

BIOGEOGRAFÍA DE LA SECCIÓN CYMBOSTEMON (*ILLICIUM*, *SCHISANDRACEAE*) EN EL NUEVO MUNDO

Biogeography of the *Cymbostemon* section (*Illicium*, *Schisandraceae*) in the New World

Ángela Guerrero

Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD),
Escuela de Biología, República Dominicana. Autor
de correspondencia: angelaaguerrero@gmail.com

Natalia Ruiz-Vargas

Departamento de Biología, Grupo de Ecología
y Evolución. University of Illinois at Chicago.
Chicago, IL. USA. Email: nruizv2@uic.edu

Recibido: Febrero 4, 2018 **Aprobado:** Marzo 22, 2018

Cómo citar: Guerrero, Ángela, & Ruiz-Vargas, N. (2018). Biogeografía de la sección *Cymbostemon* (*Illicium*, *Schisandraceae*) en el Nuevo Mundo. *Ciencia, Ambiente Y Clima*, 1(1), 61-69. <https://doi.org/10.22206/cac.2018.v1i1.pp61-69>

Resumen

Illicium es un género de la familia Schisandraceae (Angiospermas Basales), nativo del Sudeste Asiático, del viejo mundo, las Indias Occidentales, el Caribe Mexicano y el sudeste de Estados Unidos, en el Nuevo Mundo. La dispersión balística de sus semillas y su presencia en bosques nublados y zonas templadas en occidente, sugieren que su distribución disjunta es producto de procesos de vicarianza y no de dispersión a larga distancia. Se presenta un repaso de la biología, ecología y biogeografía del género en el Nuevo Mundo.

Palabras clave: Caribe, *Cymbostemon*, Endemismo, Indias Occidentales, Vicarianza.

Abstract

Illicium is a genus of the family Schisandraceae (Basal Angiosperms) native to Southeast Asia in the Old World, and the West Indies, Mexico's Caribbean Coast, and Southeastern United States in the New World. Ballistic dispersion and its presence in cloud forests and temperate regions in the western hemisphere suggest that its disjunct distribution is a product of vicariance processes rather than long distance dispersion. A review of the biology, ecology, and biogeography of the genus in the New World.

Key Words: Caribbean, *Cymbostemon*, Endemism, West Indies, Vicariance.



Introducción

Illicium es un género que presenta el típico patrón de distribución disjunta entre el este de Asia, la parte este de América del Norte y el Caribe (Heywood, 1978; Li, 1952; Qi, 1995). Patrón disjunto es aquel en que la distribución geográfica de la planta no es continua en un territorio determinado. Estas plantas tienen dispersión balística (Robert & Haynes, 1983; Thien, White & Yatsu, 1983) en la cual, las pequeñas semillas son expelidas sólo a unos pocos metros de la planta madre. Así, es más probable que el patrón de distribución de *Illicium* sea el resultado de eventos de vicarianza y no de dispersión a larga distancia. Las especies de *Illicium* en el Nuevo Mundo forman la sección *Cymbostemon*, donde se distinguen dos clados: *Illicium mexicanum* A.C.Sm. e *Illicium floridanum* J. Ellis, ambas especies con tépalos ligulados e *Illicium parviflorum* Michx. ex Vent., *Illicium cubense* A.C. Sm., *Illicium guajaibonense* (Imkhan.) Judd & J.R. Abbott, *Illicium ekmanii* A.C. Sm. e *Illicium hottense* Ang. Guerrero, Judd & A.B. Morris con tépalos aovados (Guerrero, 1997; Guerrero, Judd & Morris, 2004; Morris *et al.*, 2007).

Constreñimientos filogenéticos relativos a la biología reproductiva

Hay consenso, tanto acerca de la naturaleza basal, como de la condición relictiva de *Illicium* (Bell, Soltis & Soltis, 2005; Friis, Raunsgaard Penderson & Crane, 2000; Poole *et al.*, 2000; Qiu *et al.*, 2005; Tiffney & Barghoorn, 1979). Este grupo de plantas se pensaba que tenía un síndrome de polinización antiguo y poco eficaz porque sus polinizadores son principalmente dípteros pequeños, comúnmente llamados mimes, los cuales tienen un alcance limitado de vuelo (Thien *et al.*, 1983; White & Thien, 1985), y un restringido método de dispersión balística (Robert & Haynes, 1983). Además, aunque las flores de *Illicium*, en su mayoría, no se autofecundan, si ocurre y cierto grado de depresión endogámica ha sido demostrado (Buckley, 2012; Thien *et al.*, 2009).

La combinación de una extensa reproducción vegetativa en forma de grandes agregados llamados clones, lo cual fue confirmado por Newell y Morris (2010) en poblaciones de *I. parviflorum* en Florida, y de polinizadores de vuelos típicamente cortos, resulta en una muy baja producción de frutos que es característica del grupo. Así, la mayoría de los vuelos interflorales se dan entre las flores de su mismo agregado, lo que equivale a decir dentro de un mismo individuo (White & Thien, 1985).

Robert y Haynes (1983) demostraron que lo más lejos que una semilla de *Illicium* puede ser disparada al ser expelida fuera del folículo es 3.5 m. La dispersión de semillas por aves es de baja probabilidad porque ha sido documentado que muchas especies de este grupo acumulan compuestos venenosos (sesquiterpenos lactonas) en el pericarpio de fruto y en las semillas, y en algunos casos se usan para matar peces (Fukuyama *et al.*, 1992; Smith, 1947).

Las semillas de *I. floridanum* e *I. parviflorum* al parecer no son venenosas ya que son consumidas por roedores lo que a menudo afecta la germinación de estas (Thien *et al.*, 1983; White & Thien, 1985). Es posible que las semillas de algunas especies del Nuevo Mundo sean dispersadas por murciélagos, ya que los frutos presentan los cambios de coloración típicos y los aceites esenciales de las plantas que son dispersadas por murciélagos frugívoros (Hodgkinson, Balding, Zubaid & Kunz., 2003; Preciado-Benítez, Gómez y Gómez, Navarrete-Gutiérrez & Horyáth, 2015).

Distribución de *Illicium* en el pasado

Tiffney y Barghoorn (1979) revisaron la evidencia fósil de *Illicium*. Los fósiles de *Illicium* son bastante raros y, aunque éstos no son abundantes, bastan para apoyar la ocurrencia del género en localidades tales como Alemania durante los períodos del Eoceno, Oligoceno y Mioceno; en Estados Unidos, en los estados de Washington y Alaska, en el Pacífico, y

Vermont, en el Atlántico, durante el Eoceno; y en Japón en el Pleistoceno y Plioceno.

Tiffney y Barghoon (1979) sugieren que esta distribución en el pasado sigue el modelo propuesto por Wolfe (1975), es decir, la existencia de un bosque boreotropical en Europa y América del Norte, y se refiere a estos como los bosques de flora tropical que una vez se extendieron en el hemisferio norte durante el Cretácico tardío. Es decir, un mosaico de vegetación mesofítica latifoliada (bosques de hojas anchas no aciculares, y con requerimientos intermedios de humedad). Poole *et al.*, (2000) sugieren que la Antártida tenía una latitud y un clima más ecuatorial, en base a la presencia de *Illicioxylum spp.* (afinidad con la *Illiciaceae*) del Cretácico temprano.

En la actualidad, componentes de esta flora boreotropical sobreviven en la región Indomalaya, África, América del Sur e incluso el Caribe (Graham, 1973; Wolfe, 1975). La ocurrencia de esta flora en las Antillas Mayores no es rara, dado que varias montañas de estas islas emergieron en el Cretácico temprano (La Desirade en Guadalupe, Sierra Bermeja en Puerto Rico y la Formación Duarte en La Española) (Montgomery, Pessagno & Pindell, 1994) y en Cuba y La Española se han confirmado sedimentos del Jurásico (Pérez-Estaún *et al.*, 2007). Los cambios climáticos provocados por la deriva continental determinarían la extensión de los tipos de vegetación dentro de este cinturón boreotropical, que con el tiempo se volvió más húmedo y limitado a latitudes bajas y en las montañas tropicales (Graham, 2003; Iturralde-Vinent, 2004).

La explicación de Wang (1961) sobre el origen de los bosques mesofíticos de China, ya reconocía lo relativo a distribución, composición, y presunciones generales de la hipótesis de la flora boreotropical de Wolfe (1975). *Illicium* tiene una mayor diversidad y distribución en China y el sureste asiático (Heywood, 1978; Li, 1952; Oh, Denk & Friis.,

2003; Saunders, 1995; Smith, 1947). Thien *et al.*, (1983) sugirieron que las especies de *Illicium*, es su conjunto se encuentran en declive debido a su antigüedad y basalidad. Una reducción de la distribución pasada ciertamente ha ocurrido debido a los cambios climáticos adversos ocurridos durante el Terciario, así como a los eventos de tectónica de placas (Bowin, 1975; Graham, 2003; Iturralde-Vinent, 2004; James, 2005). En otras palabras, los relictos de este bosque sobreviven en las latitudes donde aparecen los hábitats que muestran las condiciones ecológicas óptimas para su adaptación.

Los resultados de Azuma, García Franco, Rico-Gray y Thien (2001) confirman que el clado antillano de las magnolias divergió hace 36 millones de años en el Eoceno tardío, basado en análisis de reloj molecular con modificaciones (matK) usando magnolias de Puerto Rico. Graham (2003) también reseña estos eventos de divergencia y los correlaciona con el enfriamiento de las temperaturas en el Eoceno medio al tardío que originaron este patrón disjuncto.

Distribución de *Illicium* en el presente

El género *Illicium* aparece en una amplia gama de climas tropicales, como el templado cálido cercano al ecuador (como en Malasia y Sumatra) (Saunders, 1995), hasta Japón (a los 36°N 00'W) en el Viejo Mundo, y entre La Española (18°N 00'W), los Estados Unidos de América (32°N 00'W) y México (24°N 00'W) en el Nuevo Mundo (Acevedo-Rodríguez & Strong, 2008; Carlquist, 1982; Heywood, 1978; Morris *et al.*, 2007; Smith, 1947). Por otro lado, la mayor parte de sus especies, sobre todo las del Nuevo Mundo, tienen distribuciones geográficas muy discretas (Borhidi, 1991; Guerrero, 1997; Guerrero *et al.*, 2004; Judd *et al.*, 2008; Morris *et al.*, 2007; Smith, 1947). Solo ocho especies de unas 35 que se conocen, aparecen en el Nuevo Mundo; el resto se encuentra en China, India, Japón, Corea, Birmania, Vietnam, Camboya y Malasia.



Leyenda: ■ *Illicium floridanum*, ▲ *I. parviflorum*, ● *I. mexicanum*, ◆ *I. cubense*, ★ *I. guajaibonense*, + *I. ekmanii*, ● *I. hottense*

Figura 1. Distribución de *Illicium* sección *Cymbostemom* en América.

Las especies de América del Norte y el Caribe están restringidas geográficamente a áreas discretas y en forma alopátrica, es decir, las poblaciones presentan patrones de distribución geográfica que no son continuos. Del mismo modo, las especies en La Española y Cuba aparecen de manera disjunta, en paleoislas diferentes (Figura No. 1). En La Española, *I. ekmanii* aparece en la peleoisla del norte en la Cordillera Central, Massif du Nord y la Cordillera Septentrional, y al parecer, con dos razas químicas distintas, una en cada cordillera. *Illicium hottense* aparece en la peleoisla sur, en el Massif de la Hotte (Guerrero, 1997; Guerrero *et al.*, 2004).

Cuando Smith (1947) describió *I. ekmanii* a partir de especímenes de una población del Massif du Nord, el género era solo conocido para Haití, pero Liogier (1971) reportó *I. ekmanii* en las Cordilleras Central y Septentrional. Un solo espécimen diferente de *Illicium* (posiblemente relacionado

con *I. hottense*) ha sido colectado en el Massif de la Selle clasificado por Imkanitzkaya (1993) como *I. ekmanii* subs. *selleanum*. Dos de las cuatro especies de *Illicium* subsección *Parviflora*, aparecen en La Española (Guerrero *et al.*, 2004).

Illicium floridanum en el noroeste de Florida e *I. parviflorum*, en el sureste, también presentan una distribución disjunta. La primera aparece más al oeste, en Alabama, la región Appalachiocola, y en las llanuras inundables del norte de la Florida, alcanzando así latitudes más templadas que *I. parviflorum*, esta última, con un rango más oriental, en la región cálido-templada del centro de la península de Florida. *Illicium floridanum* e *I. parviflorum* aparecen en hábitats húmedos e inundables como ambientes ribereños, humedales y bordes de pantanos. *Illicium parviflorum* se extiende desde la cuenca alta del río St. Johns hasta los pantanos del Condado de Polk; se encuentra

restringida a Florida (Guerrero, 1997; Guerrero *et al.*, 2004; Morris *et al.*, 2007).

Illicium cubense, endémica de Cuba, también muestra una distribución disjunta en las dos principales regiones montañosas de esa isla, en la Sierra de Órganos, en la parte oriental, y en el sistema Sierra Maestra-Sierra de Baracoa en el extremo nororiental del sureste de la isla (Borhidi, 1991). *Illicium guajaibonense*, en el oeste de la isla, fue elevada al rango de especie por Judd *et al.*, (2008) ya que había sido descrita como subespecie por Imkanitzkaya (1993).

Geología caribeña y patrones disjuntos

Bowin (1975) ofrece un buen resumen del origen y geología de La Española. Maurrasse (1982) concluye que el Caribe actual es el resultado de complejos procesos de tectónica de placas superpuestas y que un sólo modelo (petrológico o geoquímico) no puede explicar totalmente la evolución de la geología caribeña. Ambos autores apoyan la teoría de que La Española se compone de dos paleoislas. La porción del norte, que se originó alrededor del sistema Massif du Nord-Cordillera Central, y la parte del sur alrededor del sistema Massif de la Hotte-Massif de la Selle-Sierra de Bahoruco. En las dos paleoislas han sido fechadas localidades del Cretácico temprano. Pérez-Estaún *et al.*, (2007) indican que es el resultado de un proceso de convergencia oblicua de la placa de Norteamérica que colisionó con el arco Cretácico Caribeño.

Graham (2003) revisó los modelos propuestos para la evolución del arco de islas caribeñas y como explica la distribución de la Biota actual. James (2005) también hace una síntesis apretada de la geología caribeña. La variedad de hábitats en el complejo paisaje caribeño resultado de este rompecabezas geológico es una biota muy distintiva, no tan exuberante como la de la selva ecuatorial, pero taxonómicamente diversa y con muchos

endemismos (Fritsch & McDowel, 2003). En el pasado, los puentes de tierra fueron el mecanismo propuesto para explicar la relación compleja entre geología y la flora y la fauna de las islas (Liebherr, 1988; Liogier, 1976). Luego, los modelos de vicarianza fueron más populares (Donnelly, 1989; Rosen, 1985), sobre todo cuando se apoyan en la cladística para encontrar puntos de consenso entre varias hipótesis geológicas y geográficas.

Graham (1973) analizó las relaciones de larga distancia y patrones de distribución disjunta de la flora caribeña. Señaló que la flora antillana tiene elementos que están relacionados con Asia, África, América del Sur y Centroamérica. Sobre todo, muchos grupos tienen una distribución disjunta dentro de las islas, principalmente cuando están en cordilleras diferentes (Hager & Zanoni, 1993; Howard, 1948; Judd, 1981; Judd & Slean, 1990; Lavine, 1993; Slean, 1993; Ruiz Vargas, Ortiz Rojas & Guerrero, 2015), o islas diferentes (Graham, 1973; Salzman & Judd, 1995).

No obstante, Graham (1973) no hace referencia a los numerosos grupos que ocupan los bosques nublados y que también presentan este patrón disjunto, tales como los géneros: *Alsophila*, *Cyathea*, *Podocarpus*, *Magnolia*, *Illicium*, *Persea*, *Ocotea*, *Lyonia*, *Mecranium*, *Miconia*, y la familia Bromeliaceae. La distribución de *Magnolia* es muy ilustrativa del patrón disjunto ya que el género está presente en todas las islas de las Antillas Mayores con varias especies endémicas en cada isla excepto en Jamaica (Azuma *et al.*, 2001; Graham, 2003; Iturralde-Vinent, 2004).

La relación florística entre Sierra Maestra, en el suroeste de Cuba, y el Massif de la Hotte, en la Península Tiburón de Haití es conocida hace mucho tiempo (Ekman, 1928; Graham, 2003; Judd, 1987). La presencia de *Chleroleucon guantanamense* (Fabaceae, Mimosaceae) en el suroeste de La Española (Mejía, García & Jiménez, 1994) apoya e incluso extiende esta relación fitogeográfica.

La misma coincide con los cladogramas de áreas basados en varias afinidades propuestas por Rosen (1985) y Donnelly (1988).

Especulaciones biogeográficas

La evidencia fósil sugiere que *Illicium* no ha cambiado mucho a través del tiempo, como sugieren Tiffney y Barghoorn (1979) y Poole, Gotwald y Francis (2000). El mismo fenómeno, conocido como estancamiento morfogenético, se ha observado también en algunos grupos relacionados, tal como Magnoliaceae (Leppik, 1975). Por consiguiente, se puede postular que la biología reproductiva y forma de dispersión de *Illicium* tampoco han cambiado mucho. El género *Illicium* se extendía en los bosques boreotropicales durante el Eoceno, pero no era necesariamente abundante, como su distribución presente y la evidencia fósil sugiere (Azuma *et al.*, 2001; Tiffney y Barghoorn, 1979; Wang, 1961; Wolfe, 1975).

La evidencia geológica dice que el fechado de las rocas volcánicas e intrusivas de las Antillas Mayores: Cuba, La Española y Puerto Rico, son del Cretácico temprano (Albian) y Cretácico tardío (Maestrichtian y Campanian superior) (Bowin, 1975; Pérez-Estaún, 2007). Es difícil decir que porción de esos terrenos estaban a nivel del mar en esa época, pero los movimientos de levantamiento de las costas ocurren aún en el presente y han estado activos desde hace mucho tiempo (Graham, 2003; Iturralde-Vinent, 2004; Maurrase, 1982). Graham (2003) resume y puntualiza muy bien las distancias que han recorrido las placas y los arcos de islas hasta la actualidad.

En cambio, la evidencia estratigráfica sugiere que parte de La Española sur y Jamaica estaban completamente bajo agua durante una parte del Oligoceno (Donnelly, 1989; Graham, 2003; Iturralde-Vinent, 2004; Liebherr, 1988), pero quizás las elevaciones más altas de La Española sur estaban expuestas. Donnelly (1989) argumentó

que en la mayor parte de las Antillas Mayores hay un registro suficiente de sedimentos jóvenes que sugieren que una llanura costera rodeaba las islas emergentes durante la mayor parte del Cenozoico medio y tardío, hipótesis de Gaarlandia de Iturralde-Vinent (2004).

Conclusiones

La distribución actual sugiere un patrón continental extendido que coincide con la hipótesis del bosque boreotropical propuesta por Wolfe (1975), confirmada por Azuma *et al.*, (2001) en las magnolias. Así, *Illicium* pudo haber estado presente en la mayoría de las tierras proto-antillanas y la porción extrema del sur de América del Norte para el Eoceno (Iturralde-Vinent, 2004).

La distribución disjunta de *Illicium* subsección *Parviflora* en La Española, al sureste de los Estados Unidos y Cuba, por consiguiente, es consistente con eventos de vicarianza en la evolución geológica temprana de las Antillas (Graham, 2003; Iturralde-Vinent, 2004). Su ausencia de Jamaica puede ser explicada por la emersión de la isla durante el Oligoceno (Graham, 2003; Iturralde-Vinent, 2004).

La característica de dispersión balística de *Illicium* hace que eventos de dispersión de larga distancia sean poco probables. La distribución actual de *Illicium* en Florida refleja probablemente un patrón post-glaciar. El género debe haberse movido hacia la península durante el Oligoceno, ya que esta emergió en ese período (Webb, 1990), pero por su dispersión limitada no pudo alcanzar Jamaica.

Las especies caribeñas, sobre todo *I. ekmanii*, muestran caracteres ancestrales. Esto puede ser debido al efecto más ligero de las glaciaciones en el Caribe y quizás a la antigüedad de los taxa nativos de las Antillas Mayores. Grimaldi (1988) encontró en el género *Mayagüeza*, endémico de Puerto Rico (Drosophilidae, un grupo de moscas de la

fruta), del grupo de los polinizadores de *Illicium*, un patrón de distribución disjunto, similar al de *Illicium*.

Rosen (1985) plantea que los modelos vicariantes no excluyen la ocurrencia de dispersión. Donnelly (1989) coincide en este aspecto y propuso que el protoarco antillano, durante algunos períodos geológicos específicos, pudo haber facilitado la dispersión cuando el grupo de islas antillanas estuvieron más cercanas entre sí de lo que lo están hoy día (Iturralde-Vinent, 2004).

Debido a la distribución restringida y a las características de su biología reproductiva, todas las poblaciones de *Illicium* existentes son frágiles y están amenazadas de extinción como lo plantearon Thien *et al.*, (1983). El género probablemente ha sido extirpado en varias localidades en Cuba y La Española, y en Florida, *I. parviflorum* está en la lista de especie en peligro (Ward, Austin & Coile, 2003) debido a la destrucción de los bosques tropicales en el Caribe y la urbanización desmedida (Guerrero, 1997).

Literatura citada

- Acevedo-Rodríguez, P. & Strong, M. T. (2008). Floristic richness and affinities in the West Indies. *Bot. Rev.* 74: 5-36
- Azuma, H., García Franco, J. G., Rico-Gray, V. & Thien, L. B. (2001). Molecular phylogeny of the Magnoliaceae: The biogeography of tropical and temperate disjunctions. *Amer J. Bot.* 88(12): 2275-2285.
- Bell, C. D., Soltis, D. E. & Soltis, P. S. (2005). The age of the Angiosperms: A Molecular Timescale without a Clock. *Evolution.* 59(6): 1245-1258.
- Borhidi, A. (1991). Phytogeography and vegetation. *Ecology of Cuba.* Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Bowin, C. (1975). The geology of Hispaniola. EncNairn, A.E.M. & Stehli, F. G. (Ed.), *The Gulf of Mexico and the Caribbean* (pp. 501-552). Nueva York: Springer.
- Buckley, N. E. (2012). Mating System Biology of the Florida Native Plant: *Illicium parviflorum*. (Tesis de maestría). University of Tennessee. Estados Unidos.
- Carlquist, S. (1982). Wood Anatomy of *Illicium* (Illiciaceae). Phylogenetic, Ecological, and functional interpretations. *Amer. J. Bot.* 69: 1587-1598.
- Donnelly, T. W. (1988). Geologic constraints on Caribbean Biogeography. En Liebherr, J. K. (Ed.), *Zoogeography of Caribbean insects* (pp. 14-37). Ithaca: Cornell University Press.
- Ekman, E. L. (1928). A botanical excursion in La Hotte, Haiti. *Svensk. Bot. Tidskr.* 22: 200-219.
- Friis, E. M., Raunsgaard Pederson, K. & Crane, P. R. (2000). Fossil floral structures of a basal angiosperm with monocolpate, reticulate-acollumelate pollen from the early cretaceous of Portugal. *Grana* 39(5): 226-239.
- Fritsch, P. W. & McDowel, T. D. (2003). Biogeography and phylogeny of Caribbean plants - Introduction. *Syst. Bot* 28(2): 376-377.
- Fukuyama, Y., Shida, N., Kodama, M., Kido, M., Nagasawa, M., & Sugawara, M. (1993). Illicinolides A and B, novel sesquiterpene lactones from the wood of *Illicium tashiroi*. *Tetrahedron* 48: 5847-5854 .
- Graham, A. (1973). History of arborescent temperate element in northern Latin American Biota. En Graham, A. (Ed.), *Vegetation and vegetational history in northern Latin America* (pp. 301-312). Indiana: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Graham, A. (2003). Geohistory models and Cenozoic paleoenvironments of the Caribbean region. *Syst. Bot.* 28(2): 378-386.

- Grimaldi, D. (1988). Relicts in the Drosophilidae (Diptera). En Liebherr, J. K. (Ed.), Zoogeography of Caribbean insects (pp. 183–213). Ithaca: Cornell University Press.
- Guerrero, A. (1997). A revision of subsection Parviflora (Illiciaceae). (Tesis de maestría). University of Florida at Gainesville. Estados Unidos.
- Guerrero, A., Judd, W. & Morris, A. (2004). A New Species of *Illicium* Subsection Parviflora (Illiciaceae) from the Massif de la Hotte, Haiti. *Brittonia*. 56(4): 346-352.
- Hager, J. & Zanoni, T. A. (1993). La vegetación natural en la República Dominicana. Una nueva clasificación. *Moscosoa* 7: 39-81.
- Heywood, V. H. (Ed.). (1978). Flowering plants of the world. Nueva York: Mayflowers Books.
- Hodgkinson, R., Balding, S. T., Zubaid, A. & Kunz, T. H. (2003). Fruit Bats (Chiroptera: Pteropodidae) as Seed Dispersers and Pollinators in a Lowland Malaysian Rain Forests. *Biotropica* 35(4): 491–502.
- Inkanitzakaya, N. (1993). The genus *Illicium* (Illiciaceae) in the flora of the Antilles. *Bot. Zhur. St. Peterburg* 78: 1-15.
- Iturralde-Vinent, M. (2004). La Paleogeografía del Caribe y sus implicaciones para la biogeografía histórica. *Revista del Jardín Botánico Nacional de Cuba*. 25-26: 49-78.
- James, K. H. (2005). A simple synthesis of Caribbean geology. *Caribbean Journal of Earth Science*, 39: 69-82.
- Judd, W. & Skee Jr, D. J. (1990). Flora of Pick Macaya in Haiti. *Aaditions. Moscosoa* 6: 124-133.
- Judd, W. (1981). A monograph of *Lyonia* (Ericaceae). *J. Arnold Arbor*. 62: 63-128.
- Lavine, M. (1993). Biogeography and systematics of *Poitea* (Leguminosae): Inferences from morphological and molecular data. *Syst. Bot. Monogr.* 37: 1-87.
- Leppik, E. E. (1975). Morphogenetic stagnations in the evolution of *Magnolia* flowers. *Phytomorphology* 25: 451-464.
- Li, H. L. (1952). Floristic relationships between Eastern Asia and Eastern North America. *Amer. Phill. Soc.* 52: 371-408.
- Liebherr, J. K. (1988). The Caribbean: fertile ground for zoogeography. En Liebherr, J. K. (Ed.), *Zoogeography of Caribbean insects* (pp. 1-44). Ithaca: Cornell University Press.
- Liogier, A. H. (1976). La flora de La Española: Análisis y origen probable. *Anales de la Academia de Ciencias de la República Dominicana*. 2: 17-46.
- Liogier, A. H. (2000). Diccionario Botánico de Nombres Vulgares de plantas de La Española. Jardín Botánico Dr. Rafael Ma. Moscoso. Santo Domingo.
- Maurrasse, F. (1982). Survey of the geology of Haiti. Miami Geological Society. Miami.
- Mejía, M., García, R., & Jiménez, F. (1994). Notas sobre la flora de La Española IV. *Moscosoa* 8: 33-44.
- Montgomery, H., Pessagno, E. A. & Pindell, J. L., (1994). Paleogeography of Jurassic fragments in the Caribbean. *Tectonics* 13(3): 725-732.
- Morris, A., Bell, C. D., Clayton, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., & Soltis, P.S. (2007). Phylogeny and divergence time estimation in *Illicium* with implications for New World Biogeography. *Syst. Bot.* 32(2): 236-249.
- Newell, D. L. & Morris, A. B. (2010). Clonal structure of wild populations and origins of horticultural stock of *Illicium parviflorum* (Illiciaceae). *Amer. J. Bot.* 97(9): 1574-1578.

- Oh, I.-C., Denk, T. & Friis, E. M. (2003). Evolution of *Illicium* (Illiciaceae): mapping morphological characters on the molecular tree. *Plant Systematics and Evolution* 240: 175-209.
- Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E., Joubert, M. & Grupo SISMYN (J. Escuder Viruete, A. Díaz de Neira, J. Monthel, J. García-Senz, P. Ubrien, F. Contreras, E. Bernárdez, G. Stein, I. Deschamps, J. L. García-Lobón, C. Ayala). (2007). Geología de la República Dominicana: de la construcción de arco-isla a la colisión arco-continente. *Boletín Geológico y Minero*, 118 (2): 157-174.
- Poole, I., Gotwald, H. & Francis, J. E. (2000). *Illicioxylon*, an Element of Gondwanan Polar Forests? Late Cretaceous and Early Tertiary Woods of Antarctica. *Annals of Botany* 86: 421-432.
- Preciado-Benítez, O., Gómez y Gómez, B., Navarrete-Gutiérrez, D. A. & Horváth, A. (2015). The use of commercial fruits as attraction agents may increase the seed dispersal by bats to degraded areas in Southern Mexico. *Tropical Conservation* 8(2): 301-317.
- Qi, L. (1995). The Geographical Distribution of the Family Illiciaceae. *J. of Trop. Subtrop. Bot.* 3: 1-11.
- Qiu, Y. L., Dombrowska, O., Lee, J., Li, L., Whitlock, B. A., Bernasconi-Quadroni, F., Rest, J. S., Davis, C. C., Borsch, T., Hilu, K. W., Renner, S. S., Soltis, D. E., Soltis, P. S., Zanis, M. J., Cannone, J. J. & Gutell, R. R. (2005). Phylogenetic analyses of basal angiosperms based on nine plastid, mitochondrial, and nuclear genes. *Int. J. Plant Sci.* 166(5): 815-842.
- Roberts, M. L. & Haynes, R. (1983). Ballistic seed dispersal in *Illicium* (Illiciaceae). *Pl. Sist. Evol.* 143: 227-232.
- Rosen, D. E. (1985). Geological hierarchies and biogeographic congruence in the Caribbean. *Annals Mo. Bot. Gard.* 72: 636-659.
- Ruiz Vargas, N., Ortiz Rojas, C. & Guerrero, A. (2015). Distribución de la familia Bromeliaceae Juss. En La Española en base a colecciones de herbario. *Moscosa* 19: 22-36.
- Salzman, V. T. & Judd, W. S. (1995). A revision of the Greater Antillean species of *Bactris* (Bactrinidae: Arecaceae). *Brittonia* 47: 345-371.
- Saunders, R. M. K. (1995). Systematics of the genus *Illicium* L. (Illiciaceae) in Malesia. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 117: 333-352.
- Smith, A. C. (1947). The families Illiciaceae and Schisandraceae. *Sargentia* 7: 1-224.
- Thien, L. B., White, D. A. & Yatsu, L. Y. (1983). The reproductive biology of a relict-*Illicium floridanum* Ellis. *Amer. J. Bot.* 70(5): 719-727.
- Thien, L. B., Bernhardt, P., Devall, M. S., Chen, Z. D., Luo, Y. B., Fan, J. H., Yuan, L. C. & Williams, J. H. (2009). Pollination biology of basal angiosperms (ANITA grade). *Amer. J. Botany* 96(1): 166-182.
- Tiffney, B. H. & Barghoorn, E. S. (1979). Flora of the Brandon lignite. IV. Illiciaceae. *Amer. J. Botany* 66: 321-329.
- Ward, D. B., Austin, D. F. & Coile, N. C. (2003). Endangered and Threatened Plants of Florida, Ranked in Order of Rarity. *Castanea* 18(2): 160-174.
- Webb, S. D. (1990). Historical biogeography. En Myers, R. & Ewell, J. (Ed.), *Ecosystems of Florida* (pp. 70-100). Orlando: University of Central Florida Press.
- White, D. A. & Thien, L. B. (1988). The pollination of *Illicium parviflorum* (Illiciaceae). *J. of the Elisha Mitchell Scientific Soc.* 10: 15-18.
- Wolfe, J. A. (1975). Some aspects of plant geography of the northern hemisphere during the late Cretaceous and Tertiary. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 62: 264-279.