecuador. Thirteen morphological traits were evaluated in 50 capsules. Or results revealed that the species possesses polyspermic capsules with an averaged length of 29 mm and an averaged width of 9.5 mm. There was a high variability in the number of seeds per fruit. The fruits of the species have a pericarp of woody consistency and a fissured surface. The *C. officinalis* seeds are within the smallest ones of the *Chinchona* genus in Ecuador. Seeds are winged with a membranous surface and sharp endings that resemble trichomes. Seeds have an averaged length of 5.1 mm, an averaged width of 2.47 mm their average weight is of 3.30e-04 grams. The *C. officinalis* embryos are tiny, foliated and spatulate with rounded cotyledons surrounded by endosperm. Embryos length showed a significant association with seed and cotyledon width.

KEYWORDS: *Cinchona officinalis*, conservation, medicinal species, morphological associations, morphology seeds.

INTRODUCCIÓN

Las semillas empiezan su desarrollo después de que ha ocurrido la fertilización, momento en que se iniciarán un sinnúmero de cambios morfológicos

y fisiológicos hasta alcanzar su maduración y dispersión (Hay y Robert, 1995). Durante ese período las semillas varían enormemente en su tamaño, forma, estructura, morfología interna y presencia de tejidos de almacenamiento

(Hartmann *et al.*, 1997). El estudio de rasgos funcionales y cambios morfológicos en especies individuales es importante porque nos permiten determinar la respuesta de las plantas a factores ambientales (Lavorel *et al.*, 2007), en cambio los rasgos morfológicos en cápsulas podrían ayudar a establecer su calidad (Romero-Saritama y Pérez, en prensa), reconocer las especies en el campo (Amorim, 1996), y proveer de información importante para la germinación y conservación de las semillas. Por ejemplo estudios realizados en *Trema micrantha* concluyeron que los rasgos morfológicos son una importante herramienta para comprender los procesos germinativos de esa especie (Amorim *et al.*, 1997). El conocimiento de rasgos morfológicos también contribuye a la comprensión de la dinámica a nivel de poblaciones vegetales (Donadio y Demattê, 2000), predecir el ritmo de los procesos de las especies dentro de los ecosistemas (Garnier *et al.*, 2004; Laughli *et al.*, 2012) y en estudios taxonómicos de las especies. En este sentido algunos autores como Gunn (1981, 1984), Lima (1985, 1989), Oliveira (1999), Kirkbride *et al.* (2003) y Tozzi y Meireles (2008) en sus trabajos muestran la importancia de los rasgos morfológicos en la taxonomía de leguminosas. En cambio Martin (1946) utilizó rasgos morfológicos para clasificar a las semillas, de acuerdo con el tamaño y disposición del embrión dentro de la semilla, clasificación que hasta la actualidad se sigue utilizando como una referencia en estudios de evolución, morfología y dormancia de semillas (Forbis *et al.*, 2002; Baskin y Baskin, 2004; Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006).

Dentro de los rasgos morfológicos, el tamaño de las semillas ha sido uno de los más estudiados y su importancia radica en que ocupa una posición pivotante en la ecología de las plantas al estar asociado tanto con la capacidad de las especies de dispersarse como al de establecerse en un determinado sitio (Leishman *et al.*, 1995; Alexander *et al.*, 2001). El tamaño de las semillas en algunas especies ha significado que semillas grandes produzcan plántulas más vigorosas en el sotobosque, mientras que especies con semillas pequeñas con rápida germinación, estarían adaptadas a la colonización de nuevos espacios (Thompson, 2000). La variación del tamaño de las semillas ha sido bien estudiada en otras latitudes; sin embargo, en las zonas tropicales son escasos estos estudios, más aún para especies nativas o endémicas.

En países tropicales como Ecuador que posee una alta biodiversidad, todavía una gran proporción de especies vegetales aún no se describen taxonómicamente, lo cual implica un esfuerzo en generar información referente a los diferentes

componentes y rasgos de las especies. Con respecto a investigaciones sobre rasgos morfológicos de cápsulas de *Cinchona officinalis* L. no se conocen estudios a detalle o al menos no se evidencian reportes de ello. En Ecuador el género *Cinchona* conocido como cascarilla y considerado “árbol y la flor nacional del Ecuador” (Buitrón, 1999), está compuesto por 12 especies, cuatro endémicas y 8 nativas (Jørgensen y León-Yáñez, 1999) de las cuales *C. capulí* está casi amenazada, *C. rugosa* y *C. lucumifolia* vulnerable, *C. mutisii* en peligro crítico (Cornejo y Jaramillo, 2011), y aunque *C. officinalis* todavía no consta dentro del libro rojo de plantas endémicas del Ecuador, su distribución es bastante baja y restringida lo cual ha puesto a la especie al límite de su desaparición (Madsen, 2002).

Las especies de *Cinchona* identificadas como plantas medicinales distribuidas en la región andina sudamericana (Valverde, 1998) han sido utilizadas mundialmente como remedio contra la malaria y desórdenes infecciosos por más de 300 años (Stell, 1982), lo que ha llevado a considerarlas como plantas “salvadoras de la humanidad” (Buitrón, 1999). El uso de estas especies ha implicado que sus poblaciones naturales bajen drásticamente y en algunos de los casos estén amenazadas; por ello es fundamental realizar trabajos que apoyen su conservación *in situ* y *ex situ*. *C. officinalis* fue la primera especie de cascarilla descrita por la ciencia (Acosta-Solis, 1989), es un árbol o arbusto que puede alcanzar unos 16 metros de altura (Anderson y Taylor, 1994) perteneciente a la familia Rubiaceae, descubierto y revelado por un indígena de Loja a los virreyes españoles de Lima (Buitrón, 1999), considerándola endémica de la región sur del Ecuador específicamente del valle de Loja (Madsen, 2002; Garmendia, 2005), de donde se reconoce proviene el producto de mejor calidad (Buitrón, 1999). Sin embargo, también se la puede encontrar distribuida en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay, Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Jørgensen y León-Yáñez, 1999). Lamentablemente y a pesar de la gran importancia comercial y medicinal que ha tenido el género *Cinchona*, la sobreexplotación (Madsen, 2002) y los graves problemas de deforestación, sin duda han hecho que poblaciones de *C. officinalis* en la provincia de Loja estén en riesgo y pongan en peligro su sobrevivencia natural en el tiempo, por esta razón el presente estudio tuvo como objetivo generar información sobre rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativos del fruto, semillas y embrión de *C. officinalis* que nos permitan identificar parámetros y herramientas para mejorar el manejo, germinación y conservación *ex situ* de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección del material.- Se recolectaron 200 frutos maduros de cinco individuos de *C. officinalis* en un remanente de bosque montano (Sierra, 1999) ubicado a una altitud de 2 250 msnm en el sector Zamora Huayco (4°01'51.8"S 79°10'30.8"W) de la provincia de Loja al sur del Ecuador que corresponde a la zona de amortiguamiento del parque Nacional Podocarpus. La temperatura media anual es de 15.3° C; y un promedio de lluvia anual de 900 mm (Cañadas, 1983). El bosque montano del sur, es un ecosistema en peligro de desaparecer, los pocos remanentes se encuentran en lugares poco accesibles por la pendiente fuerte y con un suelo menos útil para la agricultura (MAE, 2012).

Análisis morfológicos.- Se seleccionó y midió una muestra de 50 frutos en buen estado fitosanitario y se determinó el número de semillas por fruto. Los diferentes rasgos morfológicos cuantitativos y cualitativos evaluados para frutos, semillas y embriones se muestran en la tabla 1. Las dimensiones del fruto y el grosor de las semillas se midió mediante un calibrador electrónico Stainless hardened de tres dígitos. Utilizamos el "software" de acceso libre Imagen J (<http://imagej.nih.gov/ij/>) para determinar el largo y ancho de 50 semillas. Se realizaron cortes longitudinales y transversales después de colocar las semillas en agua, durante 15 minutos, para identificar la presencia o ausencia de endospermo, forma y tipo de embrión. La longitud del embrión se determinó mediante el uso de una rejilla milimetrada en un estereoscopio. La nomenclatura usada para los diferentes caracteres cualitativos se basó en Moreno (1984), Mauseth (1986) y Vozzo (2005). El tipo de embrión fue de acuerdo con la clasificación de Martin (1946) (Tabla 1).

Tabla 1. Rasgos cuantitativos y cualitativos medidos para *Cinchona officinalis*

Rasgo Cuantitativos	Rasgo Cualitativos
Largo de frutos (mm)	Color de frutos
Ancho de frutos (mm)	Color de semillas
Ancho de semillas (mm)	Forma de semillas
Largo de semillas (mm)	Color de embrión
Peso de semillas (g)	Tipo de embrión
Largo de embrión (mm)	Presencia de endospermo
Ancho del cotiledón	

Análisis de datos.- Se obtuvieron valores estadísticos descriptivos para cada uno de los rasgos cuantitativos y los resultados se graficaron mediante "box plot". Se establecieron asociaciones entre rasgos cuantitativos con la prueba de correlación Spearman ($p < 005$), adecuado para

variables que no se ajustan a una distribución normal (Kent y Coker, 1992). Utilizamos el "Test de Wilcoxon" para comparar el tamaño de las semillas de *C. Officinalis* con otras especies del mismo género distribuidas en Ecuador según información bibliográfica generada por Andersson y Taylor (1994), realizamos cluster utilizando distancia euclidiana para identificar grupos de especies con características similares según el tamaño de las semillas. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en el entorno R (R Core Team, 2013).

RESULTADOS

Morfología de frutos.- El fruto de *C. officinalis* es una cápsula septicida seca dehiscente polispérmica, ovoide alargada que puede contener de 12 a 90 semillas, se separa longitudinalmente a través de las ranuras carpelares desde la base al ápice del fruto, originando dos valvas o lóculos (Figura 1). El pericarpio es delgado pero leñoso de consistencia dura, la superficie de forma fisurada color café a marrón oscuro con presencia de diminutos tricomas color blanco.

Como podemos observar en la figura 2, el largo de los frutos puede variar entre 16 a 29 x 4.5 a 9.4 mm de ancho. Encontramos que el 50 % de las mediciones del largo se encuentran por debajo de la media (22.07 ± Desviación estándar (DE) 3.04), mientras que solo el 25 % de las mediciones del ancho estuvieron por debajo de la media (7.37 ± DE 1.19 mm), presentando así una asimetría negativa.

Caracterización de semillas y embrión.- Las semillas presentan una forma fusiforme de testa blanda con superficie membranosa con presencia de alas muy frágiles que se rompen fácilmente (Figura 3A) y terminan en pequeños tricomas simples de color café amarillento. Semillas con endospermo y embrión pequeño espatulado con desarrollo rudimentario, tipo espatulado de color blanco (Figura 3B).

El tamaño de las semillas de *C. officinalis* se diferencia significativamente de las otras especies de *Cinchona* distribuidas en Ecuador, sin embargo posee afinidad con dos especies (Figura 4). *C. officinalis* es una de las especies con semillas de menor tamaño, que presenta un largo promedio de 5.01 (± DE 0.60) x 2.46 (± DE 0.33) mm de ancho (Figura 5) y grosor máximo de 1 mm. Las semillas son livianas con un peso promedio de 3.30e-04 g (DE: 0.0001). El embrión es bastante pequeño con un promedio de 1.51 mm (± DE: 0.24) y puede llegar hasta 1.85 mm de largo (Tabla 2).

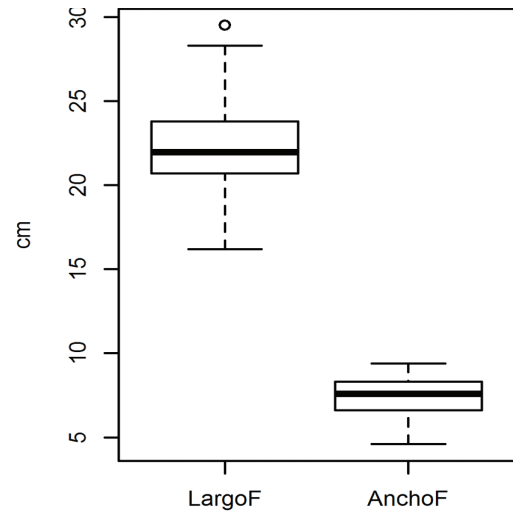
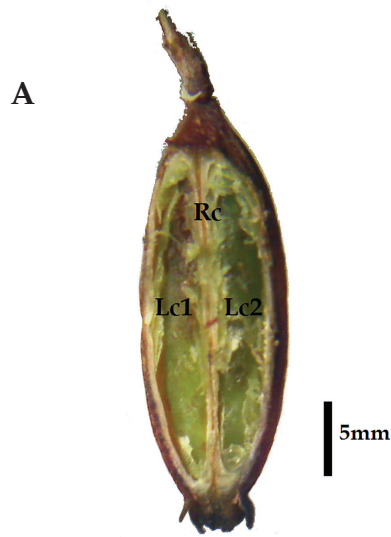


Figura 2. Variación del tamaño de los frutos de *C. officinalis*. F= fruto



Figura 1. Frutos de *C. officinalis* en diferentes estados de desarrollo. A.- Sección longitudinal del fruto inmaduro donde se puede evidenciar las ranuras carpelares y los dos lóculos (Lc) donde se forman las semillas. B.- Fruto seco en proceso de dehiscencia separándose por las ranuras carpelares desde la base al ápice del fruto. C.- Vista de un lóculo en un fruto abierto.

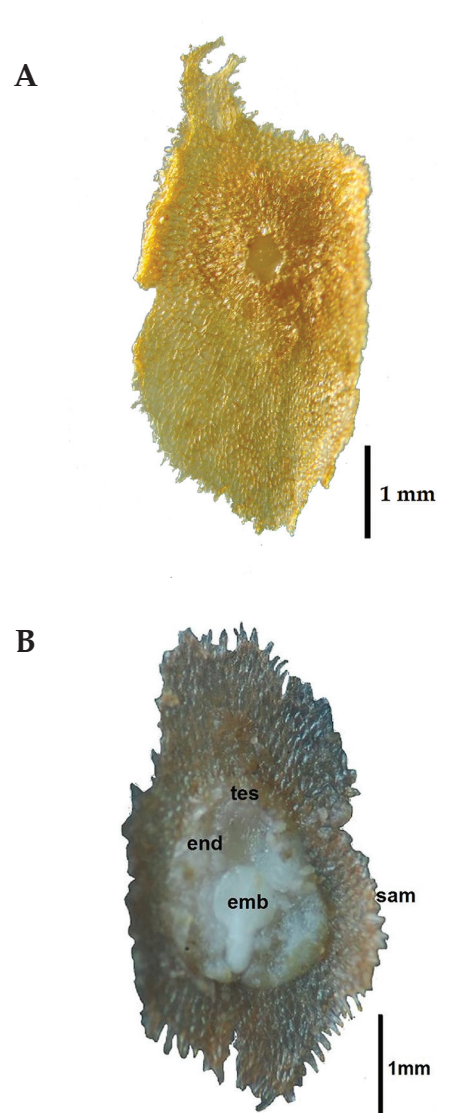


Figura 3. Características de las semillas de *Cinchona officinalis*. A Parte exterior de las semillas. B Parte interna de las semillas. tes= testa, end= endospermo, emb= embrión, sam= samara.

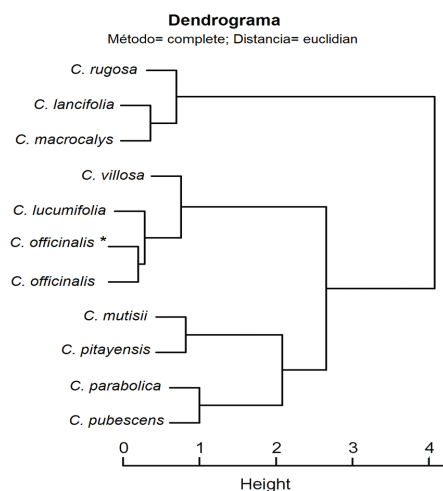


Figura 4. Dendrograma y agrupación jerárquica de acuerdo con el tamaño de las semillas del género *Cinchona*. El asterisco(*) significa semillas de *C. officinalis* mediada en este estudio

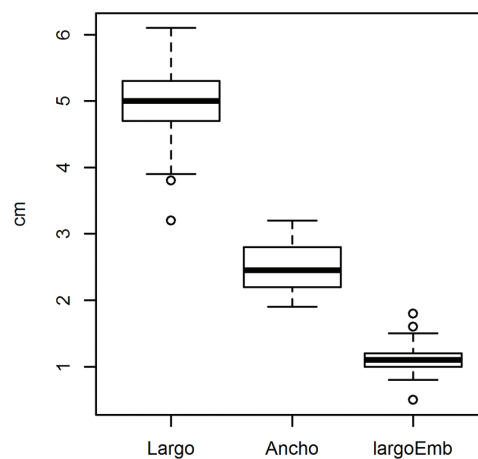


Figura 5. Boxplot del tamaño promedio y distribución de medidas de semillas de *C. officinalis* (n=50). Emb= embrión.

Tabla 2. Resultados comparativos ($p < 0.05$) del tamaño de las semillas de *C. officinalis* con el promedio de otros géneros distribuidos en el Ecuador.

Especie	Largo (mm)	p valor	Ancho (mm)	p valor
<i>C.officinalis</i>	5.2	0.025	2.6	0.002
<i>C.lancifolia</i>	9.0	0.001	3.2	0.001
<i>C.lucumifolia</i>	5.3	0.025	2.4	ns
<i>C.macrocalys</i>	9.0	0.001	2.9	0.001
<i>C.mutisii</i>	6.7	0.001	3.3	0.001
<i>C.parabolica</i>	6.9	0.001	2.0	0.001
<i>C.pubescens</i>	7.7	0.001	2.5	ns
<i>C.pitayensis</i>	6.0	0.001	3.6	0.001
<i>C.rugosa</i>	8.5	0.001	3.3	0.001
<i>C.villosa</i>	5.2	0.025	1.9	0.001

ns = no significativo.

Los resultados de las correlaciones entre rasgos cuantitativos (Figura 6) mostraron que existe una asociación entre el largo del embrión ($S = 145$, $p\text{-valor} = 0.033$) con el ancho de las semillas y con

ancho de los cotiledones ($S = 137$, $p\text{-valor} = 0.003$). No se encontraron asociaciones significativas entre los demás rasgos estudiados.

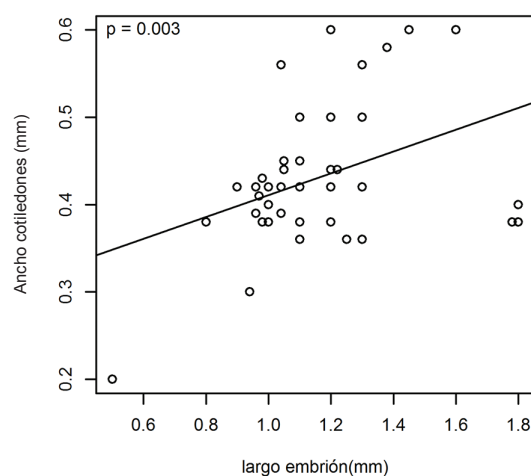
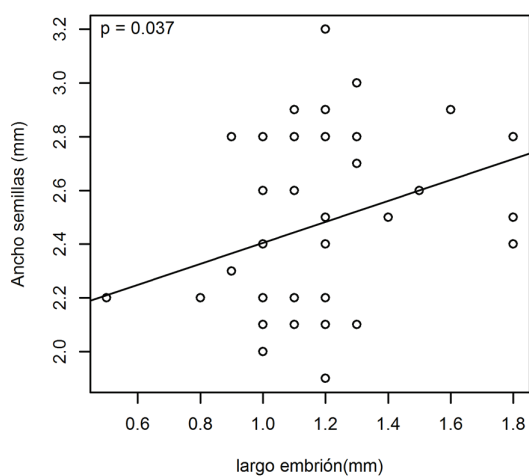


Figura 6. Correlación spearman ($p < 0.05$) entre rasgos en las semillas de *Cinchona officinalis*.

DISCUSIÓN

En la naturaleza podemos observar una diversidad de adaptaciones de las plantas que les permiten asegurar su dispersión y adaptación a diversos lugares. En el caso de *C. officinalis*, la forma, el tamaño y el peso de las semillas son rasgos que están íntimamente relacionados con el tipo de dispersión, permitiéndoles ser llevadas por el viento. Las ventajas asociadas a este tipo de dispersión y al tamaño pequeño de las semillas, han sido relacionadas con la habilidad de alcanzar más y mejores sitios de germinación (Peco *et al.*, 2003). Sin embargo, al ser las semillas pequeñas, estas aportan poco al crecimiento de la nueva planta y dependen muy pronto de los recursos disponibles en su medio, por lo cual su riesgo de morir es muy alto (Vásquez *et al.*, 1997). Ante esta situación una de las estrategias que poseen las plantas para sobrevivir es producir muchas semillas (Parker, 1989). La variación encontrada en el número de semillas por fruto de *C. officinalis* también podría ser una ventaja al momento de establecerse en un determinado sitio, ya que los frutos que tienen varias semillas muestran mayor probabilidad de contener por lo menos una semilla madura, viable y que logre sobrevivir (Dalling, 2002). Además, la variación de semillas por fruto aparte de ser estrategia de los sistemas de reproducción y establecimiento de las diferentes especies (Parker, 1989), en algunos taxones se presenta como una respuesta a la asignación de recursos de la planta a las semillas, las fluctuaciones en la disponibilidad de recursos, hace que las plantas opten por modificar el número de semillas antes que su peso (Haig y Westoby, 1988; Garrido *et al.*, 2005), y en *C. officinalis* la variación en el número de semillas es alta.

Contrario a las ventajas de dispersión que puede tener una semilla pequeña, el tamaño que presentan las semillas de *C. officinalis* podría significar una desventaja ecológica con respecto a semillas grandes que dan a las plántulas más recursos de cara a la germinación, establecimiento y supervivencia de las plántulas (Jakobsson y Eriksson, 2000; Susko y Lovett-Doust, 2000; Paz y Martínez-Ramos, 2003; Alcántara y Rey, 2003), esta podría ser una de las razones por las cuales no se observa con frecuencia la germinación y regeneración natural de *C. officinalis*. Sin embargo, una posible ventaja que presentan las semillas para ayudar a su germinación es su tipo de testa, que al ser blanda y membranosa puede absorber mejor y mayor cantidad de agua para iniciar su proceso germinativo, a diferencia de las especies con semillas de testa dura que generan latencia física impidiendo el paso del agua desde afuera hacia el interior de las semillas (Baskin y Baskin, 2015).

Por otro lado, el tipo y tamaño pequeño del embrión en las semillas de *C. officinalis* podría influir en el tiempo y tasa de germinación. En estudios con plantas del Mediterráneo y en algunas Apiaceas mostraron una relación positiva entre la velocidad y tasa de germinación con el tamaño del embrión (Vivrette, 1995; Vandellook *et al.*, 2012). Semillas con embriones pequeños requiere un extenso período de crecimiento del embrión antes de la germinación (Baskin y Baskin, 1988; Vandellook, 2012). Por lo tanto, una de las consecuencias que tendrían los embriones pequeños que presentan las semillas de *C. officinalis* sería el retraso en la germinación, no solo porque el embrión deberá primeramente crecer, sino que al estar rodeado por endospermo, este también puede convertirse en una barrera para el desarrollo de la radícula. En estudios con otras especies se ha demostrado que el endospermo genera cierta resistencia mecánica al crecimiento del embrión (Baskin y Baskin, 2014; Yan *et al.*, 2014), por lo cual las semillas necesitan mayor tiempo para germinar. La presencia de endospermo en las semillas se considera un carácter primitivo en las especies (Lee *et al.*, 2012) con respecto a las semillas sin endospermo.

CONCLUSIONES

- Los rasgos morfológicos determinados en las cápsulas de *C. officinalis* podrían actuar en forma complementaria generando en las semillas ventajas y desventajas al momento de dispersarse y germinar.
- Los rasgos como tamaño, peso y forma de las semillas, podrían favorecer a *C. officinalis* a encontrar nuevos y mejores sitios para germinar y establecerse durante su dispersión, sin embargo, rasgos internos en las semillas podrían influir negativamente en el proceso normal germinativo y podrían también requerir tratamientos pregerminativos.
- Los rasgos morfológicos evaluados son factores a tomar en cuenta al momento de generar y ejecutar programas de conservación, propagación y recuperación de esta especie por medio de semillas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con el apoyo financiero por parte del programa de becas SENESCYT 2008-2 y por proyectos internos de la UTP. A Javier Loayza por el apoyo en la colección de semillas; a Janneth Simaluiza por la revisión del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Solís M. 1989. La cinchona o quina plata nacional del Ecuador. *Revista de la Academia colombiana de Ciencias*, **17**(65):306–311.
- Alexander HM, Cummings CL, Kahn L y Snow AA. 2001. Seed size variation and predation of seeds produced by wild and crop-wild sunflowers. *American Journal of Botany*, **88**(4): 623- 627.
- Alcántara JM y Rey PJ. 2003. Conflicting selection pressures on seed size: evolutionary ecology of fruit size in a bird-dispersed tree, *Olea europaea*. *Journal of Evolutionary Biology*, **16**(6): 1168-1176.
- Amorim IL. 1996. Morfologia de frutos, sementes, germinação, plântulas e mudas de espécies florestais da região de Lavras - MG. 1996. 127f. Tesis de Mestrado em Engenharia Florestal - Departamento de Silvicultura, Universidade Federal de Lavras. Lavras.
- Amorim IL, Davide AC, Chaves MM. 1997. Morfologia do fruto e da semente, e germinação da semente de *Trema micrantha* (L.) Blum. *Revista Cerne*, **3**(1):129-142.
- Andersson L y Taylor CM. 1994. Rubiaceae: Cinchonea - Coptosapeltea flora of Ecuador. En Harling G y Andersson (eds). Flora of Ecuador. 62:1- 319. University of Gothenburg; Riks museum; Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Baskin CC y Baskin JM. 1998. Seed: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, USA. 666 pp.
- Baskin JM y Baskin CC. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, **14**:1-16.
- Baskin CC y Baskin JM. 2014. Seeds: Ecology, biogeography and evolution of Dormancy and Germination. 2a. ed. Kentucky, USA: Elsevier.
- Buitrón X. 1999. Ecuador: uso y comercio de plantas medicinales, situación actual y aspectos importantes para su conservación. TRAFFIC Internacional. Ecuador. 101 pp.
- Cañadas L. 1983. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. Quito.
- Cornejo X y Jaramillo T. 2011. Rubiaceae en: León-Yáñez, S., R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa et H. Navarrete (eds). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 751- 766. 2a. ed., Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Dalling JW. 2002. Ecología de semillas. En: M. Guariguata y G. Catan, (eds). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales, 345-375. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.
- Donadio MM y Demattê ME. 2000. Morfologia de frutos, sementes, e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia Nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) - Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, **22**(1):64-73.
- Finch-Savage WE y Leubner-Metzger G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, **171**:501-523.
- Forbis TA, Floyd SK y De Queiroz A. 2002. The evolution of embryo size in angiosperms and other seed plants: implications for the evolution of seed dormancy. *Evolution*, **56**:2112–2125.
- Garnier E, Cortez J, Billès G, Navas M-L, Roumet C, Debussche, Toussaint JP. 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology*, **85**:2630–2637
- Garmendia AF. 2005. El árbol de la Quina (*Cinchona* spp): Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador. 187 pp.
- Garrido JL, Rey JP y Herrera CM. 2005. Fuentes de variación en el tamaño de la semilla de la herbácea perenne *Hellebous foetidus* L. (Ranunculaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **62**(2):115-125.
- Gunn C. 1981. Seeds of Leguminosae. En: Polhill R y Raven H. (eds). Advances in legume systematics. Part 2: 913-925. Royal Botanic Gardens, Kew, London.
- Gunn C. 1984. Fruits and seeds of genera in the subfamily Mimosoideae (Fabaceae). Technical bulletin n° 1681. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture, Washington DC. 190 pp.

- Haig D y Westoby M. 1988. Inclusive fitness, seed resources, and maternal care. En: Lovett-Doust J. y Lovett-Doust L. (eds) *Plant Reproductive Ecology: Patterns and strategies*: 60-79. Oxford University Press. Oxford.
- Hay FR y Probert RJ. 1995. Seed maturity and the effects of different drying conditions on desiccation tolerance and seed longevity in foxglove (*Digitalis purpurea* L.). *Annals of Botany*, **76**(6):639-647.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies FT, y Geneve RL. 1997. *Plant propagation, principles and practices*. Prentice Hall International, INC. 869 pp.
- Jakobsson A y Eriksson O. 2000. A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. *Oikos*, **88**(3):494-502.
- Jørgensen PM y León-Yáñez S (eds). 1999. *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: i-viii, 1182 pp.
- Kent M y Coker P. 1992. *Vegetation: description and analysis, a practical approach*. Belhaven Press, Londres, 112-161 pp.
- Kirkbride JH, Gunn CR, Weitzman AL. 2003. *Fruits and seeds of genera in the subfamily Faboideae (Fabaceae)*. U.S. Department Agriculture Technical Bulletin 1890:212 pp.
- Lavorel S, Díaz S, Cornelissen J, Garnier E, Harrison SP, McIntyre S, Urcelay C. 2007. En: Canadell JG, Pataki D, y Pitelka L (eds). *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. The IGBP Series, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Lee KJ, Dekkers BJW, Steinbrecher T, Walsh CT, Bacic A, Leónie-Bentsink L, et al. 2012. Distinct cell wall architectures in seed endosperms in representatives of the Brassicaceae and Solanaceae. *Plant Physiology*, **160**(3):1551-1566.
- Leishman MR, Westoby M y Jurado E. 1995. Correlates of seed size variation a comparison among 5 temperate floras. *Journal of Ecology*, **83**(3):517-529.
- Lima MP. 1985. Morfología dos frutos e sementes dos gêneros da tribo Mimoseae (Leguminosae - Mimosoideae), aplicada à sistemática. *Rodriguésia*, **37**:53-78.
- Lima HC. 1989. Tribo Dalbergieae (Leguminosae-Papilionoideae) –morfología dos frutos, sementes e plântulas e sua aplicação na sistemática. *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, **30**:1-42.
- Madsen JE. 2002. Historia cultural de la cascarilla de Loja. En: Aguirre Z, Madsen JE, Cotton E, y Balslev H (eds) *Botánica Austroecuatoriana: estudios sobre los recursos naturales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe*: 385-399. Ediciones Abya-Yala, Quito.
- Mauseth JD. 1986. *Plant anatomy*. Cumminigig Series in the life Science. University of Texas. 676 pp.
- Martin AC. 1946. The comparative internal morphology of seeds. *The American Midland Naturalist*, **36**(3):513-660.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2012. *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito. 136 pp.
- Moreno NP. 1993. *Glosario botánico ilustrado*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, México. 300 pp.
- Oliveira DM. 1999. Morfo-anatomia do embrião de leguminosas arbóreas nativas. *Revista Brasileira de Botânica*, **22**:413-427.
- Parker KC. 1989. Height structure and reproductive characteristic of senita *Lophocereus schottii* (Cactaceae) in southern Arizona. *The Southwestern Naturalist*, **34**:392-401.
- Paz H y Martínez-Ramos M. 2003. Seed mass and seedling performance within eight species of *Psychotria* (Rubiaceae). *Ecology*, **84**:439-450.
- Peco B, Traba J, Levassor C, Sánchez M y Azcárate FM. 2003. Seed size, shape and persistence in dry Mediterranean grass and scrublands. *Seed Science Research*, **13**(1): 87-95.
- R Core Team. 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- Sierra R. 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN, GEFBIRG y EcoCiencia, Quito, Ecuador.

- Susko DJ y Lovett-Doust L. 2000. Patterns of seed mass variation and their effects on seedling traits in *Alliaria petiolata* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, **87**(1):56-66.
- Stell G. 1982. Flores para el Rey. Editorial del Serbal. Barcelona-España. 347 pp.
- Thompson K. 2000. The functional ecology of soil seed banks. In: Fenner M. (eds), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. pp. 215–236. CABI Publishing.
- Tozzi A y Meireles J. 2008. Seed and embryo morphology of *Poecilanthes* (Fabaceae, Papilionoidae, Brongniartieae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, **158**:249–256.
- Valverde F. 1998. Plantas útiles de la litoralecuatoriano. Fundación Ecuatoriana de estudios Ecológicos – EcoCiencia. Ministerio de Medio Ambiente. Instituto para el Ecodesarrollo de la Amazonía Ecuatoriana – ECORADE. Guayaquil-Ecuador.
- Vandelook F, Janssens SB y Probert RJ. 2012. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae. *The New Phytologist*, **195**(2):479–87.
- Vasquez C, Orozco A, Rojas M, Sánchez M y Cervantes V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Primera edición. México DF. 90 pp
- Vivrette NJ. 1995. Distribution and ecological significance of seed-embryo types in Mediterranean climates in California, Chile, and Australia. En: Arroyo MKT, Zedler PH, y Fox MD (eds) *Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia*. 274–288: Springer Verlag. New York.
- Vozzo JA. 2002. Tropical Tree seed manual. United States Department of Agriculture, Forest Service. EEUU. 899 pp.
- Yan D, Duermeyer L, Leoveanu C, y Nambara E. 2014. The Functions of the Endosperm During Seed Germination. *Plant & Cell Physiology*, **55**(9):1521–1533.