

Variabilidad morfológica y fisiológica de frutos y plántulas de *Coccoloba uvifera* (L.) L. provenientes de tres ecosistemas costeros de Cuba.

Morphological and physiological variability of *Coccoloba uvifera* (L.) L. fruits and seedlings from three coastal ecosystems of Cuba.

Raúl C. López-Sánchez^{1*}, Ernesto Gómez-Padilla¹, Bettina Eichler-Löbermann², Roeland Samson³, Patrick Van Damme⁴

¹Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma. Carretera Manzanillo, km 17, Bayamo 85100, Granma, Cuba. Email: rlopezs@udg.co.cu

²Departamento de Ciencias de las Plantas, Facultad de Agricultura, Universidad de Rostock. Justus-von Liebig-Weg 6 18059 Rostock, Alemania.

³University of Antwerp (UA), Faculty of Science, Department of Bioscience Engineering Groenenborgerlaan 171, 2020 Antwerpen, Belgium

⁴Ghent University (UG), Laboratory of Tropical and Subtropical Agronomy and Ethnobotany. Coupure links 653, 9000 Gent, Belgium

Fecha de recepción: 24 de abril de 2018 Fecha de aceptación: 17 de julio de 2018

RESUMEN. *Coccoloba uvifera* (L.) L., conocida comúnmente como uva de playa tiene perspectivas debido al uso que se le puede dar como madera, leña, así como las propiedades medicinales de sus hojas y frutos. En el presente trabajo se evaluaron algunas características de los frutos y semillas e indicadores del crecimiento y acumulación de biomasa en plántulas de uva de playa procedentes de tres localidades en Cuba. Los especímenes provenientes de la localidad Guardalavaca mostraron frutos más grandes, mientras que los de la localidad Cayo Coco produjeron las semillas de mayor tamaño y peso. Las plántulas procedentes de Cayo Coco mostraron los valores más altos de acumulación de biomasa en la parte aérea y en la raíz, además de la acumulación de agua en sus tejidos. Los resultados indican que existe variabilidad en los parámetros evaluados en los frutos y semillas, así como en los indicadores morfológicos y fisiológicos de las plántulas procedentes de tres localidades. Existe una fuerte correlación positiva y significativa entre las características de las semillas e indicadores de acumulación de biomasa y contenido de agua en la planta.

Palabras claves: *Coccoloba uvifera*, fisiología de plantas, morfología de frutos y semillas, ecosistemas costeros

ABSTRACT. *Coccoloba uvifera* (L.) L., commonly known as seagrape, has perspectives due to the use that can be given to it as wood, firewood, as well as the medicinal properties of its leaves and fruits. In the present work some characteristics of the fruits and seeds and indicators of the growth and accumulation of biomass in beach grape seedlings from three locations in Cuba were evaluated. Specimens from the Guardalavaca provenance showed larger fruits, while those from the Cayo Coco provenance produced the largest and heaviest seeds. The seedlings from Cayo Coco showed the highest values of accumulation of biomass in the aerial part and in the root, in addition to the accumulation of water in their tissues. The

results indicate that there is variability in the parameters evaluated in the fruits and seeds, as well as in the morphological and physiological indicators of the seedlings from three locations. There is a strong positive and significant correlation between the characteristics of the seeds and indicators of biomass accumulation and water content in the plant.

Keywords: *Coccoloba uvifera*, plant physiology, fruit and seed morphology, coastal ecosystems

INTRODUCCION

Coccoloba uvifera (L.) L., conocida comúnmente como uva de playa, es un árbol o arbusto pequeño y con ramificaciones a un nivel bajo que crece hasta los 15 m de altura. Posee ramas gruesas y lisas y tronco robusto que alcanza hasta los 70 cm en diámetro. Es muy común en las dunas costeras y las costas rocosas dentro de su distribución natural en el Caribe. Se la puede reconocer con facilidad por sus hojas grandes, gruesas y casi circulares y los racimos en forma de uvas comestibles. Puede ser encontrada en la Florida, México, el Caribe, en América Central y hasta en Sudamérica (Castañeda, 2012), preferentemente en todo el litoral costero formando parte importante de la vegetación costera (Parrota, 1994). Su tolerancia a los suelos salinos y al rocío del mar la hacen una especie nativa excelente en las costas como barreras contra el viento y para la recuperación de dunas costeras (William, 2007). La uva de playa tiene perspectivas debido al uso que se le puede dar como madera, leña, así como las propiedades medicinales de sus hojas y frutos (Parrota, 1994, Moreno *et al.* 2008).

En la flora de Cuba, se reporta 34 especies del genero *Coccoloba* y se presenta un alto nivel de endemismo (25 especies) lo que sugiere que estos probablemente son la consecuencia de una radiación de las islas aledañas a Cuba (Castañeda, 2012). Por otra parte, para fines de conservación de la especie y/o programas de restauración, la mejor opción es reproducirla a partir de semilla para promover la variabilidad genética (Parrota, 1994). La domesticación de la uva de playa resulta importante no solo para la protección de los ecosistemas costeros, sino también para uso en alimentación animal, medicina natural y generación de ingresos. La domesticación de especies arbóreas conlleva a la caracterización cuantitativa de los frutos, su valor nutritivo, la morfología y ecofisiología de las poblaciones nativas (Leakey *et al.* 2007). Las especies arbóreas nativas son potencialmente útiles para contribuir a la seguridad alimentaria, la nutrición y la generación de ingresos (Jamnadass *et al.*, 2009; Leakey *et al.*, 2007).

Esta investigación tiene como objetivo determinar la variabilidad morfológica y fisiológica en frutos y plántulas de uva de playa provenientes de tres sectores cubanos con ecosistemas costeros presentes.

MATERIALES Y METODOS

Colección de frutos.

Los frutos de uva de playa fueron colectados en tres localidades representativas de áreas costeras del norte y sur de Cuba sobre la base de que existieran poblaciones bien establecidas de esta especie. La localización geográfica, precipitación anual, temperatura media anual, así como el pH y la conductividad eléctrica del suelo se presentan en la **Tabla 1**; su localización mapificada se muestra en la **Fig. 1**.

Tabla 1. Localización geográfica, precipitación anual, temperatura media anual, pH y conductividad eléctrica (Ec) de las tres localidades estudiadas. Fuente: Nuevo Atlas Nacional de Cuba.

Localidades	Latitud (N)	Longitud (W)	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual (C°)	pH	Ec
Playa Las Coloradas	19° 56' 00"	77° 41' 00"	942	27	8,91	7.62
Playa Guardalavaca	21°07'30"	75°49'44"	974	26.4	8,54	7.31
Cayo Coco	22° 32' 10.06"	78° 21' 19.44"	855	25.6	8,75	7.84

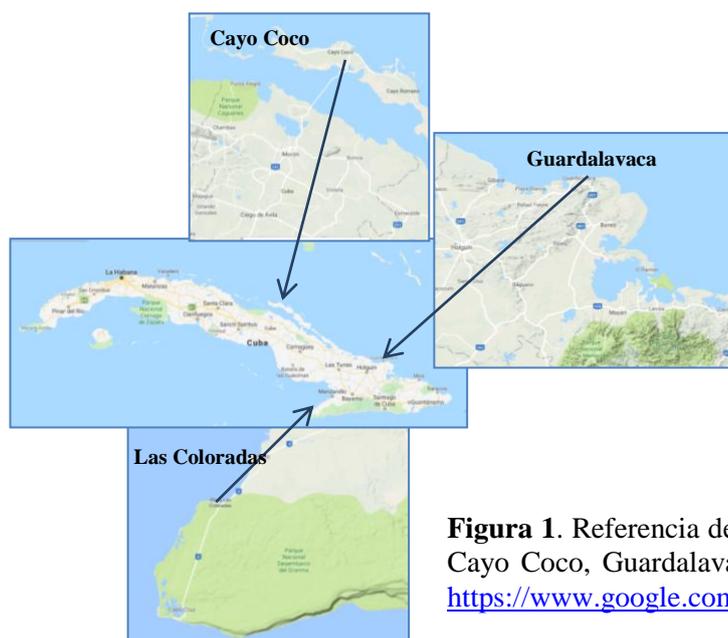


Figura 1. Referencia de ubicación de las tres localidades de estudio: Cayo Coco, Guardalavaca y Las Coloradas. Fuente: Google Maps: <https://www.google.com/maps/> Consultado: 9 de julio 2018.

En cada localidad se seleccionaron 20 árboles. En cada uno de ellos fueron coleccionados todos los frutos maduros sin daños o malformaciones desde diferentes posiciones y se colocaron en bolsas de plástico etiquetadas.

Después de transportados al laboratorio, a los frutos frescos se les midió la longitud y el diámetro, siendo además pesados en una balanza electrónica. Posteriormente fueron separadas la pulpa y la semilla. Luego de lavadas y secadas las semillas se procedió a su pesaje y registro de la longitud y diámetro.

Preparación de los experimentos.

Las semillas de uva de playa fueron bien lavadas para eliminar los restos de pulpa y secadas con aire seco por 5 días antes de su uso en la investigación. Para eliminar la dormancia se escarificaron con ácido sulfúrico por 3 horas y enjuagaron con agua destilada. Fueron puestas a germinar en recipientes plásticos (50 x 75 cm) con un 1kg de arena de río en una Cámara de Crecimiento SNIJDER (temperatura día/noche 35/25 °C, humedad relativa 80% y fotoperiodo de 12 horas luz). La solución nutritiva utilizada tuvo la siguiente composición en ppm: 4.28 K, 15.67 Na, 6.36 Ca, 4.99 Mg, 1.26 NH₄ + 2.75 NO₃ – (H₂O-extractable), 0.12 Olsen-P. pH (H₂O) 8.41, pH (KCl) 7.2, sales totales 0.11 g/l y conductividad eléctrica 0.036 mS/cm. (Bandou *et al.* 2006).

Cada recipiente fue removido una vez a la semana y fueron irrigados dos veces por semana con la solución nutritiva y una vez a la semana con agua normal. A las seis semanas utilizando muestras de hojas fue calculada el área foliar usando un Area Meter AM 350. La fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm) fue medida con un Handy chlorophyll fluorometer y la tasa fotosintética se determinó con un LCpro-SD Portable Photosynthesis System. Las mediciones fueron tomadas en la mañana (10.00 am). Dos lecturas fueron realizadas en cada una de las hojas totalmente expandidas.

Posterior a estas mediciones fueron cosechadas las plántulas y separados los tallos y la raíces y medidos la altura del tallo y la longitud de las raíces. El peso fresco de tallo y las raíces fue inmediatamente evaluado. Las muestras fueron colocadas en la estufa por 48 horas a 80 °C

para posteriormente determinar el peso seco de los tallos y de la raíz utilizando una balanza analítica con una resolución de ± 0.0001 g. El área foliar específica fue calculada utilizando la formula: $SLA = \text{Área foliar (cm}^2\text{) / Peso seco de la parte aérea (g)}$. El contenido de agua en las hojas fue determinado mediante la ecuación $WC = 100 * (\text{Peso fresco de la parte aérea} - \text{Peso seco de la parte aérea}) / \text{Peso fresco de la parte aérea}$. (Nageswara Roa *et al.*, 2001).

Análisis estadístico

Las plántulas de uva de playa de tres localidades crecieron durante 6 semanas siguiendo un diseño estadístico completamente aleatorizado con 40 repeticiones (una semilla por repetición) por tratamiento (localidad). Las diferencias estadísticas significativas entre semillas de las diferentes localidades fueron identificadas utilizando la prueba de ANOVA y la prueba de Tukey. Se calcularon las correlaciones entre todos los indicadores evaluados usando el rango de correlación de Spearman.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variaciones en la morfología de los frutos.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las tres localidades estudiadas en los indicadores morfológicos de los frutos evaluados. Los frutos provenientes de Guardalavaca mostraron los mayores valores de peso, diámetro y largo del fruto y de peso de la pulpa, las semillas de la localidad Las Coloradas fueron las que mostraron los menores valores en estos indicadores (**Tabla 2**)

Tabla 2. Características de los frutos de uva de playa provenientes de tres localidades costeras de Cuba.

Localidades	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto (mm)	Longitud del fruto (mm)	Diámetro de la semilla (mm)	Peso de la semilla (g)	Largo de la semilla (mm)	Peso de la pulpa (g)
Cayo Coco	2.47 b	15.4 b	17.3 b	10.45 a	0.52 a	17 a	1.94 b
Guardalavaca	3.38 a	17.3 a	19.3 a	9.9 b	0.45 b	15.6 b	2.9 a
Las Coloradas	2.3 c	11.8 c	16.3 c	10.2 b	0.49 b	15.9 b	1.8 b

Los frutos procedentes de la localidad Cayo Coco mostraron los mayores valores de diámetro, peso y largo de la semilla y no existiendo diferencias significativas entre las semillas

procedentes de las localidades Guardalavaca y Las Coloradas (**Tabla 2**). Se observa que los frutos de uva de playa provenientes de Guardalavaca son más grandes y contienen más pulpa pero tienen semillas más pequeñas que los de la localidad Cayo Coco, en tanto los frutos de la localidad Guardalavaca son más pequeños que el resto de las localidades estudiadas, pero no difieren en cuanto a las características de sus semillas con los frutos de la localidad Guardalavaca. (**Tabla 2**)

Es necesario señalar que en la literatura internacional no existen reportes acerca de la comparación de esta especie en diferentes localidades, solamente se limitan a describir las características de la misma.

Los valores obtenidos están en el rango de los reportados por Parrota (1994) en la misma especie en frutos recolectados en Puerto Rico, no obstante, se encuentran que nuestras semillas tienen menor peso y menor diámetro del fruto, así como menor peso de la semilla. Little Jr. and Skolmen (2003) reportan para esta especie valores de largo de semilla de 10 mm en Hawái, inferiores a los valores registrados en esta investigación.

Si analizamos los datos climáticos de las localidades estudiadas los frutos de uva de playa provenientes de Guardalavaca presentaron los valores más elevados de precipitaciones y menores de temperaturas, así como una menor alcalinidad de los suelos, estos resultados indican la variabilidad fenotípica que muestra esta especie de acuerdo a su distribución, la cual puede estar influenciada por las condiciones edafoclimáticas locales o por factores genéticos intrínsecos de la especie en cuestión.

Variaciones en la morfología de las plántulas.

Los indicadores altura de la planta y longitud de la raíz arrojaron diferencias significativas entre las tres localidades estudiadas. Las plántulas de frutos procedentes de Cayo Coco mostraron valores significativamente superiores, mientras que las de Las Coloradas mostraron los valores de menos valores en los indicadores de crecimiento evaluados. (**Tabla 3**).

La acumulación de materia fresca no mostró diferencias significativas entre las plántulas provenientes de Cayo Coco y Guardalavaca, pero sí de estas con las plántulas de la localidad

Las Coloradas. La materia fresca de la raíz no mostró diferencias significativas entre las localidades. La acumulación de materia seca tuvo similar comportamiento al mostrado en los indicadores de crecimiento, donde las plántulas de uva caleta provenientes de Cayo Coco mostraron los mayores valores de materia seca en la parte aérea y la raíz, las plántulas de la localidad de Guardlavaca mostraron diferencias significativas con las plántulas de la localidad las Coloradas para la materia seca de la parte aérea, pero no para la materia seca de la raíz. (Tabla 3).

Tabla 3. Características morfológicas de plántulas de uva de playa provenientes de tres localidades de Cuba.

Localidades	Altura del tallo (cm)	Longitud de la raíz (cm)	Peso fresco (g)	Peso fresco de la raíz (g)	Peso seco (g)	Peso seco de la raíz (g)
Cayo Coco	15,62 a	10,2 a	0,78 a	0,144	0,526 a	0,12 a
Guardlavaca	14,92 b	9,8 b	0,76 a	0,122	0,51 ba	0,08 b
Las Coloradas	13,38 c	8,86 c	0,62 b	0,13	0,49 b	0,07 b
<i>Es</i>	0.15	0.19	0.008	0.002	0.004	0.002

Aunque no se cuentan con reportes para esta especie, otros autores señalan la variabilidad genética dentro una misma especie arbórea. Sorkheh y Khaleghi, (2016) encontraron diferencias en indicadores morfológicos en la especie *Olea europaea* L. proveniente de cuatro regiones, en tanto Cuni *et al.* (2011) en plántulas de baobab con semillas procedentes del sur y del sudeste de África.

Niinemets, (1998), Poorter y Markesteijn, (2008) y Cuni *et al.* 2011) plantean la hipótesis que varias especies de árboles de hoja ancha pueden desarrollar los compuestos en sus hojas más rápidamente cuando están en condiciones estresantes. Esta hipótesis se cumple en nuestra investigación al encontrarse en las plántulas de semillas provenientes de la localidad de Cayo Coco los mejores valores en los indicadores morfológicos evaluados y a su vez en la localidad de los menores valores registrados de precipitaciones.

Variaciones en indicadores fisiológicos

La misma tendencia de los indicadores morfológicos donde los resultados de las plántulas de uva de playa de Cayo Coco resultaron superiores en comparación con el resto de las localidades se presentaron al evaluar los indicadores fisiológicos (**Tabla 4**)

Tabla 4. Características fisiológicas de las plántulas de uva de playa provenientes de tres localidades de Cuba.

Localidades	Contenido de agua en las hojas (%)	Contenido de agua en las raíces (%)	(Fv/Fm)	Area foliar específica (cm ⁻² ·g ⁻¹)	Area foliar (cm ²)
Cayo Coco	81,12 a	79,22 a	0,84 a	253,22 a	127,15 a
Guardalavaca	79,32 b	75,62 b	0,79 b	252,27 a	125,25 a
Las Coloradas	77,72 c	72,72 c	0,74 b	249,28 b	122,22 a
<i>Es</i>	1.25	1.47	0.08	2.24	1.41

El contenido de agua de hojas y raíces fue significativamente diferente entre las localidades estudiadas; las plántulas de Cayo Coco mostraron los mayores valores y las plántulas de las Coloradas, los menores. Al evaluar la fluorescencia de la clorofila las plántulas de Cayo Coco difirieron significativamente con las otras dos localidades, no existiendo entre las dos últimas diferencias significativas. Para el área foliar específica no se encontraron diferencias significativas entre las localidades Cayo Coco y Guardalavaca pero si con Las Coloradas, aunque estadísticamente no existieron diferencias significativas en el área foliar entre localidades, cuantitativamente fue superior en las plántulas de Cayo Coco. (**Tabla 4**).

Al analizar las correlaciones establecidas para $p < 0,05$ entre las características de los frutos y el resto de los indicadores se destacan las correlaciones significativas y negativas del peso y diámetro del fruto con la acumulación de biomasa (fresca y seca) y contenido de agua de la raíz y con el área foliar ($r = -0,80$ y $r = -0,92$ respectivamente). El peso de la semilla se correlacionó de manera significativa y positiva con la acumulación de biomasa fresca de la raíz ($r = 0,87$) y la acumulación de agua en las hojas el área foliar específica ($r = 0,80$), en tanto el largo de la semilla se correlacionó de manera positiva y significativa con la altura ($r = 0,59$) y peso fresco del tallo ($r = 0,57$). Se destacan las correlaciones establecidas entre la longitud del tallo y la acumulación de biomasa seca de la parte aérea y de la raíz con los indicadores fisiológicos evaluados.

La información obtenida sugiere que las plántulas de uva de playa con semillas de mayor longitud y peso fueron capaces de acumular mayor cantidad de agua en sus tejidos y a su vez mayor biomasa, por lo que pudiéramos estar en presencia de un mecanismo adaptativo para tolerar estas condiciones estresantes, que le permite en condiciones normales, lograr valores superiores a las de otras localidades con menor sequía.

Esto reafirma lo expuesto por Cuni *et al.* (2011) quienes sugieren que las plantas de baobab procedentes de zonas más secas tienen relativamente más agua almacenada en sus raíces y su parte aérea, en comparación con las procedentes de zonas más húmedas. Esto le podría ayudar a las plántulas de ambientes más secos para sobrevivir períodos de estrés por sequía, que son propensos a ser más comunes en los sitios más secos.

Los resultados sugieren sobre la variabilidad genética presente dentro de la misma especie, al encontrarse diferencias significativas en los indicadores morfológicos y fisiológicos en plántulas de uva de playa provenientes de tres localidades. Lo expuesto da una medida de que no solo el ambiente influye en la fenología de los frutos sino que también pueden existir variaciones genotípicas al crecer todas las semillas en las mismas condiciones, también puede estar dada a que las semillas provenientes de climas más secos presentan mayor vigor al estar más adaptadas a tener que crecer bajo condiciones menos favorables.

Maes *et al.* (2009) reportaron que las plántulas de *Jatropha curcas* bajo condiciones de sequía producen nuevas hojas usando el agua almacenada en los tallos. Cuni *et al.* (2011) sugieren que las plántulas de baobab (*Adansonia digitata*) podrían producir hojas usando agua almacenada ya sea en el hipocótilo o la raíz principal. Al parecer esta adaptación se encuentra también en las plántulas de uva de playa, lo que provoca la diferenciación en el comportamiento de las plántulas de acuerdo a las características del ecosistema donde se desarrollan. Quedaría para futuras investigaciones evaluar a través de técnicas de biología molecular si existen diferencias genéticas que permita ajustar mejor la hipótesis acerca de estas respuestas morfológicas y fisiológicas.

CONCLUSIONES

Existe una gran variación en las características de los frutos y el crecimiento de las plántulas de uva de playa provenientes de tres localidades.

Se encontró una relación directa entre los parámetros de las semillas e indicadores morfológicos y fisiológicos; las semillas procedentes de la localidad más seca producen más biomasa y acumulan mayor contenido de agua en sus tejidos, siendo necesario determinar con herramientas de biología molecular, si existen diferencias genéticas entre la misma especie o si es un mecanismo adaptativo de las plantas a las condiciones estresantes donde se desarrollan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bandou E., Lebailly F., Muller F., Dulormne M., Toribio A., Chabrol J., Courtecuisse R., Plenchette C., Prin Y., Duponnois R., Thiao M., Sylla S., Dreyfus B. and Bâ A. (2006). The ectomycorrhizal fungus *Scleroderma bermudense* alleviates salt stress in seagrape (*Coccoloba uvifera* L.) seedlings. *Mycorrhiza* (2006) 16:559–565. DOI 10.1007/s00572-006-0073-6
- Castañeda I. (2012). *Coccoloba howardii* (Polygonaceae), a new species from Cuba. *Willdenowia* 42. 95-98 pp.
- Cuni, A., De Smedtb, S, Haqa, N. and Samson R. (2011). Variation in baobab seedling morphology and its implications for selecting superior planting material. *Scientia Horticulturae*. 130. 109–117.
- Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba. 1989. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Editorial Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, La Habana.
- Jamnadass, R., Lowe, A.J., Dawson, I., 2009. Molecular markers and the management of tropical trees: the case of indigenous fruits. *Trop. Plant Biol.* 2, 1–12.
- Leakey, R., Tchoundjeu, Z., Schreckenber, K., Simons, A.J., Shackleton, S., Mander, M., Wynberg, R., Shackleton, C.M., Sullivan, C., (2007). Trees and markets for agroforestry tree products: targeting poverty reduction and enhanced livelihoods. In: Garrity, D., Okono, A.M., Parrott, S. (Eds.), *World Agroforestry in the Future*. World Agroforestry Centre, Nairobi, pp. 11–22.
- Little Jr E. and Skolmen R. (2003). *Agriculture Handbook*. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii no. 679.
- Maes, W.H., Achten, W.M.J., Reubens, B., Raes, D., Samson, R., Muys, B. (2009). Plant–water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. *J. Arid Environ.* 73, 877–884.

- Moreno S., Crescente O., Henriquez W., Liendo G., Herrera H. (2008). Three constituents with biological activity from *Coccoloba uvifera* sedes. CIENCIA 16(1), 84 – 89.
- Nageswara Roa, R.C., Talwar H.S. and Wright G.C. (2001). Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in Peanut (*Arachis hypogaea* L.) using chlorophyll meter. Journal of crop Science 189: 175-182.
- Niinemets, U., (1998). Are compound-leaved woody species inherently shadeintolerant? An analysis of species ecological requirements and foliar support costs. Plant Ecol. 134, 1–11.
- Parrotta, John A. (1994). *Coccoloba uvifera* (L.) L. Sea grape, uva de playa. SO-ITF-SM-74. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.
- Poorter, L., Markesteijn, L., (2008). Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. Biotropica 40, 321–331.
- Sorkheh K. y Khaleghi E. (2016). Molecular characterization of genetic variability and structure of olive (*Olea europaea* L.) germplasm collection analyzed by agromorphological traits and microsatellite markers. Turk J Agric For 40: 583-596.
- Williams, M.J. (2007). Native Plants for Coastal Restoration: What, When, and How for Florida. USDA, NRCS, Brooksville Plant Materials Center, Brooksville, FL. 51p. (<http://www.fl.nrcs.usda.gov/programs/pmc/flplantmaterials.html>)