

**ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA FLORAL Y CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS DEL FRUTO Y LA SEMILLA DEL BALSO BLANCO
(*Heliocarpus americanus* L.)**

KAREN EVELIN BENAVIDES A

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO – COLOMBIA
2014**

**ASPECTOS DE LA BIOLOGÍA FLORAL Y CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS DEL FRUTO Y LA SEMILLA DEL BALSO BLANCO
(*Heliocarpus americanus* L.)**

KAREN EVELIN BENAVIDES A

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera
Agrónoma**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO – COLOMBIA
2014**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^o del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
CONCLUSIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	24

ASPECTS OF THE FLORAL BIOLOGY AND MORPHOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF FRUIT AND SEED OF BALSO BLANCO (*Heliocarpus
americanus* L.)

Karen Evelin Benavides A.¹, Tulio César Lagos B.²

RESUMEN

Este trabajo se realizó en el municipio de Chachagüí, departamento de Nariño, ubicado a 1950 msnm con 1°21'22.9" LN y 77°16'40.8" LO, con el propósito de estudiar algunos aspectos de la biología floral y características morfológicas del fruto y la semilla del balso blanco (*Heliocarpus americanus* L.). Se marcaron 1000 botones florales de 2mm de longitud (estado cero). Se estudió la longitud del botón floral, longitud y ancho de sépalos, longitud y ancho de pétalos, longitud y diámetro del ovario, longitud y ancho de la antera, longitud del filamento, longitud del estilo y longitud del pedicelo. Se hicieron mediciones cada tres días hasta los 33 días, momento en el cual, se dio la fecundación. Para el fruto, se estudió el diámetro polar y ecuatorial, la longitud y grosor del pedúnculo. Se hicieron mediciones cada seis días hasta los 111 días, cuando el fruto alcanza su máxima maduración. El crecimiento de los verticilos y del fruto se ajustó al modelo cuadrático de la forma $y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$. El polen inicia su maduración a los nueve días, con un 54,34 % de viabilidad. La receptividad del pistilo se dio a los 15 días, coincidiendo con la apertura floral. El fruto tiene de uno a tres semillas y el porcentaje de germinación fue del 64% a los 21 días.

Palabras clave: Crecimiento, desarrollo, viabilidad, receptividad, flor, fruto.

ABSTRACT

This work was performed in the municipality of Chachagüí, department of Nariño, located at 1950 msnm with 1 ° 21' 22 .9 " LN and 77 ° 16' 40.8" LO, with the purpose of study some aspects of floral biology and morphological characteristics of the fruit and seed Balso blanco (*Heliocarpus americanus* L.). 1000 flower buds were marked 2mm long (zero state). Where studied the length of the bud flower, sepal length and width, petal length and width, length and diameter of the ovary, length and width of the anther, filament length, style length and pedicel length. Measurements were made every third day for 33 days, at which time, fertilization occurred. For the fruit was studied polar and equatorial diameter, length and thickness of the peduncle. Measurements were made every six days to 111 days, when the fruit reaches its maximum maturation. The growth of the whorls and the fruit of the quadratic model was adjusted forma $y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$. Pollen maturation begins nine days, with a 54.34% viability. The responsiveness of the pistil occurs at 15 days, coinciding with anthesis. The fruit has 1 to 3 seeds and the germination percentage was 64% after 21 days.

Key words: growth, development, viability, receptivity, flower, fruit.

INTRODUCCIÓN

El balsa blanco (*Heliocarpus americanus* L.) (Sinónimo *H. popayanensis* H.B.K), es una especie que pertenece a la familia Malvaceae, se encuentra en bosques secundarios, en altitudes que oscilan entre 500 y 2500 msnm, encontrándose extendida desde el norte de Argentina hasta el sur de México (Robyns, 1964). En Colombia, se encuentra desde los 0 a 2600 msnm (Vásquez *et al.*, 2006), en ambientes en un rango de precipitación entre 1500 a 2500 mm/año y una temperatura que varía entre 18,5 y 21 °C (Mahecha *et al.*, 2004).

Alcanza alturas entre 10 y 25 m, con un fuste de 15 m y de 20 a 80 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP); con copa en forma de paraguas, tronco recto y cilíndrico, ramificado a baja altura; corteza blanco grisáceo; hojas simples, alternas, con tres lóbulos acuminados, con bordes serrados y base cordada, pecíolo largo, pubescente (Vargas, 2002). Inflorescencia terminal con cimbras de 18 a 20 flores; flor hermafrodita con cuatro sépalos y cuatro pétalos, lineares a estipulados, estambres de 16 a 20, ovario ovoide ubicado sobre un androginóforo; fruto ovoide, de tipo aquenio múltiple (esquizocarpo), indehiscente, glabrescente (Pérez, 2009).

En Nariño, se encuentra en 15 municipios paneleros distribuidos a lo largo de las vertientes que forman la parte media de los ríos Guáitara, Juanambú y Mayo, en altitudes entre 1181 y 2670 msnm, establecido en un 93,10% por regeneración natural (Lagos *et al.*, 2013). En algunos municipios como Sandoná y Ancuya, la especie ha sido afectada negativamente, por su explotación irracional, lo cual ha conducido a una erosión elevada de sus recursos genéticos.

Los trabajos orientados a establecer la biología floral y las características morfológicas del fruto y la semilla de esta especie, son muy escasos. Estos estudios, son las bases iniciales para poder conocer la especie y poder utilizarla en programas de mejoramiento genético. El desarrollo actual de la investigación en silvicultura, apunta hacia el mejoramiento genético, con el fin de lograr mayor rendimiento, mejorar la calidad de la madera, obtener resistencia a plagas, enfermedades y adaptabilidad al ambiente (Vásquez, 2001). El mejoramiento genético, el manejo y la mitigación de los efectos de la fragmentación forestal sobre la diversidad y la variabilidad genética, requieren de un profundo conocimiento de la biología reproductiva de la especie (Diez, 2002).

Por otro lado, los estudios fenológicos sirven para detectar las interacciones planta-animal, que afectan la polinización y la dispersión de semillas, ayudan a entender la distribución anual de los recursos disponibles, reflejados en la periodicidad de las plantas y también

para describir patrones de coexistencia entre especies de un mismo género (Frankie *et al.*, 1974).

Con base en lo anterior, los objetivos de esta investigación se orientaron hacia el estudio de algunos aspectos de la biología floral y de características morfológicas del fruto y la semilla de *Heliocarpus americanus* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El presente trabajo se realizó en dos fases. La primera, se llevó a cabo en el municipio de Chachagüí, departamento de Nariño, ubicado a 1950 msnm en las coordenadas 1°21'22.9" LN, 77°16'40.8" LO, con temperatura máxima de 28°C y mínima de 10°C y Humedad relativa del 76% (GELT, 2010). La segunda fase se realizó en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad de Nariño, la cual se encuentra a una altitud de 2488 msnm, con temperatura de 19°C, sede Torobajo, Municipio de Pasto, Nariño, Colombia.



Figura 1. Mapa municipio de Chachagüí, departamento de Nariño.

Biología floral. El material vegetal que se utilizó para la realización de esta investigación correspondió a flores y frutos de 5 árboles tomados al azar en el municipio de Chachagüí, con buenas características morfológicas, fisiológicas y de sanidad. Las muestras de flores y frutos se tomaron de los alrededores de cada uno de los árboles seleccionados.

Siguiendo la metodología utilizada por Herrera *et al.*, (2010) se evaluó el crecimiento de los verticilos de la flor de balsa blanco. Se marcaron 1000 botones florales menores a 2 mm de longitud (estado inicial o cero). Cada tres días y a partir del estado cero, se hicieron mediciones en mm de 10 botones florales de la longitud y diámetro de sépalos (LS y DS), longitud y ancho de pétalos (LGP y AP), longitud y diámetro del ovario (LO y DO), longitud y ancho de la antera (LA y AA), longitud del filamento (LF), longitud del estilo (LES) y longitud del pedicelo (LP). Con base en lo anterior, los periodos de medición, correspondieron a: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 y 33 días después del estado cero, bajo un Diseño Irrestringidamente al Azar (DIA).

En cada una de las mediciones, se fijaron 10 botones florales o flores en solución Farmer (3 etanol: 1 ácido acético glacial) por 24 horas a temperatura ambiente (TA). Posteriormente, se cambió en Farmer fresco y se almacenó a 4°C hasta su utilización (David *et al.*, 2010).

Viabilidad polínica. La viabilidad del polen se evaluó en los 11 periodos antes mencionados. Se tomaron 10 anteras, de 10 flores de los 5 árboles tomados al azar. Cada antera se colocó en una placa. Se agregaron dos gotas de Acetocarmin al 1 % y con la ayuda de agujas de disección, se liberaron los granos de polen. Luego se desecharon los residuos de la antera y se procedió a observar 10 campos con el objetivo 40X, de un microscopio Nikon Eclipse E200. Se determinó el porcentaje de granos de polen viables, que son aquellos que se tiñen de color rojo (Herrera *et al.*, 2010).

Receptividad del pistilo. Se aplicaron dos gotas de Peróxido de Hidrogeno al 3% sobre el estigma del pistilo en 10 primordios florales, de los 5 árboles tomados al azar. Cuando el peróxido forma burbujas sobre el estigma, se considera que el pistilo se encuentra receptivo (David *et al.*, 2010).

Crecimiento del fruto. El crecimiento y la descripción morfológica del fruto se realizaron cada seis días a partir de su formación (33 días después del estado cero), en 10 frutos de los 5 árboles tomados al azar. Se hicieron mediciones en mm de eje polar y ecuatorial del fruto (EPF y DEF) y peso del fruto (PF) a los 39, 45, 51, 57, 63, 69, 75, 81, 87, 93, 99, 105 y 111 días después del estado cero, cuando el fruto alcanzado su madurez fisiológica.

Análisis de la información

Las variables del crecimiento de la flor y el fruto se analizaron teniendo en cuenta los estadígrafos de dispersión y de tendencia central. Igualmente, se realizó un Análisis de Correlación Simple de Pearson y se evaluaron los modelos de crecimiento lineal y cuadrático.

Características morfofisiológicas de la semilla. Siguiendo las normas ISTA (1996), se evaluaron la pureza, la humedad, el peso de 100 semillas, la curva de imbibición, el vaneamiento, la viabilidad de la semilla y la germinación.

Pureza. Se dividió la muestra de trabajo (2500 semillas) entre semilla pura, otra semilla y materia inerte; posteriormente, se determinó el peso de las semillas (gramos). El porcentaje de la pureza se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Peso de semilla pura}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Contenido de humedad. Esta prueba se realizó en dos réplicas de un gramo (PH). Las muestras se secaron en un horno a una temperatura de 103°C durante 17 horas, para luego determinar el peso seco (PS). La humedad se expresó en porcentaje, según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ H} = \frac{\text{PH} - \text{PS}}{\text{PH}} \times 100$$

% H = Contenido de Humedad en %

PH = Peso Húmedo

PS = Peso seco

Peso de 1000 semillas. Se realizó el conteo de ocho muestras tomadas al azar de semillas al 13,64% de humedad. El peso de 1000 semillas se calculó mediante la fórmula:

$$P \text{ 1000} = \sum X_i \times 1,25$$

Donde X_i = peso de la muestra i -ésima con $i= 1,2,\dots,8$

Curva de imbibición. Con el fin de determinar el tiempo apropiado de imbibición de la semilla en agua, se realizó una curva de imbibición. Para ello, se tomaron tres muestras de 100 semillas, en las cuales, se determinó el peso inicial. Posteriormente, cada muestra se colocó en un recipiente con agua destilada. Estas se sometieron a diferentes periodos de imbibición (2, 4, 6, 8, 10, 12 y 16 horas). La absorción de agua se calculó mediante la fórmula:

$$\text{Absorción de agua (\%)} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Peso final

Vaneamiento. Se tomaron cinco repeticiones de 300 semillas, las cuales se sumergieron en un beaker con agua durante una hora. Posteriormente, se realizó el conteo de semillas flotantes, las que se consideraron como vanas. Esta variable se determinó en porcentaje, de acuerdo con la ecuación:

$$\% \text{ Vaneamiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas flotantes}}{\text{N}^\circ \text{ de semillas totales}} \times 100$$

Germinación. El porcentaje de germinación, se evaluó en cuatro muestras de 100 semillas colocadas en cajas Petri, con papel absorbente. Se tomaron lecturas diarias de germinación, considerando germinación como la emergencia de radícula, hasta los 21 días de evolución.

Viabilidad de la semilla. El porcentaje de viabilidad de las semillas de balso blanco se determinó, utilizando la técnica topográfica con Tetrazolio (2,3,5-cloruro de trifetil tetrazolio) en cuatro réplicas de 100 semillas. Las semillas se colocaron en imbibición en agua durante 24 horas, luego se extrajo lo embriones. Una vez embebidos en agua se introdujeron en una solución de Tetrazolio al 1%. Se mantuvieron en un lugar oscuro durante dos horas, tiempo en el cual se examinaron los embriones, teniendo en cuenta las siguientes categorías:

Tabla 1. Categorías de tinción con Tetrazolio en semillas de *Heliocarpus americanus* L.

Viabiles	<ul style="list-style-type: none">- Embrión totalmente teñido- Extremo de la radícula rojo intenso
No viabiles	<ul style="list-style-type: none">- Eje embrionario blanco, cotiledón teñido- Eje embrionario blanco, áreas del cotiledón sin teñir- Embrión totalmente marrón o blanco amarillento



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos de la biología floral de *Heliocarpus americanus* L.

Morfología de la flor. Las flores se disponen en inflorescencias (Figura 2A) tipo panículas, tal como lo menciona Ramírez *et al.*, (2011). La corola es tetrámera de color amarillo claro, con simetría actinomorfa. Los pétalos se ensanchan hacia el extremo en una terminación redondeada. El cáliz es gamosépalo, tetrámero de color verde claro, la cual permanece adherido a la flor después de la fecundación (Figura 2B), similares observaciones encontró Pérez, (2009). El pistilo tiene longitud de 1 mm, de color verde blanquecino y ovario de color verde claro (Figura 2C). El estilo es bifurcado y brevistilo, es decir, que está por debajo de los estambres. El ovario es supero, de forma ovoide ubicado sobre un androginóforo corto, tal como lo reporta Lay, (1949) (Figura 2D). Cuando la flor ha sido fecundada se torna de un color café oscuro. La flor presenta entre 15 a 18 anteras biloculares de color amarillo que se encuentran unidas al filamento (Figura 2E).

Figura 2. Flor de *H. americanus* L. **A:** Flores dispuestas en panículas. **B:** Cáliz y corola. **C:** Pistilo (estigma, estilo y ovario). **D:** Ovario sobre androginóforo. **E:** Anteras biloculares.

Crecimiento de los verticilos de *H. americanus* L. En la Tabla 2 se muestran los modelos de crecimiento de la flor y del fruto bajo las condiciones del municipio de Chachagüí, para longitud y diámetro de sépalos (LS y DS), longitud y ancho de pétalos (LGP y AP), longitud y diámetro del ovario (LO y DO), longitud y ancho de la antera (LA y AA), longitud del filamento (LF), Longitud del estilo (LES) y longitud del pedicelo (LP), eje polar (EP), diámetro ecuatorial (DE) y peso del fruto (PF).

Se encontró que el modelo cuadrático de la forma $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$ es el que mejor explica el crecimiento de cada uno de los verticilos de la flor y el fruto, con coeficientes de determinación (R^2) que varían entre el 0,76 a 0,99%.

El LS, el DS, la LGP y el AP alcanzaron el máximo crecimiento a los 30 días con valores que oscilan entre 0 a 4,24 mm. A partir de este momento, se presenta un crecimiento decreciente hasta los 33 días de evaluación, disminuyendo entre 0,06 a 0,12 mm/día. Las variables DO, LO, LA, LF y LES alcanzaron su máximo crecimiento (0,1 a 0,86 mm) a los 27 días. En seguida, disminuyen sus dimensiones hasta los 33 días, momento en el cual el ovario da lugar al fruto. El AA crece lentamente y desde el estado inicial (0,04 mm) no hay un incremento significativo manteniendo su tamaño constante hasta alcanzar un tamaño de 0,07 mm a los 33 días.

Tabla 2. Modelos de crecimiento de variables relacionadas con la flor y fruto de *H. americanus* L.

Variable	Modelo cuadrático $y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$	R ²	CV	media
Longitud de sépalos (LS)	$0,119 + 0,0031x - 0,0004x^2$	0,98	4,64	3,31
Diámetro de sépalos (DS)	$1,09 + 0,0075x + 0,0014x^2$	0,93	4,96	1,42
Longitud de pétalos LGP	$1,23 + 0,114x + 0,00057x^2$	0,98	6,39	2,81
Ancho de pétalos (AP)	$0,73 + 0,036x - 0,000566x^2$	0,94	10,21	1,10
Longitud del ovario (LO)	$0,174 + 0,0547x - 0,00106x^2$	0,98	10,74	0,66
Diámetro del ovario (DO)	$0,11 + 0,047x - 0,00087x^2$	0,98	14,03	0,55
Longitud de anteras (LA)	$0,1051 + 0,0916x - 0,000172x^2$	0,91	12,35	0,18
Ancho de anteras (AA)	$0,039 + 0,0023x - 0,0000446x^2$	0,76	21,67	0,05
Longitud filamento (LF)	$0,473 + 0,0028x + 0,000504x^2$	0,98	6,63	0,74
Longitud del estilo (LES)	$0,119 + 0,0031x - 0,00048x^2$	0,97	14,87	0,43
Longitud pedicelo (LP)	$1,09 + 0,0075x + 0,0014x^2$	0,99	10,91	1,69
Eje polar del fruto (EPF)	$0,96 + 0,13x + 0,00046x^2$	0,99	14,01	7,17
Diámetro ecuatorial del fruto (DEF)	$0,82 + 0,13x + 0,00042x^2$	0,99	14,03	7,10
Peso del fruto (PF)	$0,00078 + 0,000054x - 0,00000057x^2$	0,89	19,76	0,001

La longitud del pedicelo (LP) crece durante todo el ciclo de evaluación. Desde el estado inicial (1,42 mm), hasta el final alcanzan 4,23 mm de largo, con una velocidad de crecimiento que varía entre 0,06 a 0,14 mm/día.

Todas las variables evaluadas alcanzaron su mayor velocidad de crecimiento a los 27 días, con promedios que oscilan entre 0,01 a 0,1 mm/día. A partir de este periodo, la LA, LF y LES disminuyen su velocidad de crecimiento, debido a su senescencia, que conlleva a la separación de los mismos. Mientras que el DO y LO, detienen su crecimiento para luego dar paso a la formación del fruto. Después de los 30 días hasta el final de la evaluación se presenta una disminución de la velocidad de crecimiento de las variables LS, LGP, DS, AP, debido a que se da la formación del fruto, mientras que el LP va aumentando su velocidad de crecimiento hasta los 33 días, donde alcanza la máxima velocidad (0,05 mm/día).

Desde el estado cero en adelante, algunas variables crecen constantemente hasta los 27 días momento en el cual los sépalos, los pétalos, las anteras y el estilo empiezan a marchitarse hasta que finalmente se desprenden, cuando se han presentado los procesos de polinización, fecundación y formación del fruto.

Al respecto Torrey, (1969) indica que desde el momento de la iniciación floral existe un desarrollo progresivo de las partes que componen la flor hasta la polinización y formación

del fruto. De igual manera, Rojas y Rovalo, (1985) mencionan que el crecimiento en diámetro y largo, se presenta en algunos modelos de crecimiento de plantas, donde se pueden distinguir tres etapas: crecimiento lento en los primeros estados de formación, rápido crecimiento con mayor elongación y en las últimas etapas un crecimiento lento.

La formación de los brotes florales se presentó entre los meses de marzo y abril; la floración entre mayo y junio. De acuerdo con Ramírez, (1997) y (Riaño, 2005) las variaciones observadas y la duración de la floración de *H. americanus* L. se cataloga como una especie semiestacional, debido a que florece de tres a cinco meses, durante el periodo más seco, época en la cual produce grandes cantidades de flores y frutos durante cortos periodos de tiempo.

La maduración de los frutos se da entre los meses de agosto y septiembre y no ocurre uniformemente dentro del mismo árbol, observándose en un mismo racimo diferentes grados de madurez. Los frutos permanecieron en el árbol de 90 a 105 días.

Se determinó que el ciclo reproductivo de *H. americanus* L. dura aproximadamente 135 días. La apertura floral se da entre los 12 a 15 días y la formación del fruto comienza desde los 39 hasta los 111 días, momento en el cual el fruto alcanza la madurez fisiológica. Williams y Meave, (2002) afirman que existe una variación del comportamiento fenológico entre y dentro de diferentes sitios y especies, por lo que es importante considerar cada planta en una unidad eco-morfofisiológica independiente y expuesta a todos los factores ambientales

Las características florales han sido comúnmente asociadas con el tipo de polinización. De acuerdo con Weberling, (1989) todas las adaptaciones florales, los métodos de polinización particular desarrolladas por insectos polinizadores, así como también el establecimiento de métodos especiales de dispersión de frutos y semillas, no están confinadas usualmente a caracteres individuales, sino que conciernen a la totalidad de los órganos florales.

En este sentido, se observó que *H. americanus* L. presenta una serie de atributos florales que favorecen la polinización por insectos como: el tamaño reducido de las flores, color amarillo atractivo para los insectos, el aroma y la presencia de abundante polen como recompensa floral, tal como lo encontró Coronado, (2010) en su investigación sobre biología reproductiva de *Herissantia crispa* (L.) Briz y *Bastardia viscosa* (L.) H.B.K. (Malvaceae).

Tabla 3. Correlación de Pearson para las variables relacionadas con la flor de balsa blanco *Heliocarpus americanus* L. correspondientes a los periodos comprendidos entre los cero a los 33 días de desarrollo.

Variable	LS	DS	LGP	AP	LO	DO	LA	AA	LF	LES	LP
LS	1	0,93*	0,97*	0,85	0,91*	0,93*	0,82	0,54	0,94*	0,92*	0,82
DS		1	0,95*	0,79	0,82	0,88	0,80	0,50	0,82	0,84	0,82
LGP			1	0,81	0,87	0,90*	0,81	0,57	0,89*	0,90*	0,87
AP				1	0,81	0,82	0,65	0,32	0,86	0,79	0,64
LO					1	0,97*	0,85	0,60	0,90*	0,85	0,67
DO						1	0,86	0,61	0,89*	0,84	0,72
LA							1	0,57	0,79	0,78	0,67
AA								1	0,51	0,48	0,50
LF									1	0,90*	0,70
LES										1	0,68
LP											1

*= Correlaciones significativas

LS= longitud de sépalos, DS= diámetro de sépalos, LGP= longitud de pétalos, AP= ancho de pétalos, LO= longitud del ovario, DO= diámetro del ovario, LA= longitud de anteras, AA= ancho de anteras, LF= longitud del filamento, LES= longitud del estilo y LP= longitud del pedúnculo.

La LS está correlacionado con DS ($r = 0,93^*$), LGP ($r = 0,97^*$), LO ($r = 0,91^*$), DO ($r = 0,93^*$), LF ($r = 0,94^*$) y LES ($r = 0,92^*$). En la misma forma que aumenta la LS, también aumenta de tamaño el DS, LGP, LO, DO, LF y LES. El crecimiento de las variables LO, DO, LF y LES es muy similar alcanzando su máximo crecimiento a los 30 días, momento en el cual las estructuras de reproducción se preparan para la fecundación y así formar el nuevo fruto (Figura 3). Así mismo la LS, el DS y la LGP incrementan su tamaño hasta los 30 días, y caen cuando ya han cumplido su función de protección hacia las demás partes de la flor después de la floración.

El DS se incrementa proporcionalmente con la LGP ($r = 0,95^*$) alcanzando su máximo crecimiento a los 30 días (Figura 4), el cual amplía su tamaño para dar lugar al desarrollo de estructuras del gineceo. La LGP está correlacionado con el DO ($r = 0,90^*$), LF ($r = 0,89^*$) y LES ($r = 0,90^*$). Esto indica que los pétalos al incrementar su tamaño, generan espacio para permitir el correcto desarrollo de las estructuras comprometidas con la reproducción (Figura 5).

El LF está correlacionado con la LES ($r = 0,90^*$), alcanzando su máximo crecimiento a los 27 días (Figura 6). El DO esta correlacionado con el LF ($r = 0,89^*$) (Figura 7). El LO está correlacionado con el DO ($r = 0,97^*$) y LF ($r = 0,90^*$), es decir, que tienen la misma forma de comportamiento y variación en cuanto al crecimiento (Figura 8).

En ninguna de las variables relacionadas con la flor de la especie, no se observaron correlaciones negativas, dado que todas las estructuras florales aumentan de tamaño en igual proporción.

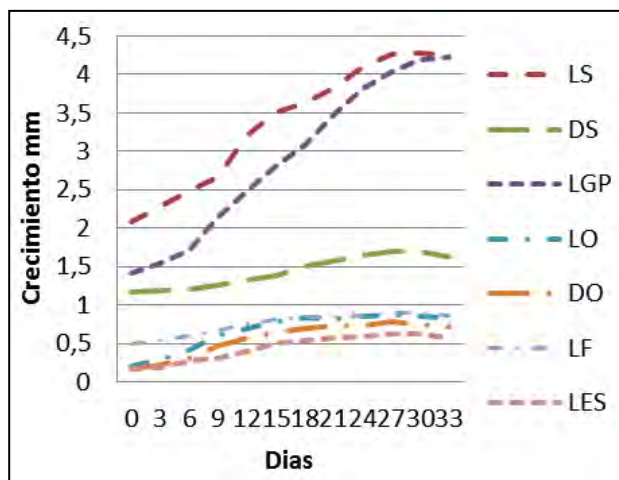


Figura 3. Curvas de crecimiento para longitud y diámetro de sépalos (LS y DS), Longitud de pétalos (LGP), longitud y diámetro del ovario (LO y DO), longitud del filamento (LF) y longitud del estilo (LES).

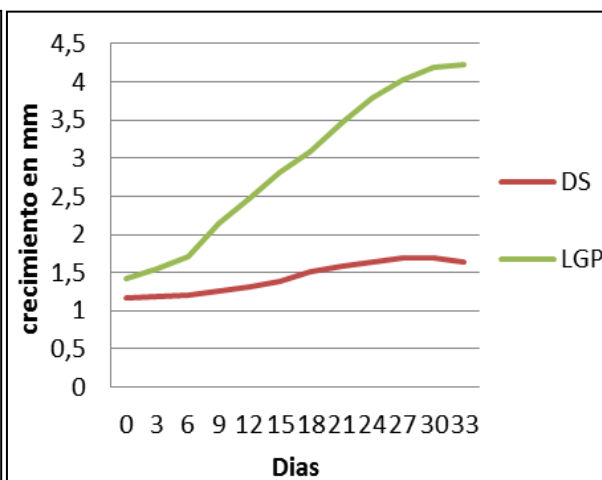


Figura 4. Curvas de crecimiento para diámetro de sépalos (DS) y longitud de pétalos (LGP).

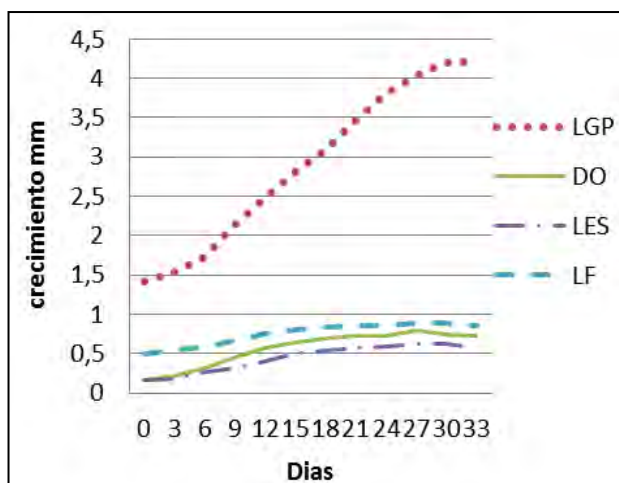


Figura 5. Curvas de crecimiento para longitud de pétalos (LGP), diámetro del ovario (DO), longitud del estilo (LES) y longitud del filamento (LF).

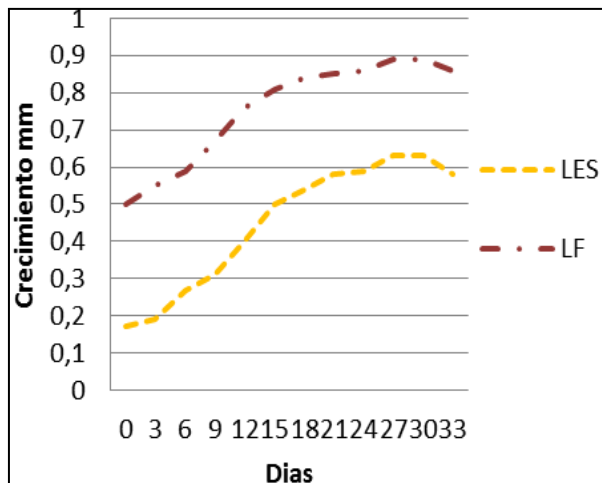


Figura 6. Curvas de crecimiento para longitud del estilo (LES) y longitud del filamento (LF).

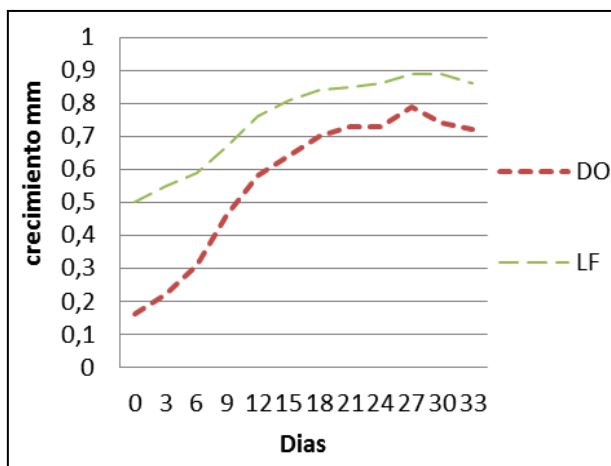


Figura 7. Curvas de crecimiento para diámetro del ovario y longitud del filamento (LF).

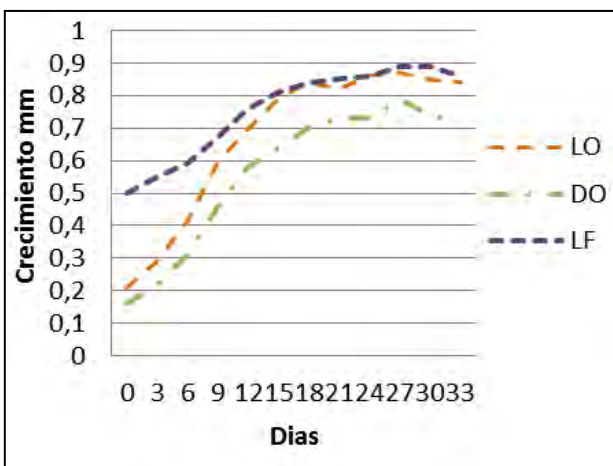


Figura 8. Curvas de crecimiento para longitud y diámetro del ovario (LO y DO) y longitud del filamento (LF).

Viabilidad polínica (VP). Los granos de polen comienzan a ser viables a los nueve días de evaluación, cuando muestran un 54,34% de VP. Los estados con mayor VP (100%) ocurren a los 24 días de evaluación. Similares resultados menciona Alcorcés, (2009) en *Hibiscus sabdarifa* encontrando que la viabilidad del polen fue mayor al 93%.

Receptividad del pistilo. El 80% de las flores evaluadas fueron receptivas desde los 15 días. A los 27 días, ya se encuentran receptivos el 100% de los pistilos, verificándose un mecanismo de protandria puesto que se presenta primeramente la maduración del polen, mientras que la receptividad del pistilo se observa al final de la etapa de liberación de este (Bertin y Newman 1993), lo cual evita la autofecundación por el hecho de que los tubos polínicos del polen crecen relativamente más rápido y hacen obligatoria la polinización cruzada o alogamia

Igualmente, en estudios realizados sobre la biología reproductiva de la familia Malvaceae con el género *Hibiscus* se ha encontrado especies totalmente auto incompatibles, con una baja producción de polen y granos de tamaño reducido (Klips y Snow, 1997).

Morfología del fruto de *H. americanus*. El fruto es un aquenio múltiple (esquizocarpo), indehiscente, es de forma ovoide con abundantes cerdas plumosas que miden entre 0,89 - 16,16 mm de largo cubiertas de pelos hirsutos, son de color café y se asemejan a un sol, de ahí que su nombre genérico, se forma de la palabra griega *Helio*”, que significa sol (Figura 9A). Los frutos maduros son diseminados por el viento. Similares observaciones mencionaron Mahecha *et al.*, (2004). Es de color rojizo en estados iniciales y conforme madura es de color café (Figura 9B), contiene de dos a tres semillas, estas observaciones coinciden con Espinal (1982).

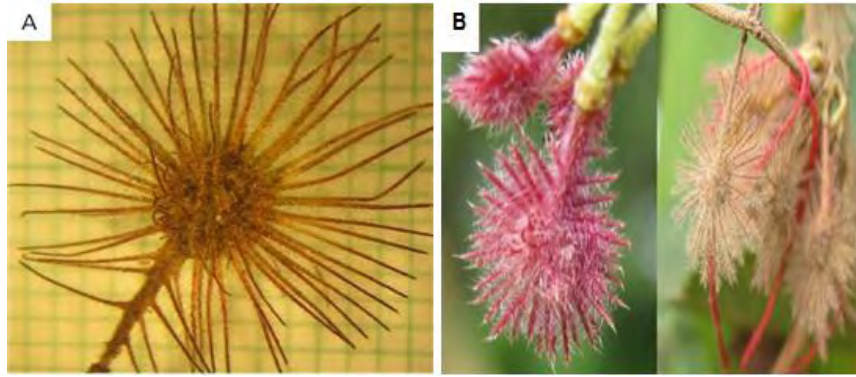


Figura 9. Fruto de *H. americanus* L. **A:** Aquenio múltiple (Esquizocarpo). **C:** Estado inicial y maduración del fruto.

Los incrementos y la velocidad de crecimiento de las variables evaluadas en frutos, indican un crecimiento gradual desde el estado inicial de formación del fruto (6 días) hasta su maduración (84 días). El DEF y el EPF alcanzan su máximo crecimiento a los 84 días de evaluación con valores de 14,7 y 15,13 mm, respectivamente, época en la cual están totalmente maduros (Figura 10). El peso del fruto (PF) alcanza las variaciones más significativas a partir de los 36 hasta los 66 días, con un peso máximo de 0,0023 g, disminuyendo hasta el final de la evaluación (84 días), donde presenta un peso de 0,0013 g.

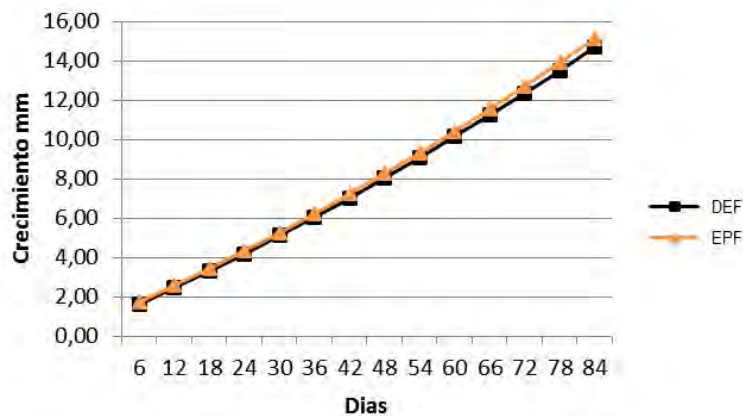


Figura 10. Curvas de crecimiento para el diámetro polar (DPF) y diámetro ecuatorial (EPF) del fruto de *H. americanus* L.

El crecimiento y desarrollo del fruto, comienza a los 6 días. Durante el desarrollo, las capsulas son esféricas a oviforme; en estados iniciales los frutos son de coloración rojiza intensa y conforme madura son de color café, tal como lo observó Espinal, (1982). Diez, (2002) menciona que los frutos se desarrollan en dos o tres meses en promedio, lo cual coincide con los resultados encontrados en esta investigación, donde la duración desde el estado inicial hasta la maduración de los frutos es de 90 a 105 días.

Morfología de la semilla de *H. americanus* L. El fruto presenta de una a tres semillas (Figura 11A), de forma ovada (Figura 11B) con una depresión en el medio, color marrón, de consistencia dura y textura pilosa (Figura 11C), tal como la describe Hernández (1989) en su estudio sobre tamaño de la semilla y efecto de la temperatura en la germinación de *Heliocarpus popayanensis* H.B.K.

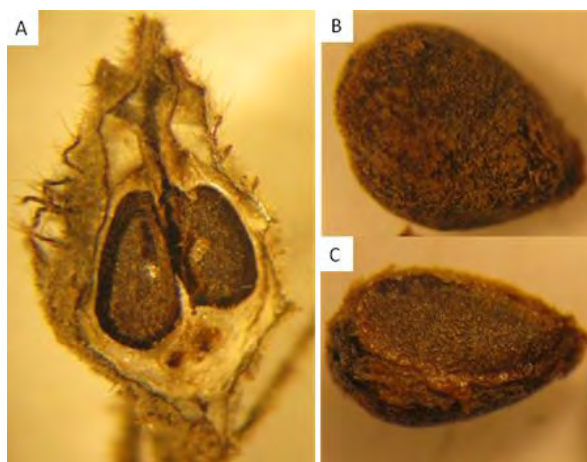


Figura 11. Semilla de *Heliocarpus americanus* L. **A:** Semillas por fruto. **B:** Semilla de forma ovada **C:** Semilla con una depresión en el medio.

El contenido de humedad fue de 13,64%. De igual forma, Hernández, (1989) observó que la humedad de *H. popayanensis* H.B.K. se encuentra en el rango de 5 a 20%, lo cual coincide con lo reportado por Lang, (1965). El peso de 1000 semillas fue de 0.92 g y la pureza del 88%.

De acuerdo a la categorización de la tinción con Tetrazolio se encontró que la viabilidad de la semilla fue del 56,5% (Figura 12 y 13), lo que indica que hubo la existencia de semillas con tejidos muertos o deterioro de la misma, tal como lo menciona Pérez y Pita, (2001). De igual forma las condiciones ambientales como cambios de temperatura y humedad hacen que la viabilidad de la semilla se vea afectada durante el almacenamiento. En general, la viabilidad de la semilla se reduce cuando la temperatura y el contenido de humedad se incrementen (Cordero y Oliveros, 1983).

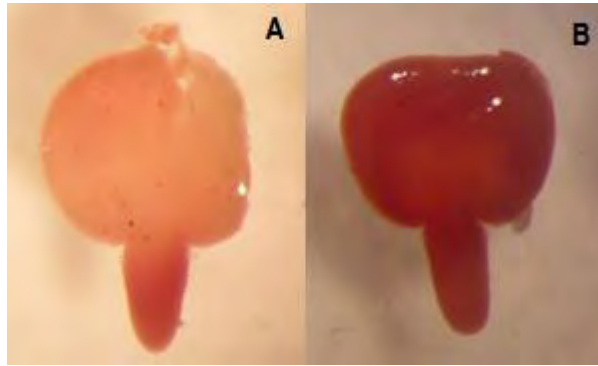


Figura 12. Embriones viables de la semilla de *Heliocarpus americanus* L. **A.** Extremo de la radícula rojo intenso. **B.** Embrión totalmente teñido.

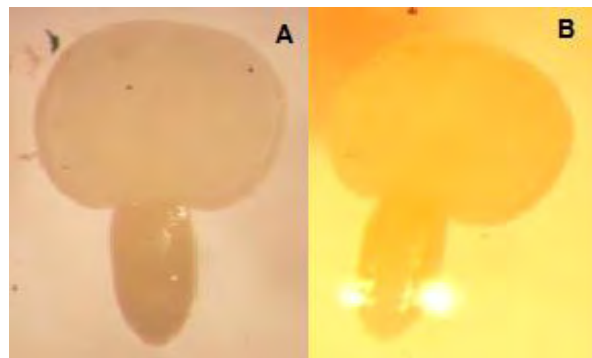


Figura 13. Embriones no viables de la semilla de *Heliocarpus americanus* L. **A.** Embrión sin teñir **B.** Embrión blanco amarillento

Así mismo, se encontró que el porcentaje de vaneamiento de la semilla fue del 57,39 %, como una consecuencia de una baja fertilidad que dependería de factores genéticos, así como también de predación y aborto de las semillas (García *et al.*, 2001).

El porcentaje de germinación fue del 64% a los 21 días a una temperatura de laboratorio de 19°C, considerado bajo, debido a mecanismos de latencia. Similares resultados encontró Vásquez y Orozco, (1996) en semilla de *H. appendiculatus* Turcz. Según estos autores, esta especie tiene una semilla termoblástica, dado que la temperatura es el factor más influyente en la germinación, siendo mejor en ambientes con temperaturas altas (26 a 36°C). De igual manera, en un estudio realizado con la especie *H. donnell-smithii* por Vásquez y Orozco, (1982) se encontró que la germinación requiere de un cambio fuerte de temperatura, preferiblemente con temperaturas por encima de 31°C; así mismo, Hernández, (1989) encontró que la germinación de *H. popayanensis* H.B.K. necesita de una temperatura,

mínima entre 15° a 18°C y máxima entre 38° a 40°C, con una germinación bastante homogénea entre 18 y 34°C.

El proceso de imbibición de las semillas presentó dos fases: la fase I se caracterizó por una rápida imbibición y la fase II está asociada a una absorción lenta de agua, tal como lo menciona Bewley y Black (1982). Por tanto, en la Figura 13 se muestra la tasa de imbibición para *H. americanus* L., donde la semilla absorbió la mayor cantidad de agua entre 10 y 12 horas, alcanzando el 54,6% de agua absorbida. A partir de las 12 hasta las 16 horas disminuyó lentamente la capacidad de absorción de agua, mostrando rompimiento longitudinal de la cara cóncava de la cubierta debido a la turgencia ocasionada por la absorción del agua. El periodo de imbibición de la semilla depende del contenido inicial de humedad, en este caso el lote tuvo 13,64% (base peso seco) y se determinó un tiempo de imbibición de 12 horas.

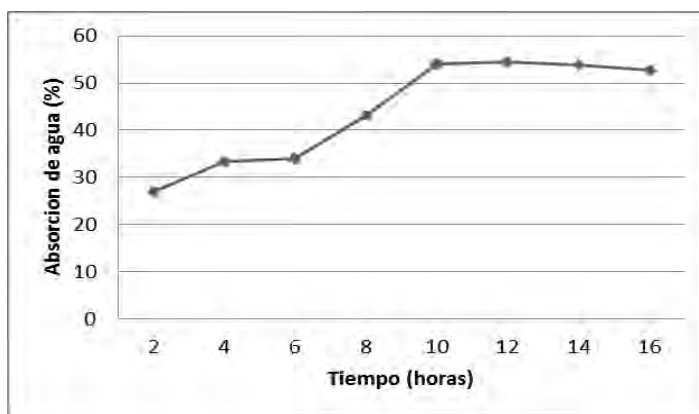


Figura 13. Dinámica de la absorción de agua destilada de un lote de semillas de *H. americanus* L. durante el proceso de imbibición.

CONCLUSIONES

El crecimiento de las estructuras florales y del fruto de *H. americanus* L. se ajustaron al modelo cuadrático de la forma $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$. El ciclo reproductivo es de 135 días. La apertura floral se da entre los 12 a 15 días y la formación del fruto comienza desde los 6 días hasta los 90 días.

Los granos de polen comienzan a ser viables desde los 9 días y están completamente maduros a los 27 días después del estado cero (2 mm). El pistilo comienza a ser receptivo desde los 15 días y a los 27 días se encuentran receptivos el 100% de los pistilos, concluyendo que en la especie se facilita la alogamia por protandria.

Las características físicas analizadas en la semilla de *H. americanus* L. presentaron valores bajos, por lo que no es recomendable el almacenamiento por periodos de tiempo muy largos, sin embargo se requiere mayor investigación al respecto.

BIBLIOGRAFÍA

ALCORCÉS, N. 2009. Estudios citogenéticos de *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae). Revista Científica UDO Agrícola, Vol 9, No. 3. Universidad de Oriente Press. Estado Monagas, Venezuela. 595-598 p.

BERTIN, R., y NEWMAN, C. 1993. Dichogamy in the angiosperms. Botanical Review 59: 112-152 p.

BEWLEY, J., y BLACK, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds. Viability, dormancy y environmental control. New York, 375 p.

CORDERO, M. y OLIVEROS, M. 1983. Efecto de varias condiciones de almacenamiento sobre la germinación de semillas de *Androogon gayanus*. Agronomía Tropical. 33(6): 177-189 p.

CORONADO, R. 2010. Biología reproductiva de *Herissantia crispa* (L.) BRIZ y *Bastardia viscosa* (L.) H.B.K. (Malvaceae). Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre. Escuela de Ciencias, Departamento de Biología. Cumaná, Venezuela. 48 p.

DAVID, S., OSORIO, K. y LAGOS, T. C. 2010. Evaluación del crecimiento, la morfología floral y el fruto de chilacuán (*Vasconcellea cundinamarcensis* B.). Revista de Ciencias Agrícolas. 28 (1). 9-23.

DIEZ, C. 2002. Notas de ecología forestal: Biología reproductiva de las plantas de los bosques tropicales. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional De Colombia, Sede Medellín. 56 p.

ESPINAL, L. 1982. Apuntes sobre flora de la región central del Cauca. Cali: Centro de publicaciones Universidad del Valle. 175 p.

FRANKIE, G., BAKER, H. and OPLER, P. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. J. Ecol. 62: 881-919 p.

GARCÍA, P.; GULIAS, J.; MARTÍNEZ, J.; MARZO, A.; MELERO, J.; TRAVESET, A.; VEINTIMILLA, P.; VERDÚ, M.; CERDÁN, V.; GASQUE, M. y MEDRANO, H. 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals (GV). Valencia, España. 82 p.

GOBIERNO EN LÍNEA DEL ORDEN TERRITORIAL. (GELT). 2010. Municipio de Chachagüí. Disponible desde internet en: [<http://www.chachagui-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mIxx-1-&m=f>]. Fecha de consulta: [5 marzo de 2012].

HERNÁNDEZ, R. 1989. Tamaño de la semilla y efecto de la temperatura en la germinación de *Heliocarpus popayanensis* H.B.K. Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 21-42 p.

HERRERA, D.; DELGADO, J. y LAGOS, T. C. 2010. Algunos aspectos de la biología floral, horarios y métodos de polinización artificial en Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Send.). Revista Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 20 p.

(International Seed Testing Association). ISTA. 1996. International rules for seed testing. Seed Science & Technology. 89 p.

KLIPS, R. y SNOW, A. 1997. Delayed autonomous self-pollination in *Hibiscus laevis* (Malvaceae). American Journal of Botany, 84: 48-53 p.

LAGOS, T. C.; ORDOÑEZ, H.; CASTILLO, A.; NAVIA, J.; LAGOS, L.; BENAVIDES, C.; ANDRADE, D.; DUARTE, D., y LOPEZ, D. 2013. Distribución geográfica de Balso blanco (*Heliocarpus americanus* L.) en el departamento de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 20 p.

LANG, A 1965. Effects of some internal and external conditions on seed germination. En W. Ruhland ed. Encyclopedia of plant physiology. V. 15 (2). Springer Verlag, New York. 848-893 p.

LAY, K. K. 1949. A revision of the genus *Heliocarpus* L. Annals of the Missouri Botanical Garden 36:507–541 p.

MAHECHA, G.; OVALLE, A.; CAMELO, D.; ROZO, A. y BARRERO, D. 2004. Vegetación del territorio CAR. 450 especies de sus llanuras y montañas. Bogotá. Colombia. 871 p.

PÉREZ, E. 2009. Flora del bajo y regiones adyacentes: Tiliaceae. Instituto de Ecología, A.C. Centro regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán. 37 p.

PÉREZ, F. y PITA, J. 2001. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Departamento de Biología Vegetal. E.U.I Técnica Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid, España. 16 p.

RAMÍREZ, N. 1997. Biología reproductiva y selección de especies nativas para la recuperación de aéreas degradadas: Métodos y significados. Acta botánica Venezuela. 20 (1). 43-63 p.

RAMÍREZ, L.; SUÁREZ, J. y RAMÍREZ, J. 2011. Evaluación de las propiedades floculantes de *Malvaviscus arboreus*, *Heliocarpus popayanensis* e *Hylocereus undatus* para clarificación de aguas. Servicio Nacional de Aprendizaje, Centro Nacional de los Recursos Naturales Renovables, La Salada, SENA Caldas, Antioquia. 10 p.

RIAÑO, K. 2005. Aspectos ecológicos de diez especies pioneras arbóreas en corredores de conexión Barbas-Bremen. Universidad del Quindío. Facultad de Educación, Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Quindío, Armenia. 53 p.

ROBYNS, A. 1964. Flora of Panama: part IV, family 114. Tiliaceae. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. Vol. 51. 3-35 p.

ROJAS, M. Y ROVALO, M. 1985. Fisiología Vegetal aplicada. Tercera edición, Mc Graw-Hill. 228 p.

TORREY, J. 1969. Development in flowering plants. Fourth printing. London, Macmillan. 184 p.

VARGAS, W. 2002. Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Universidad de Caldas, Manizales. 814 p.

VASQUEZ, A. 2001. Silvicultura de Plantaciones Forestales en Colombia. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué – Tolima. 304 p.

VASQUEZ, C. y OROZCO, A. 1982. Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnell-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. *Physiol Plant*. V 56: 295-298 p.

VASQUEZ, C. y OROZCO, A. 1996. Physiological ecology of seed dormancy and longevity. *Tropical forest plant ecophysiology*. New York, US. 535-558 p.

VÁSQUEZ, C.; URIBE, A. y ÁLVAREZ, J. 2006. Propagación por estacas juveniles de Balso Blanco (*Heliocarpus americanus* L. Sin. *H. popayanensis*) utilizando propagadores de sub-irrigación. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*. Vol.59, No.2. Pág. 3479-3498.

WEBERLING, F. 1989. *Morphology of flowers and inflorescences*. Cambridge University Press. New York. 496 p.

WILLIAMS, L. y MEAVE, J. 2002. Patrones fenológicos. En: *ecología y conservación de bosques neo tropicales*. LUR. 407-431 p.