

Caracterización morfológica de los órganos vegetativos y reproductivos de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae) en la provincia de Loja (Ecuador)

Morphological characterization of the vegetative and reproductive organs of Cinchona officinalis L. (Rubiaceae) in the Loja province (Ecuador)

Víctor Hugo Eras Guamán^{1,*}, Jose Antonio Moreno Serrano¹, Gabriela Dayanara Correa Torres¹ y Magaly Yaguana Arévalo²

¹ Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

² Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

* Autor para correspondencia: victor.eras@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 01/06/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 05/07/2021

Fecha de publicación: 15/07/2021

Resumen—Con el objetivo de generar información útil para conocer la variabilidad morfológica y conservar e incrementar la propagación de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae) en su hábitat natural, se realizó la caracterización de los órganos vegetativos y reproductivos de la especie, en los sectores de Selva Alegre y Uritusinga, sitios pertenecientes a la provincia de Loja. Para la caracterización se utilizaron descriptores botánicos cuali-cuantitativos. Los árboles de *C. officinalis* presentaron alturas entre 3 y 9 m, con hojas opuestas y decusadas, de forma oval, entera, penninervia, color verde amarillento, de 7,3 a 16,9 cm de largo, con un pecíolo de 1,2 a 3,7 cm de longitud. En las variables cuantitativas como ancho y área foliar, se evidenció disimilitud de valores entre los dos sitios, presentando Selva Alegre el mayor valor en el ancho de la base del limbo foliar de 4,33 cm. Las flores del sitio de Selva Alegre presentaron los valores más altos en el área de la corola de 0,5 a 0,84 cm², con una longitud promedio de los estambres de 0,6 a 1,5 cm; en cambio, las flores del sitio de Uritusinga alcanzaron el mayor valor en la longitud del estilo de 0,8-1,6 cm, la longitud promedio de las flores fue de 1,3 a 1,6 cm. Los frutos, presentaron una forma oblonga u elíptica, de color rojo oscuro, con una longitud de 1,9-2,48 cm; el mayor número de semillas por fruto se evidenció en el sitio de Uritusinga, con la presencia de 39 semillas/fruto, con una longitud de la semilla de 4,3 a 5,73 mm.

Palabras clave—*Cinchona officinalis*, Caracterización morfológica, Órganos vegetativos, Órganos reproductivos.

Abstract—In order to generate useful information to know the morphological variability and conserve and increase the spread of *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae) in its natural habitat, the characterization of the vegetative and reproductive organs of the species was carried out, in the sectors of Selva Alegre and Uritusinga, from Loja province (Ecuador). Qualitative-quantitative botanical descriptors were used for characterization. The trees of *C. officinalis* presented heights between 3 and 9 m, with opposite and decussate leaves, oval in shape, entire, penninervia, yellowish green, 7.3 to 16.9 cm long, with a 1.2 to 3.7 cm long petiole. In the quantitative variables such as width and leaf area, dissimilarity of values was evidenced between the two sites, with Selva Alegre presenting the highest value in the width of the base of the leaf blade of 4.33 cm. The flowers from the Selva Alegre site presented the highest values in the corolla area of 0.5 to 0.84 cm², with a length of the stamens of 0.6 to 1.5 cm. On the other hand, the Uritusinga site reached the highest value in the length of the style of 0.8 - 1.6 cm, and the length of the flowers was 1.3 to 1.6 cm. The fruits presented an oblong or elliptical shape, dark red in color, with a length of 1.94 - 2.48 cm; the highest number of seeds per fruit was evidenced in the Uritusinga site, with the presence of 39 seeds/fruit with a seed length of 4.3 to 5.8 mm.

Keywords—*Cinchona officinalis*, Morphological characterization, Vegetative organs, Reproductive organs.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es considerado como uno de los 17 países megadiversos, debido a su posición geográfica y la influencia de corrientes marinas: su ubicación tropical y andina reúne múltiples condiciones favorables a la diversificación de la vida, incluyendo distintos tipos de ambientes naturales, variedad de climas y ecosistemas. Esta biodiversidad se ve

reflejada en la Región Sur del Ecuador, debido a las variadas formas de vida que aquí existen (Jorgensen y León-Yáñez 1999). En particular la provincia de Loja posee una alta biodiversidad de ecosistemas y grupos taxonómicos de plantas, revelando la existencia de 639 especies de plantas endémicas (Aguirre et al., 2017). Dentro de esta biodiversidad destaca una especie representativa de la provincia de Loja, la *Cinchona officinalis*, llamada comúnmente “cascarilla”, reconocida

por sus grandes aportes medicinales, principalmente utilizada para curar la malaria y el paludismo. Debido a esto las poblaciones de cascarilla fueron sobreexplotadas y comercializadas por su corteza, llegando a ser calificada en 1997 como una planta potencialmente amenazada (Buitron, 1999). Según Jaramillo y Carrera (2008), la explotación de la *Cinchona* fue dirigida por los jesuitas quienes ejecutaban una extracción controlada de la cascarilla, siendo expulsados en 1767. La explotación se incrementó en 1839, cuando William Hooker decretó la tala completa de los árboles, provocando la destrucción de la especie de los ecosistemas naturales. Una de las mayores complicaciones fue la complejidad en el reconocimiento de *Cinchona* en campo, lo que significó una sobreexplotación del árbol de la quina, obteniendo como resultado una tala indiscriminada. El centro de producción se dio principalmente en la zona de Loja, en los montes de Uritusinga y Cajanuma (Tapia, 2013). Adicional a ello, actividades antrópicas como incremento demográfico, cambios en el uso de suelo por ampliación de la frontera agrícola, quemadas periódicas y la deforestación, han ocasionado la destrucción de su hábitat natural; pese a que su presencia es cada vez más escasa en las zonas de distribución natural, la especie aún no ha sido catalogada dentro de la lista de la UICN (Loaiza y Sánchez, 2006).

La caracterización morfológica es conocida en la silvicultura como una técnica exitosa del reconocimiento in situ de especies forestales para el manejo de bosques mediante el uso de descriptores botánicos, utilizados para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y conservar los recursos genéticos, ofreciendo un mejor resultado al momento de querer incrementar la densidad de especies deseables (Lamprecht, 1986; Barrera, 1992; Hernández, 2003). La necesidad de una caracterización morfológica se justifica no solo por el conocimiento que se genera en la fenología de la especie, sino que para propósito de mejoramiento genético es indispensable conocer la biología reproductiva y la variación fenotípica que presenta la especie (Guerrero, 2010). De esta forma se podrá conocer el nivel de cambio fenotípico que existe dentro de la especie y el potencial que presenta alguno de los materiales genéticos para que sean incorporados en programas de mejoramiento genético (Manco y Pérez, 2009).

Con estos antecedentes, el presente artículo pretende contribuir con información sobre las características morfológicas de los órganos vegetativos y reproductivos de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae), provenientes de los sitios de Selva Alegre y Uritusinga. A partir de los resultados se busca fortalecer las bases teóricas para posteriores descripciones que prioricen el manejo, la identificación taxonómica y el mejoramiento genético de la especie, contribuyendo al conocimiento y conservación de *Cinchona officinalis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la provincia de Loja (Ecuador), específicamente en dos sitios: Selva Alegre del cantón Saraguro, ubicado entre las coordenadas geográficas (UTM WGS 84): 9607758 m S y 681538 m E, a una altitud de 2744 m.s.n.m y una temperatura promedio que fluctúa entre 10 ° C y 21 ° C; y Uritusinga que corres-

ponde al cantón Catamayo, ubicado geográficamente en las coordenadas sur 9547370 m S y 692425 m E, a una altitud de 2438 m.s.n.m, con una temperatura promedio entre 12 ° C a 21 ° C (Figura 1) (Eras *et al.*, 2019). La identificación de las características morfológicas de las muestras se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en las coordenadas 699830 m E y 9554084 m S, en el cantón y provincia de Loja.

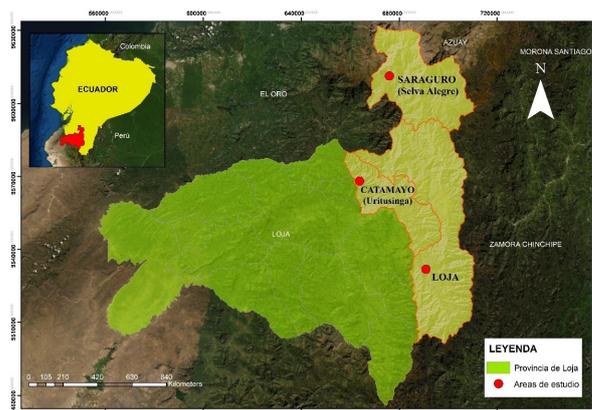


Fig. 1: Mapa de ubicación del área de estudio.

Selección y colecta del material vegetal y reproductivo

Para la selección de las muestras, se tomó en consideración el calendario fenológico de *Cinchona officinalis*, levantada en el proyecto “Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona Officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja” de Padilla (2017). A partir de ello se realizaron tres salidas de campo, durante los meses de junio a agosto del año 2020, y se identificaron los árboles recorriendo las áreas de estudio. Para la colecta del material vegetal y reproductivo se consideró que el árbol haya alcanzado la madurez fisiológica, es decir que presente fructificación, con la finalidad de tener una colecta completa de un mismo individuo. A partir de ello se seleccionaron 10 individuos en cada relicto boscoso, y se realizó la colecta de 5 hojas, 5 flores, y 5 frutos por individuo, tomando muestras de diferentes partes del árbol (Figura 2A). Las muestras de las hojas fueron prensadas en campo, para poder ser trasladadas al laboratorio, mientras que las muestras de flores y frutos se colocaron en fundas plásticas, debidamente etiquetadas con su respectivo código para su posterior caracterización.

Enfoque y diseño de investigación

Esta investigación es meramente descriptiva, mediante el reconocimiento de las características por observación y medición directa, y tiene un enfoque cuanti-cualitativo (Martínez y Ávila, 2009 y Vozzo, 2005). El análisis de las características morfológicas se realizó a partir de las prescripciones de Andersson (1995, 1998).

Identificación morfológica de los órganos vegetativos y reproductivos

Se llevó un registro en campo de 10 árboles previamente seleccionados en cada relicto boscoso y se identificaron características dasométricas como: estado sanitario, forma del fuste, filotaxia, DAP y altura total de cada árbol. Para estudiar las características morfológicas de *Cinchona officinalis* se examinaron 300 muestras en total, las cuales correspondían a hojas, flores y frutos. Los caracteres cuantitativos como longitud y ancho fueron medidos con el calibrador digital (Figura 2B), además se utilizó el programa ImageJ 64bits, para el cálculo de áreas (Figura 2D). Los caracteres cualitativos fueron identificados de forma visual. Para distinguir el color de las muestras se tomó como referencia la tabla de colores de Munsell. Los frutos de cada sitio fueron pesados con una balanza digital (peso húmedo del fruto) (Figura 2C) y se contó el número de semillas que contenía cada fruto (Tablas 1 y 2; Figura 2) (Campuzano, 2009).

Análisis de datos

Para el presente estudio se realizó un análisis de las características de *Cinchona officinalis* para observar la similitud y variabilidad entre los individuos seleccionados de los dos sitios. Para ello se realizó el procesamiento de datos en una base de Excel, ordenando la información obtenida de cada descriptor. Para el análisis de las características cuantitativas se aplicó la estadística descriptiva en una matriz de Excel, obteniendo los valores de media y representándolas a través de gráficas; para el estudio de las variables cualitativas se efectuó un análisis de los caracteres o variables, mediante tabulación simple (Hair et al., 1999).

Tabla 1: Caracteres vegetativos de *Cinchona officinalis* L.

Descriptores propuestos	Tipo de característica	
	Cuantitativa	Cualitativa
Características de los árboles		
Estado sanitario		*
Forma del fuste		*
Filotaxia		*
DAP (cm)	*	
Ht (m)	*	
Características de las hojas		
Longitud del limbo foliar	*	
Ancho de la base del limbo foliar	*	
Área foliar del limbo	*	
Forma del limbo foliar		*
Tipo de borde		*
Longitud del pecíolo	*	
Tipo de nervadura		*
Color de la hoja		*

Tabla 2: Caracteres reproductivos de *Cinchona officinalis* L.

Descriptores propuestos	Tipo de característica	
	Cuantitativa	Cualitativa
Características de las flores		
Longitud de la flor desde la base hasta el ápice	*	
Ancho de la base de la corola	*	
Ancho de la parte superior de la corola	*	
Área de la corola de flor	*	
Forma de la flor		*
Color de los pétalos		*
Tipo de flor por pétalos		*
Tipo de flor por la unión de los sépalos		*
Tipo de flor por la unión de los estambres		*
Número de estambres	*	
Longitud promedio de los estambres	*	
Forma del pistilo		*
Longitud del estilo	*	
Color de los sépalos		*
Longitud promedio de los sépalos	*	
Número de sépalos	*	
Número de pétalos	*	
Presencia de calicillo		*
Forma del ovario		*
Características de los frutos y semillas		
Longitud del fruto desde la base hasta el ápice	*	
Ancho de la base del fruto	*	
Ancho de la parte superior del fruto	*	
Área total del fruto	*	*
Forma del fruto		*
Color del fruto		*
Tipo de fruto		*
Número de valvas del fruto	*	
Peso promedio del fruto	*	
Longitud del pedúnculo del fruto	*	
Presencia de calicillo en la base del fruto	*	
Número de sépalos del calicillo	*	
Número promedio de semillas por fruto	*	
Longitud promedio de la semilla	*	
Color de la semilla		*
Forma de la semilla		*

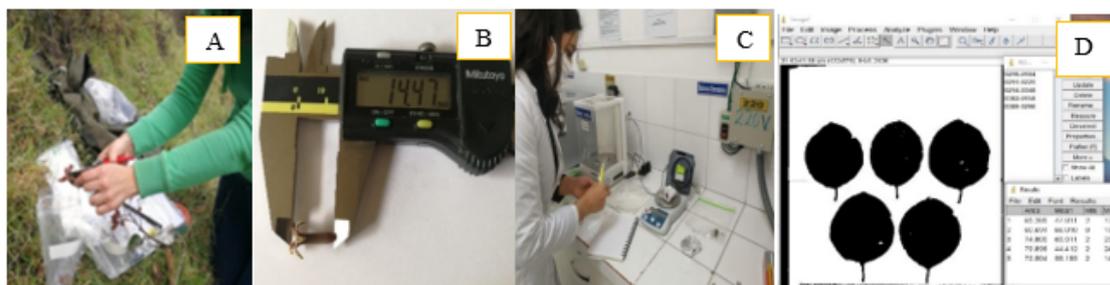


Fig. 2: A) Selección del material vegetal y reproductivo de *C. officinalis*; B) Medición de las flores de *C. officinalis*; C) Pesaje de los frutos de *C. officinalis*; D) Análisis de imágenes con ImageJ-64 bits para la medición.

RESULTADOS

Descripción de los árboles de *Cinchona officinalis*

Los árboles de *Cinchona officinalis* presentaron un tronco de corteza color marrón oscuro, ligeramente fisurada, de fuste cilíndrico, con una altura total que alcanzó entre 3 y 9 m, y un diámetro de 4,8 a 30,4 cm (Figura 3A), con filotaxia opuesta y decusada; hojas de morfología oval de color verde (Figura 3B); flores pequeñas hermafroditas, actinomorfas de color rosado-morado (Figuras 3D y 3E). El fruto presentó una cápsula septicida, dehiscente hasta la base mediante 2 valvas, oblongo-elíptica, polisperma (Figura 3F), con semillas de forma fusiforme de 4,3 a 5,73 mm de longitud (Figura 3C).

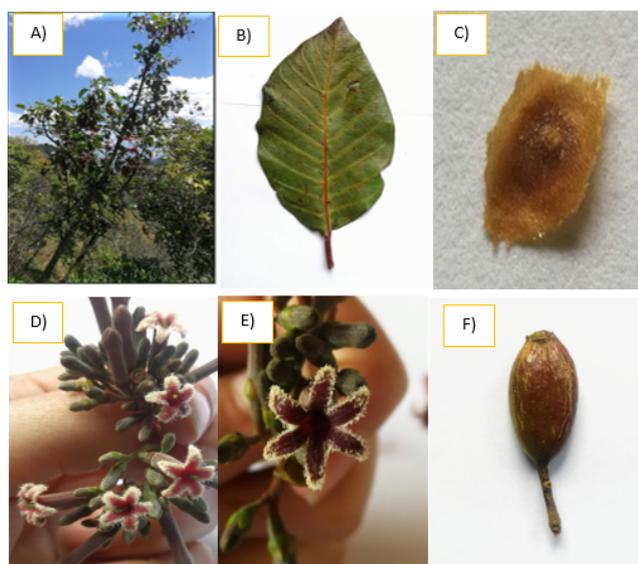


Fig. 3: Características morfológicas de *C. officinalis*, de los dos sitios de estudio: A) árbol de *Cinchona officinalis*; B) hoja; C) semilla; D) y E) flores; F) fruto.

Descripción morfológica de los órganos vegetativos de *C. officinalis* en dos relictos boscosos de la provincia de Loja.

Las hojas de *Cinchona officinalis* son simples, opuestas y decusadas, de contorno oval de 7,3 a 16,9 cm de longitud, de color verde amarillento, borde entero, penninervia, con una longitud del peciolo de 1,2 a 3,7 cm. Los resultados obtenidos indicaron que Selva Alegre y Uritusinga, según las características ancho de la base del limbo foliar y área del

limbo foliar, presentaron disimilitud en sus valores, evidenciando que Selva Alegre obtuvo el mayor valor, alcanzando un ancho de la base del limbo foliar de 1,3 a 4,33 cm y un área promedio del limbo foliar de 58,6 cm²(Figura 4).

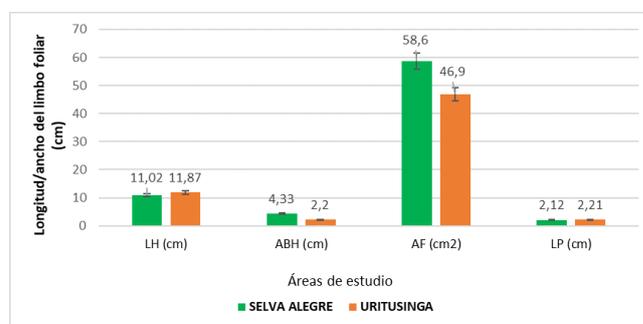


Fig. 4: Valores promedio de las variables cuantitativas de la hoja de *C. officinalis* L., en las dos áreas de estudio. LH=longitud del limbo foliar; ABH= ancho del limbo foliar; AF= área del limbo foliar; LP=longitud del pedúnculo.

Descripción morfológica de los órganos reproductivos de *C. officinalis* en dos relictos boscosos de la provincia de Loja

Cinchona officinalis presentó flores completas pequeñas, hermafroditas, actinomorfas, epiginas de 1,08 a 1,69 cm de longitud, corola gamopétala, tubular, pentámera, de color rojo y rosado, con pequeñas cerdas blancas en los extremos de sus pétalos; cáliz gamosépalo turbinado, pentámero, soldado al ovario, con sépalos de longitud de 0,1 a 0,24 cm, de color verde amarillento; gineceo con ovario ínfero sincárpico; epi-pétalos unidos a la corola, con flores brevistilas (las anteras están por encima de los estigmas) y longistilas (estilos largos y estambres cortos), con una longitud de los estambres en flores brevistilas de 0,6 a 1,54 cm, mientras que en flores longistilas la longitud del pistilo fue de 0,8 a 1,6 cm, con la presencia de 5 a 6 estambres (Tabla 3).

Los resultados obtenidos en las variables cuantitativas indicaron que el sitio Selva Alegre presentó el mayor valor en el ancho de la base de la corola con 0,29 cm, así como el área de la corola de la flor (0,64 cm²) y la longitud promedio del estambre (1,06 cm). Por el contrario, el sitio Uritusinga presentó el mayor valor en la longitud del estilo, con un valor promedio de 1,04 cm (Figura 5).

Tabla 3: Proporción de las muestras que presentaron cada uno de los estados de las variables cualitativas de la flor de *C. officinalis* L., de los sitios Selva Alegre y Uritusinga. FF=Forma de la flor; CP=color de los pétalos; PFP=tipo de flor por pétalos; TFS=tipo de flor por la unión de los sépalos; TFE=tipo de flor por la unión de los estambres; FP=forma del pistilo; CS=color de los sépalos; PC=presencia de calicillo; FO=forma del ovario.

Descriptor	Categoría	Porcentaje (%)	
		Selva Alegre	Uritusinga
FF	Pequeñas, actinomorfas	100	100
CP	Rojo débil	100	0
	Rosado		100
PFP	Tubular	100	100
TFS	Gamosépalo	100	100
TFE	Epipétalo	100	100
	Brevistila	50	0
FP	Longistila	50	100
	Rojo	36	40
CS	Amarillo	64	60
	Cáliz turbina-		
PC	do soldado al ovario	100	100
FO	Ovario ínfero	100	100

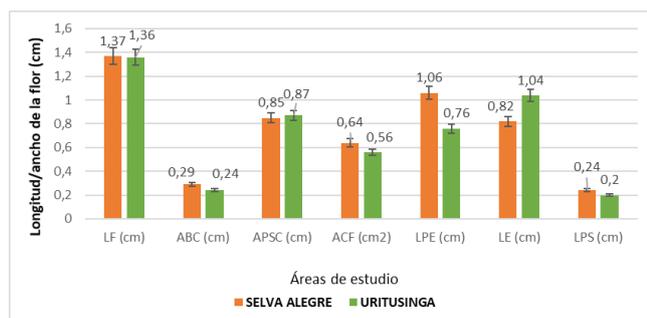


Fig. 5: Valores promedios de las variables cuantitativas de la flor de *C. officinalis* L., en las dos áreas de estudio. LF =longitud de la flor desde la base hasta el ápice; ABC=ancho de la base de la corola; APSC=ancho de la parte superior de la corola; ACF=área de la corola de flor; LPE=longitud promedio de los estambres; LE=longitud del estilo; LPS=longitud promedio de los sépalos.

De acuerdo a la Tabla 4, los ejemplares del sitio Selva Alegre presentaron en mayor porcentaje (80%) la presencia de cinco sépalos; mientras que los de Uritusinga mostraron una semejanza en el número de sépalos, identificando la presencia de cinco sépalos en un 90%. En relación al número de pétalos, los individuos de Selva Alegre presentaron entre 5 y 6 pétalos en sus flores, mientras que los de Uritusinga mostraron 5 pétalos en todos los casos.

Tabla 4: Porcentaje del número de sépalos y pétalos de la flor de *C. officinalis*.

Descriptor	Categoría	Porcentaje (%)	
		Selva Alegre	Uritusinga
Número de sépalos	4	0	8
	5	80	90
	6	20	2
Número de pétalos	5	44	100
	6	56	0

El fruto de *C. officinalis* es una cápsula septicida, de forma oblonga u elíptica, de color rojo a rojo oscuro, dehiscente por dos valvas, con un calicillo corto de 5 sépalos de color amarillo rojizo. Las semillas presentaron una forma fusiforme con alas muy finas y frágiles, el número de semillas varió entre 13 a 39 semillas por fruto, con una longitud promedio de la semilla de 5,8 cm de largo (Tabla 6). Sus semillas revelaron un color amarillo-amarillo rojizo (Tabla 5).

Tabla 5: Evaluación de las variables cualitativas del fruto y semilla de *C. officinalis* de los sitios Selva Alegre y Uritusinga. FF=forma del fruto; CF=color del fruto; PF= tipo de fruto; PCF=presencia de calicillo en la base del fruto; CS= color de la semilla; FS=forma de la semilla.

Descriptor	Categoría	Porcentaje (%)	
		Selva Alegre	Uritusinga
FF	Oblongo	10	90
	Elíptico	90	10
	Rojo	72	0
CF	Rojo oscuro	0	82
	Amarillo olivado	28	18
PF	Capsula, fruto seco, dehiscente	100	100
PCF	Calicillo corto	48	26
	Sin calicillo	52	74
CS	Amarillo	36	40
	Amarillo rojizo	64	60
FS	Fusiforme	100	100

Tabla 6: Evaluación de la longitud de la semilla de *Cinchona officinalis*.

Longitud de la semilla (mm)	Selva Alegre	Uritusinga
Media	5,88	5,84
Error típico	0,1079	0,1025
Mediana	5,73	5,72
Mínimo	4,56	4,36
Máximo	7,9	7,6
Suma	294,22	292,32
Cuenta	50	50

Los resultados obtenidos en las características cuantitativas del fruto y semilla presentaron diferencia entre los dos sitios en las variables ancho de la base del fruto, ancho de la parte superior del fruto y peso promedio del fruto; Selva Alegre obtuvo el mayor valor en el área total del fruto de 2,04 cm², con un peso promedio del fruto de 1,04 g (Tabla 7),

mientras que Uritusinga reveló el valor más alto en la longitud del fruto de 1,54-4,12 cm, con una longitud promedio del fruto de 2,48 cm, y una longitud promedio del pedúnculo del fruto de 1,19 cm (Figura 6).

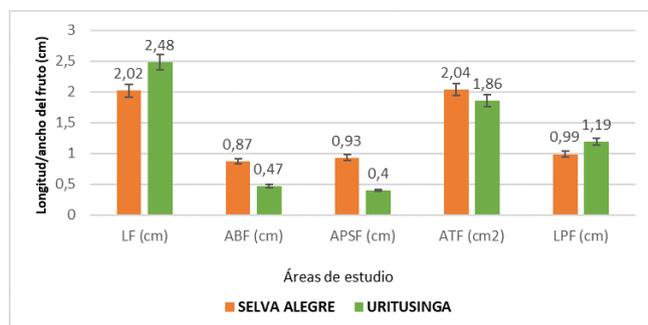


Fig. 6: Valores promedio de las variables cuantitativas del fruto y semilla de *C. officinalis*, en las dos áreas de estudio. LF=longitud del fruto desde la base hasta el ápice; ABF= ancho de la base del fruto; APSF= ancho de la parte superior del fruto; ATF=área total del fruto; LPP=peso promedio del fruto; LPF= longitud del pedúnculo del fruto; LPS= longitud promedio de la semilla.

Tabla 7: Evaluación del peso del fruto de *Cinchona officinalis*.

Peso del fruto (g)	Selva Alegre	Uritusinga
Media	1,04	0,80
Error típico	0,0548	0,0488
Mediana	0,99	0,74
Mínimo	0,37	0,4
Máximo	1,91	1,73
Suma	52,17	40,09
Cuenta	50	50

DISCUSIÓN

Caracterización morfológica de los órganos vegetativos de Cinchona officinalis, en los dos relictos boscosos de la Provincia de Loja.

El conocimiento morfológico es muy importante para el manejo de los recursos florísticos ya que permite interpretar similitudes y diferencias, que pueden ser de gran interés en el momento de establecer posibles soluciones a una problemática (Pérez y Mendoza, 2002). Según Garmendia (2005), *Cinchona officinalis* suele desarrollarse en potreros aislados, formando grupos de arbustos grandes y rebrotes vegetativos, ubicados en pendientes pronunciadas y en suelos muy degradados, lo que dificulta la regeneración natural por medio de distribución de semillas. Además, durante su estado de crecimiento prefiere lugares húmedos y con poca o casi nada de radiación solar, y conforme alcanza etapas maduras esta especie compete por la luz hasta llegar a la etapa adulta (Padilla, 2017).

De acuerdo a los parámetros dasométricos estudiados, los dos sitios presentaron diferencias en características como altura y DAP, registrando la altura máxima en los individuos del sitio Selva Alegre de 8,2 m; en el caso de la característica DAP, Uritusinga registró el valor más elevado de 19,07 cm, mientras que Selva Alegre registró un valor de 14,1 cm. Esta información es corroborada con el proyecto “Estudio

fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona Officinalis* L., en cuatro relictos boscosos de la provincia de Loja” de Padilla (2017), donde manifiesta que los nutrientes existentes en el suelo aportan en gran medida al crecimiento de las plantas, siendo el sitio de Selva Alegre uno de los sitios que registró mayor incremento en el crecimiento de los individuos de *Cinchona officinalis*, presentando mayor concentración de óxido de potasio (78,33 pm) y manganeso. Además, menciona en su estudio que Uritusinga presentó un mayor crecimiento en área basal, debido a que sus suelos contienen altas concentraciones de óxido de potasio, hierro y manganeso.

Por otra parte, en relación al análisis de las características cuantitativas, los sitios Selva Alegre y Uritusinga presentaron similitud de valores de longitud del limbo foliar y longitud del peciolo, mostrando una longitud del limbo foliar de 7,3-16,9 cm, a diferencia de las características ancho de la base del limbo foliar y área del limbo foliar, donde se evidenció variabilidad en los valores obtenidos, mostrando que Selva Alegre presentó el mayor valor en el ancho (1,4 a 6,7 cm). Estos resultados se asemejan a lo indicado por Villar et al. (2018), quien en un estudio de silvicultural de *Cinchona officinalis* menciona que las hojas nuevas suelen llegar a medir entre 6,2 a 9,5 cm de longitud y de 4,5 a 7,3 cm de ancho, y las hojas maduras pueden medir entre 6,4 a 16,5 cm de longitud y de 6,5 a 10,9 cm de ancho. Sin embargo, el tamaño de las hojas es variable y en general depende de factores como la temperatura, precipitación y los nutrientes existentes en el suelo. Además, en un estudio realizado en 7.670 especies vegetales de más de 600 lugares, se observó que los cambios de temperatura diurna y nocturna entre el follaje y el aire eran determinantes en las variaciones geográficas del tamaño de las hojas (Hazteco, 2017). Sin embargo, Smith y Smith (2007) mencionan que la cantidad de luminosidad que penetra en la copa de los árboles y llega al suelo, suele variar tanto en cantidad como en la posición de las hojas, donde la variación temporal en la intensidad de la radiación solar tiene consecuencias ecológicas sobre las plantas afectando su fotosíntesis, morfología, crecimiento y supervivencia. Por ende, la diferencia que existe en el tamaño de las hojas entre los dos sitios puede ser influenciado por los factores antes manifestados.

Caracterización morfológica de los órganos reproductivos de Cinchona officinalis, en los dos relictos boscosos de la Provincia de Loja.

Los estudios morfológicos de órganos reproductivos son métodos idóneos para identificar y describir a detalle la diversidad de especies vegetales existentes, lo cual ayuda a mejorar su conservación, mediante planes de recuperación específicos, conservación que resulta esencial no solo para la supervivencia de las propias plantas, sino también para la de otros organismos vivos (Ortiz, 2019).

En el presente estudio, *Cinchona officinalis* presentó características similares en relación a los descriptores cualitativos evaluados, no obstante, en la característica coloración de los pétalos, se pudo determinar que los dos sitios

presentaron disimilitud entre las muestras analizadas, debido que las flores de Selva Alegre presentaron una coloración rojiza en sus pétalos y Uritusinga exhibió una coloración rosada. Además, se determinó que las flores del sitio de Selva Alegre presentaban heterostilia en su población, con la presencia de dos morfos (brevistila y longistila), lo cual difería en la posición de sus órganos sexuales, mientras que Uritusinga presentó un morfo longistilo en todas las muestras analizadas. En este sentido, Barrett (2002) menciona que las plantas heterostilas suelen presentar un sistema de incompatibilidad de tipo esporofítico que impide la autofecundación y reproducción entre plantas de un mismo morfo, en el cual, la producción de frutos solo se produce cuando las plantas son polinizadas con polen procedente del verticilo recíproco. En relación a esto, Darwin (1877) señaló que las características morfológicas asociadas al síndrome heterostilo están total o parcialmente interconectadas desde un punto de vista genético, funcional y evolutivo, donde la posición de los órganos sexuales son una adaptación que facilita el intercambio polínico entre plantas de distinto morfo. Una de las hipótesis más aceptadas según Lloyd (1979) y Beach y Bawa (1980) es la evolución, donde mencionan que la heterostilia se presenta como resultado de cambios ecológicos, en el cual la transferencia asimétrica de polen favorece la función masculina con mayor exportación del mismo y la función femenina en el que recibe mayor cantidad de polen. En consecuencia a lo antes ya mencionado, la diferencia que se pudo observar en la morfología floral de estos dos sitios, puede deberse a los factores ya mencionados, como un tipo de adaptabilidad evolutiva de la especie.

En cuanto a las características cuantitativas de la flor como longitud de la flor y longitud promedio de los sépalos, se determinó que Selva Alegre y Uritusinga mostraron semejanza en los valores obtenidos, revelando que no existe variabilidad en estos rasgos. Sin embargo, en las variables ancho de la base de la corola, ancho de la parte superior de la corola, área de la corola de la flor y longitud promedio de los estambres, se observó que Selva Alegre poseía los mayores porcentajes en estas variables, mientras que Uritusinga obtuvo el mayor valor en la variable longitud del estilo. Por otra parte, se pudo identificar que las flores de Selva Alegre presentaban entre 5 y 6 pétalos en sus flores con la presencia de 5 y 6 estambres, mientras que el sitio de Uritusinga presentó en mayor porcentaje 5 estambres, con la presencia de 5 pétalos en sus flores. Además, se determinó que los dos sitios compartían similitud en el cáliz, con la presencia de 5 sépalos. Los valores obtenidos en el presente estudio se encontraron dentro de los rangos establecidos por Jiménez (2019) y Pollito (1989).

Con base en la información obtenida, se identificó que Selva Alegre y Uritusinga presentaban similitud en gran parte de las características cualitativas analizadas del fruto, no obstante, se evidenció que en la característica forma del fruto, los dos sitios presentaron diferencias. Por otra parte, en relación a las características cuantitativas, Uritusinga alcanzó valores más altos en la longitud del fruto, mientras que Selva Alegre presentó los valores más altos en las características ancho, área total y peso promedio del fruto.

Las diferencias observadas en el tamaño del fruto de *Cinchona officinalis* en las dos áreas de estudio pueden deberse a varios factores, según lo señala Peñuela (2004), donde menciona que el tamaño de los frutos depende de variaciones genéticas, del tipo de suelo y sus características físicas y químicas, o de factores ambientales como la radiación solar, temperatura, precipitación y humedad relativa, factores que ocurren durante el proceso de desarrollo, crecimiento y tamaño final. Esto explica que en una misma especie haya frutos de diferentes tamaños con algunas variaciones de forma.

Por otro lado, las semillas analizadas de *Cinchona officinalis* presentaron similitud en la forma, el color y la longitud promedio de la semilla, resultados semejantes a los mencionados por Romero (2017). Con respecto a la longitud de la semilla este autor menciona que las semillas de *C. officinalis* se diferencian significativamente de otras especies del género de *Cinchona* distribuidas en el Ecuador, sin embargo, posee afinidad con otras dos especies (*C. lancifolia* y *C. villosa*), con una longitud promedio de $5,01 \times 2,46$ mm de ancho.

Finalmente, se puede señalar que los valores del número promedio de semillas por fruto difirieron entre los dos sitios, mostrando que Uritusinga contenía el mayor porcentaje de semillas, en promedio 39 semillas por fruto, mientras que el sitio Selva Alegre obtuvo en promedio 32 semillas por fruto, sin embargo esta información puede presentar una respuesta variante en la producción de las semillas, ya que la productividad puede variar de acuerdo a la temporada, fenología y las fechas óptimas en la recolección del fruto, lo que provoca cambios morfológicos durante el desarrollo del fruto, afectando a su coloración, tamaño o consistencia, factores que son determinantes y que indican la madurez de la semilla (Romero, 2017). Según un estudio realizado por Dalling (2002), la variación que se encuentra en el número de semillas por fruto podría ser una ventaja en el momento de establecerse en un determinado sitio, ya que los frutos que contienen varias semillas muestran mayor probabilidad de contener por lo menos una semilla madura, viable y que consiga sobrevivir. En el caso de *C. officinalis*, la forma, el tamaño, el número y el peso de las semillas son rasgos que están íntimamente ligados al tipo de dispersión, y han sido relacionadas con la habilidad de alcanzar más y mejores sitios de germinación (Peco et al., 2003).

CONCLUSIONES

Las muestras de flores presentaron variación en la morfología floral que afectó en la posición de los órganos sexuales. Esta variabilidad se vio en las flores del sitio de Selva Alegre, donde la población presentaba flores brevistilas y longistilas, mientras que Uritusinga presentó flores longistilas en todas las flores analizadas. Este tipo de variabilidad morfológica puede afectar en el proceso de polinización, fecundación y potencialmente en la formación de frutos.

Los frutos provenientes del sitio Uritusinga presentaron mayor número de semillas por fruto, considerándolo como árboles semilleros de *Cinchona officinalis*, ya que al conte-

ner varias semillas se obtiene mayor probabilidad de tener una semilla viable.

AGRADECIMIENTOS

A las Autoridades de la Universidad Nacional de Loja, y al Equipo Técnico del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, así como al equipo del Proyecto de Investigación Cinchona, financiado por la Universidad Nacional de Loja, por el apoyo técnico, logístico y humano brindado para la ejecución de la presente investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dirección del trabajo de investigación, planificación de actividades, redacción y revisión de las versiones del documento hasta la versión final, VHEG; Colecta del material vegetal y reproductivo en campo, JAMS y GDCT; levantamiento de información, análisis, interpretación, y redacción del manuscrito, GDCT; apoyo técnico y logístico en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal, MYA.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses en los autores del presente manuscrito.

REFERENCIAS

- Aguirre, Z., Aguirre, N., y Muñoz, J. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 523-542.
- Andersson, L. (1995). Diversity and origins of Andean Rubiaceae. Páginas 441-450. En: Churchill, S.P., Balslev, H., Forero, E. y Luteyn, J.L. (eds) *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. New York Botanical Garden, New York.
- Andersson, L. (1998). A revision of the genus *Cinchona* (Rubiaceae-Cinchoneae). *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 80(1): 1-75. Barrera, T. (1992). Plántulas de algunas especies leñosas y connaturalizadas del Bosque Subandino Sylvania-Cundinamarca, Colombia. En: *Agronomía colombiana*. 9: 131-160.
- Barrett, S. (2002). The evolution of plant sexual diversity. *Nature Reviews genetics* 3:274-284.
- Beach, J., y Bawa, K. (1980). Role of pollinators in the evolution of dioecy from distyly. *Evolution* 34:1138-1142
- Buitrón, G. (1999). Uso y Comercio de Plantas Medicinales, Situación actual y Aspectos Importantes para su Conservación. Ecuador: TRAFFIC International. 76p.
- Campuzano, L. (2009). Perspectivas de la investigación de *Jatropha curcas* L. en Colombia PARTE I: Componente Genético. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín - Colombia.
- Darwin, C (1877). The different forms of flowers on plants of the same species. J. Murray, London, Reino Unido.
- Dalling, J. (2002). Ecología de semillas. En: M. Guariguata y G. Catan, (eds). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*, 345375. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.
- Eras V., Minchala J., Moreno J., Yaguana M., Sinche M. y Valarezo C. (2019). Estructura, Composición Florística y Fisiología Reproductiva de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja, Laboratorio de Micropropagación Vegetal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador: 160 p
- Garmendia, A. (2005). El árbol de la quina (*Cinchona* spp.), distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura. Loja, Ecuador: Editorial Universidad Técnica Particular de Loja.
- Guerrero, J. (2010). "Caracterización Morfológica y Agronómica de la Colección Nacional de Germoplasma del Piñón (*Jatropha curcas* L.), de Corpoica-La Libertad. Universidad de los Llanos (Unillanos). Villavicencio, Colombia. 150 p
- Hair, J. F. (Jr.), R. E. Anderson, R. L. Tatham, y W. C. Black. (1999). *Análisis Multivariante*. 5th ed. Prentice Hay. Madrid. 799 p.
- Hazteco (1 de noviembre de 2017). Estudio fenológico y análisis de las características del suelo donde se desarrolla *Cinchona officinalis* L., en cuatro relictos boscoso de la provincia de Loja. Tesis de grado. Loja – Ecuador.
- Hernández, J. (2003). Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-Catie programa de educación para el desarrollo y la conservación Jaramillo, J. y Carrera, D. (2008). Una aproximación CTS al análisis de la industria de la quinina en la zona de Loja en el siglo XVIII. En *Cortocircuito*, 17: 58-64.
- Jiménez, T. (2019). Especies del género *Cinchona* en el área de conservación privada Huaricancha, distrito de Sódor-Huancabamba-Piura. Tesis de grado previa a la obtención del título de Biólogo. Piura – Perú.
- Jorgensen, P., y León-Yáñez, M. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Syst. Bot. Missouri Botanical Garden*. 75: 1- 1182p
- Lamprecht, H. (1986). Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. *Deutsche Gesellschaft Fürtechnische Zugamnenarbeit*. Eschborn, República Federal de Alemania.
- Loaiza T., y Sánchez, E. (2006). La corteza de Loja. *Revista Ecuador Terra Incógnita*. Quito - Ecuador.
- Lloyd, D. (1979). Evolution towards dioecy in heterostylous populations. *Plant Systematics and Ecology* 131:71-80 *Plant Systematics and Ecology* 131:71-80.
- Manco E., y Pérez D. 2009. Implementación de un Banco de Germoplasma de ecotipos de Piñón en Perú. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Innovación Agraria. San Martín, Perú.

Martínez, H., y Ávila, E. (2009). Metodología de la investigación. México: CENGAGE Learning.

Ortiz, P. (2019). La conservación de las plantas y su importancia para la sostenibilidad del medio ambiente. Universidad de Sevilla – España. <https://www.us.es/actualidad-de-la-us/la-conservacion-de-las-plantas-y-su-importancia-para-la-sostenibilidad-del-medio-ambiente>

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 de grado. Loja – Ecuador.

Peco, B., Traba J., Levassor, C., Sánchez, M y Azcárate F. (2003). Seed size, shape and persistence in dry Mediterranean grass and scrublands. *Seed Science Research* ,13(1): 87–95

Peñuela, A. (2004). Cambios físicos químicos durante crecimiento y maduración.

Pérez, B., y Mendoza, A. (2002). Morfología vegetal neotropical. *Revista de biología tropical*.

Pollito, P. A. (1989). Taxonomía, distribución geográfica y status del género *Cinchona* en el Perú. *Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria Molina*. Lima - Perú.

Romero, J. (2017). Rasgos morfológicos de frutos, semillas y embriones de *Cinchona officinalis* L. (RUBIACEAE) en el sur del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 36 (1-2): 27-35.

Tapia, J. (2013). Estudio de factibilidad para la producción orgánica y comercialización de quina (*Cinchona officinalis*) en el Cantón Loja. Universidad San Francisco de Quito. Quito – Ecuador.

Smith, T., Smith, R. (2007). *Ecología*. 6 ed. Madrid, España. Pearson educación, S.A. 776P.

Villar, M., Marcelo F., y Baselly, J. (2018). Calendario fenológico de la *Cinchona officinalis* L. Instituto Nacional de innovación Agraria. Editorial: EEA Vista Florida. Cajamarca – Perú.

Vozzo, J. (2005). *Tropical Tree seed manual*. EEUU: United States Department of Agriculture, Forest Service.