

Características seminales de árboles de la familia Sapindaceae

Seed characteristic of trees to Sapindaceae family

Laura A. MONTEJO VALDÉS*, Jorge A. SÁNCHEZ RENDÓN* y Bárbara C. MUÑOZ GARCÍA*

RESUMEN. Se describieron rasgos morfológicos y fisiológicos de semillas de *Allophylus cominia*, *Matayba apetala*, *Cupania americana* y *Sapindus saponaria*, procedentes de un bosque siempreverde de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Cuba. Se determinaron las dimensiones y la masa seca de la semilla, contenido de humedad y la distribución de la biomasa dentro de los diseminulos. En todas las especies las semillas tienen forma esférica y solo *M. apetala* y *C. americana* presentaron arilo anaranjado. Todas las especies se caracterizaron por la ausencia de endospermo y cotiledones masivos; las semillas de *A. cominia*, *C. americana* y *S. saponaria* muestran embriones doblados; mientras que en *M. apetala* el embrión es invertido. Las semillas de *A. cominia*, *M. apetala* y *C. americana* destinan más recursos a la reserva seminal que a la estructura protectora; mientras, en *S. saponaria* el máximo porcentaje de materia seca es destinado a la cubierta seminal.

PALABRAS CLAVE. *Allophylus cominia*, *Cupania americana*, *Matayba apetala*, *Sapindus saponaria*, embrión, tamaño seminal

ABSTRACT. The morphological and physiological seed traits of *Allophylus cominia* (L.) Sw., *Matayba apetala* (Macf.) Radlk., *Cupania americana* L. and *Sapindus saponaria* L., established in a moist evergreen forest in Sierra del Rosario Biosphere Reserve, Cuba were described. Seed dimensions and dry seed mass, water content and distribution of biomass in the seed were determined. In all species seeds have spherical shape and only *M. apetala* and *C. americana* exhibit orange arils. All species lack endosperm and display massive cotyledons; *A. cominia*, *C. americana* and *S. saponaria* seeds show bent embryos; whereas inverted embryos occur in *M. apetala*. The seeds of *A. cominia*, *M. apetala* and *C. americana* dedicate more resources to seed reserves than to their protective structures while in *S. saponaria* the highest percentage of dry mass is dedicated to seed coats.

KEY WORDS. *Allophylus cominia*, *Cupania americana*, *Matayba apetala*, *Sapindus saponaria*, embryo, seed size

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los caracteres morfológicos y fisiológicos de las semillas, es de gran importancia para la comprensión de los mecanismos de dormancia, sucesión y regeneración natural de las comunidades naturales (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993; Melo *et al.*, 2004). En este sentido, Goebel (1898), Nikolaeva (1977) y Baskin y Baskin (1998) reconocen que la estructura interna de las semillas, en particular la morfología del embrión tiene importantes implicaciones en la dormancia y la germinación seminal.

Martin (1946) a partir de un estudio de la forma y tamaño del embrión en 1287 géneros, identificó 12 tipos de embriones, entre los que se describen embriones poco desarrollados y totalmente desarrollados. Los primeros son pequeños, ocupan menos de un cuarto del volumen de la semilla y tienen poca diferenciación anatómica y morfológica en el momento de la dispersión de la semilla (o fruto); mientras, que los embriones desarrollados ocupan más de un cuarto del volumen seminal y fueron clasificados por este autor en cuatro categorías: cuarto (de $\frac{1}{4}$ o más); medio (de $\frac{1}{2}$ o poco más); dominantes (de $\frac{3}{4}$ o poco más) y total (de $\frac{4}{4}$). Sin embargo, Forbis *et al.* (2002) determinaron que la mayoría de las especies producen semillas que contienen embriones con un desarrollo intermedio. Ellos además aseguran que el grado de desarrollo del embrión representa un continuo desde etapas precotiledonares hasta etapas con varios primordios foliares.

También, Martin (1946) clasificó la posición del embrión en 3 grandes categorías, a las que denominó basal (cuando se encuentran limitados a la región media inferior de la semilla), periférico (si permanecen en contacto con parte de la cubierta

seminal) y axial (cuando están ubicados en el eje central de la semilla); a su vez, la categoría de axial la subdivide en lineal: por ser el embrión varias veces más largos que ancho, miniatura: por estar incluidos en semillas muy pequeñas, y folial: que se caracteriza por presentar los cotiledones expandidos. En esta última subdivisión los embriones a su vez se clasifican en espatulados, doblados, inversos y plegados según sus características morfológicas.

El tamaño y la masa seminal son rasgos importantes que caracterizan la variación ecológica entre las especies (Henery y Westoby, 2001; Westoby *et al.*, 2002). El tamaño seminal que se alcanza representa un compromiso entre los requerimientos para la dispersión y el establecimiento de la plántula (Fenner, 1985); mientras, que la masa seminal da una medida de la cantidad de reservas que porta la semilla para el establecimiento de la plántula en un ambiente determinado (Foster, 1986). Por otra parte, el contenido de humedad es un factor que no sólo afecta la longevidad del diseminulo sino que es capaz de modificar la respuesta germinativa de la especie (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993).

Los estudios relacionados con variables morfofisiológicas en semillas de árboles de la familia Sapindaceae son limitados y provienen principalmente de contribuciones realizadas en Cuba, Costa Rica, México y Panamá. Estas investigaciones están relacionadas con la ecofisiología de las semillas de árboles de estadios avanzados de la sucesión, donde están incluidas algunas especies pertenecientes a esta familia (Daws *et al.*, 2005; Sautu *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2007). Otros trabajos están vinculados con la anatomía de flores, hojas, tallo y madera (Metcalfe y Chalk, 1979) sin incluir descripciones de la semilla. Corner (1976) describió la anatomía de óvulos y semillas de *Cupania spp.*, y Niembro

Manuscrito recibido: 3 de Febrero de 2010.

Manuscrito aprobado: 10 de Marzo de 2010.

*Instituto de Ecología y Sistemática, C. P. 11900, La Habana 19, Cuba.

(1983) la morfología externa de semillas de *Cupania dentata*. La anatomía de la semilla madura en esta misma especie fue estudiada por Zavaleta-Mancera *et al.* (2003).

Para profundizar en los conocimientos sobre la biología seminal en la familia Sapindaceae, y por su importancia en estudios de ecofisiología de la germinación, el objetivo del presente trabajo fue describir características de las semillas tales como: dimensiones de los diseminulos, tipo de embrión, características del cotiledón, contenido de humedad e índices de masa seminal en *Allophylus cominia* (L.) Sw., *Matayba apetala* (Macf) Radlk., *Cupania americana* L. y *Sapindus saponaria* L. Estas plantas se distribuyen principalmente en regiones tropicales y en Cuba se localizan en toda la isla, excepto *M. apetala* que se encuentra principalmente en la región occidental y central (León y Alain, 1953). Presentan frutos carnosos que pueden ser drupas como en *A. cominia* o frutos secos como cápsulas dehiscentes en *M. apetala* y *C. americana* o indehiscentes en *S. saponaria*. Estas especies se consideran por su estrategia sucesional como especies no pioneras o climax y son recomendadas para proyectos de reforestación de sitios tropicales con plantas nativas (Herrera *et al.*, 1997; Sánchez *et al.*, 2007). León y Alain (1953) señalan que *A. cominia* y *S. saponaria* tienen valor medicinal, mientras que *M. apetala* es una planta melífera y los frutos sirven de alimento para el ganado; por su parte, la madera de *C. americana* es empleada en construcciones navales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las semillas frescas se colectaron a partir de frutos maduros sobre la planta, en cinco individuos de cada especie. La colecta se realizó en el año 2006 en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario (RBSR), Pinar del Río, Cuba (22° 45' N, 82° 50' W), en la Estación Ecológica "El Salón" (sección central de la RBSR). El área está cubierta por un bosque siempreverde estacional submontano. Los frutos de *A. cominia* se obtuvieron en el mes de diciembre, durante la estación de seca; mientras, que en *M. apetala* y *C. americana* la colecta se realizó en mayo, al inicio de la estación de lluvia y en *S. saponaria* al final de dicha estación, en el mes de septiembre; éstos se trasladaron inmediatamente al Instituto de Ecología y Sistemática (IES) en bolsas de yute donde se limpiaron. Después de separadas las semillas de los frutos se mezclaron y fueron almacenadas en frascos de cristal con cierre hermético y se colocaron a temperatura de 25°C en oscuridad y seguidamente se realizaron los ensayos en el laboratorio.

En todas las especies se determinaron las variables morfofisiológicas a partir de una muestra de 100 semillas tomadas al azar del total de frutos colectados. Las dimensiones seminales (longitud, anchura y grosor) se obtuvieron mediante el empleo de un pie de rey con error de 0.02 mm. Cada valor de dimensión se dividió entre el valor de la longitud; así la longitud es igual a la unidad. Seguidamente se calculó la varianza de las tres dimensiones según el método de Thompson *et al.* (1993), dividiendo la suma de las desviaciones cuadráticas de los valores individuales con relación a la media por $n = 3$; $(S(x-x^2)^2/n)$. De esta manera, una semilla esférica presentará un valor de varianza de 0; mientras que una alargada o achatada su varianza puede ser hasta 0.33

(Thompson *et al.*, 1993).

El resto de las variables seminales estudiadas fueron: masa fresca de la semilla, masa seca total (MS), contenido de humedad inicial, masa seminal de las reservas (MSR: embrión y endospermo) y de las cubiertas (MSC). La masa fresca de los diseminulos se determinó mediante el pesaje individual de las semillas en una balanza Sartorius con precisión 10^4 . La masa seca de las semillas y su contenido de humedad inicial se hallaron en cada especie por el método de secado a baja temperatura constante, según las normas del Internacional Seed Testing Assosiation, ISTA (1999). La fracción de la masa de la semilla destinada a las reservas (embrión+endospermo) se determinó a partir del índice nutricional de las semillas establecido por Sánchez *et al.* (1997) mediante la fórmula:

$$MSR = \frac{\text{masa seca del embrión + endospermo (g)}}{\text{masa seca de la semilla (g)}} \times 100$$

También se calculó la fracción de la masa seminal de las cubiertas (MSC), que representa la masa relativa de las semillas que no fue asignada a las reservas.

En el presente estudio se consideró como término "semilla" a la semilla propiamente dicha o la semilla cubierta por el endocarpo (en el caso de las drupas), como en *Allophylus cominia*. Los diseminulos fueron catalogados en diferentes clases según el tamaño: A (menor de 0,5 cm de longitud en el eje mas largo) y B (entre 0,5 cm y 2 cm de longitud), acorde a lo establecido por Hladick y Miquel (1990); mientras que, la descripción de la superficie de la testa de las semillas se realizó según Stearn (1992).

La clasificación y descripción de los embriones en base al tamaño, posición y forma se efectuó según Martin (1946) y Niembro (1988), para lo cual se utilizó una muestra de 30 semillas por especie; se les realizaron cortes transversales y longitudinales, y posteriormente fueron examinados al microscopio estereoscópico a 40x. Las imágenes correspondientes a los embriones se realizaron en un microscopio compuesto Axioskop 2 plus de Carl Zeiss, con una cámara AxioCam y procesadas mediante el software AxioVision 3.1 a 1300 x 1030 dpi, en una escala de 2mm. Las imágenes de los frutos se obtuvieron mediante una cámara fotográfica convencional con una resolución de 600 dpi. El procesamiento estadístico se aplicó de manera independiente para cada especie. Se calcularon los valores promedio y el error estándar de la variable utilizada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las semillas de *A. cominia*, *M. apetala*, *C. americana* y *S. saponaria* tienen forma globosa, ampliamente ovada, o circular; mientras, que la superficie de la testa fue punticulada, lisa o rugosa según la especie, con presencia de arilo en *M. apetala* y *C. americana* (Fig. 1B y 1C; Tabla 1). Según Engleman (1991) esta estructura juega un papel importante en la diseminación de los propágulos y en la descomposición de las semillas por la acción de bacterias y hongos, esto último puede favorecer la escarificación de la semilla para su germinación en condiciones naturales (Zavaleta Mancera, *et al.*, 2003).



Fig. 1. Frutos y semillas de *A. cominia* (A), *M. apetala* (B), *C. americana* (C) y *S. saponaria* (D).

Los embriones están ubicados en el eje central de la semilla; por lo tanto, según el criterio de Martin (1946) todas las especies deberán pertenecer a la división axial, subdivisión folial. Los embriones pertenecientes a esta división pueden ser doblados como los de *A. cominia* (Fig. 2A), *C. americana* (Fig. 2C) y *S. saponaria* (Fig. 2D), o del tipo inversos como en *M. apetala* (Fig. 2B). En esta última especie no coincide el tipo de embrión con la caracterización de los mismos realizada por Wolfgang Stuppy (com. pers.) y Baskin y Baskin (1998) para la familia Sapindaceae. Según estos autores, la familia se identifica por la presencia de embriones doblados o plegados.

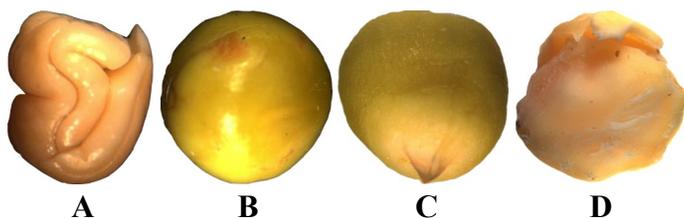


Fig. 2. Aspecto general de los embriones de las especies estudiadas; A, C y D embrión doblado (*A. cominia* (A), *C. americana* (C) y *S. saponaria* (D) y *M. apetala* (B), mostrando un embrión inverso.

El tamaño del embrión fue variable entre las especies (Tabla 1) y las dimensiones promedio de los mismos en *A. cominia*, *M. apetala*, *C. americana* y *S. saponaria* son: 2,5; 4,1; 8,2 y 7,0 mm de longitud y 2,2; 4,0; 8,1 y 8,0 mm de ancho respectivamente, lo cual representa el 52,6; 84,0; 93,8 y 62,5% del volumen de la semilla para cada especie. Por lo tanto, a partir de la clasificación realizada por Martin (1946) de esta variable, *A. cominia* y *S. saponaria* presentan embrión medio, ocupa un poco más de la mitad del volumen seminal; mientras, que en *M. apetala* y *C. americana* es dominante. No obstante, en todas las semillas los cotiledones son masivos e indiferenciados, excepto en *A. cominia* que es espirolobado

(Tabla 1); según Niembro (1988) al parecer, les permite incrementar el tamaño de estos sin detrimento del espacio para el tejido de reserva.

Atendiendo a los diferentes tipos de embriones encontrados en las especies estudiadas (Tabla 1), los cuales se caracterizan por ser grandes y desarrollados en el momento de la dispersión, podríamos esperar que el mecanismo de dormancia que deberá prevalecer en estas plantas sea físico, fisiológico o combinaciones de estos tipos de dormancia (Baskin y Baskin, 1998). De hecho, Sánchez *et al.* (2007) basándose en pruebas de imbibición, germinación y aplicación de tratamientos pregerminativos de escarificación en semillas frescas de *S. saponaria*, concluyeron que las mismas presentaron dormancia física como principal impedimento para la germinación, tal como se había informado previamente por Sautu *et al.* (2006). No obstante, Sánchez *et al.* (2007), también encontraron que una pequeña fracción de semillas de esta especie presentó dormancia fisiológica, debido a mecanismos de inhibición fisiológica en el embrión (Baskin y Baskin 1998). Este resultado corroboró que en el género *Sapindus* hay una combinación de dormancia física y fisiológica como había sido planteado por Munson (1984), al igual que en otros géneros de la familia Sapindaceae (Baskin y Baskin 1998). Según Sánchez *et al.* (2007) el mecanismo de dormancia combinada en esta especie, podría permitir a las semillas extender el periodo de germinación hasta la próxima estación favorable, y con esto incrementar la probabilidad de establecimiento de las plántulas.

Las pruebas de imbibición realizadas en *A. cominia*, *M. apetala* y *C. americana* por Sánchez *et al.* (2007) probaron que estas especies no tuvieron dormancia física como principal obstáculo para la emergencia de la radícula; de este modo, dadas las características del embrión estas semillas podrían presentar dormancia fisiológica. De hecho, los autores mencionados encontraron dormancia fisiológica no profunda en semillas frescas de estas plantas.

Las especies presentan entre 1 y 3 semillas por fruto (Tabla 2), que se caracterizan por la ausencia de endospermo, lo cual concuerda con las características generales para la familia, descritas por Ellis *et al.* (1985). Los valores de las variables longitud, anchura y grosor en las semillas de *A. cominia* y *M. apetala* difieren considerablemente de los encontrados en *C. americana* y *S. saponaria* (Tabla 2). Las primeras especies mostraron dimensiones seminales acorde a lo establecido por la literatura para semillas clase A; mientras que *C. americana* y *S. saponaria* pertenecen a la clase B (Tabla 2). Esta variación en el tamaño seminal se ha reportado con frecuencia para comunidades del Neotrópico que involucran árboles de estadios tempranos y tardíos de la sucesión (Sautu 2006; Sánchez *et al.* 2007). Según Grubb y Comes (1997) el tamaño de la semilla en árboles tropicales puede estar afectado por factores bióticos y abióticos, como por ejemplo las restricciones que imponen los dispersores (Grubb, 1998), tal como podría suceder en *A. cominia*, *M. apetala* y *C. americana* que dispersan sus semillas/frutos por animales (Sánchez *et al.*, 2007).

No obstante, la varianza de las dimensiones de los diseminulos fluctuó entre 0.0005 hasta 0.009 (Tabla 2); por consiguiente, son semillas con formas esféricas según el

criterio de Thompson *et al.* (1993), y coincide con la apariencia de la semilla, como se comentó al inicio del acápite. Esta condición, de forma seminal tiene implicación ecológica, al disminuir el punto de contacto del diseminulo con la superficie del suelo, y por lo tanto las posibilidades de enterramiento de la misma una vez que llega a la superficie (Fenner, 1993). De esta manera, la especie debe lograr a costa de sus propios nutrientes y su humedad, cierta independencia del ambiente para poder iniciar el proceso germinativo y el establecimiento de la plántula.

Tabla 1. Características morfológicas de los frutos y semillas de las especies estudiadas

Especies	Forma de la semilla	Superficie de la testa	Indumentos o Estructuras de la cubierta seminal	Embrión	Cotiledones
<i>Allophylus cominia</i>	Globosa	Punticulada	No tiene	Medio, doblado	Espirolobado
<i>Matayba apetala</i>	Ampliamente ovada a circular	Punticulada	Arilo de color anaranjado	Dominante, inverso	Masivo, indiferenciado
<i>Cupania americana</i>	Ampliamente ovada a circular	Lisa	Arilo de color anaranjado	Dominante, doblado	Masivo, indiferenciado
<i>Sapindus saponaria</i>	Circular	Rugosa	No tiene	Medio, doblado	Masivo, indiferenciado

Tabla 2. Valores promedios (Error Estándar) de las variables morfológicas de las semillas. Para la Varianza de las dimensiones se determinó el coeficiente de variación que aparece entre paréntesis.

Especies	Sem / Frutos	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Varianza de las dimensiones
<i>Allophylus cominia</i>	1	4,75(0.09)	4,02(0.13)	4,12(0.10)	0,004 (80,0)
<i>Matayba apetala</i>	2-3	4,87(0.16)	4,75(0.13)	4,80(0.11)	0,004 (56,8)
<i>Cupania americana</i>	3	8,74(0.19)	8,03(0.17)	6,80(0.10)	0,009 (67,3)
<i>Sapindus saponaria</i>	1-3	11,29(0.14)	11,96(0.11)	11,18(0.06)	0,0005 (86,3)

Teniendo en cuenta solamente las magnitudes de la variable contenido de humedad, las semillas de *A. cominia* y *S. saponaria*, podrían ser catalogadas como ortodoxas, al tener valores de hidratación menores al 12% (Tabla 3); según Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1994) las especies ortodoxas podrían sobrevivir en sitios de vegetaciones abiertas sin sufrir grandes daños celulares por la deshidratación, como ocurre para las especies pioneras. Por otra parte, considerando los altos valores de humedad de *M. apetala* y *C. americana* (Tabla 3) podrían pertenecer a la categoría de semillas recalcitrantes dada por Ellis *et al.* (1990); no obstante, se necesitan de otras investigaciones para reportar a estas especies dentro de estas categorías.

Los valores de humedad que se obtuvieron para las semillas frescas de *S. saponaria*, fueron muy semejantes a los reportados por Sautu *et al.* (2006); sin embargo, para el género *Cupania* fueron diferentes a los resultados obtenidos en este estudio, siendo superiores para las semillas colectadas en Panamá. Según Foster (1986) y Nikolaeva (2004) esta variabilidad podría ser consecuencia de las condiciones bióticas y abióticas en que se desarrollaron las plantas madres.

La masa fresca de la semilla en las especies estudiadas oscila entre 28,8mg (*A. cominia*) y 868,2mg (*S. saponaria*) (Tabla 3). Según Sánchez, *et al.* (2007) la gran mayoría de las especies con valores de masa seminal entre 10-1000mg

se establecen indistintamente en los claros y sitios semiprottegidos como ocurre con las especies estudiadas; por su parte, Herrera *et al.* (1997) clasifican a *A. cominia*, *M. apetala* y *C. americana* por su estrategia sucesional como invasoras, las cuales generalmente son capaces de invadir grandes áreas en sitios donde la vegetación primaria ha sido destruida. La masa seca de la semilla tuvo un comportamiento muy similar a la masa fresca; el valor mínimo para esta variable se obtuvo en *A. cominia* (25,3 mg) y el máximo en *S. saponaria* (770.6 mg) (Tabla 3), con un valor medio para todas las especies de 280,8 mg. Mientras que el contenido inicial de agua de las semillas frescas varió de 10,0% en *A. cominia* hasta 39,6% en *C. americana* (Tabla 3); con un valor medio entre especies de 23.4%.

En todas las plantas, se evidenció una relación directa entre la masa seca de las semillas y sus reservas o sus cubiertas seminales, lo cual demostró que la masa seca seminal es una buena medida de la cantidad de materia absoluta que se asigna a cada parte de la semilla. Sin embargo, cuando se analizan los porcentajes de la masa seca de las semillas destinadas a la formación de las cubiertas o reservas nutricionales no se observa una relación tan obvia con la masa seca total de las semillas, lo que nos indica posiblemente que la cantidad de masa que se “destina” a cada componente posiblemente sea un compromiso individual de cada especie con sus requerimientos para la dispersión,

defensa de los diseminulos y el establecimiento de las plántulas, Fenner 1985). De hecho, en *S. saponaria* especie de mayor masa seminal (Tabla 3), más del 65 % de la masa seminal se utilizó en la formación de estructuras protectoras, lo cual podría estar asociado con la defensa de la semilla ante el ataque de depredadores, muy frecuentes en ambientes competitivos, según Fenner (1985); mientras que en la semilla mas pequeñas como *A. cominia* más de un 60% de la materia seca se empleo en la formación de las reservas nutricionales; en este caso la presencia de cotiledones carnosos y espirolobados evidencian la fortaleza de los mismos. Esta especie llega al suelo durante la estación de seca, por lo tanto una mayor masa seminal de la reserva deberá garantizar a la semilla su permanencia en el suelo a expensa de estos nutrientes hasta que las condiciones ambientales sean propicias para el establecimiento de la plántula (Foster, 1986) las cuales deberán ser robustas, capaces de sobrevivir periodos de prolongada sequía.

Por otra parte, la proporción de la masa seca de la semilla destinada a la producción de estructuras protectoras (testa/endocarpo) se opone a la producción de reservas (embrión/endospermo); por tanto en una misma especie se alcanzaron los valores mínimos y máximos de estas proporciones. Por ejemplo, *S. saponaria* “destina” un porcentaje de materia seca para la formación de la cubierta de 67,6 y 32,3 para la

reserva nutricional (Tabla 3). Este comportamiento podría estar relacionado con la presencia de mecanismos que disminuyan la acción de los depredadores y patógenos y/o la deshidratación de las semillas (Dalling *et al.*, 1997; Daws *et al.*, 2005). Mientras, en *A. cominia* como se comentó anteriormente, en *M. apetala* y *C. americana* prevalecen los valores de la masa seminal de la reserva sobre la masa de la cubierta, lo que indica que se asignó mayor cantidad de recursos a la formación de las mismas. Entre estas especies la

producción de materia seca para las reservas tuvo una media de 70,7%, mientras que la proporción de materia seca destinada a las cubiertas seminales tuvo una media de 29,2 %.

Así, estas especies asignaron mayores recursos a las reservas seminales que a la fracción que representó las estructuras protectoras de sus semillas, lo cual significó que con el incremento de las reservas de las semillas disminuyeron sus estructuras de protección.

Tabla 3. Medias (\pm ES) de las variables morfofisiológicas de las semillas de las especies estudiadas.

Especies	Masa fresca semilla (mg)	Masa seca semilla (mg)	Contenido humedad (%)	Masa seca testa (mg)	Masa seca de las reservas (mg)	Porcentaje masa seca testa	Porcentaje masa seca reservas
<i>A. cominia</i>	28.8 \pm 0.63	25.3 \pm 0.65	10.0 \pm 1.26	9.4 \pm 0.16	16.0 \pm 0.64	37.0 \pm 0.81	63.0 \pm 1.07
<i>M. apetala</i>	121.0 \pm 3.26	93.5 \pm 2.64	22.7 \pm 0.80	24.5 \pm 3.55	69.3 \pm 0.66	26.1 \pm 0.50	73.9 \pm 0.42
<i>C. americana</i>	300.6 \pm 13.8	184.7 \pm 8.81	39.6 \pm 0.96	45.6 \pm 1.88	138.9 \pm 5.79	24.7 \pm 0.23	75.2 \pm 0.23
<i>S. saponaria</i>	868.2 \pm 3.62	770.6 \pm 2.90	11.2 \pm 0.67	521.3 \pm 17.6	248.7 \pm 26.3	67.6 \pm 2.62	32.3 \pm 2.61

En sentido general, los valores de la masa fresca y seca de las semillas mostraron diferencias significativas entre las especies; resultados similares fueron obtenidos por Sánchez *et al.* (2007) en otras especies arbóreas de la Sierra del Rosario de estadios avanzados de la sucesión. Las semillas estudiadas, que son dispersadas en la estación de lluvia tienen mayor valor de masa fresca y de humedad, con relación a la que se recolectó en época de seca. Resultados similares obtuvieron Sautu *et al.* (2006) quienes demostraron que la masa fresca de la semilla tiende a ser menor en la estación de seca. En cambio, los resultados que obtuvieron Sánchez *et al.* (2007) en 40 árboles nativos de un bosque siempreverde estacional submontano cuando agruparon las especies por su tiempo de dispersión, no coincide con los de Sautu *et al.* (2006). Según aquellos autores debido a la gran variabilidad que existió dentro de cada tiempo de dispersión.

Con relación a la distribución de la masa seminal, los mayores porcentajes de masa destinados a la formación de la cubierta seminal se obtuvieron también en las semillas dispersadas en la estación de lluvia (i.e. *S. saponaria*), lo cual se relaciona negativamente con el contenido de humedad de la misma. Por el contrario, *C. americana* especie colectada al inicio de esta temporada, mostró el máximo valor de humedad y de masa seca de la reserva, esto posiblemente le permita cierta independencia del medio para iniciar el proceso germinativo. Al parecer, *C. americana* tiene como estrategia reproductiva establecerse una vez que la semilla llega al suelo y formar banco de plántula para garantizar su permanencia en el bosque. Este tipo de estrategia de supervivencia en el suelo ha sido reportada por Herrera *et al.* (1997) para especies de estadios sucesionales avanzados, como ocurre con esta especie.

En conclusión, las cuatro especies estudiadas presentaron rasgos seminales propios y típicos para la familia a la que pertenecen, lo cual podría reducir la competitividad interespecífica en las comunidades naturales donde se establecen y con esto facilitar la coexistencia de las mismas. Estos resultados corroboran la importancia que tienen el conocimiento de la estructura interna de las semillas por su relación con el tipo de dormancia que presente la misma, así

como el tamaño de los diseminulos, los índices de masa y su relación entre ellos, lo que nos permite conocer un poco más sobre la biología reproductiva de estas especies.

Agradecimientos: A Alejandro Gamboa por la asistencia técnica en el laboratorio. Esta investigación fue realizada por el financiamiento dado por del proyecto Ecofisiología de semillas y plántulas de árboles y arbustos de La Sierra del Rosario, del Programa Ramal de Ciencia y Técnica "Diversidad Biológica Cubana" (032). El segundo autor agradece a la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) por la ayuda ofrecida a través del donativo D/3536-2

REFERENCIAS

- Baskin, J.M. y C. C. Baskin. 1998. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academy Press, San Diego, C.A.
- Corner, E. J. H. 1976. *The seeds of dicotyledons*, 2 vols. Cambridge University Press, London.
- Dalling, J.W., M. D. Swaine y N. C. Garwood. 1997. Soil seed bank community dynamics in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. *Journal of Tropical Ecology*. 13:659-680.
- Daws, M.I., N. C. Garwood y H. W. Pritchard. 2005. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panama: some ecological implications. *Funct Ecol*. 19: 874-885.
- Ellis, R.H., T. D. Hong y E. H. Roberts. 1985. *Handbook of seed technology for gene bank*. 2 vols. IBPGR, Rome.
- Ellis, R.H., T. D. Hong y E. H. Roberts. 1990. An intermediate category of seed storage behaviour? I Cofee. *J. Exp. Bot.* 41: 1167-1174.
- Engleman, E.M. 1991. *Glosario de semillas*. Mimeógrafo de la cátedra de Anatomía de semillas. Centro de Botánica del Colegio de Post graduados. Montecillo. Estados de México.
- Fenner, M. 1985. *Seed ecology*. Chapman & Hall, London.
- Forbis, T.A., S. K. Floyd y A. Queiroz. 2002. The evolution of embryo size in angiosperms and other seed plants: implications for the evolution of seed dormancy. *Evol*. 56: 2112-2125.
- Foster, S.A. 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. *Bot. Rev.* 52:260-299.
- Goebel, K. 1898. *Organography of plants: especially of the Archegoniata and Spermaphyta*. Clarendon Press, Oxford, U. K.
- Grubb, P. J. 1998. Seeds and fruits of tropical rainforest plants: interpretation of range in seed size, degree of defence and flesh/

- seed quotients. En: Newbery DM, Prins HHT, Brown ND. *Dynamics of tropical communities*. Symposium of the British Ecological Society. Blackwell Science, Oxford. 1-24.
- Grubb, P. J. y D. A. Coomes. 1997. Seed mass and nutrient content in nutrient starved tropical rainforest in Venezuela. *Seed Sci. Res.* 7: 269-280.
- Hladik, A. y S. Miquel. 1990. Seedling types and plant establishments in an african rain forest. Cp. 19. En: *Reproductive ecology of tropical forest plants Vol.7 MAB*. (K.S. Bawa y M. Hardley, eds.). Parthenon Publishing Group, Paris, 261-276 p.
- Herrera-Peraza, R. A., D. R. Ulloa, O. Valdés-Lafont, A. G. Priego y A. R. Valdés. 1997. Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. *Nat & Resourc.* 33: 2-17.
- Hennery, M. L. y M. Westoby. 2001. Seed mass and seed nutrient content as predictor of seed out put variation between species. *Oikos.* 92: 479-490.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1999. International rules for seed testing. *Seed. Sci. Technol.* 27 Supplement, 351 pp.
- León Hno y Alain Hno. 1953. *Flora de Cuba III*. Contribuciones Ocasionales del Museo de Historia Natural de la Salle. La Habana, Imprenta Fernández.
- Martin, A. C. 1946. The comparative internal morphology of seed. *AMER. Midl. Natur.* 36:513-660.
- Melo, M. y E. Mendes. 2004. Analise morfológica de sementes germinacao e plantulas de Jatoba (*Hymenaea intermedia* DUCKE VAR. *Adenotricha* (DUCKE) LEESLAND). (LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE). *Acta Amazonica.* 34(1): 10-14.
- Metcalf, C.R. y L. Chalk. 1979. *Anatomy of the dicotyledons: Systematic anatomy of leaf and stem with a brief history of the subject*. Vol1 2a. ed. Oxford University Press. New York. 276 p.
- Munson, R. H. 1984. Germination of western soapberry as affected by scarification and stratification. *HortSci.* 19:712-713.
- Niembro, R. A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura. Noriega, México, 285pp.
- Nikolaeva, M.G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. En: Khan AA. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*, North-Holland, Amsterdam. 51-74.
- 2004. On criteria to use in studies of seed evolution. *Seed Sci. Res.* 14: 315-320.
- Sánchez, J. A., B. C. Muñoz, R. Orta, E. Calvo y R. A. Herrera-Peraza 1997. Correlación entre el heteromorfismo somático y la respuesta germinativa de semillas de *Mastichodendron foetidissimum* (Jacq.) Cronq. *Acta Bot. Mex.* 38: 1-7.
- Sánchez, J. A., B. C. Muñoz y L. Montejo. 2007. Dormancy and nutrient contents in seeds and their relation with the establishment of tropical trees. Final Report of the International Foundation for Science (D/3536-1), Stockholm, Sweden.
- Sautu, A, J. M. Baskin, C. C. Baskin y R. Condit. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of tree in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Forest Ecol. and Manag.* 234: 245-263.
- Stearn, W. T. 1992. *Botanical Latin. History, grammar, syntax, terminology and vocabulary*. David & Charles, Engly, 546 p.
- Thompson, K, S. R. Band y J. G. Hodgson. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. *Funct. Ecol.* 7: 236-241.
- Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Ann. Rev. Ecol. and Syst.* 23: 69-87.
- 1994. Signals for seeds to sense and respond to gaps. En: Caldwell MM, Pearcy RW. *Exploitation of environmental heterogeneity by plants*. Academic Press, London. p. 209.
- Westoby, M., D. S. Falster, A. J. Moles, P. A. Vesk y I. J. Wright. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 33: 125-159.
- Zavaleta-Mancera, H. A. 2003. Anatomía de la semilla de *Cupania dentata* (Sapindaceae) con énfasis en la semilla madura. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. *Serie Bot.* 74(1):17-29.

Laura A. Montejo Valdés. Investigador Agregado. Master en Ecología y Sistemática Aplicada. Especialista en Ecofisiología de la Germinación y Morfología de la Semilla. Departamento de Ecología Funcional. División Ecología. Instituto de Ecología y Sistemática.
 ✉ laura@ecologia.cu
