

# Estructura y dimorfismo sexual vegetativo en una población de *Morella cerifera* (Myricaceae) en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba

## Structure and vegetative sexual dimorphism in a population of *Morella cerifera* (Myricaceae) in the Biosphere Reserve of Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba

Banessa Falcón Hidalgo<sup>1,\*</sup>, Ana Gabriela Martínez Peña<sup>2</sup> & Dennys de Vales Fernández<sup>3</sup>

### RESUMEN

*Morella cerifera* es un árbol o arbusto dioico que posee la capacidad de fijar nitrógeno, por lo que es una buena candidata para la rehabilitación de suelos. Se estudió una población de esta especie en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario con los objetivos de caracterizar parámetros demográficos y evaluar variables morfológicas como indicadores de dimorfismo sexual. Se realizó un censo y a las plantas encontradas se clasificaron según las fases del ciclo de vida. A cada individuo se le midió la altura, el perímetro de la base, altura de la primera ramificación, perímetro del tronco a la altura de la primera ramificación y dimensiones de la lámina foliar. Se confeccionaron clases de estado a partir de la altura y el perímetro de la base y se analizó la distribución espacial de los individuos. La población mostró una estructura estable, lo que es indicador de su capacidad de automantenerse. La mayor frecuencia de adultos estaminados que de carpelados, así como, la condición de que los estaminados dominaron todos los rangos de las clases de estados, excepto en las clases intermedias donde fue mayor la frecuencia de los carpelados lo que puede ser una estrategia para garantizar el éxito reproductivo de esta especie anemófila. No hubo segregación espacial entre los sexos y los caracteres vegetativos evaluados no son indicadores de dimorfismo sexual en esta especie, aunque las plantas estaminadas tendieron a ser más altas y robustas que las carpeladas.

**Palabras claves:** plantas dioicas, plantas estaminadas, plantas carpeladas, parámetros demográficos

### ABSTRACT

*Morella cerifera* is a dioecious tree or a shrub that has the ability to fix nitrogen, for this reason it is a good candidate for rehabilitation of soils. A population of this species was studied in the Biosphere Reserve Sierra del Rosario with the objectives of characterize the demographic parameters and evaluate morphological variables as indicators of sexual dimorphism. A census was conducted and plants found were classified according to the phases of the life cycle. To each individual was measured height, perimeter of the base, first branch height, trunk circumference at height of the first branch and size of the leaf blade. Also classes of state were established from the height and perimeter of the base, and the spatial distribution of individuals was analyzed. The population showed a stable structure, which is an indicator of its capacity to sustain itself. The highest frequency of adults staminate than carpellate, as well as the condition that the staminate dominated all ranges of classes states except the intermediate classes where it were higher frequency of carpellate, is may be a strategy to ensure the reproductive success of this anemophilous species. There were no spatial segregation between the sexes and the evaluated vegetative characters are not indicative of sexual dimorphism in this species, although there was a tendency for staminate plants they were higher and robust than carpellate.

**Keywords:** dioecious plants, staminate plants, carpellate plants, demographic parameters

**Recibido:** junio 2016 **Aceptado:** agosto 2016

Publicado online 2 de noviembre de 2016 y será incluido en el volumen 37. ISSN 2410-5546 RNPS 2372 (DIGITAL) - ISSN 0253-5696 RNPS 0060 (IMPRESA)

### INTRODUCCIÓN

La riqueza de la flora y vegetación tropical es conocida por su complejidad y exuberancia, en donde ocurre el mayor número de especies dioicas, lo que constituye uno de los ejemplos más representativos de la especialización en la evolución biológica (Bawa 1980). La dioecia es un mecanismo que favorece la polinización cruzada o alogamia, la que refuerza la variabilidad

genética. Según Irish & Nelson (1989), durante el proceso de evolución, las plantas dioicas han desarrollado diferentes estrategias que han llevado a la separación de los sexos en individuos diferentes, lo que pudiera evidenciarse en la presencia de dimorfismo sexual. Se ha planteado que en las plantas a diferencia de los animales, no son evidentes caracteres secundarios que indiquen el dimorfismo sexual y se ha comprobado que en muchos casos no se expresan hasta que ocurre la floración (Zluvova & al. 2010). A pesar de esto, Bond & Midgley (1988), observaron que algunos caracteres como la cobertura vegetal y la distancia y tamaño de las inflorescencias pueden estar asociados con el dimorfismo sexual en plantas dioicas.

<sup>1</sup>Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana, Carretera "El Rocío" km 3½, Calabazar, Boyeros, La Habana, Cuba. <sup>2</sup>Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. Departamento Biotecnología de las plantas, Ave 31 e/158 y 190, Playa, Cuba. <sup>3</sup>Dpto. de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Calle 25 No. 455, Vedado, La Habana, Cuba. \*Autor para correspondencia (e-mail: banessa@fbio.uh.cu).

De forma general, en los árboles dioicos, los carpelados o femeninos son aquellos que gastan proporcionalmente más recursos en la reproducción y menos en el mantenimiento y desarrollo vegetativo, comparados con los estaminados o masculinos (Lloyd & Webb 1977, Wallace & Rundel 1979, Willson 1983). Específicamente, algunos autores han referido que las plantas estaminadas son más robustas y de mayor tamaño (Hoffman y Allende 1984, Vasiliauskas & Aarssen 1992, Allen y Antos 1993), crecen más rápido (Luken 1987, Jing & Coley 1990), y sobreviven largos períodos de tiempo (Opler & Bawa 1978, Allen & Antos 1993) en comparación con las plantas carpeladas. Por el contrario, otros estudios han demostrado que las plantas estaminadas tienen un gasto en la reproducción mayor o equivalente en comparación con las plantas carpeladas, que presentan un mayor gasto de energía en el crecimiento vegetativo (Gehring & Linhart 1993, Obeso & al. 1998, Hesse & Pannell 2011).

*Morella cerifera* (L.) Small es una planta dioica de la familia *Myricaceae*. Debido a su amplia distribución en las regiones tropicales es una de las especies mejor estudiada en el Caribe (Kubitzki 1993, Parra-O 2003, González-Villarreal 2004). Esta especie, al igual que otras del género *Morella*, es de gran interés biológico y ecológico por poseer la capacidad de fijar nitrógeno mediante una relación simbiótica con actinomicorrizas nitrificantes del género *Frankia* (González-Villarreal 2004, Torres & Murcia 2008). La formación de estos nódulos le da una ventaja de competencia en el establecimiento sobre suelos pobres en nutrientes y perturbados (Roberts 2004). Por esta razón pueden ser recomendadas para la reanimación de suelos pobres y ser propuestas como plantas a utilizar en la reforestación.

En Cuba, los estudios sobre de la familia *Myricaceae* se han centrado en la taxonomía (León & Alain 1951, Herbert 2005, Berazaín & Falcon 2011, Falcón & Berazaín 2014); la morfología del polen (Moncada 1985), estructura anatómica de la madera (Vales & al. 1982) y descripción de los nódulos en las raíces (Mercado 1972). Sin embargo, a pesar de su importante papel en los ecosistemas no se han realizado estudios de su autoecología ni de la estructura de las poblaciones en el país. *Morella cerifera* pudiera constituir un modelo biológico para entender la estructura poblacional de plantas dioicas anemófilas en bosques tropicales, lo que permitirá conocer la composición por sexos, las clases estado, así como el arreglo espacial de sus individuos. Asimismo, estos resultados pudieran apoyar los diseños para el posible uso de *M. cerifera* en acciones de reanimación de suelos. Por lo anterior, en el presente estudio se caracterizó la estructura de una población de *M. cerifera* en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba, así como se evaluaron caracteres vegetativos como posibles indicadores de dimorfismo sexual en la especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en una población de *Morella cerifera* ubicada en la Reserva de Biosfera Sierra Rosario en el primer kilómetro de la carretera que conduce al cafetal Buena Vista, entre agosto de 2013 y marzo de 2014. La mayor parte de su territorio está ocupado por alturas de rocas sedimentarias carbonatadas, con matorrales secundarios y bosques semidecíduos mesófilos sobre suelos ferralíticos rojo y pardo con carbonatos. La temperatura media anual es entre 22 y 24 °C, en cambio en invierno varía entre 18 y 20°C. La precipitación anual es alta, puede oscilar entre 2 800 mm, en las zonas centrales, hasta 1800 mm, en las zonas periféricas (Gutiérrez & Rivero 1999).

La población de *Morella cerifera* estudiada se encuentra en un bosque siempreverde mesófilo. El estrato arbóreo está dominado por *Matayba oppositifolia* (A. Rich.) Britton, *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn., *Calophyllum antillanum* Britton, *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell, *Trichilia hirta* L., *Bursera simaruba* (L.) Sarg., y *Clusia rosea* Jacq.; el estrato arbustivo conformado por *Erythroxylum havanense* Jacq., *Eugenia axillaris* (Sw.) Willd., y *Clidemia hirta* (L.) D. Don; en el estrato herbáceo por las especies *Pteris vittata* L., *Anemia adiantifolia* (L.) Sw., *Thelypteris* sp. y *Wedelia calycina* Rich.; mientras que las especies trepadoras dominantes fueron: *Lygodium cubense* Kunth, *Smilax domingensis* Willd., *S. havanensis* Jacq., *Chiococca alba* (L.) Hitchc. y *Stigmaphyllon sagranum* A. Juss.

Se determinó un área que incluyó los individuos de *Morella cerifera* de la población a estudiar, excepto los que se encontraron a menos de 2,5 m de la carretera para evitar el efecto de borde. Para determinar el área total ocupada por la población, se establecieron los extremos del área de estudio a partir de la presencia de todas las plantas de la especie estudiada que se georeferenciaron y luego con el programa *ArcGis 10.1* se calculó el área total.

### La especie

*Morella cerifera* puede ser un arbusto o árbol de 3-5(15) m de alto, con frecuencia muy ramificado (Figura 1A). Corteza parda; ramas delgadas, con escasos tricomas simples cortos y numerosos tricomas peltados; lenticelas abundantes. Hojas simples, alternas, en general, agrupadas al final de las ramas (Figura 1B). La lámina puede ser obovada u obovado-lanceolada, cartácea a subcoriácea, con numerosos tricomas peltados por ambas caras, pocos tricomas simples cortos en el nervio medial por la haz y por el envés con escasos tricomas simples largos en los nervios, aguda y mucronada, de base acutángula decurrente y margen dentado en los  $\frac{2}{3}$  distales; nervio medial ligeramente prominente y los laterales inconspicuos en la haz (Figura 1B), en el envés los nervios, sobre-

todo el medial, prominentes. Amentos cilíndricos, los estaminados de 2,5-12 mm (Figura 1C, D) y los carpelados de 2,5-4 mm de largo (Figura 1E, F). Estambres 3-5; filamentos de ca. 0,5 mm de largo, concrescentes en la base (Figura 1D). Estilo de < 2,5 mm de largo (Figura 1F). Erutos globosos con la superficie cubierta de cera de 3-5 mm de diámetro (Figura 1G), en un eje de 10-15 mm de largo (Falcón & Berazaín 2014).

Esta especie es comúnmente conocida como árbol de la cera y arraigán (Roig 1963). Se distribuye en América del Norte, América Central y Antillas; en Cuba, desde Pinar del Río hasta Camagüey, incluida la Isla de la Juventud. *Morella cerifera* se encuentra en pinares, matorrales xeromorfos espinosos sobre serpentina, matorrales xeromorfos costeros y subcosteros, bosques siempreverdes mesófilos, bosques de ciénaga, sabanas seminaturales, vegetación ruderal, en orillas de los ríos y en lugares húmedos, donde es frecuente en lugares abiertos, relativamente soleados (Falcón & Berazaín 2014).

#### Estructura poblacional

Para caracterizar la estructura poblacional de *Morella cerifera* se realizó un censo, los individuos encontrados se marcaron y se determinaron sus coordenadas con un GPS Garmin de 3,0 m de incertidumbre. Como las especies del género *Morella* pueden emitir estolones, se comprobó si eran el mismo individuo aquellos que crecían próximos entre sí, y se revisó si existía continuidad en las raíces que pudieran unirlos. En caso de encontrar

plantas unidas por estolones se evaluó la planta de mayores dimensiones del grupo.

A cada individuo se le midió con una cinta métrica ( $\pm 0,1$  cm): la altura (en el caso en que las plantas excedieran los 1,70 m se determinó por apreciación visual), perímetro de la base del tronco, altura desde la base a la primera ramificación y el perímetro del tronco a la altura de la primera ramificación. En el caso de las plántulas solo se midió la altura de la planta. Se determinó el sexo a cada adulto reproductor; se consideraron como plantas carpeladas aquellas con flores femeninas o frutos (Figura 1E, F, G) y como plantas estaminadas aquellas con flores masculinas, las que podían ser nuevas o secas de la floración anterior (Figura 1C, D).

Para caracterizar la estructura de la población según las fases del ciclo de vida se consideraron las siguientes fenofases: plántula (altura  $\leq 0,49$  m, sin ramificación), juvenil ( $0,50$  m < altura <  $0,90$  m, ramificados sin evidencia de floración), adulto no reproductor ( $1,0$  m < altura <  $2,0$  m, ramificados, sin evidencia de floración), adulto reproductor ( $1,0 \geq$  altura, ramificados, florecidos); en este último caso se le denominó adulto reproductor estaminado y adulto reproductor carpelado en dependencia del sexo de la planta. El límite de la fenofase adulto se definió al tener en cuenta la menor altura presentada por un individuo que presentara flores (Begoña-García 2002) y el límite entre juveniles y plántulas se estableció según la presencia o no de ramificaciones.



**Fig. 1.** *Morella cerifera* (L.) Small. **A.** Hábito. **B.** Rama estéril. **C.** Rama con inflorescencias estaminadas. **D.** Detalle de la inflorescencia estaminada. **E.** Rama con inflorescencias carpeladas. **F.** Detalle de la inflorescencia carpelada. **G.** Rama con frutos. Fotos: B. Falcón.

**Fig. 1.** *Morella cerifera* (L.) Small. **A.** Habit. **B.** Sterile branch. **C.** Branch with staminate inflorescences. **D.** Staminate inflorescence in detail. **E.** Branch with carpelate inflorescences. **F.** Carpelate inflorescence in detail. **G.** Branch with fruit. Photos: B. Falcón.



Para la caracterización de la población y dada la dificultad de determinar la edad exacta de las plantas se delimitaron clases de altura y de perímetro de la base según los datos obtenidos para cada variable durante el muestreo. Los rangos establecidos para las clases de altura fueron: (I) individuos de 0,3-0,99 m; (II) 1,00-1,99 m; (III) 2,00-2,99 m; (IV) 3,00-3,99, (V) 4,00-4,99 m y (VI) desde 5 m. Para las clases de perímetro de la base los rangos fueron: (I) individuos de 0,30-9,99 cm; (II) 10,00- 19,99 cm; (III) 20,00-29,99 cm; (IV) 30,00-39,99; (V) 40,00-49,99 y (VI) desde 50,00 cm. Para cada variable y a partir del número de individuos en cada una de las clases se elaboró un histograma de frecuencia absoluta.

Las coordenadas de cada planta se utilizaron para proyectar la distribución espacial de los individuos, lo cual se realizó con el programa *ArcGis 10.1*. Se calculó la densidad absoluta de la población, a partir de la división del número de individuos de *Morella cerifera* entre el área total que ocupó la población.

#### *Evidencias de dimorfismo sexual*

Para evaluar la existencia de evidencias de dimorfismo sexual a partir de caracteres vegetativos, se tuvieron en cuenta a los individuos adultos reproductores y se tomaron los valores de altura, diámetro de la base, altura desde la base a la primera ramificación y perímetro del tronco a la altura de la primera ramificación. Además, se seleccionaron al azar 10 hojas no deterioradas en cada planta adulta a las que se les midió largo y ancho con una cinta métrica ( $\pm 0,1$  cm).

Para comparar las medias de cada sexo en cada variable, primero se realizó la prueba Kolmogorov-Smirnov para verificar si los datos se ajustaban a una distribución normal y la prueba de Levene para comprobar la homocedasticidad. Posteriormente, aquellas variables que resultaron paramétricas se compararon entre sexos mediante la prueba t de Student y las no paramétricas mediante la prueba U de Mann-Whitney. El valor de significación que se usó fue  $p < 0,05$ . Los análisis estadísticos se realizaron en el programa *Statistica 8.0*.

## RESULTADOS

### *Estructura poblacional*

En la población de *Morella cerifera* estudiada se censaron 124 individuos: 107 adultos (90 reproductores y 17 no reproductores), 10 juveniles y 7 plántulas. Los adultos representaron el 86,4%, los juveniles el 8% y plántulas el 5,6% del total de individuos de la población. La proporción por sexo en los individuos adultos fue de 36 plantas carpeladas y 54 plantas estaminadas, lo que equivale a un 40% de plantas carpeladas y un 60% de plantas estaminadas.

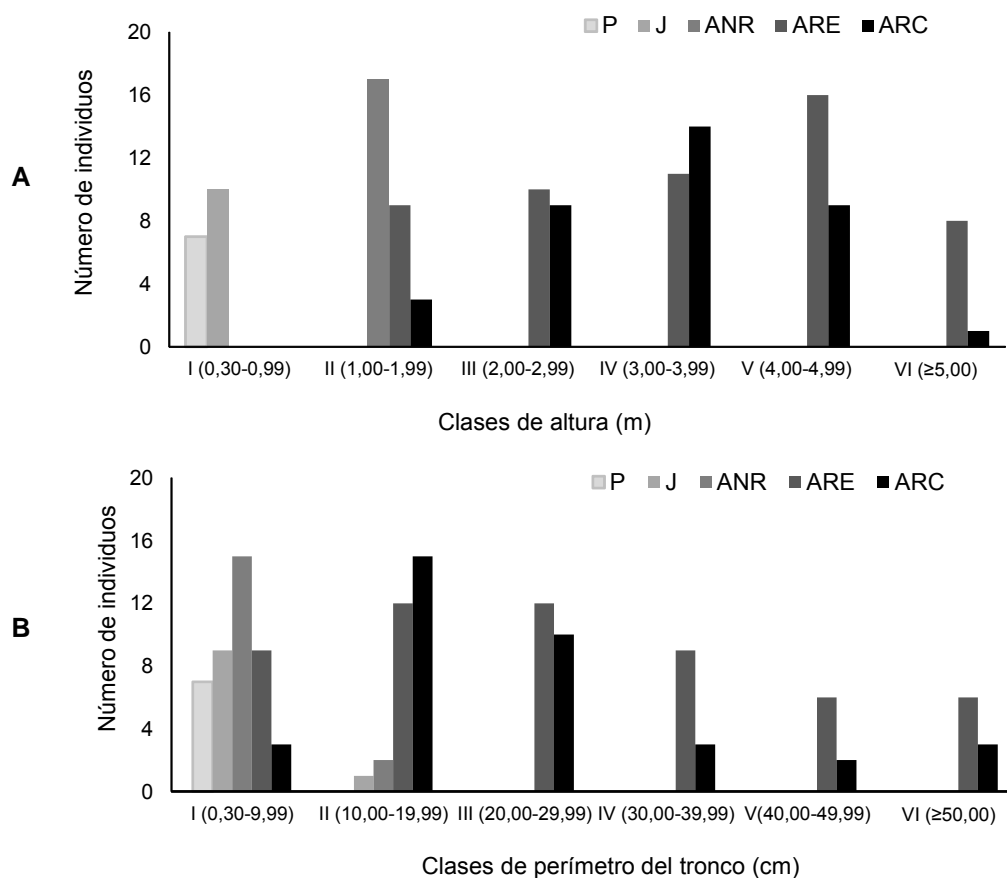
Con respecto a la altura de las plantas (Figura 2A), las plántulas y los juveniles mostraron frecuencia absoluta en la clase I, mientras que a partir de la segunda clase solo estuvo representada por los individuos adultos. Los adultos no reproductores solo se encontraron en la clase II, mientras que el número de adultos carpelados y estaminados fue menor. En las clases III y IV, la frecuencia de adultos reproductores fue similar en ambos sexos, aunque en la clase III predominaron los estaminados y en la clase IV los carpelados. En la clase V se presentó el mayor número de individuos estaminados y en la clase VI el menor número de individuos carpelados. La altura promedio de la población fue  $2,71 \pm 1,74$  m, con un mínimo de 0,30 m y un máximo de 8,0 m.

En cuanto al perímetro del tronco, en la clase I se observaron individuos de *Morella cerifera* de todas las fenofases (Figura 2B), en la que los adultos no reproductores mostraron el mayor número de plantas. En la clase II no se presentaron plántulas y los juveniles y adultos no reproductores fueron pocos respecto a los adultos reproductores. A partir de la clase III, los individuos estaminados siempre predominaron sobre los carpelados. En las clases V y VI se presentaron igual número de individuos estaminados, y mayor número de carpelados en la clase VI respecto a la V. El promedio del perímetro del tronco de la población fue de  $20,52 \pm 19,43$  cm, el valor mínimo de 0,30 cm y el máximo fue de 125,0 cm.

El área total ocupada por la población de *Morella cerifera* fue de 2 047 m<sup>2</sup> y presentó una densidad poblacional de 0,0606 individuos/m<sup>2</sup>. El arreglo espacial de las plantas en el área de estudio se muestra en la Figura 3, en el que se observa que no existe segregación espacial entre los individuos adultos carpelados y estaminados, aunque se evidencia una tendencia a que las plantas estaminadas se encuentren muy cerca o alrededor de las carpeladas. También se observa una acumulación de plántulas, juveniles y adultos no reproductores hacia el extremo inferior derecho en el gráfico.

### *Evidencias de dimorfismo sexual*

Las plantas estaminadas y carpeladas de *Morella cerifera* de la población estudiada en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, no mostraron evidencias de dimorfismo sexual en cuanto a las variables vegetativas evaluadas (Tabla I). Sin embargo, se observó una tendencia a que las plantas estaminadas mostraron valores mayores en las medias de la altura, el perímetro de la base, el perímetro del tronco a la altura de la primera ramificación y el largo y ancho de la lámina de las hojas.



**Fig. 2.** Estructura poblacional según clases de altura (A) y de perímetro de la base del tronco (B) de *Morella cerifera* en el primer kilómetro de la carretera al cafetal Buena Vista, Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba, agosto de 2013 - marzo de 2014. (P: Plántula, J: Juvenil, ANR: Adulto no reproductor, ARE: Adulto reproductor estaminado, ARC: Adulto reproductor carpelado).

**Fig. 2.** Population structure of *Morella cerifera* according to the height classes (A) and base trunk perimeter classes (B) in the first kilometer of the road to the Cafetal Buenavista, Biosphere Reserve Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba, August 2013 - March, 2014. (P: Plantlet, J: Juvenil, ANR: Non reproductive adult, ARE: Reproductive staminate adult, ARC: Reproductive carpelate adult).

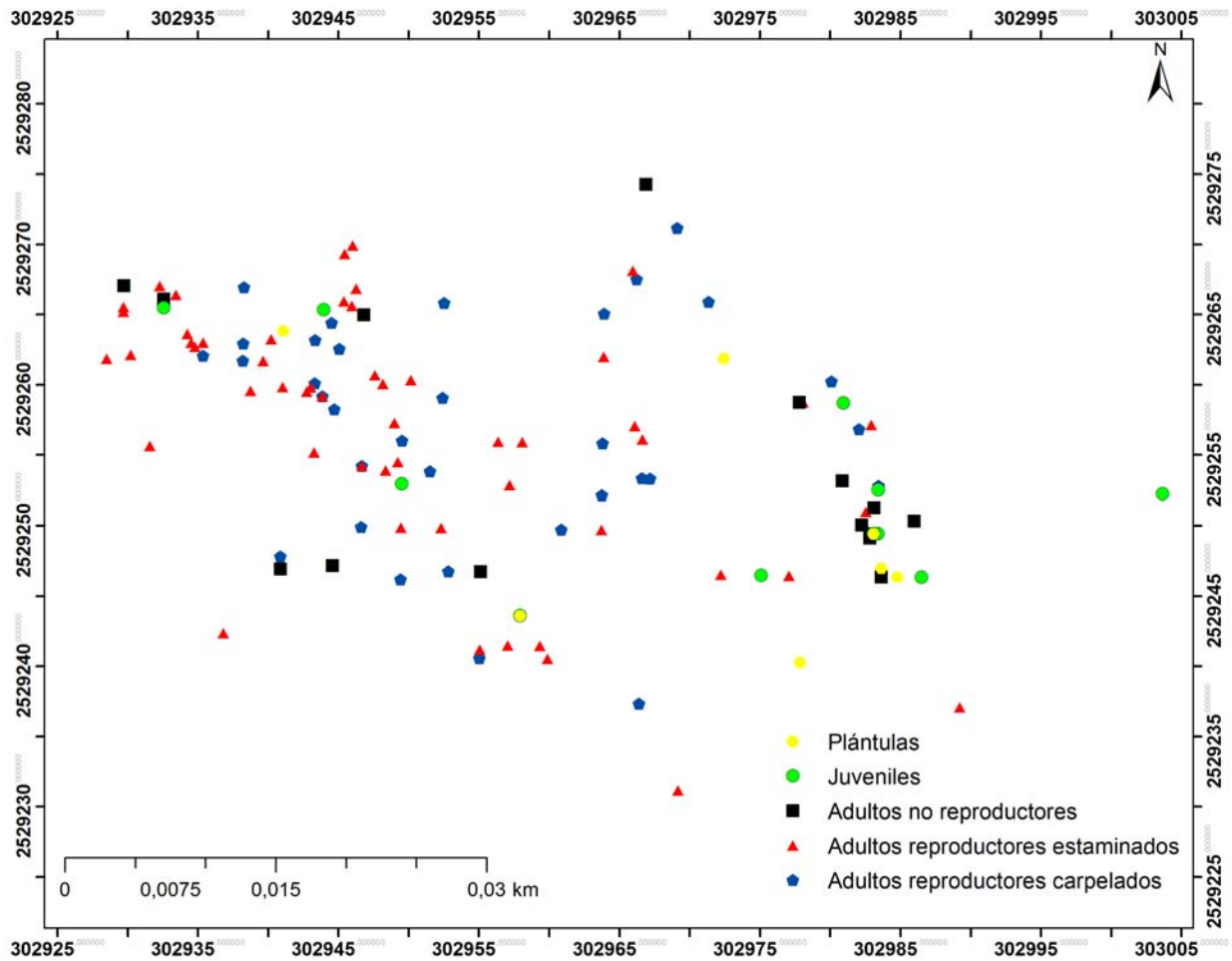
## DISCUSIÓN

En la población de *Morella cerifera* estudiada el 86,4% de los individuos de la población estuvo formada por adultos, lo cual indica que la población está establecida y lleva tiempo en esa zona. Por otro lado, la presencia de plántulas y juveniles contribuye a que esta población se encuentre en un estado de salud favorable. Asimismo, la representación de plántulas y juveniles no solo demuestra que esta especie está bien adaptada al medio en que se encuentra y sino que también indica que la población se encuentra en crecimiento o expansión. Lo anteriormente analizado coincide con lo referido por Primack & *al.* (2001), que concluyó que la presencia de juveniles en una población, ya sea de plantas o de animales constituye un indicador importante del estado de salud de la población en cuestión, que evidencia el estado de conservación de las poblaciones y la capacidad de automantenerse.

La proporción desigual de sexos encontrada debe estar relacionada con garantizar un mayor éxito reproductivo de la especie, ya que un mayor número de adultos esta-

minados garantiza una mayor producción de granos de polen, lo que aumenta la probabilidad de polinización en plantas como estas que son anemófilas. Resultados similares fueron encontrados por Molina (2009) al estudiar una población de *Myrica gale* L. en la región atlántica de la Península Ibérica. En un estudio realizado en Brasil (Morellato 2004) en poblaciones de cuatro especies entómoofilas de *Trichilia* también se registró una proporción desigual entre los individuos de sexos diferentes, pero en estos casos la proporción fue inversa a la encontrada para la población de *Morella cerifera* estudiada aquí. Estos resultados son lógicos si se tiene en cuenta que en la polinización por el viento es necesario una mayor producción de granos de polen para aumentar la probabilidad de que ocurra este proceso; sin embargo, la polinización por insectos es más dirigida y solo dependería de la cantidad de polen que pueda transportar el animal.

En general, se refiere que la proporción entre sexos esperada en la mayoría de las poblaciones de plantas dioicas, es 1:1 (Begon & *al.* 2006). Esto fue reflejado por



**Fig. 3.** Distribución de los individuos en la población *Morella cerifera* en el km 1 de la carretera al cafetal Buena Vista, Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba, entre agosto 2013 y marzo 2014.

**Fig. 3.** Distribution of individuals in the population of *Morella cerifera* in km 1 of the road to the Cafetal Buenavista, Biosphere Reserve Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba, August 2013 - March, 2014.

**TABLA I**

**Comparación entre sexos de los individuos adultos en la población de *Morella cerifera* en el km 1 de la carretera al cafetal Buena Vista, Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba, entre agosto 2013 y marzo 2014**

**TABLE I**

**Comparison between sexes of adults individuals in the population of *Morella cerifera* in km 1 of the road to the Cafetal Buenavista, Biosphere Reserve Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba, August 2013 - March, 2014**

Variable	Plantas Carpeladas (Media $\pm$ Desv. Est.)	Plantas Estaminadas (Media $\pm$ Desv. Est.)	Prueba estadística	p
Altura (m)	3,17 $\pm$ 0,92	3,47 $\pm$ 1,47	U=866,5	0,384
Perímetro de la base del tronco (cm)	23,47 $\pm$ 14,07	28,46 $\pm$ 22,25	t=-1,189	0,238
Altura desde la base a la primera ramificación (cm)	30,22 $\pm$ 39,32	21,68 $\pm$ 32,57	U=896,5	0,491
Perímetro del tronco a la altura de la primera ramificación (cm)	21,66 $\pm$ 15,00	29,82 $\pm$ 24,16	t=1,120	0,266
Largo de la lámina de la hoja (cm)	6,14 $\pm$ 0,92	6,343 $\pm$ 0,928	t=-0,89	0,376
Ancho de la lámina de la hoja (cm)	1,27 $\pm$ 0,223	1,299 $\pm$ 0,231	t=-0,357	0,722

Los valores de p corresponden con cada una de las pruebas realizadas ( $p < 0,05$ ).

Opler & Bawa (1978), quienes concluyeron que el 56% de los estudios sobre composición por sexo en árboles neotropicales realizados hasta 1978 mostraron que la proporción no difirió significativamente de 1:1. No obstante, la proporción por sexos de una población de plantas dioicas puede variar con las características propias de la especie en cuestión, tal como se demuestra en el 44% de los estudios analizados por Opler & Bawa (1978).

Adicionalmente, la mayor proporción de adultos estaminados pudiera estar determinada por un rápido crecimiento que pueda garantizar la ocurrencia temprana de los eventos reproductivos. Similar patrón fue referido por Starr & *al.* (2003) para una población de *Morella cerifera* en Hawai. Estos autores plantearon que en el género *Morella* puede darse el fenómeno de propagación vegetativa, lo que explicaría la rápida propagación de *M. cerifera* que la llevó desplazar a otras especies nativas como *M. faya* (Aiton) Wilbur en dicha región. Según Obeso & *al.* (1998), la diferencia en el grado de propagación vegetativa puede ocurrir también entre sexos de una misma especie, por lo que un mayor número de plantas estaminadas podría deberse a que es en ellas donde se produce con mayor frecuencia la propagación vegetativa, lo que garantizará el éxito reproductivo de la especie a través de una mayor producción de granos de polen. Este fenómeno también fue observado en las plantas de *M. cerifera* de la Sierra del Rosario; sin embargo, solo fue encontrado en menos de cinco plantas.

Al respecto, Forero-Montaña & Zimmerman (2010) indicaron que el éxito reproductivo en las plantas estaminadas anemófilas, como *Morella cerifera*, está limitado por la cantidad de granos de polen que alcanzan el estigma, mientras que el éxito reproductivo en las plantas carpeladas anemófilas está limitado principalmente por la cantidad de recursos que estas pueden invertir en las semillas y las estructuras asociadas. Esto pudiera traducirse en el caso de *M. cerifera*, en que el éxito de su polinización estará determinado principalmente por un mayor número de flores estaminadas que producirán una mayor cantidad de granos de polen, como se refirió anteriormente.

Al analizar la distribución de los individuos en las clases de altura (Figura 2A) de la población de *Morella cerifera* estudiada mostraron que las plántulas y los juveniles solo se encontraron en la clase I, mientras los adultos no reproductores solo se presentaron en la clase II (1,00 -1,99 m). Por ello, pudiera considerarse que este intervalo como el límite de altura entre individuos adultos y juveniles, como se evidenció en este estudio. Resultados similares podrían encontrarse en otras poblaciones de plantas dioicas anemófilas con similar hábito en otros sitios. Respecto a las clases de perímetro de la base del tronco (Figura 2B), en la primera se presentaron individuos de

todas las fenofases, con menor frecuencia de adultos reproductores y con mayor frecuencia de adultos no reproductores. En la segunda clase II, la frecuencia de juveniles y adultos no reproductores fue muy baja, por lo que el límite para definir adultos reproductores, al tener en cuenta el perímetro de la base del tronco, se podría considerar a partir de 10,00 cm.

Los adultos carpelados fueron más frecuentes en comparación con los adultos estaminados en la IV clase de altura, mientras que en las clases de altura III, V y VI los adultos estaminados fueron más frecuentes (Figura 2A). En la tercera clase la frecuencia de adultos carpelados fue mayor que la de adultos estaminados, lo que fue a la inversa en el resto de las clases. Todo esto demuestra que las plantas estaminadas llegan alcanzar mayores alturas y mayor perímetro de la base del tronco, lo que puede deberse a que estos individuos consumen la mayor parte de su energía en el crecimiento vegetativo. Por otro lado, las plantas carpeladas estuvieron mejor representadas en la IV clase de altura y en la II clase del perímetro de la base del tronco lo que puede significar que estos individuos invierten mayor cantidad de recursos en la formación y mantenimiento del embrión, y menos en su desarrollo vegetativo, como se había planteado anteriormente.

Sin embargo, al tener en cuenta la similitud morfométrica de las variables vegetativas evaluadas entre los sexos de *Morella cerifera* indicó que no existen evidencias de dimorfismo sexual. Lo que coincide con Obeso (2002) al concluir que en la mayoría de las plantas dioicas, el dimorfismo sexual no se manifiesta hasta que ocurre la floración, pues las diferencias que se presentan están relacionadas con la inversión de recursos en la reproducción. Por ello, Delph (1999) sostiene que las diferencias entre los sexos en el costo de la reproducción son determinantes evolutivos de dimorfismo sexual en la historia de vida de las plantas. Resultados similares encontraron Forero-Montaña & Zimmerman (2010) en varias especies dioicas de un bosque subtropical en Puerto Rico. Estos autores observaron que las plantas dioicas no exhiben un conspicuo dimorfismo sexual y que los caracteres sexuales secundarios en las plantas carpeladas y estaminadas están limitados a las diferencias en el número y talla de las flores, o a diferencias en el ciclo de vida tales como: el tiempo y frecuencia de floración, el rango de crecimiento y la mortalidad.

Aún así, en la población estudiada, la altura, el perímetro de la base y del tronco a la altura de la primera ramificación, así como las dimensiones de las hojas mostraron valores mayores en las plantas estaminadas (Tabla I). Ello podría significar un mayor gasto de recursos en la reproducción por parte de las plantas carpeladas, y un menor gasto en el mantenimiento y crecimiento vegetativo respecto a



plantas estaminadas, como se planteó anteriormente. El mayor costo en la reproducción puede ser observado, según Allen & Antos (1993), en una tasa de crecimiento vegetativo más bajo y/o una reducción de la supervivencia, tal como pudiera haber ocurrido en la población estudiada. Resultados similares fueron referidos por Obeso & al. (1998) para plantas dioicas de la especie *Ilex aquifolium* L. en dos poblaciones del norte de Asturias, España. Estos autores plantearon, que las plantas estaminadas son de mayor tamaño, crecen más rápido y sobreviven por un mayor periodo de tiempo, lo que permite que más granos de polen sean dispersados en un mayor rango de tiempo, y esto garantizará con mejor eficiencia la llegada del polen al estigma de las flores carpeladas y favorezca la polinización efectiva.

La mayor altura y robustez en las plantas estaminadas de *Morella cerifera* podría explicar la mayor parte de la asignación de los recursos para la reproducción no solo en *M. cerifera*, sino también para otras plantas dioicas. Sin embargo, Niklas (1994), señaló que las variaciones dentro de la asignación de recursos para la reproducción y el propio esfuerzo reproductivo con el tamaño de la planta no se entienden claramente. Si las plantas más altas invirtieran proporcionalmente más en la reproducción, los costos de reproducción podrían aumentar con el tamaño de la planta, entonces podría ocurrir lo contrario a lo obtenido en *M. cerifera*, como fue en el caso de Hesse & Pannell (2011) en su estudio con la hierba dioica *Mercurialis annua* L., en Cataluña, España. Estos autores afirmaron que son las plantas carpeladas las que muestran mayores tamaños y a su vez mayores gastos en la reproducción debido a que el mayor éxito no está en la mayor cantidad de polen sino en una mayor cantidad de flores carpeladas que garantizarán una alta producción de frutos y semillas.

En la literatura se ha aceptado ampliamente que las plantas estaminadas presentan un mayor desarrollo vegetativo que las plantas carpeladas (Lloyd & Webb 1977, Wallace & Rundel 1979, Willson 1983, Hoffman & Alliende 1984, Vasiliauskas & Aarssen 1992, Allen & Antos 1993). Sin embargo, esta afirmación habría que analizarla más profundamente para plantas leñosas como *Morella cerifera*. En esta especie anemófila, la ventaja de presentar mayores dimensiones en las plantas estaminadas pudiera relacionarse con una mayor probabilidad de éxito en la competencia por el acceso del polen a las plantas carpeladas, en el sentido de una mayor producción de polen y liberados a mayores alturas en las que el viento sea mayor. Por consiguiente, las plantas con mayores dimensiones tendrían mayor éxito reproductivo y lograrían garantizar su descendencia. Por el contrario, en especies dioicas herbáceas, como el caso de *Silene latifolia* Poir., las plantas carpeladas son las que alcanzan mayores tallas (Gehring & Linhart 1993).

Para las plantas herbáceas, la ventaja de presentar mayores dimensiones en las plantas carpeladas se encuentra en garantizar una mayor fecundidad y, al mismo tiempo, el pequeño tamaño de las plantas estaminadas podría exhibir una ventaja en la maduración más temprana relacionado con una reproducción precoz. La evolución del dimorfismo sexual en plantas va a estar determinado por diferentes presiones de selección en las plantas leñosas y en las herbáceas.

Diferencias en el desarrollo vegetativo también pueden observarse al analizar las dimensiones foliares y también pueden ser indicadoras de dimorfismo sexual en plantas (Bond & Midgley 1988, Obeso 2002). En especies del género *Leucadendron* en varios ambientes con diferente disponibilidad de recursos, Bond & Midgley (1988), encontraron evidencias de dimorfismo sexual en el ancho y largo de las hojas. Dichos autores concluyeron que las diferencias, no solo en las hojas sino también en el tamaño de las ramas entre los sexos, es una consecuencia alométrica de la selección sexual ante el aumento de las plantas estaminadas y está directamente influenciado por la disponibilidad de recursos en los distintos ambientes analizados (Bond & Midgley 1988).

Por otra parte, Obeso (2002) encontró un aumento en la actividad fotosintética en las hojas de plantas carpeladas y concluyó que estas plantas necesitarán invertir más recursos en la reproducción por lo que exhibirán mayores tasas fotosintéticas que las plantas estaminadas. Ello podría lograrse con un aumento en el tamaño de las hojas, que podría resultar en evidencias de dimorfismo sexual. Sin embargo, en el caso de la población de *Morella cerifera* estudiada las similitudes encontradas entre los individuos de ambos sexos en cuanto a las dimensiones foliares (Tabla I) podría deberse al constante recambio que experimentan las hojas en esta especie, por lo que parece no influir en el costo reproductivo y a la distribución espacial de los individuos de ambos sexos como se discutirá más adelante.

En la población estudiada no existió segregación espacial entre los sexos (Figura 3), es decir, tanto las plantas estaminadas como carpeladas ocupan un mismo microhábitat. Este resultado difiere de lo planteado por Lloyd & Webb (1977), quienes refirieron que en las plantas dioicas es de esperar una segregación espacial entre individuos de sexos diferentes, ya que constituye un avance evolutivo y permite un uso diferencial del medio. A pesar de ello, debe tenerse en cuenta que *Morella cerifera* habita en lugares principalmente degradados y pobres en nutrientes (Kubitzki & al. 1993, Roberts 2004), lo que significa que la especie podría perfectamente adaptarse a sitios con pocos recursos, sin llegar a incurrir en una segregación espacial que evite la competencia por los recursos. No obstante, en la población estudiada



se pudo constatar que las plantas se encontraban en las mismas condiciones de luz, humedad y sobre el mismo tipo de suelo, por lo que dicha similitud entre plantas carpeladas y estaminadas puede resultar de una igual disponibilidad de recursos para los individuos de ambos sexos.

Resulta importante resaltar que en la población de *Morella cerifera* estudiada, se observó en algunos casos, que las plantas estaminadas se encontraban distribuidas alrededor de las plantas carpeladas (Figura 3), lo que podría garantizar un mayor éxito reproductivo con la llegada de más granos de polen al estigma de las flores carpeladas. Por otra parte, la acumulación de plántulas, juveniles y adultos no reproductores hacia el extremo inferior derecho (Figura 3), se debe a que en este sitio se encuentra en el extremo bajo de la pendiente donde habita la población de *M. cerifera*. Dicha acumulación de plántulas, juveniles y adultos no reproductores puede deberse a la característica de esta especie de presentar frutos esféricos (Figura 2C) que pueden rodar hasta este sitio. Este lugar, además, presenta las condiciones adecuadas para la germinación de las semillas de estas plantas que suelen vivir en hábitats pantanosos y/o cenagosos, o con abundante disponibilidad de agua como: orillas de lagunas, ríos, arroyos y cañadas (González-Villarreal 2004, Falcón & Berazaín 2014).

## CONCLUSIONES

La población estudiada de *Morella cerifera* en el km 1 de la carretera al cafetal Buena Vista, Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, mostró una estructura estable, lo que constituye un indicador de su capacidad de auto-mantenerse. La mayor frecuencia de adultos estaminados que de carpelados y su dominancia en casi todos los rangos de las clases de estados en los individuos adultos puede ser una estrategia de esta especie para garantizar su éxito reproductivo, teniendo en cuenta que es una especie anemófila.

En la población de *Morella cerifera* estudiada los adultos estaminados tienden a ser más altos y robustos que los carpelados, lo que puede indicar que el dimorfismo sexual puede estar relacionado con la inversión de recursos en la reproducción. Sin embargo, al analizar las variables morfológicas vegetativas altura de la planta, perímetro de la base del tronco, perímetro del tronco a la altura de la primera ramificación y las dimensiones de las hojas no resultaron ser indicadores de dimorfismo sexual en esta especie.

La distribución espacial no mostró segregación entre sexos, lo que sugiere que no existe competencia por los recursos. Sin embargo, en algunos casos las plantas estaminadas se encontraron alrededor de las plantas carpeladas, lo que puede ser una estrategia reproductiva

de esta especie anemófila para garantizar el éxito de la polinización.

## AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Rosalina Berazaín por la revisión detallada del trabajo y por su ayuda durante la identificación de la flora acompañante en el área de estudio. A Luis Roberto González-Torres por su ayuda en el diseño del estudio. A la dirección de la estación de la Reserva Ecológica Sierra de Rosario y a sus trabajadores por la atención brindada durante los viajes de campo y al Jardín Botánico Nacional por el apoyo durante la investigación. A los árbitros anónimos y a los editores por el trabajo realizado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, G. & Antos, J. A. 1993. Sex ratio variation in the dioecious shrub *Oemleria cerasiformis*. *Am. Naturalist* 141: 537-553.
- Bawa, K. S. 1980. Evolution of dioecy in flowering plants. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 11:15-39.
- Begon, M., Harper, J. & Townsend, C. 2006. Ecología, individuos, poblaciones y comunidades. Omega S. A. Barcelona, España.
- Begoña-García, M. 2002. Inventario y seguimiento en poblaciones de especies amenazadas. pp. 27-42. En: Bañares A. (coord.). Biología de la conservación de plantas amenazadas. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid, España.
- Berazaín, R. & Falcón, B. 2011. Two new combinations in *Morella* (*Myricaceae*) for species of the Cuban flora. *Willdenowia* 41:113-114.
- Bond, J. & Midgley, J. 1988. Allometry and sexual differences in leaf size. *Am. Naturalist* 131: 901-910.
- Delph L. 1999. Sexual dimorphism in life history. pp. 149-173. En: Geber, M., Dawson, T. & Delph, L. (ed.). Gender and sexual dimorphism in flowering plants. Springer-Verlag. Heidelberg, Germany.
- Falcón Hidalgo, B. & Berazaín Iturralde, R. 2014. *Myricaceae*. En: Greuter, W. & Rankin Rodríguez, R. (ed.). Flora de la República de Cuba. Serie A. Plantas Vasculares. Fascículo 20(1). A. R. Gantner Verlag KG. Ruggell, Liechtenstein.
- Forero-Montaña, J. & Zimmerman, J. K. 2010. Sexual dimorphism in the timing of flowering in two dioecious trees in a subtropical wet forest, Puerto Rico. *Caribbean J. Sci.* 46: 88-95.
- Gehring, J. & Linhart, Y. B. 1993. Sexual dimorphisms and response to low resources in the dioecious plant *Silene latifolia* (*Caryophyllaceae*). *Internat. J. Plant Sci.* 154: 152-162.
- González-Villarreal, L. M. 2004. La familia *Myricaceae* en el estado de Jalisco. México. Flora de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.
- Gutiérrez, R. & Rivero, M. 1999. Regiones naturales de la Isla de Cuba. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba.
- Hebert, O. 2005. Sistemática y biogeografía de *Myricaceae*. University of St. Andrews. Fife, Scotland.

- Hesse, E. & Pannell, J. R. 2011. Sexual dimorphism in androdioecious *Mercurialis annua*, a wind-pollinated herb. *Internat. J. Plant Sci.* 172: 49–59.
- Hoffmann, A. & Alliende, M. C. 1984. Interactions in the patterns of vegetative growth and reproduction in woody dioecious plants. *Oecologia* 61: 109-114.
- Irish, E. & Nelson, T. 1989. Sex Determination in Monoecious and Dioecious Plants. *The Plant Cell American Society of Plant Physiologists* 1:737-744.
- Jing, S. & Coley, P.D. 1990. Dioecy and herbivory: The effect of growth rate on plant defense in *Acer negundo*. *Oikos* 58: 369-377.
- Kubitzki, K. 1993. Myricaceae. pp 453-457. En: Kubitzki, K., Rohwer, J. & Bittrich, V. (ed.). The families and genera of vascular plants. Volume II. Flowering plants. Dicotyledons: Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid Families. Springer Verlag, New York, Estados Unidos.
- León & Alain. 1951. Flora de Cuba II. Dicotiledóneas: Casuarinaceae a Meliaceae. Contr. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio "De La Salle" 10.
- Lloyd, D. & Webb, C. J. 1977. Secondary sex characters in plants. *Botanical Review* 43:177-216.
- Luken, J.O. 1987. Interactions between seed production and vegetative growth in staghorn sumac, *Rhus typhina*. *Bulletin Torrey Bot. Club* 114: 247-251.
- Mercado, A. 1972. Nódulos de tres especies de *Myrica* endémicas de Cuba. *Ciencias Biológicas* 2: 39-47.
- Molina, M. C. 2009. Diagnóstico y aplicación de medidas de conservación en las poblaciones de *Myrica gale* en la comarca de Pinares (Burgos y Soria). Jolube Consultor y Editor Ambiental.
- Moncada, M. 1985. Morfología del polen en *Myrica* (Dicot. Myricaceae). *Acta Bot Cubana* 28.
- Morellato, L. P. 2004. Phenology, sex ratio and spatial distribution among dioecious species of *Trichilia* (Meliaceae). *Plant Biology* 6: 491-497.
- Niklas, K. J. 1994. Plant allometry. The scaling of form and process. Chicago University Press. Chicago, Estados Unidos.
- Obeso, J. R. 2002. The costs of reproduction in plants. *New Phytologist* 155: 321-348.
- Obeso, R., Alvarez-Santullano, M. & Retuerto, R. 1998. Sex ratios, size, distributions, and sexual dimorphism in the dioecious tree *Ilex aquifolium* (Aquifoliaceae). *Am. J. Bot.* 85: 1602-1608.
- Opler, P. & Bawa, K. S. 1978. Sex ratios in tropical forest trees. *Evolution* 32: 812-821.
- Parra-O, C. 2003. Revisión taxonómica de la Familia Myricaceae en Colombia. *Caldasia* 25: 23-64.
- Primack, R. B. 2001. Conservation Biology. Plants Sciences. Macmillan Reference. New York, Estados Unidos.
- Roberts, A. S. 2004. Myricaceae. pp. 259-261. En: Smith, N., Mori, S., Henderson, A., Stevenson, D. & Helad, S. (ed.), Flowering Plants of the Neotropics. Princeton University Press. New Jersey, Estados Unidos.
- Roig, J.T. 1963. Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos. Editorial Científico Técnica. La Habana, Cuba.
- Starr, F., Starr, K. & Loope, L. 2003. *Morella cerifera* (Myricaceae). Wax myrtle. United States Geological Survey-Biological Resources Division Haleakala Field Station. Maui, Hawaii.
- Torres, G. & Murcia, J. 2008. Estudio morfológico, histológico y ultraestructural de la nodulación de *Frankia-Morella pubescens* H. y B. ex Willdenow (Myricaceae) "in situ". *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 6: 21-26.
- Vales, M., Borhidi, A. & Del-Risco, E. 1982. Anatomía de la madera de Myricaceae en Cuba: consideraciones ecológicas. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* 28: 241-253.
- Vasilias, S. & Aarssen, L. W. 1992. Sex ratio and neighbor effects in monospecific stands of *Juniperus virginiana*. *Ecology* 73:622-632.
- Wallace, C. & Rundel, P. 1979. Sexual dimorphism and resource allocation in male and female shrubs of *Simmondsia chinensis*. *Oecologia* 44(1): 34-39.
- Willson, M. F. 1983. Plant reproductive ecology. Wiley-interscience, New York, Estados Unidos.
- Zluvova, J., Zak, J., Janousek, B., & Vyskot, B. 2010. Dioecious *Silene latifolia* plant show sexual dimorphism in the vegetative stage. *BMC Plant Biology* 10(1): 1-208.