

ARTÍCULO ORIGINAL

Recursos florales usados por el colibrí esmeralda de Cozumel (*Chlorostilbon forficatus*)

Floral resources used by the Cozumel Emerald (*Chlorostilbon forficatus*)

Jonathan Morales-Contreras^{1,3*}  <https://orcid.org/0000-0001-7608-2055>
Miguel Angel Martínez-Morales¹  <https://orcid.org/0000-0003-4140-7280>
Ubaldo Márquez-Luna²  <https://orcid.org/0000-0002-4896-3418>

Resumen

Conocer la riqueza e identidad de los recursos florales utilizados por un polinizador permite identificar su grado de especialización trófica y su vulnerabilidad ante perturbaciones naturales y antropogénicas. Este conocimiento es fundamental en especies endémicas con una distribución geográfica altamente restringida. El colibrí esmeralda de Cozumel (*Chlorostilbon forficatus*), cuya distribución se restringe a la isla, es una de las 14 especies de colibríes endémicas de México. Esta especie ha sido poco estudiada y características sobre su biología se desconocen. En el presente estudio: (1) caracterizamos la dieta de *C. forficatus*, (2) identificamos si su dieta incluye especies de plantas exóticas a la isla y (3) evaluamos si su conducta de forrajeo (i.e., forrajear en una especie de planta nativa o exótica) está asociada a la distancia a zonas con influencia humana en la isla (asentamientos humanos y caminos). Registramos las interacciones colibrí-planta en 14 senderos ubicados en las selvas y manglares de la isla. Adicionalmente, incorporamos registros fotográficos de la plataforma Naturalista donde *C. forficatus* fue captado visitando flores. Finalmente, estimamos la distancia euclidiana entre el sitio donde se registraron los eventos de forrajeo y la zona de influencia humana más cercana. Los resultados muestran que el colibrí esmeralda de Cozumel es un visitante floral generalista. Su dieta está compuesta del néctar de al menos 19 especies vegetales, de las cuales siete son exóticas a la isla. La distancia a las zonas de influencia humana está asociada significativamente a la conducta de forrajeo de *C. forficatus*, lo que implica que dentro y cerca de los asentamientos humanos y caminos existe una mayor probabilidad de que *C. forficatus* se alimente de una especie exótica. Proponemos que se realicen estudios que evalúen la importancia de las especies vegetales exóticas en la dieta de *C. forficatus*, ya que su establecimiento y propagación podría tener repercusiones ecológicas en el ecosistema insular.

Palabras clave: asentamiento humano, colibrí endémico, dieta, especies exóticas, Trochilidae.

INFORMACIÓN SOBRE EL ARTÍCULO

Recibido:

17 de diciembre de 2019

Aceptado:

1 de abril de 2020

Editor asociado:

Carlos Lara Rodríguez

Contribución de cada uno de los autores:

JMC: realizó levantamiento de información en campo, apoyó con la identificación de especies vegetales. JMC y UML: diseñaron la idea original del manuscrito. UML: apoyó con la identificación de especies vegetales. JMC, MAMM y UML: escribieron, revisaron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Cómo citar este documento:

Morales-Contreras J., Martínez Morales M.A., Márquez Luna U. 2020. Recursos florales usados por el colibrí esmeralda de Cozumel (*Chlorostilbon forficatus*) Huitzil. 21(1):e-589. doi: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2020.21.1.467>

¹ Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur, unidad San Cristóbal. Carr. Panamericana y Periférico Sur s/n., Barrio María Auxiliadora, C.P. 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. mmartinez@ecosur.mx

² Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana. Av. San Rafael Atlixco, Núm. 186, Col. Vicentina, Delegación Iztapalapa, C.P. 09340, Ciudad de México, México. marquezubaldo@gmail.com

³ Ayototl A.C. Flamingos, Núm. 229, Col. Metropolitana, Segunda Sección, Nezahualcóyotl, C.P. 57740, Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: jonathan_contr@hotmail.com

Abstract

Knowing the richness and identity of floral resources used by a pollinator delineates its degree of trophic specialization and its vulnerability to natural and anthropogenic disturbances. This understanding is fundamental in the case of endemic species with a highly restricted geographical distribution. The Cozumel Emerald (*Chlorostilbon forficatus*), restricted to the island, is one of the 14 endemic species of hummingbirds in Mexico. This species has been poorly studied and many aspects of its biology are still unknown. In this study we: (1) described the diet of *C. forficatus*, (2) assessed if its diet includes exotic plant species, and (3) assessed whether its foraging behavior (i. e., to feed on native or exotic species) is associated with areas of human influence on Cozumel Island (human settlements and roads). We recorded the plant-hummingbird interaction in 14 transects surveyed in the tropical forests and mangroves of the island. Additionally, we included photographic records obtained from the Naturalista platform where *C. forficatus* was recorded feeding on flowers. Finally, we estimated the Euclidian distance between the site where the foraging events were recorded and the closest area of human influence. Our study shows that the Cozumel Emerald is a generalist floral visitor. Its diet is composed of the nectar of at least 19 plant species, seven of which are exotic to the island. Distance to the areas of human influence is significantly associated with the foraging behavior of *C. forficatus*. In or near human settlements and roads there is a higher probability that *C. forficatus* feeds on an exotic species. We propose to carry out studies to assess the role of exotic plant species in the diet of *C. forficatus* because their establishment and spread might have unexpected ecological effects on the insular ecosystem.

Keywords: diet, endemic hummingbird, exotic species, human settlement, Trochilidae.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

Introducción

Las interacciones bióticas juegan un papel fundamental en la estructuración y composición de comunidades ecológicas (Araújo y Rozenfeld 2014). En particular, las interacciones mutualistas están involucradas en el establecimiento y mantenimiento de las comunidades vegetales a través de la polinización y la dispersión de semillas (Bascompte y Jordano 2007). Los colibríes han establecido relaciones muy estrechas con las plantas que polinizan ya que, debido a su alta tasa metabólica y a su tamaño corporal, necesitan tener garantizada disponibilidad de recursos que cubran sus demandas energéticas (Cotton 2007). Estos requerimientos energéticos son cubiertos principalmente a través del consumo diario del néctar de gran número de flores (Montgomerie y Gass 1981). Sin embargo, el néctar floral es variable espacial y temporalmente, lo que obliga a los colibríes a buscar de manera constante recursos florales (Lara 2006). Durante esta búsqueda, los colibríes están expuestos a nuevos recursos florales que pueden aprender a explotar e incluir en su dieta (Lara et al. 2008).

Conocer la riqueza, identidad y cantidad de los recursos florales utilizados por un polinizador permite identificar

la amplitud de su nicho trófico, el grado de especialización de su dieta e incluso la vulnerabilidad de estas interacciones a procesos de extinción (Memmott et al. 2004). Este conocimiento es fundamental en ecosistemas insulares por la presencia de endemismos, ya que la integración de especies vegetales exóticas a las redes de interacción biótica puede provocar graves efectos ecológicos en la biota nativa (Richardson et al. 2000, Sax et al. 2002, Traveset y Richardson 2014). Los procesos de colonización y establecimiento de asentamientos humanos en islas oceánicas han provocado la extirpación o extinción de gran número de especies nativas (Olson y James 1982). Estos procesos de pérdida de la biota nativa son generados por la modificación y fragmentación del hábitat, el pastoreo de herbívoros introducidos, la introducción de flora exótica, la depredación por fauna exótica, la persecución directa y depredación por humanos de la fauna nativa, así como por la introducción de patógenos (Franklin y Steadman 1991). En particular, una mayor riqueza de especies de mamíferos y plantas vasculares exóticas se ha relacionado positiva y significativamente con el tamaño de las islas y el tamaño de la población humana que ocupa las islas oceánicas (Chown et al. 1998).

El colibrí esmeralda de Cozumel (*Chlorostilbon forfica-*

tus), restringido a la isla, es una de las 14 especies de colibríes endémicas de México (Arizmendi y Berlanga 2014). Es un colibrí de tamaño pequeño de 8-9.5 cm y presenta dimorfismo sexual. El macho se caracteriza por presentar un plumaje verde esmeralda brillante en la cabeza y el cuerpo. Por el contrario, el plumaje en la hembra es de color verde pálido en la nuca y el dorso, mientras que la garganta y el vientre son de color gris. Esta especie tiene el pico corto y recto, y en el macho es de color rojo con la punta negra. Ambos sexos tienen la cola bifurcada de color negro azulado; sin embargo, la del macho es de mayor longitud con las puntas de las plumas interiores grises, mientras que en la hembra son blancas. La hembra tiene una franja blanca postocular. Los individuos inmaduros presentan características muy parecidas a las hembras (Del Hoyo et al. 2019). En la isla Cozumel se han registrado cuatro especies de colibríes: el colibrí esmeralda de Cozumel (*C. forficatus*) y el colibrí garganta negra (*Anthractorax prevostii*) –ambos residentes y los colibríes más comunes en la isla–, el colibrí garganta rubí (*Archilochus colubris*), residente invernante (Buffa y Morris 1999), mientras que el colibrí canela (*Amazilia rutila*) se considera como accidental o raro dentro de la isla (LePage 2014).

Las características morfológicas de *C. forficatus* permiten inferir que es un visitante floral generalista; es decir, tendría la capacidad de visitar y polinizar de forma efectiva especies de plantas con una gran variación morfológica (Traveset y Richardson 2006). En general, las especies pequeñas de colibríes tienden a ser expulsadas del acceso de los mejores recursos por especies de colibríes con tamaño corporal mayor (Márquez-Luna et al. 2018), por lo que suelen utilizar estrategias de forrajeo: como el uso de rutas de alimentación (colibríes rutereros), el “robo” de néctar en parches florales defendidos por colibríes territoriales (Feinsinger y Colwell 1978) o incluso el uso de recursos no defendidos por colibríes como flores con corolas no tubulares y de colores poco llamativos, características asociadas a la polinización por insectos (Arizmendi y Ornelas 1990, Dalsgaard et al. 2012).

Actualmente, el colibrí esmeralda de Cozumel no se encuentra bajo ningún esquema de protección nacional (e.g., NOM-059-2010, Semarnat-2010) o internacional (IUCN 2019); no obstante, se ha sugerido que es vulnerable debido a su distribución geográfica altamente restringida (Arizmendi et al. 2016, Ortiz-Pulido 2018) al ser una especie endémica a la isla Cozumel. A pesar de lo anterior, esta

especie ha sido poco estudiada y se desconocen muchas características de su biología, entre ellas los recursos florales que constituyen su dieta, donde sólo existe un registro anecdótico (Buffa y Morris 1999). En este contexto, asumimos que *C. forficatus* deberá comportarse como un polinizador generalista, que su dieta incluye especies vegetales exóticas a la isla y que la inclusión de estos recursos florales exóticos será mayor dentro y cerca de las zonas de influencia humana en la isla (asentamientos humanos y caminos). Para probar estas suposiciones, en el presente estudio: (1) describimos de forma sistemática los recursos florales utilizados por *C. forficatus*, (2) identificamos si dentro de su dieta existen especies vegetales exóticas a la isla y (3) evaluamos si la probabilidad de que *C. forficatus* se alimente de una planta nativa está asociada a la distancia a zonas de influencia humana de isla Cozumel.

Métodos

Área de estudio

La isla Cozumel se localiza a poco más 17 km del noreste de la península de Yucatán (20°26' N, 86°55' O). Se considera una isla oceánica de origen coralino y es la de mayor superficie del Caribe mexicano con un área de casi 480 km². De acuerdo con los datos colectados por la estación climatológica en la isla (20°30'36" N, 86°56'45.9" O) de 1994 a 2012 la temperatura media anual fue de 27.2°C y la precipitación anual promedio de 1207.5 mm (SMN 2019). En general, la isla presenta una temporada de secas de febrero a mayo y lluvias de junio a octubre. Durante la temporada de lluvias, la isla Cozumel está expuesta a tormentas tropicales y huracanes que, de acuerdo con su intensidad, pueden afectar la estructura de la vegetación. La isla contiene cinco principales tipos de vegetación: selva mediana subcaducifolia, selva baja subcaducifolia, manglar, tasistal y vegetación halófila (Téllez-Valdez et al. 1989, Flores 1992, Martínez-Morales 1996). Este estudio lo realizamos en la selva mediana subcaducifolia, la selva baja subcaducifolia y el manglar. Las selvas se caracterizan por tener una estructura definida por uno o dos estratos arbóreos que oscilan entre 8 y 20 m de altura, y un estrato arbustivo con escasa presencia de plantas epífitas y trepadoras. Por otro lado, la estructura del manglar está definida por presentar un estrato arbóreo de 5 a 10 m y por

la presencia de algunas epífitas y trepadoras (Téllez-Valdez et al. 1989).

Registro de recursos florales

El registro de las especies vegetales usadas por *C. forficatus* lo llevamos a cabo mediante el recorrido de 14 senderos espacialmente independientes dentro de zonas con vegetación nativa de la isla (Figura 1). La longitud de los senderos fue de 1,000 a 3,300 m con un total de 23.9 km, de los cuales 11.3 km correspondieron a senderos en la selva mediana subcaducifolia, 12.1 km a selva baja subcaducifolia y 0.5 km a manglar. Los 14 senderos se recorrieron de manera mensual de junio a noviembre de 2017, a partir de las 06:00 h y hasta por siete horas continuas. En total acumulamos 109 km de recorridos en los senderos y 287 horas de observación.

Consideramos un registro o evento de forrajeo cuando observamos a un colibrí forrajeando en una especie de planta específica. Registramos la especie floral visitada, el día, la hora, el sendero y el sitio en el cual observamos el evento de forrajeo. Con el propósito de establecer si *C. forficatus* es un visitante floral generalista registramos el color y forma (*i.e.*, tubular o no) de la corola de las especies vegetales que visitó. El síndrome tradicional de ornitofilia asume que las flores polinizadas por aves tendrán corolas tubulares con colores llamativos (amarillo, naranja, rojo; Van der Pijl 1961). El color de la corola se asignó con base en la percepción en campo del observador, y si existía algún otro elemento que formara parte del despliegue floral (*e.g.*, brácteas o tallos) también fue incluido en la asignación del color (Dalsgaard et al. 2012). Consideramos una corola tubular cuando los pétalos estaban fusionados y reducido el margen (Van der Pijl 1961). Finalmente, construimos un registro fotográfico de las especies de plantas visitadas por *C. forficatus*. Estas fotografías fueron utilizadas para posteriormente identificar las especies vegetales. Asimismo, buscamos registros fotográficos de *C. forficatus* en la plataforma Naturalista (Naturalista 2019). Incluimos estos registros cuando las fotografías cumplían con los siguientes criterios: (1) la identidad de la especie había sido verificada por la comunidad y por los especialistas de Naturalista (*i.e.*, observaciones con grado de investigación) y (2) el colibrí fue captado visitando un recurso floral (*i.e.*, con el pico dentro de la corola de la flor o tocando las

estructuras reproductoras de la flor). Las identificaciones de las especies vegetales fueron corroboradas por el Dr. Juan Tun-Garrido, investigador del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma de Yucatán. Asignamos a cada especie vegetal la categoría de “nativa” o “exótica” con base en el listado florístico de la península de Yucatán (Durán et al. 2000) y de la florula de la isla Cozumel (Téllez-Valdez y Cabrera 1987).

Análisis estadístico

Construimos un modelo lineal generalizado (GLM, por sus siglas en inglés) con distribución de error binomial y función de enlace probit para evaluar si la probabilidad de que *C. forficatus* se alimente de una especie vegetal nativa de la isla Cozumel está asociada a la distancia a las zonas de influencia humana de la isla. En este modelo utilizamos como variable explicativa la distancia euclidiana entre la zona de influencia humana (*i.e.*, asentamientos humanos y caminos) más cercana al lugar donde se observaron los eventos de forrajeo o donde se realizaron los registros fotográficos de Naturalista. Cuando los registros fotográficos o eventos de forrajeo ocurrieron dentro de algún asentamiento humano, se consideró que estaban a una distancia “cero”. La variable de respuesta fue el evento de forrajeo; las visitas que *C. forficatus* realizó a una especie nativa de la isla las definimos como “1”, mientras que las visitas realizadas a especies exóticas de la isla como “0”. Realizamos el GLM en R v.3.5.3 (R Core Team 2019) y graficamos los resultados del modelo usando el paquete ggplot2 v. 3.1.0 (Wickham 2016).

Resultados

Durante los seis meses de muestreo obtuvimos 58 registros de individuos de *C. forficatus* que visitaron las flores de 11 especies vegetales, de los cuales 29 registros fueron en la selva mediana subcaducifolia, 26 en la selva baja subcaducifolia y tres en la ciudad de San Miguel. Adicionalmente, recabamos 69 registros fotográficos de *C. forficatus* verificados por la comunidad de Naturalista (con grado de investigación), de los cuales 12 registros fueron del colibrí cuando visitó ocho especies vegetales que no registramos durante este estudio (Cuadro 1). De las 19 especies visitadas por

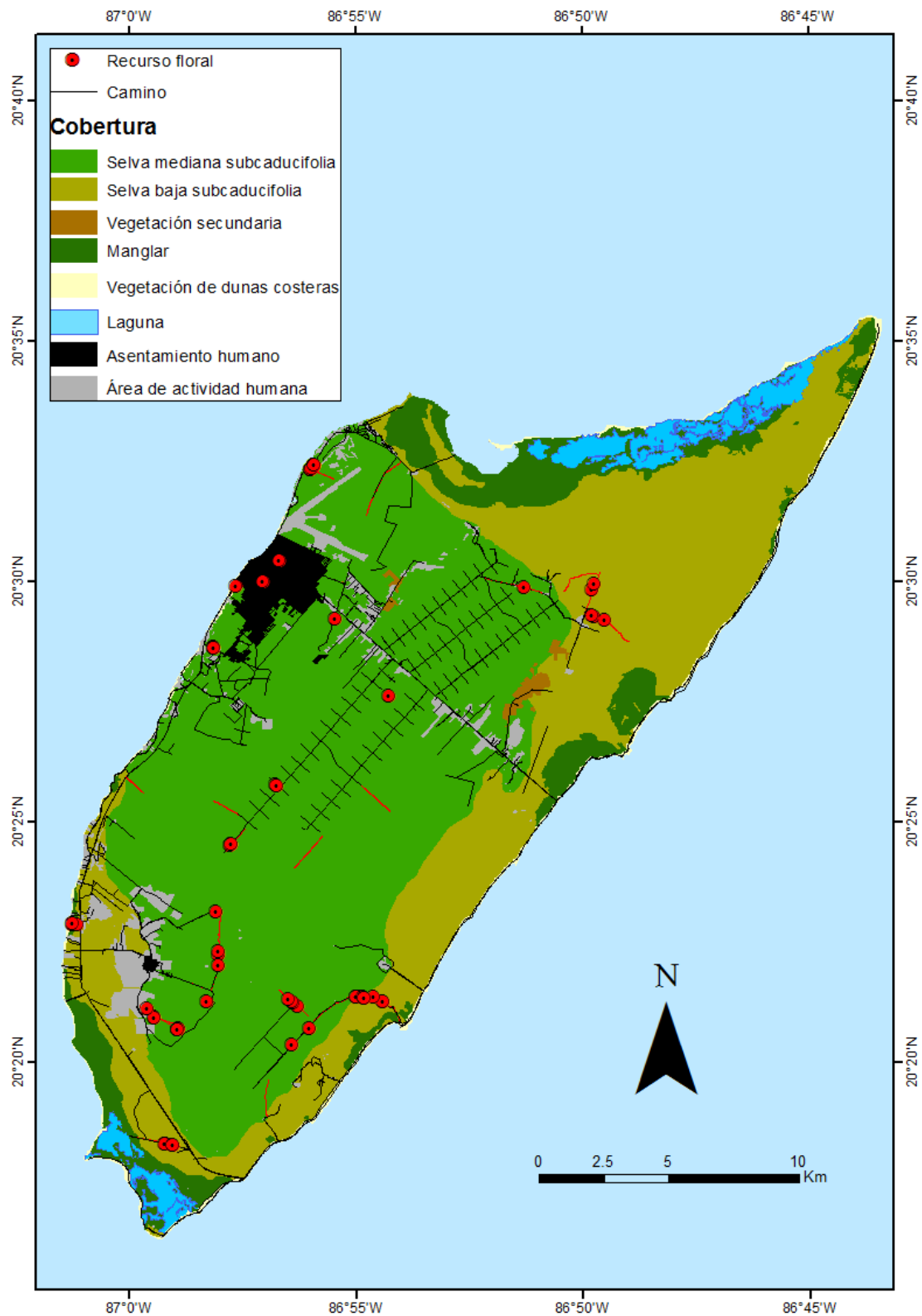


Figura 1. Registro de los recursos florales usados por *Chlorostilbon forficatus* en isla Cozumel obtenidos en campo y de la base de datos Naturalista. Se muestran los principales tipos de cobertura vegetal de la isla y la ubicación de las áreas de influencia humana.

Cuadro 1. Número de registros de las especies vegetales visitadas por el colibrí esmeralda de Cozumel (*Chlorostilbon forficatus*). Se especifica si las especies vegetales son nativas o exóticas a la isla, así como el color de la corola y si ésta presentaba forma tubular.

Especie	Registros en campo	Registros en Naturalista	Nativa	Exótica	Color de corola	Corola tubular
Acanthaceae						
<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>		1		X	Roja-blanca	Sí
Apocynaceae						
<i>Allamanda blanchetii</i>	3			X	Rosa	No
Boraginaceae						
<i>Cordia dodecandra</i>	2		X		Naranja	No
<i>Cordia gerascanthus</i>		1	X		Blanca	No
<i>Cordia sebestena</i>		2	X		Naranja	No
Fabaceae						
<i>Bauhinia divaricata</i>	2		X		Blanca	No
<i>Canavalia rosea</i>		1	X		Morada	No
<i>Delonix regia</i>	2			X	Roja	No
<i>Piscidia piscipula</i>		2	X		Blanca	No
Lamiaceae						
<i>Ocimum campechianum</i>	1			X	Blanca-morada	Sí
<i>Scutellaria gaumeri</i>	16		X		Morada	Sí
<i>Vitex gaumeri</i>	2		X		Morada	Sí
Malvaceae						
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	3			X	Roja	No
<i>Malvaviscus arboreus</i>	17		X		Roja	No
Orchidaceae						
<i>Brassavola grandiflora</i>	1		X		Blanca	No
Passifloraceae						
<i>Passiflora yucatanensis</i>		1		X	Blanca	No
Rubiaceae						
<i>Hamelia patens</i>	9		X		Amarilla-roja	Sí
<i>Ixora coccinea</i>		1		X	Roja	Sí
Verbenaceae						
<i>Lantana camara</i>		3	X		Amarilla-Roja	No

C. forficatus diez tuvieron un color llamativo (i.e., amarillo, naranja o rojo) en la corola o las brácteas (e.g., *Megaskepasma erythrochlamys*) como parte de su despliegue floral. Las restantes nueve especies presentaron un color claro en la corola (i.e., blanco o morado). Mientras que la corola fue tubular en seis de las 19 especies visitadas por *C. forficatus* y únicamente la corola de tres especies presentó ambas características (i.e., corola tubular de color llamativo; Cuadro 1).

Doce especies vegetales visitadas por *C. forficatus* son consideradas nativas de isla Cozumel, mientras que siete son exóticas. El mayor número de registros fue para tres especies nativas de la isla: *Malvaviscus arboreus* (24%), *Scutellaria gaumeri* (23%) y *Hamelia patens* (13%). Las especies exóticas más utilizadas fueron *Hibiscus rosa-sinensis* y *Allamanda blanchetii*, cada una con tres registros (Cuadro 1). La probabilidad de que *C. forficatus* se alimente de una especie nativa se asoció positiva y significativamente a la distancia euclidiana a las zonas de influencia humana de isla Cozumel ($X^2 = 6.61$, g. l. = 1, $p = 0.01$; Figura 2).

Discusión

El colibrí esmeralda de Cozumel se alimentó del néctar de 19 especies de plantas. Se reporta que otras especies insulares del género *Chlorostilbon* se alimentan del néctar de entre 8 y 11 especies de plantas; por ejemplo: el colibrí esmeralda de Cuba (*C. ricordii*) se alimenta de entre 8 y 9 especies de plantas (Dalsgaard et al. 2012, Dalsgaard et al. 2018); la dieta del colibrí esmeralda de Puerto Rico (*C. maugaeus*) está compuesta por el néctar de entre 9 y 11 especies (Kodric-Brown et al. 1984, Dalsgaard et al. 2018), y el colibrí esmeralda de La Española (*C. swainsonii*) visita al menos 11 especies vegetales (Martén-Rodríguez et al. 2011, Martén-Rodríguez et al. 2015), aunque en este último caso los estudios citados se enfocaron solamente en las especies de las familias Gesneriaceae y Heliconiaceae, por lo que la riqueza de especies vegetales que componen la dieta de *C. swainsonii* podría ser más amplia. Si bien la composición de la dieta de las diferentes especies insulares del género *Chlorostilbon* es diferente en cada isla, coinciden en el uso de plantas pertenecientes a las familias Rubiaceae, Lamiaceae y Fabaceae.

De las especies de plantas que componen la dieta de *C. forficatus* únicamente tres especies tienen corolas tubulares de algún color llamativo. Este resultado respalda el considerar a *C. forficatus* como un visitante floral generalista, ya

que tiene la capacidad de visitar especies florales con una gran variedad de características morfológicas. Lo anterior es consistente con lo reportado para otras especies pequeñas de colibríes en islas del Caribe. En dichas comunidades los colibríes pequeños se alimentan de especies vegetales sin las características del tradicional síndrome de ornitofilia; es decir, se comportan como visitantes florales generalistas (Dalsgaard et al. 2008, 2009, 2012). Este patrón puede ser explicado por la dominancia de los colibríes grandes sobre las especies pequeñas, lo que obligaría a estas últimas a explotar recursos no defendidos por especies territoriales o de mayor tamaño corporal (Arizmendi y Ornelas 1990). Pudimos observar a *Anthracothorax prevostii* perseguir a *C. forficatus* cuando intentaba forrajear en flores de *Delonix regia*. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones que permitan conocer la dinámica de la jerarquía de dominancia del ensamble de colibríes en la isla Cozumel. Los visitantes florales generalistas, como las especies pequeñas de colibríes, podrían ser benéficos para las plantas de las que se alimentan, ya que una especie vegetal con un síndrome de polinización generalizado atraerá a una mayor variedad de polinizadores (e.g., insectos y colibríes), lo que incrementaría sus probabilidades de polinización y éxito reproductivo, así como la resiliencia de estas interacciones a fenómenos naturales (e.g., huracanes) que podrían afectar la abundancia de los polinizadores (Dalsgaard et al. 2008).

Por otro lado, nuestros resultados confirman que dentro de la dieta de *C. forficatus* hay especies exóticas a la isla. En general, las especies vegetales invasoras presentan un síndrome de polinización generalista y realizan despliegues florales muy abundantes y prolongados, lo que facilita que sean visitadas y polinizadas de forma exitosa por una gran variedad de polinizadores (Traveset y Richardson 2006). La inclusión de especies exóticas en la dieta de *C. forficatus* podría facilitar su incorporación a las redes de interacción biótica, lo cual promovería su establecimiento y propagación en la isla (Traveset y Richardson 2014). Debido a lo anterior es fundamental realizar estudios sistemáticos y de largo plazo donde se estime la frecuencia con la cual *C. forficatus*, y el resto del ensamble de colibríes, visita los diferentes recursos florales y así poder estimar la importancia de cada especie vegetal dentro de la red de interacción mutualista.

La probabilidad de observar a *C. forficatus* forrajear en una especie vegetal nativa se incrementó significativamente en relación con la distancia euclidiana a las zonas

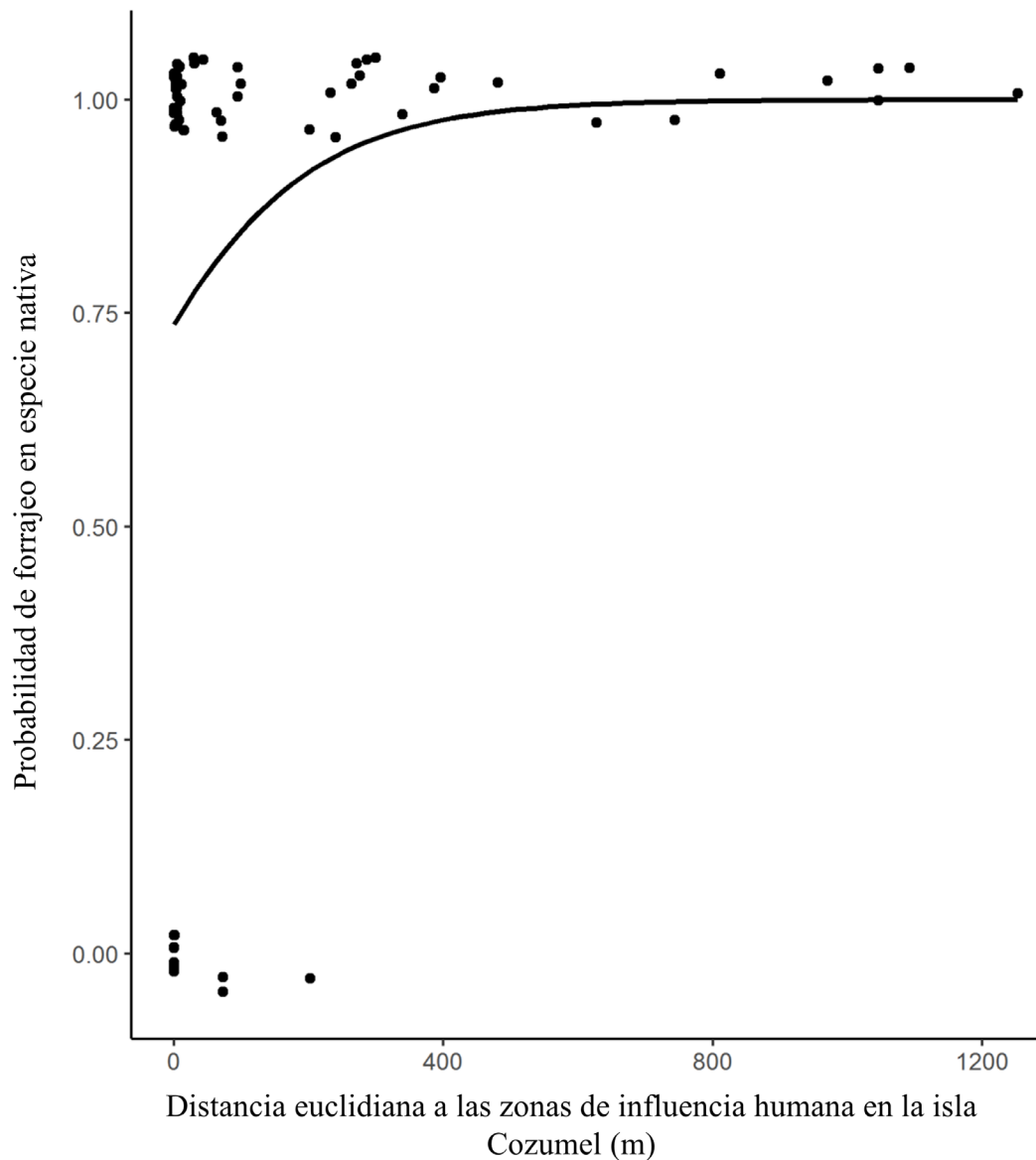


Figura 2. Modelo de la probabilidad de eventos de forrajeo de *Chlorostilbon forficatus* en especies vegetales nativas (puntos negros alineados en "1") y exóticas (puntos negros alineados en "0") en la isla Cozumel en función de la distancia euclidiana a las zonas de influencia humana en la isla. La probabilidad la estimamos a través de un GLM con distribución de error binomial.

de influencia humana (Figura 2). Sin embargo, el 82% (*i.e.*, 56 registros) de los eventos de forrajeo registrados ocurrió a menos de 300 m de alguna zona de influencia humana. En la década de los ochenta, Téllez-Valdez et al. (1989) reportaron que la población humana en la isla no había alterado o modificado la vegetación original de manera notable; sin embargo, el número de habitantes se ha incrementado de manera considerable en la isla. En 1995 se

estimó que más de 48 mil personas habitaban la isla; no obstante, para 2015 la población se incrementó en casi un 80% y ascendió a 86 mil habitantes (INEGI 2015). Además del crecimiento de la población humana residente, el turismo es la principal actividad económica de la isla, y esto incrementa notablemente las presiones antrópicas sobre la diversidad biológica insular (Palafox-Muñoz y Collantes-Chávez 2009). El incremento de la población humana en

la isla promueve procesos de urbanización y un aumento en la demanda e importación de recursos. Esto incrementa la probabilidad de ingreso y establecimiento de especies exóticas, así como una reducción en la cobertura vegetal y la conectividad entre los fragmentos remanentes de vegetación nativa (Robinson et al. 2005, Hansen et al. 2005). Se ha reportado que especies de plantas herbáceas asociadas a estadios de sucesión temprana se ven favorecidas por perturbaciones que generan la formación de claros en la selva (Linhart et al. 1987); por ejemplo, algunas de las especies herbáceas que *C. forficatus* utilizó las observamos a los costados de los caminos (e.g., *Scutellaria gaumeri* y *Hamelia patens*). Las condiciones de perturbación natural y antropogénica también facilitan el establecimiento y propagación de especies vegetales exóticas (McKinney 2008). En islas oceánicas existe una correlación positiva entre el incremento en la riqueza de especies vegetales exóticas (principalmente angiospermas) y el tamaño de la población humana (Sax et al. 2002). Muchas de estas plantas exóticas son deliberadamente introducidas a los asentamientos humanos con fines ornamentales y de horticultura (Reichard y White 2001); este proceso es evidente en los asentamientos humanos de isla Cozumel, donde es muy frecuente el uso de vegetación exótica con fines ornamentales.

Dado que nuestro estudio estuvo acotado a la temporada de lluvias de un solo año, esperamos que *C. forficatus* utilice como alimento el néctar de otras especies vegetales y que su uso tenga variaciones anuales e interanuales. Es necesario realizar estudios sistemáticos de largo plazo para incluir esta variación a diferentes escalas temporales. En este sentido, las bases de datos generadas a través de la llamada ciencia ciudadana son útiles para desarrollar estudios extensos en tiempo y espacio. El uso de los datos verificados por la comunidad de la plataforma Naturalista nos permitió identificar recursos adicionales que utiliza *C. forficatus* y que no pudimos detectar en campo por las limitaciones espacio-temporales. La presente investigación aborda un vacío de información sobre los recursos florales usados y la conducta de forrajeo del colibrí esmeralda de Cozumel, pero a su vez evidencia la necesidad de realizar estudios con mayor detalle.

Agradecimientos

Al Dr. Tun-Garrido por su ayuda en la identificación de las especies vegetales; a la M. en C. A. Zamora-Rendón por

el apoyo con la revisión del manuscrito. A las autoridades de la Reserva Estatal Selvas y Humedales de Cozumel y al Refugio Estatal de Flora y Fauna de Laguna Colombia. Este trabajo lo realizamos a la par del proyecto de investigación sobre la estimación de la densidad del hocofaisán de Cozumel (*Crax rubra griscomi*) en la isla. El Colegio de la Frontera Sur otorgó una beca de preparación para el posgrado a JMC. A las personas que aportan sus valiosas observaciones a la base de datos de Naturalista.

Literatura citada

- Araújo M.B., Rozenfeld A. 2014. The geographic scaling of biotic interactions. *Ecography*, 37:406-415. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00643.x>
- Arizmendi M. del C., Berlanga H., editores. 2014. Colibríes de México y Norteamérica. Hummingbirds of Mexico and North America. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 160 p.
- Arizmendi M. del C., Berlanga H., Rodríguez-Flores C., Vargas-Canales V., Montes-Leyva L., Lira R. 2016. Hummingbird conservation in Mexico: the natural protected areas system. *Natural Areas Journal*. 36(4):366-376. DOI: <https://doi.org/10.3375/043.036.0404>
- Arizmendi M. del C., Ornelas J.F. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica*. 22(2):172-180. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388410>
- Bascompte J., Jordano P. 2007. Plant-animal mutualistic networks: the Architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 38:567-593. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818>
- Buffa J., Morris C. 1999. Occurrence of four Neotropical migrants on Cozumel Island, Mexico. *Cotinga*, 11:14-16
- Chown S.L., Gremmen N.J.M., Gaston K.J. 1998. Ecological biogeography of Southern ocean islands: species-area relationships, human impacts, and conservation. *The American Naturalist*. 152(4):562-575. DOI: <https://doi.org/10.1086/286190>
- Cotton P.A. 2007. Seasonal resource tracking by Amazonian hummingbirds. *Ibis*. 149(1):135-142. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00619.x>

- Dalsgaard B., Carstensen D.W., Kirkconnell A., Martín González A.M., Martínez García O., Timmermann A., Sutherland W.J. 2012. Floral traits of plants visited by the bee hummingbird (*Mellisuga helenae*). *Ornitologia Neotropical*. 23(1):143-149.
- Dalsgaard B., Kennedy J.D., Simmons B.I., Baquero A.C., Martín González A. M., Timmermann A., Maruyama P.K., McGuire J.A., Ollerton J., Sutherland W.J., Rahbek, C. 2018. Trait evolution, resource specialization and vulnerability to plant extinctions among Antillean hummingbirds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 285(1875):20172754. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2754>
- Dalsgaard B., Martín González A.M., Olesen J.M., Ollerton J., Timmermann A., Andersen L.H., Tossas A.G. 2009. Plant-hummingbird interactions in the West Indies: floral specialization gradients associated with environment and hummingbird size. *Oecologia*. 159:757-766. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1255-z>
- Dalsgaard B., Martín González A.M., Olesen J.M., Timmermann A., Andersen L.H., Ollerton J. 2008. Pollination networks and functional specialization: A test using Lesser Antillean plant-hummingbird assemblages. *Oikos*. 117(5):789-793. DOI: [10.1111/j.0030-1299.2008.16537.x](https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16537.x)
- Del Hoyo J., Collar N., Kirwan G.M., Boesman P. 2019. Cozumel Emerald (*Chlorostilbon forficatus*). In: Del Hoyo J., Elliot A., Sargatal J., Christie D.A., De Juana E., editors. *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions [consultado el 23 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.hbw.com/node/467216>
- Durán R., Campos G., Trejo J.C., Simá P., May-Pat F., Juan-Qui, M. 2000. Listado florístico de la Península de Yucatán. Mérida (Yucatán): Centro de Investigación Científica de Yucatán. 259 p.
- Feinsinger P., Colwell R.K. 1978. Community organization among Neotropical nectar-feeding birds. *American Zoologist*. 18(4):779-795. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/18.4.779>
- Flores J.S. 1992. Vegetación de las islas de la Península de Yucatán: florística y etnobotánica. *Etnoflora yucatanense*. 70 p.
- Franklin J., Steadman D.W. 1991. The potential for conservation of Polynesian birds through habitat mapping and species translocation. *Conservation Biology*. 5(4):506-521. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00358.x>
- Hansen A.J., Knight R.L., Marzluff J.M., Powell S., Brown K., Gude P.H., Jones K. 2005. Effects of exurban development on biodiversity: patterns, mechanisms, and research needs. *Ecological Applications*. 15(6):1893-1905. DOI: <https://doi.org/10.1890/05-5221>
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. Encuesta intercensal. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía [consultado el 15 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Qroo/Poblacion/>
- [IUCN] International Union for Conservation of Nature. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2 [consultado el 25 de octubre 2019]. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>
- Kodric-Brown A., Brown J.H., Byers G.S., Gori D.F. 1984. Organization of a tropical island community of hummingbirds and flowers. *Ecology*. 65(5):1358-1368. DOI: <https://doi.org/10.2307/1939116>
- Lara C. 2006. Temporal dynamics of flower use by hummingbirds in a highland temperate forest in Mexico. *Ecoscience*. 13(1):23-29. DOI: [https://doi.org/10.2980/1195-6860\(2006\)13\[23:tdofub\]2.0.co;2](https://doi.org/10.2980/1195-6860(2006)13[23:tdofub]2.0.co;2)
- Lara C., González J.M., Hudson R. 2008. Observational learning in the White-Eared Hummingbird (*Hylocharis leucotis*): experimental evidence. *Ethology*. 115(9):872-878. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2009.01668.x>
- LePage D. 2014. Avibase, the World Bird Database [consultado el 16 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://avibase.bsc-eoc.org/>
- Linhart Y.B., Feinsinger P., Beach J.H., Busby W.H., Murray K.G., Pounds W.Z., Kinsman S., Guindon C.A., Kooiman M. 1987. Disturbance and predictability of flowering patterns in bird-pollinated cloud forest plants. *Ecology*. 68(6), 1696-1710. DOI: <https://doi.org/10.2307/1939862>
- Márquez-Luna U., Lara C., Corcuera P., Valverde P. 2018. Efecto del tamaño corporal y distancia evolutiva en las interacciones agonísticas de colibríes (Trochilidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 89(1):149-162. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.1.1876>

- Martén-Rodríguez S., Kress W.J., Temeles E.J., Meléndez-Ackerman E. 2011. Plant-pollinator interactions and floral convergence in two species of *Heliconia* from the Caribbean Islands. *Oecologia*. 167(4):1075-1083. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-011-2043-8>
- Martén-Rodríguez S., Quesada M., Castro A.A., Lopezaraiza-Mikel M., Fenster C.B. 2015. A comparison of reproductive strategies between island and mainland Caribbean Gesneriaceae. *Journal of Ecology*. 103(5):1190-1204. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12457>
- Martínez-Morales M.A. 1996. The Cozumel Curassow: abundance, habitat preference and conservation [MPhil thesis], University of Cambridge.
- McKinney M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems*. 11(2):161-176. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4>
- Memmott J., Waser N.M., Price M.V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 271(1557):2605-2611. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2909>
- Montgomerie R.D., Gass C.L. 1981. Energy limitation of hummingbird population in tropical and temperate communities. *Oecologia*. 50(2):162-165. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf00348031>
- Naturalista. 2019. Esmeralda de Isla Cozumel. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [consultado el 18 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.naturalista.mx>
- Olson S.L., James H.F. 1982. Fossil birds from the Hawaiian Islands: Evidence for wholesale extinction by man before western contact. *Science*. 217:633-635.
- Ortiz-Pulido R. 2018. ¿Qué especies están en riesgo en México? *Huitzil*. 19(2):237-272. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.348>
- Palafox-Muñoz A., Collantes Chávez C.A. 2009. El turismo en ambientes sensibles. Caso Isla Cozumel, México. *Análisis del turismo*. 4:49-63. Secretaría de Turismo.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing [accessed: 16 December 2019]. Available from: <https://www.R-project.org/>
- Reichard S.H., White P. 2001. Horticulture as a pathway of invasive plant introductions in the United States: Most invasive plants have been introduced for horticultural use by nurseries, botanical gardens, and individuals. *BioScience*. 51:103-113. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0103:HAAPOI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0103:HAAPOI]2.0.CO;2)
- Richardson D.M., Allsopp N., D'antonio C.M., Milton S.J., Rejmánek M. 2000. Plant invasions: the role of mutualism. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 75(1):65-93. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1999.tb00041.x>
- Robinson L., Newell J.P., Marzluff J.M. 2005. Twenty-five years of sprawl in the Seattle region: growth management responses and implications for conservation. *Landscape and Urban Planning*. 71(1):51-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.02.005>
- Sax D.F., Gaines S.D., Brown J.H. 2002. Species invasions exceed extinctions on Islands worldwide: a comparative study of plants and birds. *The American Naturalist*. 160(6):766-783. DOI: <https://doi.org/10.2307/3078859>
- [Semarnat] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación [Internet]. México (DF). 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección [consultado el 20 de octubre de 2019]. Disponible en: https://www.profe-pa.gob.mx/innovaportal/file/3552/1/nom-059-semarnat-2010__30-dic-2010.pdf
- [SMN] Servicio Meteorológico Nacional. 2019. Normales climatológicas por Estado [consultado el 19 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/es/>
- Téllez-Valdez O., Cabrera E.F. 1987. Florula de la Isla Cozumel, Quintana Roo. Listados florísticos de México. México (DF): Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 34 p.
- Téllez-Valdez O., Cabrera E.F., Linares E., Bye R. 1989. Las plantas de Cozumel: (guía botánico-turística de la Isla de Cozumel, Quintana Roo). México (DF): Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 75 p.

- Traveset A., Richardson D.M. 2006. Biological invasions as disruptors of plants reproductive mutualisms. *Trends Ecology & Evolution*. 21(4):208-216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.01.006>
- Traveset A., Richardson D.M. 2014. Mutualistic interactions and biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 45(1):89-113. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091857>
- Van der Pijl L. 1961. Ecological aspects of flower evolution. II. Zoophilous flower classes. *Evolution*. 15(1): 44-59.
- Wickham H. 2016. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. New York: Springer-Verlag.



CIPAMEX
Sociedad para el Estudio y Conservación
de las Aves en México, A.C.