



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE DOS ESPECIES DE *Ruellia* L. (ACANTHACEAE)
(Modalidad: Tesis de Grado)

YANECY DEL CARMEN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUMANÁ, 2019

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE DOS ESPECIES DE *Ruellia* L. (ACANTHACEAE)

APROBADO POR:



Prof (a). Rosanna Valerio C.
Asesora



Prof. Roger Velásquez
Jurado



Prof (a). Mercedes Acosta
Jurado

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
LISTA DE TABLAS	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN	V
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA	7
Área de estudio y material vegetal seleccionado.....	7
Biología floral.....	7
Receptividad estigmática	8
Biología de la polinización	8
Presencia de nectarios.....	8
Producción, biomasa y aborto de estructuras reproductivas.....	9
Variables directas	9
Variables estimadas	9
Eficiencia reproductiva (ER)	10
Carga de polen y germinación	10
Relación polen-óvulo.....	11
Estrategias reproductivas	11
Biología de la diseminación.....	12
Análisis estadísticos.....	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Biología floral.....	14
Biología de la polinización	18
Presencia de nectarios.....	24
Producción, biomasa y aborto de estructuras reproductivas.....	24
Eficiencia reproductiva.....	29
Carga de polen y germinación	31
Relación polen-óvulo (P/O).....	32
Estrategias reproductivas	33
Biología de la diseminación.....	36
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA	41
HOJAS DE METADATOS	48

DEDICATORIA

A mis padres Magalys Hernández y Cesar Sánchez por todo lo que han hecho por mí, porque con su fortaleza, consejos, sacrificios y confianza, permitieron mi formación profesional.

A mi tía Ana Hernández, mis hermanos Luis Sánchez, Cesar Sánchez, Renny Sánchez, Yoselyn Sánchez y a mi primo Saúl Urbaneja, por su cariño, amor y confianza, lo cual me ayudó y motivó a seguir adelante cuando más lo necesité. Espero que este logro sirva de estímulo en el futuro a la nueva generación, tanto familiar como de amigos, para que puedan lograr nuevas metas a nivel profesional.

Dios los bendiga a todos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida, salud, fortaleza y esperanza para salir adelante y así cumplir mis metas.

A la profesora Rosanna Valerio, por su guía, dedicación, amistad, paciencia y colaboración en las actividades de laboratorio, lo que permitió la finalización de este trabajo.

Al profesor Víctor Franco, por sus comentarios, sugerencias y colaboración en el transcurso del trabajo.

A mis compañeros y amigos Amarilis Andrade, Rismainy Millán, Orangel Acosta y Joyner Guevara, por su confianza, apoyo y valiosa colaboración.

¡A todos muchas gracias!

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Color de los verticilos florales de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	14
Tabla 2. Dimensiones florales (mm) de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	16
Tabla 3. Variables relativas a la antesis y longevidad floral de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).	16
Tabla 4. Dimensiones (mm) de algunas estructuras florales (corola, estilo y ovario) y color de la corola de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> , versus otras especies de <i>Ruellia</i> de Venezuela descritas por Llamozas (2001).	17
Tabla 5. Dimensiones del cuerpo, sitio de transporte, frecuencia de visitas y tipo de actividad de los polinizadores y visitantes de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	19
Tabla 6. Producción (número) de estructuras reproductivas en <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).	25
Tabla 7. Biomasa seca (mg) de frutos y semillas de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	25
Tabla 8. Biomasa seca (mg) de los verticilos florales de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).	25
Tabla 9. Relaciones de biomasa seca de las estructuras reproductivas de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	26
Tabla 10. Porcentaje de flores, semillas y óvulos abortados y eficiencia reproductiva de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).	26
Tabla 11. Carga de polen sobre los estigmas de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	31
Tabla 12. Número de estambres/flor, número de granos de polen/antera y por flor, número de óvulos/flor y relación polen/óvulo de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).	33
Tabla 13. Producción de frutos (número y porcentaje) de acuerdo a las estrategias reproductivas de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	34
Tabla 14. Producción de semillas (número y porcentaje) de acuerdo a las estrategias reproductivas de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).....	34
Tabla 15. Dimensiones (mm) de los frutos y semillas de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> (Acanthaceae).	37
Tabla 16. Dimensiones (mm) de los frutos y semillas de <i>Ruellia tuberosa</i> y <i>Ruellia simplex</i> versus otras especies de <i>Ruellia</i> de Venezuela descritas por Llamozas (2001).	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flores de <i>Ruellia tuberosa</i> (a) y <i>Ruellia simplex</i> (b).....	14
Figura 2. Morfología del gineceo y androceo de <i>Ruellia tuberosa</i> (a) y <i>Ruellia simplex</i> (b).....	15
Figura 3. Abejas (Hymenoptera) polinizadoras (a-c) y mariposa (Lepidoptera) visitante (d) de las flores de <i>Ruellia tuberosa</i> ..	19
Figura 4. Abejas (Hymenoptera) polinizadoras (a-g) y mariposa (Lepidoptera) visitante (h) de las flores de <i>Ruellia simplex</i> ..	20
Figura 5. Granos de polen germinados sobre los estigmas de <i>Ruellia tuberosa</i> (a) y <i>Ruellia simplex</i> (b)..	31
Figura 6. Frutos de <i>Ruellia tuberosa</i> (a) y <i>Ruellia simplex</i> (b).....	36
Figura 7. Semillas de <i>Ruellia tuberosa</i> (a) y <i>Ruellia simplex</i> (b).....	36

RESUMEN

Ruellia tuberosa y *Ruellia simplex* (Acanthaceae) son dos especies de importancia medicinal y ornamental, respectivamente, siendo *R. tuberosa* ampliamente utilizada en el tratamiento de afecciones renales. Como una manera de obtener información necesaria para contribuir con el conocimiento, manejo adecuado y preservación de estas especies, se estudió la morfología floral, relación polen/óvulo, polinizadores, niveles de producción, biomasa y aborto de flores, frutos y semillas, en la localidad de Cedeño, municipio Montes, estado Sucre, durante un período de cuatro meses. La observación de los visitantes florales y estrategias reproductivas se realizó en el campo, mientras que las determinaciones relativas al número de estambres, granos de polen y óvulos, medidas florales y biomasa de estructuras reproductivas, se hicieron en el laboratorio. Las dos especies de *Ruellia* estudiadas presentan inflorescencias cimosas pediceladas, con flores zigomórficas, hermafroditas, acampanadas, conformadas por cuatro estambres didínamos. Las flores de *R. tuberosa* y *R. simplex* fueron visitadas por abejas, mariposas y ocasionalmente por aves (colibríes), siendo las abejas los principales polinizadores. La producción de frutos fue alta en *R. tuberosa* y baja en *R. simplex*. El aborto de flores fue alto en *R. simplex* (87,19%) y no se observó en *R. tuberosa*. El aborto de óvulos y semillas fue bajo en ambas especies. La relación biomasa fruto/biomasa flor fue alta en las dos especies, con una mayor inversión en la formación del pericarpo del fruto en relación con las semillas y en estructuras de atracción que de reproducción. Los valores de relación polen/óvulo de las dos especies las ubicó, de acuerdo a Cruden (1977), en la categoría de autógamas facultativas. La eficiencia reproductiva fue alta en *R. tuberosa* y baja en *R. simplex*. Ambas especies estudiadas presentaron un sistema de reproducción sexual mixto, el cual combinó la autopolinización y la polinización cruzada. No se observaron agentes dispersores bióticos en las dos especies, ocurriendo la dispersión de las semillas de manera autocórica por frutos de dehiscencia explosiva.

Palabras clave: Biología floral, *Ruellia tuberosa*, *Ruellia simplex*, polinización.

INTRODUCCIÓN

La biología reproductiva de plantas vasculares es un área de la Botánica que abarca un amplio rango de aspectos, que incluyen desde factores involucrados en la iniciación de la reproducción (fenología reproductiva) hasta aspectos relacionados con la regeneración de las especies (Núñez y Rojas, 2008). Específicamente, los estudios de la biología reproductiva de plantas con semilla incluyen no sólo aspectos relacionados con el registro ecológico a nivel de comunidades sobre la frecuencia de algunas formas de reproducción y patrones de interacción entre especies polinizadoras y dispersoras de semillas con las especies de plantas (Ramírez, 2007), sino aquellos que tienen que ver con el grado de eficiencia o de fecundidad mostrado por la especie según los mecanismos adoptados para su reproducción.

Este conocimiento permite entender las relaciones ecológicas en comunidades naturales, además de analizar el flujo génico y mantenimiento de la variabilidad genética dentro de una población (Devall y Thien, 1992). Así, el tipo de reproducción mostrado por una planta, (autogamia o xenogamia), por ejemplo, permite dilucidar la forma como ocurre el movimiento de genes en las poblaciones. En este sentido, en plantas que se autopolinizan, existe una recirculación intrapoblacional de genes, mientras que en plantas xenógamas (polinización cruzada), el flujo de genes puede ser interpoblacional, siendo responsabilidad de vectores bióticos y abióticos. A pesar de que las plantas son sésiles en sus estado vegetativo, su capacidad de intercambiar genes entre poblaciones (flujo génico) está mediado por el movimiento de los gametos masculinos (dentro del polen) y de los cigotos (dentro de las semillas). Este movimiento de genes vía polen o semillas pueden ser relativamente alto si existen mecanismos eficaces de dispersión a media y larga distancia, cuya ocurrencia se encuentra a cargo de polinizadores y dispersores (Nora *et al.*, 2011).

Las plantas con flores utilizan distintos sistemas para lograr su reproducción sexual, la cual se inicia con la polinización, proceso que implica la transferencia del gametofito masculino (polen) al estigma de la flor (Kearns e Inouye, 1993). Este proceso es considerado una interacción mutualista, en donde las plantas se benefician con la

fertilización de sus óvulos y los animales obtienen recompensas en forma de polen y néctar (Cuevas *et al.*, 2013).

Los sistemas de polinización de las angiospermas varían, pero en general, la mayoría usa animales (zoofilia) como vectores de polen (Wilmer, 2011). La ecología de la polinización involucra no sólo la identidad de los distintos polinizadores, sino los síndromes de polinización, esto es, el conjunto de características florales que se consideran adaptaciones para atraer y emplear a distintos animales como polinizadores (Aguilar, 2013). El reconocimiento de tales síndromes se encuentra a cargo de la Biología floral, ciencia que estudia las características y funcionamiento de las flores asociados a la atracción de un determinado agente promotor de la polinización y el apareamiento (Lloyd y Barret, 1996).

Muchas flores zoófilas especializadas se han diversificado en correspondencia a los animales polinizadores, produciendo biotipos florales definidos que sugieren una relación especializada con un gremio particular de polinizadores (Vogel, 1990). No todos los visitantes florales pueden ser polinizadores legítimos, es decir, aquellos que llevan a cabo la polinización al visitar la flor (Wilmer, 2011). Por esto, es importante discernir cuál es la efectividad de los distintos visitantes florales. La efectividad en la polinización se entiende como la medida de contribución de la visita de un animal a la reproducción de la planta (Kearns e Inouye, 1993).

El sistema reproductivo de una planta está determinado por dos componentes: la expresión sexual (presencia de las funciones masculinas y femeninas en una flor y/o individuo) y el sistema de apareamiento, es decir, el grado de autoincompatibilidad o el nivel de entrecruzamiento (Aguilar, 2013). En angiospermas existe una gran diversidad de sistemas reproductivos. En un extremo se encuentran las plantas hermafroditas (aproximadamente 90%) y en el otro las plantas dioicas, las cuales representan entre 6-7% de las plantas con flores. Estos sistemas de reproducción conforman un rango continuo que abarca desde la autogamia obligada hasta la xenogamia obligada. La autogamia se refiere a la fecundación exitosa con gametos masculinos y femeninos provenientes del mismo individuo y la xenogamia consiste en la fecundación de flores con polen proveniente de otros individuos.

En muchas ocasiones, la diversidad floral y los sistemas reproductivos se han interpretado como el resultado de la selección natural para promover el entrecruce y evitar la depresión por autogamia. La autoincompatibilidad es el principal y más efectivo mecanismo para la prevención de la autofertilización en plantas, al impedir la germinación del polen o la fertilización cuando el polen es del mismo individuo. Para muchas especies, la autofertilización suele ser considerada una condición desventajosa, ya que no solo favorece la formación de individuos de menor vigor en comparación con aquellos provenientes del entrecruzamiento (Charlesworth y Charlesworth, 1987), sino que aumenta el grado de homocigosis que puede limitar la capacidad de las poblaciones de responder adaptativamente a cambios ambientales (Charlesworth y Charlesworth, 1995). En algunas especies, los frutos producidos por autopolinización tienen menor número de semillas, tienen menor tamaño, o poseen semillas con menor capacidad de germinación, o una mayor probabilidad de aborto que los frutos y semillas producidos por polinización cruzada (Musicante y Galetto, 2008). No obstante, la autogamia es común en las plantas, debido a que favorece la fijación de genotipos altamente adaptados, poseedores de una alta eficiencia reproductiva (Richards, 1986) y capaces de sobrevivir en condiciones adversas; tales como escasez de polinizadores (Raimúndez y Ramírez, 1998).

La familia Acanthaceae se caracteriza por incluir plantas de hábitos generalmente herbáceos o arbustivos, siendo menos frecuente los árboles o trepadoras perennes, a veces con tallos herbáceos o leñosos. Las hojas son opuestas, decusadas, rara vez alternas, simples, con o sin estípulas y margen comúnmente entero. Las flores son sésiles o pediceladas, dispuestas de manera aislada o en racimos, generalmente bracteadas, a veces de vivos colores. El perianto está formado por un cáliz persistente de 4-5 sépalos libres o comúnmente fusionados, la corola puede ser gamopétala o simpétala, pentámera y contorta en el botón. El androceo comprende 2 ó 4 estambres didínamos, fijos al tubo de la corola, con anteras uni o ditecas. El gineceo consta de un estigma a menudo bilobulado y un ovario súpero, bicarpelar y bilocular, con óvulos anátropos, axilares, de 2 a 10 por lóculo y disco nectarífero anular por lo general presente alrededor de la base del ovario. Los frutos son cápsulas loculicidas (drupas en algunos géneros), a

menudo de dehiscencia elástica. Las semillas, dos a más, presentan testa de varios tipos: glabras, verrugosas, hirsuto-mucilaginosas y escamosas (Salette *et al.*, 2015).

Esta familia abarca unos 230 géneros y más de 4000 especies ampliamente distribuidas en el mundo (Wasshausen y Wood, 2004). En su mayoría crecen en las zonas tropicales y subtropicales; muchas habitan en el sotobosque de selvas y bosques húmedos, pero algunas en lugares abiertos o en suelos alterados (*Ruellia ciliatiflora* y *Dicliptera tweediana*), pocas son xerófilas (*Justicia squarrosa* y *J. xylosteoides*) (Ezcurra, 1999). Los principales centros de diversidad y riqueza están situados en África (incluyendo Madagascar), Sudamérica y Centroamérica. Ocupan casi todos los hábitats intertropicales, excepto los de alta montaña (por encima de 3000 metros). Cerca de 12 géneros existen en las regiones tropicales del Nuevo y Viejo Mundo, incluyendo los dos géneros más diversos: *Justicia* y *Ruellia* (Durán y García, 2012).

Dentro de la familia, el género *Ruellia* es uno de los más representativos y el segundo más abundante, con aproximadamente 250 especies, mayormente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales, en su mayoría austroamericanas (Ezcurra, 1999). En Venezuela, está representado por unas 30 especies (Llamozas, 2001), entre las cuales se encuentran *Ruellia tuberosa* L. y *Ruellia simplex* C. Wright, dos especies de importancia medicinal y ornamental, respectivamente (Chothani *et al.*, 2010).

Ruellia tuberosa, nativa de Centroamérica y conocida vulgarmente en Venezuela como “yuquilla”, es una hierba perenne, de 30-50 cm de alto, tallo erguido, flores acampanadas de color azul violáceo, frutos capsulares y raíces gruesas, usada medicinalmente en el oeste de India y Centro América (Schnee, 1984).

Ruellia simplex, por su parte, nativa de México y conocida comúnmente como “petunia mexicana”, es una planta frecuente en Centro y Sur América (Ezcurra y Daniel, 2007), de hábito arbustivo, perenne, de 0,91 o más metros de altura, tallo cuadrangular, hojas simples, opuestas, lanceoladas, flores en forma de trompeta, de color azul metálico, rosado o blanco, solitarias o en racimos y frutos capsulares de cuatro a veintiocho semillas, usada como especie ornamental y medicinal en varios países (Elgindi *et al.*, 2015).

Existen varios sinónimos aceptados para *Ruellia simplex*: *R. tweediana*, *R.*

brittoniana, *R. malacosperma* y *R. coerulea*, siendo *Ruellia simplex* el primer nombre documentado y de prioridad taxonómica (Ezcurra y Daniel, 2007).

Esta especie tiene la habilidad de crecer en un amplio rango de condiciones ambientales, que van desde húmedas hasta casi xéricas (Hupp *et al.*, 2009), presentando una floración prolífica y bajos requerimientos de mantenimiento (Gilman, 1999). Es muy frecuente en el sudeste de los Estados Unidos, en donde se ha vuelto invasora, dada su capacidad de extensión rápida y desplazamiento de la flora nativa, con la cual compete y en algunos casos hibridiza, siendo catalogada, desde 2001, como planta invasiva de Categoría 1 por el Consejo de Malezas Exóticas de Florida (FLEPPC, 2015).

Algunas especies de *Ruellia* han sido estudiadas a nivel mundial desde el punto de vista fenológico (Souza-Lima y Faría, 2006), reproductivo (Piovano *et al.*, 1995), biología floral (Piovano *et al.*, 1995; Souza *et al.*, 2005), palinológico (Furnes y Grant, 1996), taxonómico (Durán y García, 2012), fitoquímico (Afzal *et al.*, 2015) y de la biología de la polinización (Machado y Sazima, 1995; Sigrist y Sazima, 2002), siendo Brasil, Madagascar, Argentina y México, algunos de los países involucrados en tales estudios. Los estudios fitoquímicos de *R. tuberosa*, revelan la presencia de alcaloides, triterpenoides, saponinas, esteroides y flavonoides, con propiedades diuréticas, antidiabéticas, antipiréticas, analgésicas, antioxidantes, antihipertensivas, gastroprotectoras y también para tratar la gonorrea (Afzal *et al.*, 2015). *R. simplex*, a su vez, posee componentes antioxidantes los cuales se cree pudieran ser utilizados como posibles fármacos terapéuticos o preventivos para ayudar a atenuar el daño del cuerpo inducido por la enfermedad asociada con el estrés oxidativo (Elgindi *et al.*, 2015).

En Venezuela, ciertas especies del género *Ruellia* han sido utilizadas con fines medicinales. Así, Gil y Carmona (2001) realizaron un estudio etnobotánico en la población de Lagunillas, estado Mérida, en donde destacó la yuquilla (*Ruellia tuberosa*) como especie de potencialidad terapéutica. Ciangherotti (2012) evaluó el efecto del extracto acuoso de la raíz de *Ruellia tuberosa* sobre el daño renal inducido por la diabetes en ratas provenientes del Bioterio del Instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel” de Caracas demostrando que esta especie presenta actividad antioxidante y es capaz de disminuir y/o revertir la alteración de los marcadores del daño renal inducido

por la hiperglicemia. Riera *et al.* (2014) estudiaron el efecto del extracto etanólico de raíces de yuquilla (*R. tuberosa*) para el control del hongo *Sclerotium rolfsii* en pimentón (*Capsicum annuum* L.) lográndose una inhibición de más del 60% del crecimiento micelial, así como también la reducción de esclerocios e incidencia de la enfermedad. Por su parte, Romero *et al.* (2015) determinaron la actividad insecticida de seis extractos etanólicos de neem (*Azadirachta indica* L.), vinca rosea (*Catharanthus roseus* L.), ruda (*Ruta graveolens* L.), trinitaria (*Bougainvillea glabra* Choisy), cariaquito (*Lantana camara* L.) y yuquilla (*Ruellia tuberosa*) sobre la mosca blanca, en invernaderos y laboratorios localizados en Maracay, estado Aragua, encontrando tasas de mortalidad altas (99,1 y 95,6%) causadas por los extractos de ruda y neem y niveles menores al 50% con las demás especies. Adicionalmente, Lastres *et al.* (2015) reportaron el uso de las raíces de *R. tuberosa* (yuquilla) como tratamiento alternativo para la cura de distintas afecciones renales.

Por lo antes expuesto y tomando en cuenta que *R. tuberosa* y *R. simplex* son dos especies de hábitat frecuente en la región oriental del país, ampliamente utilizadas en la medicina tradicional, así como en la ornamentación de jardines de zonas residenciales, siendo muchas veces amenazadas por su extracción del hábitat natural, al ser consideradas como “malezas”, aunado al hecho de que exhiben una serie de compuestos químicos de posible uso potencial en el tratamiento de distintas afecciones en animales y humanos, se consideró importante la realización del presente trabajo, el cual tiene como objetivo evaluar la biología reproductiva de dos especies de *Ruellia*, con el fin de contribuir con el conocimiento, manejo adecuado y preservación de estas especies.

METODOLOGÍA

Área de estudio y material vegetal seleccionado

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Cedeño (10° 19' 60" N y -64° 01' 37" O), municipio Montes, estado Sucre, aproximadamente a 15,00 Km de Cumanacoa. Esta zona se encuentra a una altura aproximada de 136 msnm, posee un clima de tipo cálido subhúmedo, con temperaturas entre 21 y 27 °C y un registro de precipitación promedio anual de 900-1500 mm, con una estación lluviosa de mayo a diciembre. El tipo de vegetación reportado para la zona es el bosque ombrófilo montano, con abundancia relativa de epífitas y cultivos de subsistencia (INE, 2011). En dicha localidad, se seleccionó una parcela de 2 x 4 m, en donde fueron sembradas 60 plantas, 30 de *Ruellia tuberosa* L. y 30 de *R. simplex* C. Wright (Acanthaceae), agrupadas por especie, a una distancia de 50 cm entre plantas. De las 30 plantas de cada especie, 10 fueron utilizadas para el conteo de estructuras reproductivas (flores y frutos) y para la observación de los visitantes florales, 10 se dispusieron para el montaje de pruebas reproductivas y 10 para el resto de las determinaciones. La vegetación circundante a la parcela de siembra correspondió a árboles de roble, apamate, coco, mango, aguacate, tamarindo, pomalaca, ponsigué, entre otros, y algunas plantas herbáceas como *Talinum* sp, llantén, etc. El estudio se llevó a cabo durante un período de cuatro meses, correspondientes a diciembre 2017 - marzo 2018, tiempo en el cual no se registraron precipitaciones. Para ambas especies, se monitoreo su desarrollo hasta la obtención de plantas adultas, en las cuales, una vez iniciado el proceso de floración, se ejecutaron las actividades experimentales programadas.

Biología floral

La morfología, color y dimensiones florales se examinaron en el laboratorio. La determinación del tipo morfológico se realizó según Leppik (1977) y Faegri y Van der Pijl (1979). El color de las diferentes partes florales se estableció utilizando el atlas de colores de Faber Castell, mientras que la caracterización morfológica y estructural se describió según Radford *et al.* (1974). En 20 flores en anthesis por especie y con ayuda de

un vernier marca Mitutoyo, se realizaron las siguientes medidas: longitud floral, diámetro externo e interno de la flor, altura del estigma y altura de los estambres. Además se evaluaron la hora de antesis, longevidad floral y número de flores que abren por día. La longevidad floral se determinó mediante observaciones directas desde la apertura floral hasta la marchitez y/o caída de la flor.

Receptividad estigmática

La receptividad estigmática se comprobó mediante la prueba de reacción a la peroxidasa, siguiendo el método de Osborn *et al.* (1998), el cual consiste en colocar una gota de peróxido de hidrógeno al 40% sobre los estigmas y se toma como resultado positivo la producción de burbujas. Esta prueba se realizó en cinco flores por especie y en tres estadíos: botones, flores en antesis y flores próximas al cierre.

Biología de la polinización

Los visitantes florales fueron monitoreados durante un total de 20 horas de observación, distribuidas en varios días y coincidentes con el período de longevidad de la flor. Cada visitante capturado fue fotografiado, medido en su longitud y examinado cuidadosamente (cabeza, dorso, tórax y extremidades) para determinar el lugar de transporte y abundancia de polen. Además, se identificó el tipo de especie visitante (a nivel de orden, familia o género) y su frecuencia de visitas durante el tiempo que duró la observación. Los insectos se identificaron según las guías de abejas de Smith-Pardo y Vélez-Ruiz (2008) y de Ayala-Barajas (2016). Para discriminar entre polinizadores y visitantes florales se consideró la abundancia de polen en el cuerpo, frecuencia de visitas, tiempo de duración de la visita, atrayente floral involucrado y conducta del animal.

Presencia de nectarios

La presencia de nectarios florales y/o extraflorales se evaluó mediante observación de los verticilos florales bajo microscopio estereoscópico.

Producción, biomasa y aborto de estructuras reproductivas

En las dos especies, se estimaron las siguientes variables relacionadas con la producción, biomasa y aborto de estructuras reproductivas (Ramírez, 1992):

Variables directas

- 1) Número de flores por planta: se determinó por conteo directo en diez individuos.
- 2) Número de óvulos por flor: se cuantificó por disección directa bajo microscopio estereoscópico en 20 flores en anthesis por especie.
- 3) Número de fruto por planta: se obtuvo por contaje directo en diez individuos.
- 4) Número de semillas totales por fruto: se determinó por conteo directo en 20 frutos maduros.
- 5) Biomasa seca de la flor, frutos y semillas: se determinó en 20 unidades bien desarrolladas, las cuales se colocaron en estufa a 40°C durante cuatro días (flores) y dos semanas (frutos y semillas) y luego fueron pesadas en una balanza analítica. Además se determinó la biomasa seca de cada verticilo floral (cáliz, corola, androceo y gineceo) según el procedimiento anterior.
- 6) Número de semillas abortadas por fruto: se cuantificó discriminando del total de semillas por fruto, la cantidad de semillas abortivas, las cuales se caracterizaron por estar mal formadas, presentar tamaño reducido, aplastado y/o carentes de embrión.

Variables estimadas

- 1) Relación pericarpo/semilla: se obtuvo dividiendo la biomasa promedio del pericarpo entre la biomasa promedio de semillas por fruto.
- 2) Relación biomasa fruto/biomasa flor: se determinó dividiendo la biomasa promedio del fruto entre la biomasa promedio de la flor. Esta relación indica el aumento en biomasa necesario para producir un fruto a partir de una flor.
- 3) Relación biomasa reproductiva/biomasa vegetativa: se obtuvo de dividir la suma de las biomásas promedios del androceo y gineceo entre la suma de las biomásas

promedios del cáliz y la corola.

- 4) Relación biomasa androceo/biomasa gineceo: resultó de dividir la biomasa promedio del androceo entre la biomasa promedio del gineceo.
- 5) Proporción de semillas, óvulos y flores abortadas: se calculó mediante las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ semillas abortadas} = \frac{\text{n}^\circ \text{ semillas abortadas/fruto}}{\text{n}^\circ \text{ semillas/fruto}} \times 100$$

$$\% \text{ óvulos abortados} = 100 - \left[\frac{\text{n}^\circ \text{ semillas/fruto}}{\text{n}^\circ \text{ óvulos/flor}} \times 100 \right]$$

$$\% \text{ flores abortadas} = 100 - \left[\frac{\text{n}^\circ \text{ frutos/planta}}{\text{n}^\circ \text{ flores/planta}} \times 100 \right]$$

Eficiencia reproductiva (ER)

La eficiencia reproductiva, también conocida como porcentaje de semillas producidas (Ramírez, 1992), eficiencia global o fecundidad relativa, se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$ER = \frac{(\text{n}^\circ \text{ semillas/fruto} - \text{n}^\circ \text{ semillas abortadas/fruto}) \times \text{frutos/infrutescencia}}{\text{n}^\circ \text{ óvulos/flor} \times \text{n}^\circ \text{ flores/inflorescencia}} \times 100$$

Carga de polen y germinación

La carga de polen se determinó en diez estigmas procedentes de flores de individuos diferentes los cuales fueron colectados en un período que dependió del tiempo que duró la antesis. Cada estigma se colocó en una lámina portaobjetos con una gota de azul de Astra más una gota de glicerina acuosa 1:1, se cubrió con una laminilla cubreobjetos y se selló el borde de ésta con esmalte transparente para uñas. A continuación se procedió a contar, en un microscopio de luz, el número de granos de polen germinados (con emisión de tubo polínico) y no germinados sobre el estigma.

Relación polen-óvulo

La relación polen-óvulo (P/O) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Relación P/O} = \frac{\text{n}^\circ \text{ granos de polen/flor}}{\text{n}^\circ \text{ de óvulos/flor}}$$

En donde:

$$\text{N}^\circ \text{ granos de polen/flor} = \text{n}^\circ \text{ granos de polen/antera} \times \text{n}^\circ \text{ estambres/flor}$$

El número de granos de polen por antera se calculó de acuerdo al procedimiento de Lloyd (1965), el cual consiste en tomar dos viales y colocar en cada uno un grupo de cinco anteras cerradas, provenientes de flores diferentes, a las cuales se le agrega una gota de solución acetolítica (una parte de ácido sulfúrico en nueve partes de ácido acético anhidro) con el objeto de ablandar la pared de la antera y promover la expulsión de los granos de polen. Transcurrida media hora, se maceran las anteras presentes en cada vial con ayuda de una varilla de vidrio, posteriormente se le añaden 0,2 ml de ácido acético anhidro en glicerina y se mezcla en un vortex durante 30 segundos. A continuación, una gota de esta mezcla se coloca en cada una de las dos cámaras del hematocitómetro, donde se realizan cuatro conteos por cámara. Este procedimiento de llenado de las cámaras del hematocitómetro y contaje se realizó cinco veces por vial, obteniéndose diez valores los cuales fueron sustituidos en la siguiente fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ de granos de p/a} = \frac{\text{n}^\circ \text{ granos de polen/hematocitómetro}}{2 \text{ (zona de recuento)} \times 5 \text{ (anteras)}} \times \frac{0,2 \text{ ml (vol. utilizado)}}{0,0001 \text{ ml (vol. contado)}}$$

Finalmente, los resultados obtenidos de las sustituciones en la fórmula anterior, se promediaron para obtener el número de granos de polen por antera.

Estrategias reproductivas

Para determinar el modo de reproducción de las dos especies en estudio se realizaron pruebas experimentales de polinización abierta o natural, autopolinización espontánea, geitonogamia, apomixis y polinización cruzada, siguiendo la metodología

descrita por Ruiz-Zapata y Arroyo (1978). La polinización natural se visualizó marcando dos yemas florales por individuo las cuales se dejaron hasta la producción de frutos. Para la prueba de autopolinización espontánea, se seleccionaron dos yemas por individuo, previo a la antesis, las cuales se encerraron individualmente en bolsas de polinización hasta la producción de frutos. La prueba de geitonogamia se realizó marcando dos yemas próximas abrir las cuales se emascularon y se encerraron individualmente en bolsas de polinización; al día siguiente, se retiró las bolsas de polinización, se procedió a frotar el estigma de las flores emasculadas con polen proveniente de flores del mismo individuo y se encerró nuevamente las yemas polinizadas en bolsas de polinización. Para la prueba de apomixis, dos yemas por individuo fueron emasculadas previo a la antesis y aisladas en bolsas de polinización hasta la producción de frutos, mientras que la prueba de polinización cruzada se realizó según el siguiente protocolo: un día antes de la antesis se emascularon dos yemas por individuo y se encerraron individualmente en bolsas de polinización; al día siguiente, se desembolsó cada flor y se polinizó manualmente cada estigma con polen proveniente de las flores de otros individuos, posteriormente, cada flor recién polinizada se encerró nuevamente en bolsa de polinización y se esperó hasta la producción de frutos. Para cada prueba reproductiva se utilizaron diez individuos por especie y se contaron el número de frutos y semillas producidos.

Biología de la diseminación

Los frutos y semillas de cada especie fueron caracterizados morfológicamente considerando las dimensiones, color, biomasa y algunas estructuras asociadas a la diseminación. Además se evaluó la presencia de agentes dispersantes durante el periodo de fructificación.

Análisis estadísticos

Las variables relativas a las dimensiones florales tales como longitud de la flor, longitud del estilo, entre otras, se compararon entre especies mediante la prueba estadística del estudiante o “t de student”, mientras que para comparar la producción de

frutos y semillas por estrategia reproductiva intra-especie se utilizó la prueba estadística G (Sokal y Rohlf, 1969), basada en la distribución de frecuencias de frutos producidos y no producidos en relación al total de flores entre pruebas experimentales. La prueba G permitió comparar las distintas estrategias reproductivas, de dos en dos, de tal manera que al final del proceso se pueden dilucidar los grupos formados entre pruebas reproductivas. Involucra el cálculo de un valor experimental de G, el cual se compara con valores teóricos de la tabla chi-cuadrado, para determinar la existencia o no de diferencias significativas, muy significativas o altamente significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biología floral

Las dos especies de *Ruellia* estudiadas presentan inflorescencias cimosas pediceladas, con un desarrollo que se ajusta a cima de cimas. Específicamente, en *R. tuberosa* se observan cimas dicótomas (compuestas) en la zona basal de la planta, que progresivamente se minimizan a cimas (dicasios) simples en la zona media, hasta flores solitarias axilares en el ápice (descripción corroborada por especialista en Herbario IRBR, UDO-Sucre). Las flores son zigomórficas, hermafroditas, con cinco sépalos y cinco pétalos. El ovario es súpero, bilocular, bicarpelar, con óvulos en placentación axial y disco nectarífero anular basal. La coloración de los pétalos difiere en las dos especies: azul violáceo en *R. tuberosa* y rosado en los ejemplares de *R. simplex* (Figura 1). El color de los restantes verticilos florales se reporta en la Tabla 1.



Figura 1. Flores de *Ruellia tuberosa* (a) y *Ruellia simplex* (b). Barra = 10 mm.

Tabla 1. Color de los verticilos florales de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Verticilo floral	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Sépalos	Verde	Verde
Estigma	Morado claro	Rosado claro
Estilo	Morado claro	Blanco
Antera	Blanco	Blanco
Filamento	Blanco	Blanco

n = 30

El gineceo de las dos especies evaluadas consta de un estilo simple, que finaliza en un estigma bilobulado (un lóbulo más corto que el otro), papiloso, central, por encima de las anteras en *R. tuberosa* y a nivel de las anteras o encima de éstas en *R. simplex*. El ovario presenta un promedio de óvulos/flor de 31,85 en *R. tuberosa* y 23,60 en *R. simplex*. El androceo de las dos especies comprende cuatro estambres didínamos, dos grandes y dos de menor tamaño, fijos a la corola, las anteras son ditecas con dehiscencia longitudinal introrsa (Figura 2). El polen es esférico, triporado y con ornamentación reticulada en ambas especies.

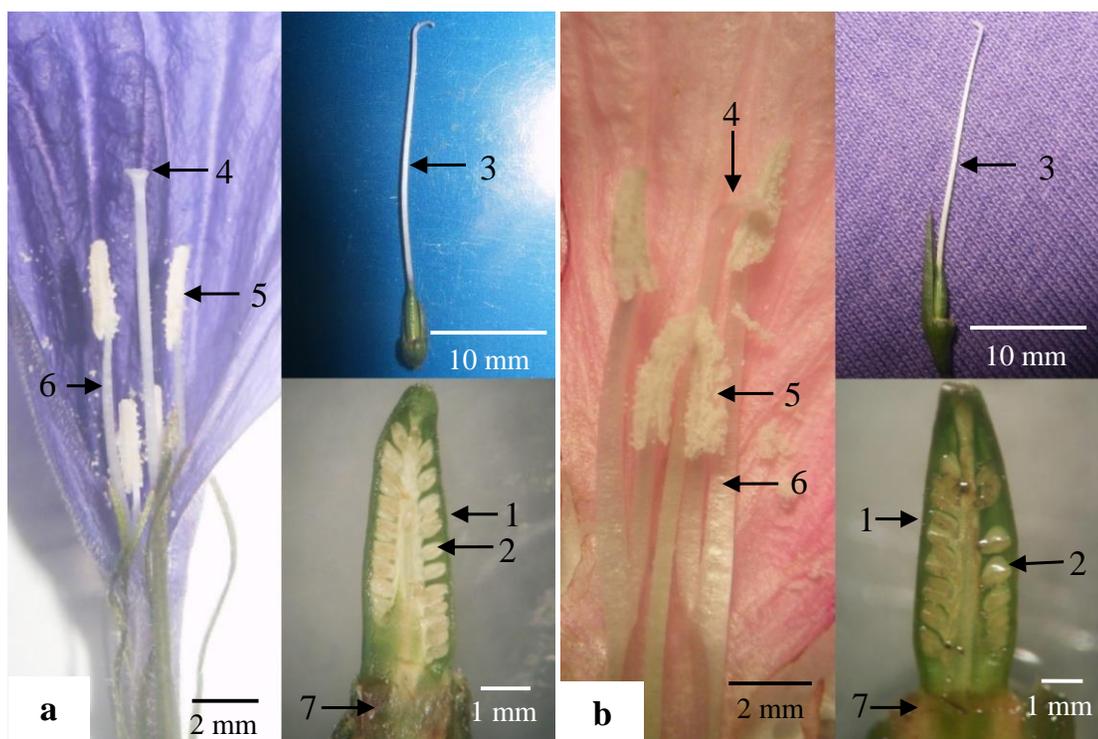


Figura 2. Morfología del gineceo y androceo de *Ruellia tuberosa* (a) y *Ruellia simplex* (b). 1 = ovario, 2 = óvulo, 3 = estilo, 4 = estigma, 5 = antera, 6 = filamento, 7 = disco nectarífero.

Algunas dimensiones florales difieren significativamente entre especies, con excepción del diámetro interno de la flor, longitud del estilo y longitud de los estambres largos, los cuales no presentaron diferencias (Tabla 2).

En *R. tuberosa* la apertura floral comienza a las 6:30 am y el cierre se produce a las 1:00 pm, para una longevidad floral total de 7-8 horas, mientras que en *R. simplex* la

antesis ocurre a las 3:15 am y el cierre de la flor se produce a las 10:45 am, para una longevidad de 8-9 horas. En las dos especies, la dehiscencia de las anteras ocurre después de la apertura de la flor, a las 8:30 am en *R. tuberosa* y 6:30 am en *R. simplex* (Tabla 3), mientras que la receptividad estigmática comienza poco antes de la apertura de la flor y se mantiene durante todo el transcurso de vida de la misma.

Tabla 2. Dimensiones florales (mm) de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Variables florales	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>	ts
Longitud de la flor	47,99 ± 4,82	41,79 ± 3,35	4,72***
Diámetro externo de la flor	37,74 ± 5,81	34,48 ± 3,90	2,08*
Diámetro interno de la flor	9,76 ± 1,69	9,50 ± 1,55	0,49ns
Longitud del estilo	21,59 ± 1,71	21,14 ± 1,62	0,85ns
Longitud de estambres largos	11,78 ± 0,78	11,57 ± 0,62	1,03ns
Longitud de estambres cortos	6,96 ± 0,47	7,50 ± 0,66	-2,95**
Longitud del ovario	5,11 ± 0,41	4,53 ± 0,32	4,00***

Promedio ± Desviación estándar, n = 20, *diferencias significativas.

Tabla 3. Variables relativas a la antesis y longevidad floral de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Componente floral	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Antesis	6:30 am	3:15 am
Cierre floral	1:00 pm	10:45am
Longevidad floral	7-8 horas	8-9 horas
Dehiscencia de las anteras	8:30 am	6:30 am

n =10 flores

La forma acampanada de las flores de las dos especies en estudio ha sido reportada para otras especies de *Ruellia* tales como *R. brevifolia* (Sigrist y Sazima, 2002), *R. salmeronensis* y *R. saeri* (Llamozas, 2001). Así mismo, el tipo de estigma,

color de los estambres y tipo de dehiscencia de las anteras de *R. tuberosa* y *R. simplex* coinciden con lo reportado por Sigrist y Sazima, (2002) para un morfotipo hercogámico de *R. brevifolia*. Por otra parte, el color azul violáceo de las flores de *R. tuberosa* y rosado de las flores de *R. simplex* coinciden con los señalados por Schnee (1984) y Elgindi *et al.* (2015) para las flores de estas dos especies.

Si se comparan las dimensiones florales (corola, estilo y ovario) y el color de la corola de las dos especies analizadas con los descritos por Llamozas (2001) para tres especies de *Ruellia* de Venezuela, se observa que la longitud de la corola es mayor en *R. salmeronensis* y en *R. saeri* que en las dos especies estudiadas; la longitud del estilo es mayor en *R. saeri* que en *R. tuberosa* y *R. simplex* y la longitud del ovario es similar en todas las especies. Por otro lado, el color de la corola de las especies en estudio difiere de los reportados por Llamozas (2001) para *R. salmeronensis*, *R. saeri* y *R. carmenaemiliae* (Tabla 4).

Tabla 4. Dimensiones (mm) de algunas estructuras florales (corola, estilo y ovario) y color de la corola de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex*, versus otras especies de *Ruellia* de Venezuela descritas por Llamozas (2001).

	<i>R. tuberosa</i>	<i>R. simplex</i>	<i>R. carmenaemiliae</i>	<i>R. salmeronensis</i>	<i>R. saeri</i>
Longitud corola	47,99	41,79	40-55	65-85	50-65
Longitud estilo	21,59	21,14	8,5	7-8	35-40
Longitud ovario	5,11	4,53	5	4	4
Color corola	Azul violáceo	Rosado	Amarilla	Rojo pálido	Verde amarillenta

En *R. tuberosa*, la altura del estigma sobrepasa la de los estambres altos, mientras que en *R. simplex*, el estigma se encuentra ligeramente por encima o un poco más bajo que los estambres altos. Estas diferencias de altura entre las anteras y el estigma, pudieron haber influido efectivamente en los modos de reproducción exhibidos por estas dos especies, de tal manera que en *R. simplex*, la corta distancia entre las anteras y el estigma pudo favorecer la ocurrencia de autopolinización, mientras que en *R. tuberosa* la relativa separación entre el estigma y las anteras (hercogamia) pudo favorecer, por el contrario, la polinización cruzada.

En *R. brevifolia*, la dehiscencia de las anteras ocurre poco tiempo después de la antesis y el estigma se encuentra receptivo antes, durante y después de la antesis floral Sigrist y Sazima (2002), condiciones que concuerdan plenamente con las obtenidas para las especies en estudio. Tal receptividad prematura del estigma antes de la antesis floral, no garantiza la ocurrencia de una autopolinización previa a la antesis, debido a que la dehiscencia de las anteras ocurre después de la misma.

Biología de la polinización

Las flores de *Ruellia tuberosa* y *R. simplex* fueron visitadas por abejas (Hymenoptera, Apidae y Halictidae), mariposas (Lepidoptera, Pieridae) y hormigas (Hymenoptera, Formicidae). Adicionalmente, *Ruellia simplex* fue visitada en algunas ocasiones por aves (colibríes) del orden Apodiforme, Trochilidae (Tabla 5, Figuras 3-4).

La mayoría de las abejas observadas pertenecen a la familia Apidae, tribu Meliponini, un grupo de abejas pequeñas, de aproximadamente 4-5 mm de largo, sin aguijón, entre las cuales destacaron los géneros *Plebeia*, *Nannotrigona* y *Trigona*. Las abejas sin aguijón son consideradas como polinizadores de gran importancia en los trópicos, ya que son las abejas nativas más comunes, presentando una cierta constancia de visita a las flores, lo que permite una polinización eficiente de plantas cuyo período de floración es breve (Kwapong *et al.*, 2010; Michener, 2013). Otro grupo de abejas observado correspondió a individuos del género *Augochlora* (Halictidae, Augochlorini), con representantes de 7,0-8,5 mm de largo, de color verde o negro metalizado (Tabla 5).

Específicamente, *Ruellia tuberosa* fue visitada con mayor frecuencia por abejas del género *Augochlora* (Halictidae, Augochlorini) y *Trigona* (Apidae, Meliponini) y algunas mariposas, mientras que *R. simplex* fue visitada por un mayor número de géneros de la tribu Meliponini (incluyendo *Trigona*), algunas abejas del género *Augochlora* (Halictidae, Augochlorini), mariposas y aves (Tabla 5).

En ambas especies, las abejas se consideraron como los principales polinizadores, debido a su elevada frecuencia de visitas y la cantidad considerable de polen transportado.

Tabla 5. Dimensiones del cuerpo, sitio de transporte, frecuencia de visitas y tipo de actividad de los polinizadores y visitantes de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Orden Familia Especie	Largo del cuerpo (mm)	Sitio de transporte y abundancia de polen	N° de visitas en 20 h Rt/Rs	Tipo de actividad	Especie vegetal
Apodiforme					
Trochilidae					
<i>Amazilia tobaci</i>	-	-	3	V	<i>Rs</i>
Lepidoptera	17,50	-	5/ 30	V	<i>Rt/ Rs</i>
Hymenoptera					
Apidae					
<i>Plebeia pulchra</i>	3,50	Pa ¹	56	P	<i>Rs</i>
<i>Plebeia</i> sp.	3,10	Pa ¹	35	P	<i>Rs</i>
<i>Nannotrigona</i> sp.	3,70	Pa ¹	20	P	<i>Rs</i>
<i>Trigona</i> sp1	4,10	Pa ¹ , To ¹ , Ab ²	9/ 240	P	<i>Rt/ Rs</i>
<i>Trigona</i> sp2	4,80	Pa1, To ² , Ab ²	5/ 30	P	<i>Rt/ Rs</i>
Halictidae					
<i>Augochlora</i> sp1	8,50	Pa ¹ , Ab ²	30/20	P	<i>Rt/ Rs</i>
<i>Augochlora</i> sp2	7,00		15	P	<i>Rs</i>
Formicidae	3,00	-	Constante	V	<i>Rt/ Rs</i>

Sitio de transporte: Ca = Cabeza, To = tórax, Ab = abdomen, Pa = patas, Al = Alas. Abundancia de polen: 1 = abundante, 2 = escaso. Tipo de actividad: V = Visitante, P: polinizador. Especie vegetal: *Rt* = *Ruellia tuberosa*, *Rs* = *Ruellia simplex*.

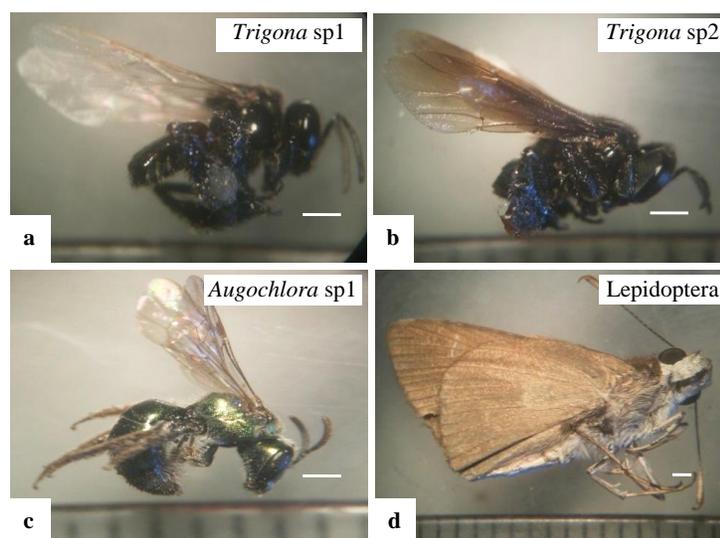


Figura 3. Abejas (Hymenoptera) polinizadoras (a-c) y mariposa (Lepidoptera) visitante (d) de las flores de *Ruellia tuberosa*. Barra = 1mm.

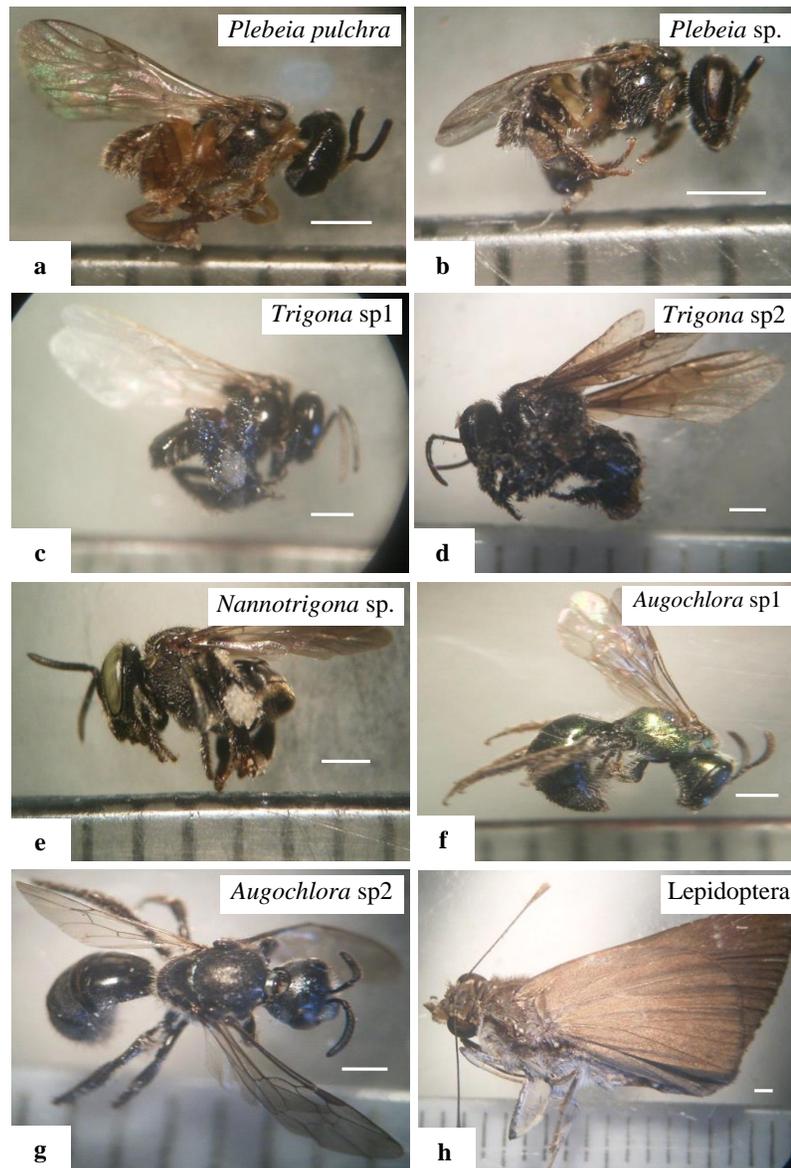


Figura 4. Abejas (Hymenoptera) polinizadoras (a-g) y mariposa (Lepidoptera) visitante (h) de las flores de *Ruellia simplex*. Barra = 1mm.

Las abejas del género *Augochlora* se caracterizan por el color verde metálico de su cuerpo, a veces con reflejos azules o cobrizos, aunque también existen especies castañas y sin brillo (Smith-Pardo y Vélez, 2008). El tamaño va desde pequeño a mediano (5 a 13 mm) (Dalmazzo, 2012). Según Zillikens *et al.* (2001), las abejas de este género visitan una gran diversidad de especies de plantas, sugiriendo que no existe un principio obvio que gobierne la selección de flores por parte de estas abejas. Este tipo de

comportamiento fue corroborado en esta investigación, en donde este género de abejas visitó con gran frecuencia, las flores de las dos especies en estudio, resultado que también concuerda con lo reportado para otras especies de *Ruellia* (Sigrist y Sazima, 2002) (Tabla 5, Figuras 3-4).

Las abejas del género *Trigona* (Apidae, Meliponini) son un grupo de insectos de pequeño tamaño (5 mm), sin aguijón, con cabeza y mesosoma (tórax) negros, escutelo bien proyectado cubriendo la porción media del metanoto y margen externo de la tibia posterior con una densa cantidad de pelos plumosos (Smith-Pardo y Vélez, 2008). Estas abejas, de acuerdo a Araujo (2017), son individuos sociales, formadores de nidos en árboles y paredes de zonas urbanas, colectores de polen y néctar. Tal comportamiento fue corroborado en esta investigación, en donde las abejas de este género fueron observadas construyendo sus nidos en algunos árboles y paredes de viviendas próximas al área de estudio. Estos insectos han sido reportados como asiduos visitantes de muchas familias de plantas (Aguilar y Smith, 2009), incluyendo Acanthaceae (Holmqvist *et al.*, 2005; Mohandass y Priya, 2014).

Otros géneros de abejas, observados sólo en las flores de *R. simplex*, fueron *Plebeia* y *Nannotrigona* (Apidae, Meliponini) (Tabla 5, Figura 4). El primero se caracteriza por individuos de pequeño tamaño (< 4 mm), con mesosoma (tórax) o metasoma (abdomen) y patas de color marrón claro amarillento u oscuro, con alas sobrepasando la parte apical del abdomen y de venación reducida, las tibias de las patas posteriores son pardas claras y con corbícula, el tegumento de la cabeza y abdomen son brillantes y el escutelo es paraboloides, completamente pardo amarillento o negro, con línea posterior parda amarillenta (Ayala-Barajas, 2016). Los individuos del género *Plebeia* han sido reportados como polinizadores de algunas especies tales como *Trigonidium obtusum* (Singer, 2002), *Bixa urucurana* (Núñez-Avellaneda y Carreño, 2010) y *Solanum lycopersicum* (Vinícius-Silva *et al.*, 2017).

El género *Nannotrigona* incluye abejas medianas a pequeñas (< 7 mm de largo), con alas generalmente sobrepasando el ápice del metasoma, tegumento de la cabeza y mesosoma dorsal punteado, muy grande y denso, escutelo proyectado con depresión media basal en forma de “V”, tergos basales del abdomen con tegumento liso y brillante,

mandíbula bidentada y corbículas en las patas (Smith-Pardo y Vélez, 2008). Las abejas de este género han sido reportadas como visitantes de *Mimosa pigra* L. (Aguilar y Smith, 2009) y polinizadores de *Bixa urucurana* (Núñez-Avellaneda y Carreño, 2010).

Las mariposas (Lepidoptera) observadas en las flores de ambas especies presentaron un cuerpo cubierto de pelos, de color beige, con un tamaño aproximado de 17 mm de largo y alas de color marrón claro (Figuras 3 y 4). Estos insectos visitaron con mayor frecuencia las flores de *R. simplex* y su permanencia de visita en ambas especies fue breve (algunos segundos).

La morfología floral es una característica relevante para las plantas que dependen de los animales para su polinización. Dado que la mayoría de las plantas polinizadas por agentes bióticos se enfrentan al comportamiento generalista de los polinizadores, las flores muestran señales que sirven de atractivos para gremios específicos de éstos, como el color de los pétalos, guías de néctar, fragancias y, por supuesto, la morfología floral en su conjunto (Olesen y Jordano, 2002). A pesar de que estas características representan un costo energético para las plantas, el beneficio que obtienen en términos del éxito reproductivo es mayor (Espino *et al.*, 2012). Así, existe una fuerte coevolución entre las características florales y la adaptabilidad de los polinizadores (Bustamante *et al.*, 2010).

Ruellia tuberosa y *R. simplex* presentan una serie de atributos florales que resultaron atractivos y permitieron el acceso de insectos, específicamente abejas y mariposas. Así, los colores morado y rosado de las flores, su agrupación, la presencia de néctar relativamente expuesto y la elevada cantidad de granos de polen por flor, resultaron llamativos para tales visitantes. De igual manera, la forma acampanada con bordes expandidos de las flores permitió el efectivo aterrizaje de estos animales. Según Leppik (1977), la forma de campana o embudo, la disposición de las anteras y estigma aproximadamente a la misma altura, así como la dehiscencia introrsa de las anteras, favorecen la acción de insectos cuyo comportamiento dependerá de si la flor presenta o no márgenes utilizables como plataforma para el aterrizaje, además de que éstos ofrecen relativamente abundantes cargas de polen como recompensa.

Las abejas constituyen un grupo de polinizadores que mantienen una dinámica en los ecosistemas, la cual gira en torno a la producción de frutos y semillas, que al proveer

de recursos alimenticios a otros animales, incluyendo al hombre, contribuyen a la perpetuidad de las especies. Esto forma parte de los servicios ambientales que las abejas aportan, polinización y preservación natural de los hábitats (Freitas *et al.*, 2009).

R. tuberosa y *R. simplex* son dos especies cuyos rasgos florales (anthesis diurna, color azul violáceo o rosado, néctar localizado en nectarios escondidos dentro de la flor, simetría floral zigomorfa y corola con área que funciona como plataforma de aterrizaje) se corresponden con el síndrome de polinización por abejas o melitofilia (Soares y Faria, 2016). Estos insectos tienen una visión que va del azul al espectro ultravioleta, siendo capaces de diferenciar tres colores complementarios entre varias intensidades de gris: amarillo, verde-azul y azul (Xena y Madriz, 1994).

De acuerdo a Faegri Van der Pijl (1979), las mariposas son insectos que comúnmente visitan flores de forma acampanada o tubular con abundante néctar alojado en la base de la corola, el cual pueden extraer gracias a su aparato bucal (probóscide) adaptado a este tipo de flor. Además, prefieren flores de color amarillo, azul, púrpura, rosado o escarlata (Weberling, 1989). Estas características florales concuerdan con las exhibidas por *R. tuberosa* y *R. simplex*; no obstante tales insectos, aunque visitaron las flores de *Ruellia tuberosa* y *R. simplex* con relativa frecuencia, no permanecieron mucho tiempo en éstas y no portaron polen sobre su cuerpo, por lo cual no se les consideró como polinizadores.

Las hormigas habitualmente visitan las flores atraídas por el néctar el cual utilizan como alimento. Debido a que son pequeños visitantes que pueden entrar y salir de las flores sin ni siquiera tocar anteras o estigmas y sus cuerpos no están adaptados para el transporte de polen, muchas veces no son consideradas como polinizadores eficientes (Faegri y Van der Pijl, 1979). Estos insectos, aunque fueron observados con gran frecuencia en los botones y receptáculos de las flores de ambas especies, no fueron considerados como posibles polinizadores, debido a que muchos aparentemente sólo visitaban la flor en busca del néctar localizado en la parte interior de la misma, logrando entrar en contacto con las anteras y granos de polen, más no con el estigma.

Las aves son un grupo de animales que prefieren flores tubulares de anthesis diurna, ausencia de olor y colores vivos, especialmente el rojo (Faegri y Van der Pijl,

1979), así como grandes agrupaciones de flores de abundante néctar (Grant y Grant, 1968). Es posible que la formaacampanada y el color rosado de las flores, así como el número de flores abiertas por días y el hábito arbustivo de *R. simplex*, hayan contribuido con la atracción y visita de los colibríes a las flores de esta especie. No obstante, la baja frecuencia de visitas y el tiempo reducido de permanencia de estos animales en las flores de *R. simplex*, sugiere considerarlos como visitantes en lugar de polinizadores, contrastando con lo ocurrido en otras especies de *Ruellia* tales como *R. brevifolia* y *R. subsessilis* (Sigrist y Sazima, 2002; Souza-Lima y Faria, 2006) en las cuales los colibríes constituyen los principales polinizadores.

En *Ruellia tuberosa*, la unidad de polinización (estructura que funciona como atrayente de los visitantes florales) es la flor individual, ya que solo un pequeño grupo de flores provenientes de una o varias inflorescencias abren por día, mientras que en *R. simplex* la unidad de polinización representa un grupo grande de flores abiertas provenientes de varias inflorescencias. Esta forma de presentación de las flores, en donde una o pocas unidades abren a la vez, disminuye la posibilidad de atracción de visitantes posibles polinizadores, mientras que en plantas en donde se presentan grandes agrupaciones de flores, aumenta la probabilidad de atracción de un mayor número de individuos (Faegri y Van der Pijl, 1979), datos que concuerdan con las especies en estudio, en donde una mayor diversidad y número de visitantes fueron observados en *R. simplex*, especie que presentó la mayor exposición de flores abiertas por día.

Presencia de nectarios

La presencia de discos nectaríferos ubicados a ambos lados del ovario, promovió la visita frecuente de mariposas, hormigas y abejas. Tales insectos, en especial los dos primeros, son consumidores de néctar por excelencia, mientras que las abejas visitan las flores en busca del néctar y el polen que éstas les brindan.

Producción, biomasa y aborto de estructuras reproductivas

La producción de frutos en *R. tuberosa* fue alta (Tabla 6), con valores reducidos

de biomasa de frutos y semillas (Tabla 7), verticilos florales (Tabla 8), así como de relación biomasa fruto/biomasa flor y relación pericarpo/semillas (Tabla 9). Además, no se produjo aborto de flores en esta especie (Tabla 10). Por el contrario, la producción de frutos en *R simplex* fue muy baja (Tabla 6), al igual que los valores de biomasa de frutos (Tabla 7) y de relación biomasa fruto/ biomasa flor (Tabla 9), con un alto porcentaje de flores abortadas.

Tabla 6. Producción (número) de estructuras reproductivas en *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

VARIABLES florales	n	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Flores/planta	10	70,40 ± 22,62	106,10 ± 31,37
Frutos/planta	10	70,40 ± 22,62	13,60 ± 3,13
Óvulos/flor	20	31,85 ± 7,20	23,60 ± 3,16
Semillas/fruto	20	19,75 ± 10,03	20,90 ± 3,30

Promedio ± Desviación estándar.

Tabla 7. Biomasa seca (mg) de frutos y semillas de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

VARIABLES	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>	ts
Biomasa seca del fruto	56,42 ± 10,04	46,28 ± 11,63	2,95**
Biomasa seca de las semillas	1,02 ± 0,37	1,74 ± 0,33	-6,40***

Promedio ± Desviación estándar, n = 20.

Tabla 8. Biomasa seca (mg) de los verticilos florales de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Estructura floral	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Pétalos	19,08 ± 1,72	14,30 ± 1,99
Sépalos	6,84 ± 1,21	5,03 ± 0,95
Androceo	1,10 ± 0,16	0,97 ± 0,20
Gineceo	1,88 ± 0,24	1,44 ± 0,22
Biomasa de la flor	28,89 ± 2,31	21,74 ± 2,88

Promedio ± Desviación estándar, n = 20.

El porcentaje de óvulos y semillas abortados (Tabla 10), así como las relaciones

biomasa reproductiva/biomasa vegetativa y androceo/gineceo (Tabla 9), también fueron bajos en ambas especies, indicando que estas plantas invierten más en estructuras de atracción que de reproducción, así como en la formación del gineceo en comparación con el androceo.

Tabla 9. Relaciones de biomasa seca de las estructuras reproductivas de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Estructuras reproductivas	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Pericarpo/semilla (mg)	2,75	1,22
Biomasa fruto/Biomasa flor (mg)	1,95	2,12
Biomasa androceo/Biomasa gineceo	0,58	0,67
Biomasa reproductiva/Biomasa vegetativa	0,11	0,12

Tabla 10. Porcentaje de flores, semillas y óvulos abortados y eficiencia reproductiva de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Variabes	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Porcentaje de semillas abortadas	2,02	3,34
Porcentaje de óvulos abortados	38,00	11,45
Porcentaje flores abortadas	0	87,19
Eficiencia reproductiva	60,75	10,97

La producción de frutos en *R. tuberosa* (100%) sobrepasó los valores obtenidos por Sutherland y Delph (1984), Guzmán (2010) y Coronado (2010) para plantas herbáceas perennes autocompatibles (72,5%, 88,61% y 97,40%, respectivamente), mientras que en *R. simplex*, la producción de frutos (12,81%) fue muy baja en comparación con lo reportado por los autores antes mencionados.

Es posible que la alta producción de frutos observada en *R. tuberosa* esté asociada con el hábito herbáceo de la misma, puesto que las hierbas comúnmente tienden a producir una gran cantidad de frutos en comparación con plantas de otras formas de vida (Ramírez, 1993). *R. tuberosa*, en efecto, invirtió gran parte de sus recursos en la producción de un alto número de frutos en comparación con *R. simplex*, planta de hábito arbustivo y cuya producción de frutos menor.

Por otra parte, es muy probable que la elevada producción de frutos observada en *R. tuberosa* se deba al bajo costo de producción de los mismos (baja relación biomasa fruto/biomasa flor) puesto que, según Ramírez (1992), a menor costo del fruto, mayor número y menores niveles de aborto de los mismos. En *R. simplex*, por el contrario, en donde, al igual que en *R. tuberosa*, producir un fruto a partir de una flor no implica una gran inversión de recursos, el número de frutos producidos fue muy bajo con relación al número de flores formadas, contrariando lo señalado anteriormente por Ramírez (1992). Esta especie mostró un elevado aborto de flores, el cual, de acuerdo a algunos autores, puede ser influenciado por algunas características intrínsecas de la planta (forma de vida, tipo morfológico de fruto, tipo de inflorescencia), o por factores externos (recursos disponibles y eventos ambientales impredecibles) los cuales pueden afectar negativamente la producción de frutos y semillas.

Así, el aborto de flores ha sido relacionado en algunas ocasiones con la forma de vida de la planta, el tipo morfológico de fruto y el tipo de inflorescencia, de tal manera que las hierbas perennes presentan un 51,53% de aborto de flores (Ramírez, 1993), las plantas con cápsulas como tipo morfológico de fruto presentan un porcentaje de flores abortadas de 59,67% (Ramírez y Berry, 1993) y las inflorescencias cimosas pediceladas muestran un aborto de flores de 72,34% (Ramírez y Berry, 1995). Asimismo, de acuerdo con Bawa y Webb (1984) y Bookman (1984), la mayoría de las plantas producen un gran número de flores en relación a los frutos que logran formarse, condición que en muchas ocasiones ha demostrado estar relacionada con la inversión en biomasa necesaria para producir un fruto a partir de una flor, la cual, si es muy elevada, conlleva a una disminución en el número de frutos producidos.

En base a lo anterior, el aborto de flores presentado por la especie *R. simplex* (87,19%) sobrepasó los señalados por Ramírez (1993) para arbustos (60,21%), Ramírez y Berry (1993) para plantas con frutos capsulares (59,67%) y Ramírez y Berry (1995) para especies con inflorescencias cimosas pediceladas (72,34%), mientras que *R. tuberosa* presentó una ausencia total de aborto de flores, lo cual constituye un evento sorprendente. Esta última especie mostró no solo una alta producción de frutos, sino de semillas, demostrando así su alta eficiencia reproductiva.

Es común que en la mayoría de las angiospermas únicamente algunas de las flores y óvulos formen frutos y semillas, mientras que las restantes sean abortadas o mueran (Burd, 1998). En este sentido, la ocurrencia de un relativo nivel de aborto de flores en *R. simplex* era de esperarse, pero no en la magnitud observada, la cual sobrepasó lo esperado, contraviniendo la condición atractiva de las flores de esta especie cuya abundancia de visitantes posibles polinizadores, debió haber favorecido mayores niveles de fecundación y producción de frutos.

Por otro lado, no se descarta la posibilidad de que la baja fertilidad, en términos de producción de frutos, mostrada por la especie *R. simplex* en estudio, sea producto de una condición de semi-esterilidad presente en la variedad evaluada. Esta idea se fundamenta en el hecho de que desde hace varios años, específicamente desde el 2007, el Instituto para la Alimentación y Ciencias Agrícolas (UF/IFAS) de la Universidad de Florida en Gainesville (U.S.A), inició un programa dirigido específicamente hacia la creación de cultivares estériles de *R. simplex* para su manejo industrial (Freyre *et al.*, 2016), estimulados por el hecho de que *Ruellia simplex*, debido a su alta proliferación y asentamiento en zonas de U.S.A. y países como Puerto Rico, Islas Vírgenes y Hawaii, se ha convertido en una especie catalogada como invasiva de Categoría 1 por el Consejo de Malezas Exóticas de Florida (FLEPPC, 2015). Este proceso de reducción de la fertilidad femenina y masculina de *R. simplex* promovido por el UF/IFAS, ha consistido en el empleo de sustancias (como la orizalina) capaces de inducir mutaciones cromosómicas cuando son aplicadas a los meristemas de plántulas, dando como resultado plantas modificadas genéticamente las cuales son transplantadas luego a campos de experimentación, junto con plantas fértiles para asegurar la disponibilidad de polen así como la posibilidad de cruces naturales y posteriormente seleccionar aquellas plantas en base a su valor ornamental y carencia o capacidad limitada para producir frutos (Freyre *et al.*, 2012).

En este contexto, el UF/IFAS ha venido manipulando cultivares de *R. simplex* de flores moradas (“Purple Showers”), rosadas (“Chi Chi”) o blancas (“Snow White”), muy apreciados ornamental y comercialmente en los Estados Unidos, de los cuales algunos como el “Purple Showers” de flores moradas, no producen frutos por polinización

abierta (Wilson y Mecca, 2003), siendo comúnmente propagado por reproducción asexual, mientras que los otros sí lo hacen, considerándoseles potencialmente invasivos (Freyre y Wilson, 2014). De tal manera que se han ido obteniendo cultivares parcial o totalmente estériles, con una variada y manipulada constitución genómica, como los cultivares “Mayan Purple”, “Mayan White” y “Mayan Pink”, todos incapaces de producir frutos, o el cultivar R10-105, un híbrido tetraploide de flores rosadas capaz de producir frutos y semillas pero en muy baja proporción (Freyre y Wilson, 2014).

En base a lo anterior, la posibilidad de que los individuos de *R. simplex* usados en esta investigación pudieran corresponder a un cultivar cuya reproducción por frutos y/o semillas haya sido modificada en algún momento por diversos métodos de transformación con fines comerciales, no puede ser descartada, puesto que se desconoce la procedencia exacta de tales individuos en esta zona del país, presumiéndose la condición introducida de los mismos por diversas vías, lo cual pudo ser causa de la baja formación de frutos observada en los individuos de *R. simplex* evaluados.

A este respecto es importante aclarar que la selección de las plantas de *R. simplex* utilizadas en esta investigación, se hizo en base a su capacidad manifiesta para producir frutos y semillas, condición que permitiría la realización de las actividades experimentales programadas y su comparación con la especie *R. tuberosa*; al contrario de lo observado en poblaciones de *R. simplex* de flores moradas, las cuales no producían frutos, o si lo hacían, sus semillas eran estériles, como pudo comprobarse al intentar obtener plantas mediante la siembra de éstas. En tal sentido, se optó por el uso de ejemplares de *R. simplex* de flores rosadas, los cuales sí producían frutos y semillas.

Con relación a los niveles obtenidos de relación biomasa reproductiva/biomasa vegetativa, se pudo observar que las dos especies invierten más en estructuras de atracción que de reproducción, exhibiendo corolas de un tamaño y color que resultaron atractivas para un gran número de visitantes, especialmente abejas, quienes aparentemente garantizaron la reproducción efectiva de estas plantas.

Eficiencia reproductiva (ER)

El porcentaje de semillas producidas fue alto en *R. tuberosa* (60,75%) y bajo en

R. simplex (10,97%) (Tabla 10). Esta variable, de acuerdo a Ramírez (1992) está determinada, en primer lugar, por la proporción de flores-frutos y óvulos abortados y en segundo lugar por el costo de las estructuras reproductivas, de tal manera que, a mayor costo, menor número y a menor costo, mayor producción. En ambas especies, el costo energético asociado a la producción de frutos y semillas fue bajo, al igual que el aborto de óvulos, por lo cual se esperaba una eficiencia reproductiva relativamente alta y similar en éstas. No obstante, *R. simplex* presentó un considerable nivel de aborto de flores, el cual pudo haber incidido negativamente en su eficiencia reproductiva, mientras que en *R. tuberosa*, por el contrario, no hubo aborto de flores, presentando una alta eficiencia reproductiva asociada a un bajo aborto de óvulos y semillas.

Según Ramírez (1993) la forma de vida de las plantas explica parte de la variación en la producción de semillas. Este autor sugiere que existe una correlación entre las formas de vida asociadas a los niveles de semillas producidas, de tal manera que la eficiencia reproductiva es mayor en hierbas anuales (50,5%), seguida de hierbas perennes (33,45%), arbustos (24,09%), trepadoras (16,65%) y árboles (7,91%). En hierbas, en donde por lo general existe una baja relación biomasa fruto/biomasa flor y una reducida biomasa de semillas, el costo para producir estas estructuras es bajo, sugiriendo un mayor balance energético que favorece la ocurrencia de una mayor eficiencia reproductiva. Este señalamiento se corresponde con lo observado en las dos especies de *Ruellia* estudiadas, en las cuales, el mayor valor de eficiencia lo mostró *R. tuberosa* (hierba perenne) en comparación con *R. simplex* (arbusto). Por otro lado, la eficiencia reproductiva de *R. tuberosa* fue mayor a la reportada por Ramírez (1993) para hierbas perennes, mientras que en *R. simplex*, el porcentaje de semillas producidas fue menor al reportado por este autor para arbustos.

El tipo morfológico de fruto es otra característica que ha sido asociada con la eficiencia reproductiva. Ramírez y Berry (1993) observaron que las especies con frutos secos monospermos, esquizocarpos y cápsulas, tienen mayores valores de semillas producidas que las legumbres, sugiriendo que especies con frutos polispermos usan más económicamente los recursos maternos que las especies con pocas semillas. Así, las plantas con frutos tipo cápsula presentan una eficiencia reproductiva de 23,87%, menor

a la mostrada por plantas con frutos secos monospermos (53,61%) y mayor a las legumbres (10,86%). Dicho valor de eficiencia reportado por Ramírez y Berry (1993) para plantas con frutos capsulares es mayor al presentado por *R. simplex* y menor al de *R. tuberosa* en estudio.

Carga de polen y germinación

La carga de polen sobre los estigmas de las flores estudiadas fue de 74,9 en *R. tuberosa* y 87,7 en *R. simplex*, con una cantidad promedio de granos de polen germinados (Figura 5) de 8,7 para *R. tuberosa* y 19,6 para *R. simplex*, correspondientes al 11,61% y 22,34% de germinación, respectivamente (Tabla 11).

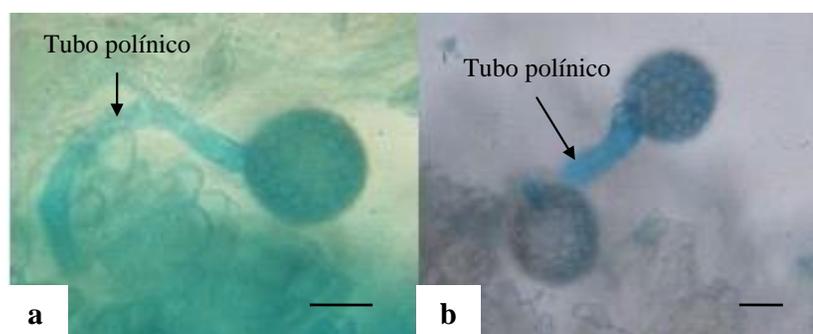


Figura 5. Granos de polen germinados sobre los estigmas de *Ruellia tuberosa* (a) y *Ruellia simplex* (b). Barra = 25 μ m.

Tabla 11. Carga de polen sobre los estigmas de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Variabes	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
N° de granos de polen sobre el estigma	74,9 \pm 53,45	87,7 \pm 64,81
N° de granos de polen germinados	8,7 \pm 5,46	19,6 \pm 14,49
% de germinación del grano de polen	11,61	22,34

Promedio \pm Desviación estándar, n = 10.

El número de granos de polen que alcanza el estigma de una flor influencia la producción de semillas de varias maneras. Los tubos polínicos pueden actuar cooperativamente durante su crecimiento en el estilo para incrementar los sucesos de

fertilización o pueden competir entre ellos para fertilizar las células huevos disponibles (Mulcahy y Mulcahy, 1975), de tal manera que tal competencia determina la paternidad de la progenie y puede afectar la calidad de la misma.

Una baja producción de semillas puede deberse a una insuficiencia en la cantidad de polen disponible para fertilizar cada óvulo o puede ser causada por el aborto de embriones débiles resultantes de una baja presión de selección precigótica cuando no hay suficientes recursos maternos para madurar todos los cigotos. De allí la importancia de contar con una carga de polen suficiente, ya que es más probable que un tubo polínico penetre el micrópilo de un óvulo si cae más polen sobre el estigma y se cuenta con una cantidad mayor de tubos polínicos disponibles para este proceso (Cruzan, 1986).

La carga de polen puede provenir de anteras de la misma flor o de anteras de flores de individuos diferentes para lo cual se requiere de un agente polinizador responsable de esta transferencia. Independientemente del origen que tenga el polen depositado sobre un estigma, según Cruden (1977) dos a siete granos de polen por óvulo son suficientes para maximizar la producción de semillas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, *R. tuberosa* y *R. simplex* mostraron un número de granos de polen sobre los estigmas, superior al número de óvulos en el ovario (31,85 óvulos/flor en *R. tuberosa* y 23,60 en *R. simplex*), cantidad presumiblemente suficiente para la fecundación de la mayoría de los óvulos y para la ocurrencia de una aceptable producción de semillas.

A este respecto es importante aclarar que, los bajos porcentajes de germinación de los granos de polen observados en las dos especies evaluadas, pudieron deberse a la colección prematura de los estigmas (8:00 am) con respecto al tiempo total de vida de la flor (7-9 horas), condición que tal vez influyó en un menor número de granos de polen germinados para el momento de la realización de las pruebas de germinación, puesto que sólo habían transcurrido 2 horas luego de la antesis floral.

Relación polen-óvulo (P/O)

La relación polen-óvulo, variable asociada al tipo de reproducción presentado por las plantas, fue de 291,36 en *Ruellia tuberosa* y 420,73 en *R. simplex* (Tabla 12).

Tabla 12. Número de estambres/flor, número de granos de polen/antera y por flor, número de óvulos/flor y relación polen/óvulo de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Variabes	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Nº Estambres/flor	4	4
Nº Granos de polen/antera	2320	2480
Nº Granos de polen/flor	9.280	9.920
Nº Óvulos/flor	31,85 ± 7,24	23,60 ± 3,16
Relación polen/óvulo	291,36	420,73

Promedio ± Desviación estándar, n = 10.

Estos valores de relación P/O se encuentran dentro del rango descrito por Cruden (1977) para especies autógamas facultativas. Así, dicho autor señaló que la relación polen-óvulo está asociada con el sistema de apareamiento de la planta de tal forma que las proporciones de relación P/O oscilan entre 4,7 a 27,6 en especies cleistógamas, 27,7 a 165,4 en autógamas obligadas, 165,5 a 796,5 en plantas autógamas facultativas, 796,6 a 5.858,1 en plantas xenógamas facultativas y 5.858,2 a 19.523 en xenógamas obligadas.

Estrategias reproductivas

De acuerdo a las pruebas reproductivas realizadas, *Ruellia tuberosa* es una especie capaz de reproducirse equilibradamente tanto por autopolinización espontánea (AP) como por polinización cruzada (PC) y geitonogamia (GE), con porcentajes de producción de frutos considerablemente altos e idénticos en estos tres tipos de modos de reproducción (Tabla 13) aunado a una producción de semillas más alta por autofertilización (AP y GE) que por fertilización cruzada (Tabla 14). Por su parte, los resultados positivos de las pruebas de AP, GE y PC en *R. simplex*, indican que esta especie es capaz de producir frutos por autofertilización y polinización cruzada, con una predominancia de la autogamia como modo de reproducción (Tabla 13). La mayor producción de semillas en esta especie se produjo por AP, seguida de PC y GE (Tabla 14). Todas las pruebas de apomixis (APO) aplicadas dieron resultados negativos,

indicando que ninguna de las especies evaluadas se reproduce por esta forma de reproducción asexual.

Tabla 13. Producción de frutos (número y porcentaje) de acuerdo a las estrategias reproductivas de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Tipo de prueba	Frutos producidos	
	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
	N° (%)	N° (%)
Polinización natural (PN)	10 (100) a	10 (100) a
Autopolinización (AP)	10 (100) a	10 (100) a
Geitonogamia (GE)	10 (100) a	5 (50) b
Polinización cruzada (PC)	10 (100) a	6 (60) b
Apomixis (APO)	0 (0) b	0 (0) c

Las letras indican el resultado de la comparación entre estrategias reproductivas por especie luego de la aplicación de la prueba G. Letras iguales indican similitud estadística entre pruebas. Los valores porcentuales de los frutos formados se obtuvieron a partir de un n = 10 equivalente al número de flores manipuladas por prueba.

Tabla 14. Producción de semillas (número y porcentaje) de acuerdo a las estrategias reproductivas de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

Tipo de prueba	Semillas producidas	
	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
	N° (%)	N° (%)
Polinización natural (PN)	271(85,08) a	216 (91,52) b
Autopolinización (AP)	255 (80,06) a	230 (97,45) a
Geitonogamia (GE)	255 (80,06) a	89 (37,71) d
Polinización cruzada (PC)	232 (72,84) b	132 (55,93) c
Apomixis (APO)	0 (0,00) c	0 (0,00) e

Las letras indican el resultado de la comparación entre estrategias reproductivas por especie luego de la aplicación de la prueba G. Letras iguales indican similitud estadística entre pruebas. El porcentaje de semillas formadas se calculó a partir de un número de óvulos por especie (*R. tuberosa* = 318,5 y *R. simplex* = 236,0) producto de la multiplicación del promedio de óvulos/flor por el número de flores manipuladas por estrategia.

Cada estrategia reproductiva tiene sus beneficios y desventajas (Wright *et al.*, 2013). La reproducción asexual por ejemplo, asegura la reproducción sin necesidad de búsqueda de pareja, así como la producción rápida de descendientes sin pérdida de

tiempo y recursos empleados en la producción de estructuras y sustancias de atracción, presentando el inconveniente, sin embargo, de que origina organismos genéticamente idénticos a la planta madre, con menores oportunidades para la dispersión a largo alcance, de una alta densidad y poca distribución (Bobich y Nobel, 2001).

La reproducción sexual, por su parte, y en particular la autogamia, es un mecanismo reproductivo que ofrece ventajas desde el punto de vista de la eficiencia reproductiva, puesto que asegura una producción de semillas generalmente alta (Proctor y Yeo, 1979) asociada a la producción de estructuras reproductivas poco costosas. La capacidad de producir frutos por autogamia pudo haber evolucionado como una manera de mantener un genotipo altamente adaptado a su ambiente (Vogel, 1990; Charlesworth, 2006), pero presenta el inconveniente de que reduce la diversidad genética de las poblaciones, favoreciendo potencialmente la depresión de la progenie autógena (inbreeding depression) (Charlesworth, 2006).

A su vez, la polinización cruzada juega un papel muy importante en la reproducción de las especies, debido a que promueve el flujo génico dentro y entre poblaciones, incrementando así la diversidad genética y favoreciendo la calidad de una progenie con potencial para la adaptación ante eventuales cambios ambientales (Richards, 1986; Schoen y Brown, 1991; Morran *et al.*, 2009). Sin embargo, el entrecruzamiento implica también un costo, ya sea directamente a través del requerimiento de estructuras de atracción y recompensa, o indirectamente, a través de la intervención de polinizadores cuya fluctuaciones ambientales pudieran poner en riesgo el proceso de reproducción (Mccall e Irwin, 2006).

Ruellia tuberosa y *R. simplex* en estudio mostraron un sistema reproductivo mixto que combinó la polinización intraflor (autogamia) con un flujo de polen entre flores de la misma planta (GE) y entre plantas diferentes (PC). Este tipo de sistema reproductivo mixto ocurre en muchas especies de plantas (Stewart *et al.*, 1996; Coronado, 2010; Guzmán, 2010; Velásquez, 2017) y representa una forma de reproducción que asegura la supervivencia ante condiciones adversas tales, como, escasez de polinizadores, además de que promueve el mantenimiento de la diversidad.

De acuerdo con Reaño (2017), la autocompatibilidad es común en la familia

Acanthaceae. Fue reportada por Souza-Lima y Faria (2006) para tres especies de *Ruellia* y por Machado y Sazima (1995) y Piovano *et al.*, (1995) para el género *Ruellia*.

Aunado a los modos de reproducción antes mencionados, *R. simplex* cuenta con un cierto grado de reproducción asexual de tipo vegetativo a través de rizomas, el cual fue observado en algunos ejemplares durante el tiempo de experimentación. Tal mecanismo reproductivo, junto con los antes mencionados, podría garantizar la sobrevivencia efectiva de esta especie.

Biología de la diseminación

Los frutos de *Ruellia tuberosa* y *R. simplex* son cápsulas biloculares, de color marrón (Figura 6), pequeñas (Tabla 15), biomasa seca reducida (Tabla 7) y semillas marrones (Figura 7), pequeñas (Tabla 15) y livianas (Tabla 7).

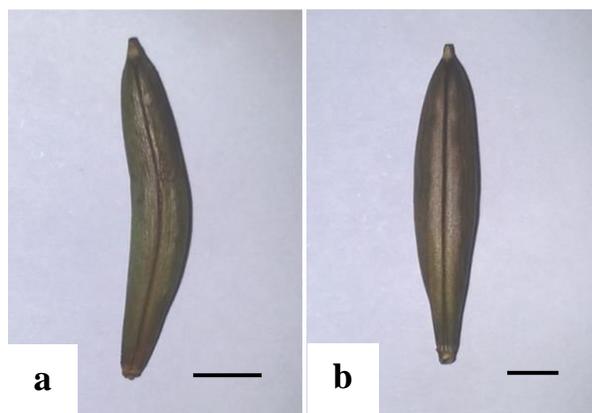


Figura 6. Frutos de *Ruellia tuberosa* (a) y *Ruellia simplex* (b). Barra = 5 mm.

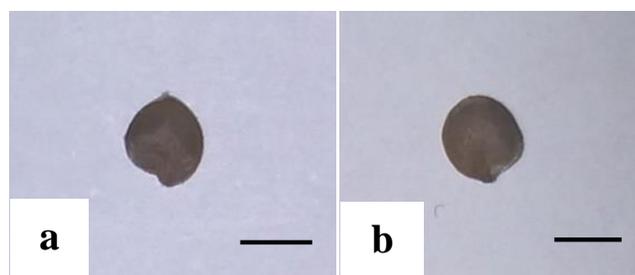


Figura 7. Semillas de *Ruellia tuberosa* (a) y *Ruellia simplex* (b). Barra = 2 mm.

Tabla 15. Dimensiones (mm) de los frutos y semillas de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* (Acanthaceae).

VARIABLES	<i>Ruellia tuberosa</i>	<i>Ruellia simplex</i>
Longitud del fruto	23,48 ± 1,78	22,59 ± 2,67
Longitud de la semilla	2,45 ± 0,27	2,17 ± 0,17

Promedio ± Desviación estándar, n = 10.

Si se comparan las dimensiones de los frutos y semillas de las especies en estudio con los valores referidos por Llamozas (2001), se puede observar que los frutos de éstas son más pequeños que los de *R. carmenaemiliae* y más grandes que los de *R. salmeronensis* y *R. saeri*, mientras que las semillas de *R. tuberosa* y *R. simplex* son más pequeñas que las reportadas (Tabla 16).

Tabla 16. Dimensiones (mm) de los frutos y semillas de *Ruellia tuberosa* y *Ruellia simplex* versus otras especies de *Ruellia* de Venezuela descritas por Llamozas (2001).

	<i>R. tuberosa</i>	<i>R. simplex</i>	<i>R. carmenaemiliae</i>	<i>R. salmeronensis</i>	<i>R. saeri</i>
Long. Fruto	23,48	22,59	25,28	15-18	18-22
Long. semilla	2,45	2,17	4-5	5-5,5	4

La caracterización morfológica de las diásporas (frutos y/o semillas) es muy importante ya que hace posible relacionarlas con los posibles agentes dispersores, definiéndose de este modo, el mecanismo de dispersión. La condición liviana de los frutos de *R. tuberosa* y *R. simplex* permite relacionarlos con su posible dispersión por el agua o animales; no obstante, el mecanismo de dispersión observado y reportado para estas plantas es el de autocoria (Chothani *et al.*, 2010), un tipo de dispersión consistente en la liberación brusca de las semillas por sus propios medios, de manera espontánea (en el caso de ambas especies) o inducida por la humedad (*R. tuberosa*). Este mecanismo de dehiscencia explosiva del fruto, permite la dispersión de las semillas a una distancia de la planta madre que varía según la especie, pudiendo alcanzar los 2,5 a 3 m (Witzum y Schulgasser, 1995).

De acuerdo a Houle (1992), el estudio de la biología de la dispersión de diásporas es clave para el entendimiento del éxito reproductivo de las plantas, y sus posibles

consecuencias en la adaptación al medio ambiente. La dispersión es un proceso activo y dinámico, que determina los lugares en los cuales las unidades se van a establecer y por ende su probabilidad de supervivencia.

CONCLUSIONES

Las especies *Ruellia tuberosa* y *R. simplex* presentaron rasgos morfológicos florales (forma, color y tamaño) que favorecieron la visita de distintos animales (abejas, mariposas, hormigas y aves), entre los cuales destacaron las abejas como polinizadores.

R. tuberosa presentó valores elevados de producción de frutos (100%) y de eficiencia reproductiva (60,75%), mientras que en *R. simplex* la producción de frutos y la eficiencia reproductiva fueron bajos (12,81% y 10,97%, respectivamente).

La biomasa de flores, frutos y semillas fue baja en las dos especies en estudio.

R. tuberosa mostró valores idénticos de producción de frutos entre estrategias reproductivas y una producción de semillas más alta por autofertilización (autopolinización y geitonogamia), mientras que en *R. simplex* la mayor producción de frutos y semillas se produjo por autopolinización.

R. tuberosa y *R. simplex* mostraron un sistema reproductivo mixto que combinó la polinización intraflor (autogamia) con un flujo de polen entre flores de la misma planta (geitonogamia) y flores de plantas diferentes (polinización cruzada).

La dispersión de las semillas en ambas especies se produjo a través de autocoria, con liberación de las semillas de manera espontánea o inducida por la humedad.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios de viabilidad de semillas producidas por las dos especies de *Ruellia* involucradas en este estudio.

Corroborar la calidad de las semillas producidas mediante las distintas estrategias reproductivas a través de determinaciones de la biomasa seca de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C. y Smith, A. 2009. Abejas visitantes de *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae): comportamiento de pecoreo y cargas polínicas. *Acta biológica Colombiana*, 14(1): 109-120.
- Aguilar, P. 2013. Biología floral y reproductiva de *Tillandsia heterophylla* y *Tillandsia macropetala* (Bromeliaceae), en el municipio de San Andrés Tlalnelhuayocan, en la región central de Veracruz, México. Trabajo para obtener el grado de maestro. Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad de Veracruzana, México DF, México.
- Afzal, K.; Uzair, M.; Chaudhary, B.; Ahmad, A.; Afzal, S. y Saadullah, M. 2015. Genus *Ruellia*: pharmacological and phytochemical importance in ethnopharmacology. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 72(5): 821-827.
- Araujo, C. 2017. Especies de abejas sin aguijón en áreas urbanas de Yucatán. Parte I: nidos con entradas visibles. *Conacyt*, 9:164-169.
- Ayala-Barajas, R. 2016. Las abejas del género *Plebeia* Schwarz (Apidae: Meliponini) de México. *Entomología mexicana*, 3: 937- 942.
- Bawa, K. y Webb, C. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. *American Journal of Botany*, 71: 736-751.
- Bobich, E. y Nobel, P. 2001. Biomechanic and anatomy of cladode junctions for two *Opuntia* (Cactaceae) species and their hybrid. *American Journal of Botany*, 88: 391-400.
- Bookman, S. 1984. Evidence for selective fruit production in *Asclepias*. *Evolution*, 38: 72-86.
- Burd, M. 1994. Bateman's principle and plant reproduction: the role of pollen limitation in fruit and seed set. *Botanical Review*, 60: 83-111.
- Burd, M. 1998. "Excess" flower production and selective fruit abortion: a model of potential benefits. *Ecology*, 79: 2123-2132.
- Bustamante, E.; Casas, A. y Búrquez, A. 2010. Geographic variation in reproductive success of *Stenocereus thurberi* (Cactaceae): effects of pollination timing and pollinator guild. *American Journal of Botany*, 97(12): 2020-2030.
- Charlesworth, D. y Charlesworth, B. 1987. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 237-268.
- Charlesworth, D. y Charlesworth, B. 1995. Quantitative genetics in plants: the effect of the breeding system on genetic variability. *Evolution*, 49: 911-920.
- Charlesworth, D. 2006. Evolution of plant breeding systems. *Current Biology*, 16: 726-735.
- Chothani, D.; Patel, M.; Mishra, S. y Vaghasiya, H. 2010. Review en *Ruellia tuberosa*

- (Cracker plant). *Pharmacognosy Journal*, 2(12): 506-512.
- Ciangherotti, C. 2012. Efecto del extracto acuoso de la raíz de *Ruellia tuberosa* L. sobre el daño renal en la diabetes. Papel del estrés oxidativo. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Coronado, R. 2010. Biología reproductiva de *Herissantia crispa* (L.) Briz y *Bastardia viscosa* (L.) H.B.K. (Malvaceae). Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Cuevas, E.; Alcalá, A.; Baños, F. y Flores, A. 2013. Biología reproductiva y robo de néctar en *Salvia gesneriflora* (Lamiaceae) y sus consecuencias en el éxito reproductivo. *Botanical Sciences*, 91(3): 357-362.
- Cruden, R. 1977. Polen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 31: 32-46.
- Cruzan, M. 1986. Pollen tube distributions in *Nicotiana glauca*: evidence for density-dependent growth. *American Journal of Botany*, 73: 902-907.
- Dalmazzo, M. 2012. “Biología de abejas silvestres potencialmente utilizables como polinizadores de cultivos”. Tesis para la obtención del Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”, División Entomología. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas.
- Devall, M. y Thien, L. 1992. Self-incompatibility in *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae). *American Midland Naturalist*, 128: 22-29.
- Durán, M. y García, R. 2012. Presencia de *Ruellia jaliscana* Standl. (Acanthaceae. sect. *Chiropterophila*) en la flora del estado de Guerrero, México. *Botanical Sciences*, 90(3): 353-356.
- Elgindi, M.; Hagag, E. y Mohamed, S. 2015. Phytochemical and biological studies of *Ruellia brittoniana*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Science*, 6(2): 926-933.
- Espino, E.; Bravo, Y. y García, E. 2012. Biología reproductiva y visitantes florales de dos especies de *Salvia* con síndrome de polinización por aves y abejas. *Ciencia Nicolaita*, 55: 52-60.
- Ezcurra, C. 1999. Acanthaceae Juss. *Flora del Valle de Lerma*, 6(4): 1-45.
- Ezcurra, C. y Daniel, T. 2007. *Ruellia simplex*, an older and overlooked name for *Ruellia tweediana* and *Ruellia coerulea* (Acanthaceae). *Darwiniana*, 45: 201-203.
- Faegri, K. y Van der Pijl, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. Third Revised Edition. Pergamon Press, London, Inglaterra.
- Florida Exotic Pest Plant Council (FLEPPC). 2011. “List of invasive species. Florida Exotic Pest Plant Council”. <<http://www.fleppc.org/list/11list.html>> (8/12/2017).

- Florida Exotic Pest Plant Council (FLEPPC). 2015. "Florida Exotic Pest Plant Council's list of invasive plant species". <<http://www.fleppc.org/list/list.pdf>> (9/12/2015).
- Furnes, C. y Grant, M. 1996. Pollen morphology of some *Ruellia* species (Acanthaceae) from Africa and Madagascar. *Grana*, 35: 231-239.
- Freitas, B.; Imperatriz-Fonseca, V.; Medina, M.; Kleinert, A.; Galetto, L.; Nates-Parra, G. y Quezada-Euán, J. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40: 332-346.
- Freyre, R.; Moseley, A.; Wilson, S. y Knox, G. 2012. Breeding and evaluating for fruitless Mexican petunia (*Ruellia*, Acanthaceae). *HortScience*, 47: 1245–1251.
- Freyre, R. y Wilson, S. 2014. *Ruellia simplex* R10-105-Q54 ('Mayan Pink'). *HortScience*, 49(4): 499–502.
- Freyre, R.; Deng, Z.; Knox, G.; Montalvo, S. y Zayas, V. 2016. Fruitless *Ruellia simplex* R12-2-1 (Mayan Compact Purple). *Hortscience*, 51(8): 1057–1061.
- Gil, R. y Carmona, J. 2001. 23 Especies Botánicas con Potencialidad Terapéutica. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 42: 37-39.
- Gilman, E. 1999. "*Ruellia brittoniana*, Fact Sheet FPS-513". Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. <<http://www.edis.ifas.ufl.edu/fp513>> (8/12/ 2017).
- Grant, K. y Grant, V. 1968. *Hummingbirds and their flowers*. Columbia University Press, New York.
- Guzmán, N. 2010. Biología reproductiva de *Sida abutifolia* Mill y *Sida salviifolia* Presl. (Malvaceae). Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Holmqvist, J.; Manteklow, M. y Daniel, T. 2005. Wing pollination by bees in *Mexacanthus* (Acanthaceae)? *Acta Botanica Mexicana*, 71: 11-17.
- Houle, G. 1992. Spatial relationship between seed and seeding abundance and mortality in a deciduous forest of North-Eastern North America. *Journal of Ecology*, 80: 99-108.
- Hupp, K.; Fox, A.; Wilson, S.; Barnett, E. y Stocker, R. 2009. Natural area weeds: Mexican Petunia (*Ruellia tweediana*). ENH1155, Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2011. "Informe Geoambiental Estado Sucre". <http://www.academia.edu/9041667/Informe_Geoambiental_Sucre.pdf> (11/07/2019).
- Kwapong, P.; Aidoo, K.; Combey, R. y Karikari, A. 2010. *Stingless bees: importance, management and utilization: a training manual for stingless beekeeping*. Unimax

MacMillan Ltd. Accra, Ghana.

- Kearns, C. e Inouye, D. 1993. *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado. Colorado, Estados Unidos.
- Lastres, M.; Ruiz-Zapata, T.; Castro, M.; Torrecilla, P.; Lapp, M.; Hernández-Chong, L. y Muños, D. 2015. Conocimiento y uso de las plantas medicinales de la comunidad Valle de la Cruz, estado Aragua. *Pittieria*, 39: 59-89.
- Leppik, E. 1977. *Floral evolution in relation to pollination ecology*. Today y Tomorrows Printer y Publishers, New Delhi, India.
- Llamoza, S. 2001. Tres nuevas especies de *Ruellia* L. (Acanthaceae) de Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 24(2): 1-11.
- Lloyd, D. 1965. Evolution of self-compatibility and racial differentiation in *Leavenworthia* (Cruciferae). *Contribution from the Gray Herbarium*, 195: 3-134.
- Lloyd, D. y Barret, S. 1996. *Floral biology: studies on floral evolution in animal-pollinated plants*. Chapman y Hall. Nueva York, Estados Unidos.
- Machado, I. y Sazima, M. 1995. Biología da polinização e pilhagem por beija-flores em *Ruellia asperula* Lindau (Acanthaceae) na caatinga, nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica*, 18: 27-33.
- Mccall, A. e Irwin, R. 2006. Florivory the intersection of pollination and herbivory. *Ecology Letters*, 9:1351–1365.
- Michener, C. 2013. The Meliponini. En: *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. Vit, P.; Pedro, S. y Roubik, D. (eds).Springer, New York. Págs. 3-17.
- Mohandass, D. y Priya, D. 2014. Pollination biology of *Nilgirianthus wightianus* (Nees) Bremek. (Acanthaceae) in upper Bhavani, Nilgiri Mountains, Southern India. *International Journal of Advanced Biological Research*, 4(1): 48-51.
- Morran, L.; Parmenter, M. y Phillips, P.2009. Mutation load and rapid adaptation favor outcrossing over self-fertilization. *Nature*, 462: 350–352.
- Mulcahy, D. y Mulcahy, G. 1975. The influence of gameto-phytic competition on sporophyte quality in *Dianthus chinensis*. *Theoretical and Applied Genetics*, 46: 277-280.
- Musicante, M. y Galetto, L. 2008. Biología reproductiva de *Cologania broussonetii* (Fabaceae, Faboideae). *Darwiniana*, 46(1): 7-16.
- Nora, S.; Albaladejo, R.; González, S.; Robledo, J. y Aparicio, A. 2011. Movimiento de genes (polen y semillas) en poblaciones fragmentadas de plantas. *Ecosistemas*, 20(2): 35-45.
- Núñez, L. y Rojas, R. 2008. Biología reproductiva y ecología de la polinización de la palma milpesos *Oenocarpus bataua* en los andes colombianos. *Caldasia*, 30(1): 101-125.
- Núñez-Avellaneda, L. y Carreño, J. 2010. *Abejas nativas polinizan por vibración el*

- achiote de monte Bixa urucurana* Wild (Magnoliopsida: Bixaceae) en la orinoquía de Colombia. In: Resúmenes, V Encuentro colombiano sobre abejas silvestres y III Congreso colombiano de zoología. Medellín, Colombia.
- Olesen, J. y Jordano, P. 2002. Geographic patterns in plant–pollinator mutualistic networks. *Ecology*, 83: 2416–2424.
- Osborn, M.; Kevan, P. y Meredith, A. 1998. Pollination biology of *Opuntia polyacantha* and *Opuntia phaeacantha* (Cataceae) in souther Colorado. *Plant system an evolution*, 159: 139-144.
- Piovano, M.; Galeto, L. y Bernardello, L. 1995. Floral morphology, nectar features and breeding system in *Ruellia brevifolia* (Acanthaceae). *Revista Brasileira de Biologia*, 55: 409-418.
- Proctor, M. y Yeo, P. 1979. *The pollination of flowers*. W. Collins Sons & Co. London, Inglaterra.
- Radford, A., Dickinson, W., Massey, J. y Bell, C. 1974. *Vascular plant systematics*. Harper and Son, Publishers. New York, Estados Unidos.
- Raimúndez, E. y Ramírez, N. 1998. Estrategia reproductiva de una hierba perenne: *Hypoxis descumbens* (Hypoxidaceae). *Revista Biología Tropical*, 46(3): 555-565.
- Ramírez, N. 1992. Las características de las estructuras reproductivas, niveles de aborto y semillas producidas. *Acta Científica Venezolana*, 43: 167- 177.
- Ramírez, N. 1993. Producción y costo de frutos y semillas entre formas de vida. *Biotropica*, 25: 151-159.
- Ramírez, N. y Berry, P. 1993. Producción y costo de frutos y semillas relacionados a los tipos morfológicos de frutos, unidad de dispersión y síndromes de dispersión. *Ecotropicos*, 6: 43-60.
- Ramírez, N. y Berry, P. 1995. Producción y costo de frutos y semillas relacionados a las características de las inflorescencias. *Biotropica*, 27(2): 190-205.
- Ramírez, N. 2007. Biología reproductiva de *Amasonia campestris* (AUBL) Moldenke (Verbenaceae) en los Llanos Centrales de Venezuela. *Acta Botánica Venezolana*, 30(1): 385-414.
- Reaño, C. 2017. Biología de la polinización de *Oplonia nannophylla* (Urban) Stearn (Acanthaceae). Tesis de Diploma. Departamento de Biología, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Richards, A. 1986. *Plant breeding systems*. George Allen y Unwin (Publishers) Ltd. London, Inglaterra.
- Riera, J.; Sanabria, M.; Rodríguez, D.; Esclante, H. y Valera, R. 2014. Extracto etanólico de raíces de yuquilla (*Ruellia tuberosa* L.) para el control de *Sclerotium rolfsii* en pimentón (*Capsicum annuum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 1: 435-444.

- Romero, R.; Morales, P.; Pinol, O.; Cermeli, M. y González, E. 2015. Actividad insecticida de seis extractos etanólicos de plantas sobre mosca blanca. *Revista de Protección Vegetal*, 30: 11-16.
- Ruiz-Zapata, T. y Arroyo, M. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica*, 10: 221-230.
- Salete, M.; Schmitt, V. y Fischer, M. 2015. A familia Acanthaceae Juss. do Rio Grande do Sul. *Pesquisas, Botânica*, 68: 7-82.
- Schnee, L. 1984. *Plantas comunes de Venezuela*. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca. Caracas, Venezuela. 197-364 pp.
- Schoen, D y Brown, A. 1991. Whole and part-flower self-pollination in *Glycine clandestine* ang. *G. argyrea* and the evolution of autogamy. *Evolution*, 45: 1651-1664.
- Sigrist, M. y Sazima, M. 2002. *Ruellia brevifolia* (Pohl) Ezcurrea (Acanthaceae): fenologia da floração, biologia da polinização e reprodução. *Revista Brasileira de Botânica*, 25: 35-42.
- Singer, R. 2002. The Pollination Mechanism in *Trigonidium obtusum* Lindl (Orchidaceae:Maxillariinae): Sexual Mimicry and Trap-flowers. *Annals of Botany*, 89: 157-163.
- Smith-Pardo, A. y Vélez, R. 2008. Abejas de Antioquia. Guía de campo. Editorial de la facultad de ciencias agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia.
- Smith, A.; Adams, C. y Wilson, S. 2014. "Mexican-petunia (*Ruellia simplex*) Invasions: Management Challenges and Research Opportunities". <<https://www.se-eppc.org/wildlandweeds/pdf/Sp2014-Smith-pp20.pdf>> (8/12/2017).
- Soares, A. y Faria, M. 2016. Production of floral morphs in cleistogamous *Ruellia brevifolia* (Pohl) C. Ezcurrea (Acanthaceae) at different levels of water availability. *Journal of Pollination Ecology*, 19(15): 104-107.
- Sokal, R. y Rohlf, F. 1969. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. *Biometrical Journal*, 11(3): 192-193.
- Souza, N.; Faria, M.; Carvalho, R. y Alves, A. 2005. Cleistogamia em *Ruellia menthoides* (Ness) Hiern e *R. brevifolia* (Pohl) C. Ezcurrea (Acanthaceae) em fragmento florestal do Sudeste brasileiro. *Acta Botânica Brasileira*, 19(3): 443-449.
- Souza-Lima, N. y Faria, M. 2006. Fenologia de florção e sistema reprodutivo de três espécies de *Ruellia* (Acanthaceae) em fragmento florestal de Viçosa, Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(4): 681-687.
- Steward, H.; Steward, S. y Canne-Hilliker, J. 1996. Mixed mating system in *Agalinis neoscotica* (Scrophulariaceae) with bud pollination and delayed pollen germination. *International Journal of Plant Science*, 157: 501-508.

- Sutherland, S. y Delph, L. 1984. On the importance of male fitness in plants: Patterns of fruit set. *Ecology*, 65: 1093-1104.
- Vinícius-Silva, R.; Freitas, D.; Barreto, R.; Modesto, V. y Valle, M. 2017. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea*, 44(3): 349-360.
- Velásquez, R. 2017. Biología reproductiva de tres especies de *Opuntia* (Cactaceae), en el estado Sucre, Venezuela. Tesis de Maestría. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Vogel, S. 1990. Radiación adaptativa del síndrome floral en las familias neotropicales. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 59: 5-30.
- Wasshausen, D. y Wood, J. 2004. Acanthaceae of Bolivia. *Contributions from United Museum of Natural History*, 49: 1-152.
- Wilmer, P. 2011. *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press. New Jersey, Estados Unidos.
- Wilson, S. y Mecca, L. 2003. Seed production and germination of eight cultivars and the wild-type of *Ruellia tweediana*: A potentially invasive ornamental. *Journal Environment Horticultural*, 21: 137-143.
- Witzum, A. y Schulgasser, K. 1995. The mechanics of seed expulsion in Acanthaceae. *Journal of Theoretical Biology*, 176: 531-542.
- Wright, S.; Kalisz, S. y Slotte, T. 2013. Evolutionary consequences of self-fertilization in plants. *Proceedings on the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 280 (1760): 20130133.
- Xena, N. y Madriz, R. 1994. Aspectos de la biología de polinización en el bosque enano de la cima del “Cerro Copey” (Isla Margarita). *Acta Botánica Venezolánica*, 17: 35-68.
- Zillikens, A.; Steiner, J. y Mihalkó, Z. 2001. Nest of *Augochlora* (A.) esox in bromeliads, a previously unknown site for sweat bees (Hymenoptera: Halictidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment.*, 36(2): 137-142.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE DOS ESPECIES DE <i>Ruellia</i> L.(ACANTHACEAE)
Subtítulo	

Autor (es):

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Sánchez H. Yanecy del C.	CVLAC	25 100 134
	e-mail	<i>yanecysanchez@gmail.com</i>
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Biología floral
<i>Ruellia tuberosa</i>
<i>Ruellia simplex</i>
Polinización

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

Resumen (abstract):

Ruellia tuberosa y *Ruellia simplex* (Acanthaceae) son dos especies de importancia medicinal y ornamental, respectivamente, siendo *R. tuberosa* ampliamente utilizada en el tratamiento de afecciones renales. Como una manera de obtener información necesaria para contribuir con el conocimiento, manejo adecuado y preservación de estas especies, se estudió la morfología floral, relación polen/óvulo, polinizadores, niveles de producción, biomasa y aborto de flores, frutos y semillas, en la localidad de Cedeño, municipio Montes, estado Sucre, durante un periodo de cuatro meses. La observación de los visitantes florales y estrategias reproductivas se realizó en el campo, mientras que las determinaciones relativas al número de estambres, granos de polen y óvulos, medidas florales y biomasa de estructuras reproductivas, se hicieron en el laboratorio. Las dos especies de *Ruellia* estudiadas presentan inflorescencias cimosas pediceladas, con flores zigomórficas, hermafroditas, acampanadas, conformadas por cuatro estambres didínamos. Las flores de *R. tuberosa* y *R. simplex* fueron visitadas por abejas, mariposas y ocasionalmente por aves (colibríes), siendo las abejas los principales polinizadores. La producción de frutos fue alta en *R. tuberosa* y baja en *R. simplex*. El aborto de flores fue alto en *R. simplex* (87,19%) y no se observó en *R. tuberosa*. El aborto de óvulos y semillas fue bajo en ambas especies. La relación biomasa fruto/biomasa flor fue alta en las dos especies, con una mayor inversión en la formación del pericarpo del fruto en relación con las semillas y en estructuras de atracción que de reproducción. Los valores de relación polen/óvulo de las dos especies las ubicó, de acuerdo a Cruden (1977), en la categoría de autógamias facultativas. La eficiencia reproductiva fue alta en *R. tuberosa* y baja en *R. simplex*. Ambas especies estudiadas presentaron un sistema de reproducción sexual mixto, el cual combinó la autopolinización y la polinización cruzada. No se observaron agentes dispersores bióticos en las dos especies, ocurriendo la dispersión de las semillas de manera autocórica por frutos de dehiscencia explosiva.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Valerio C. Rosanna	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<i>rosanna_valerio@hotmail.com</i>
	e-mail	
Velásquez Roger	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<i>velasquezarenas@hotmail.com</i>
	e-mail	
Acosta Mercedes	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<i>mcav2001@yahoo.es</i>
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

2019 06 28

Lenguaje: spa.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo (s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TG-sánchezy.doc	Word 1997-2003

Alcance:

Espacial: Nacional (Opcional)

Temporal: Temporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Biología

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciado

Área de Estudio: Biología

Institución (es) que garantiza (n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE SUCRE

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letdo el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	RECIBIDO POR	<i>[Firma]</i>
SISTEMA DE BIBLIOTECA	FECHA	5/8/09
	HORA	5:30

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS CUNVELO
Secretario

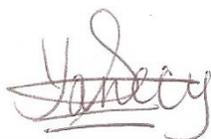
C.C.: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.



Yanecy del C. Sánchez H.
AUTORA



Rosanna Valerio C.
ASESORA