



Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Posgrado en Ciencias Biológicas

**SELECCIÓN DEL SITIO DE ANIDACIÓN Y ÉXITO DE
ANIDACIÓN DEL COLIBRÍ COLA HENDIDA
(*Doricha eliza*) EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN,
MÉXICO.**

Tesis que presenta

JOEL FRANCISCO ORTEGA PIMENTA

En opción al título de

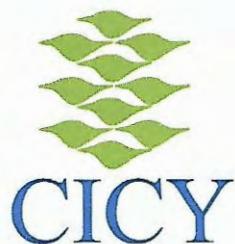
**MAESTRO EN CIENCIAS
(Ciencias Biológicas: Opción Recursos Naturales)**

Mérida, Yucatán, México. Marzo de 2014



CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN, A. C.

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS



RECONOCIMIENTO

Por medio de la presente, hago constar que el trabajo de tesis titulado “Selección del sitio de anidación y éxito de anidación del colibrí cola hendida (*Doricha eliza*) en la Península de Yucatán, México” fue realizado en los laboratorios de la Unidad de Recursos Naturales del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. bajo la dirección de la Dra. Eurídice Leyequién Abarca y el Dr. Raúl Ortiz Pulido, dentro de la Opción de Recursos Naturales, perteneciente al Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas de este Centro.

Atentamente,

Dr. Felipe Augusto Vázquez Flota

Coordinador de Docencia

Mérida, Yucatán, México; marzo del 2014.

DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en la sección de Materiales y Métodos Experimentales, los Resultados y Discusión de este documento proviene de las actividades de experimentación realizadas durante el período que se me asignó para desarrollar mi trabajo de tesis en las Unidades y Laboratorios del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y que a razón de lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente a dicho Centro de Investigación. Por otra parte, en virtud de lo ya manifestado, reconozco que de igual manera los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que deriven o pudieran derivar de lo correspondiente a dicha información le pertenecen patrimonialmente al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y en el mismo tenor, reconozco que si derivasen de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se regirán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.



Joel Francisco Ortega Pimienta

DEDICATORIA

A mi familia y amigos

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme la beca número 326487 durante la realización de la Maestría y por otorgarme una beca mixta para realizar una estancia académica.

Al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. y a la Unidad de Recursos Naturales por las facilidades brindadas durante mis estudios de posgrado y por otorgarme una beca de movilidad para realizar una estancia académica.

A mis directores de tesis, la Dra. Eurídice Leyequién Abarca y Dr. Raúl Ortíz Pulido por su apoyo y orientación académica.

A los miembros de mi Comité tutorial, Dr. Juan Manuel Dupuy y M. C. Jorge Montero Muñoz por su asesoría académica.

A los miembros del jurado Dra. Eurídice Leyequién Abarca, Dr. Raúl Ortíz Pulido, Dr. Juan Manuel Dupuy, M. C. Jorge Montero Muñoz y Dra. Luz María Calvo Irabién por la revisión y comentarios al documento de tesis.

A Waldemar Santamaría, Saúl Ojeda, Oscar Euán y Rosalina Rodríguez por su ayuda con el trabajo de campo.

A Filogonio May Pat y José Luis Tapia por su ayuda con la identificación de plantas.

Al Dr. Christopher J. Clark, Dr. Harold Grenney, Dr. Román Díaz Valenzuela y a Erick Martínez por sus comentarios y observaciones que enriquecieron el trabajo de tesis.

A la M. C. María Andrade Hernández por brindarme las facilidades para usar la estación de campo de PRONATURA en Celestún.

A todos mis compañeros de posgrado del CICY por su amistad y apoyo durante todo el proceso de Maestría.

A Ana G. Covarrubias por su ayuda y respaldo en todas las etapas de la Maestría.

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	5
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES GENERALES	7
Clasificación y características ecológicas de los colibríes	7
El colibrí cola hendida (<i>Doricha eliza</i>)	8
Selección del sitio de anidación	10
Éxito de anidación	11
Vegetación de duna costera y de manglar	12
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y PREDICIONES	13
Preguntas de investigación	13
Predicciones	14
OBJETIVOS	14
Objetivo general	14
Objetivos particulares	14
ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN	14
BIBLIOGRAFÍA	15
CAPÍTULO II. BREEDING BIOLOGY, DISTRIBUTION AND ECOLOGY OF THE MEXICAN SHEARTAIL (<i>Doricha eliza</i>) IN THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO	21
INTRODUCTION	21
METHODS	23
RESULTS	25
DISCUSSION	30
LITERATURE CITED	35
CAPÍTULO III. NEST-SITE SELECTION AND NEST SURVIVAL OF THE MEXICAN SHEARTAIL (<i>Doricha eliza</i>) IN THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO	41
INTRODUCTION	41
METHODS	42
RESULTS	46
DISCUSSION	46
LITERATURE CITED	50
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES GENERALES Y PERSPECTIVAS	55
CONCLUSIONES	55
PERSPECTIVAS	56
ANEXOS	59



ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 2.1. Map of north Yucatan Peninsula, showing the extent of occurrence of the Mexican Sheartail	23
Figure 3.1. Location of the study areas in the northwest of the Yucatan Peninsula Mexico	43
Figure 3.2. Map of the distribution of nests found within the Telchac Puerto study area	47
Figure 3.3. Nest orientation in relation to the center of the nest substrate (A). Orientation of wind direction (B)	49



ÍNDICE DE CUADROS

Table 2.1. Mexican Sheartail nest and nest patch reuse after at least one breeding attempt in the Yucatan Peninsula, Mexico	27
Table 2.2. Plants species whose flowers were visited by Mexican Sheartail individuals at the Yucatan Peninsula, Mexico	28
Table 2.3. Mean densities (ind ha ⁻¹) and standard errors (SE) of plant species in the pioneer vegetation, shrub vegetation and edge of mangroves of Telchac Puerto, Yucatan, Mexico	30
Table 3.1. Variables used to develop candidate models for analysis of nest-site selection and nest survival of the Mexican Sheartail in the Yucatan, Peninsula, Mexico	45
Table 3.2. Habitat characteristics at nest patch scale for nest sites of the Mexican Sheartail (<i>n</i> = 39) and random sites (<i>n</i> = 20)	48
Table 3.3. Logistic regression top four models predicting Mexican Sheartail nest-site selection	48
Table 3.4. Daily nest survival and overall nest success in all the study area and in the edge of mangroves and coastal sand dune vegetation	49
Table 3.5. Models explaining nest survival of the Mexican Sheartail in the north coast of the Yucatan Peninsula	50
Table 3.6. Beta estimates and 95% confidence intervals (CI) for parameters in the best-supported model of daily survival rates of Mexican Sheartail nests in the Yucatan Peninsula	50



RESUMEN

El colibrí cola hendida (*Doricha eliza*) es una especie endémica de México que ha sido poco estudiada y se encuentra amenazada. Tiene dos poblaciones alopátricas, una en la Península de Yucatán y la otra en el estado de Veracruz. El objetivo principal de este trabajo fue estudiar los aspectos básicos de la biología reproductiva de *D. eliza* en Yucatán, así como determinar las características del hábitat que están relacionadas con la selección del sitio de anidación e identificar la influencia de estas características sobre el éxito de anidación. Para ello se realizó una búsqueda de individuos y nidos de *D. eliza* entre agosto 2011 y octubre 2012 en la costa norte de la Península de Yucatán. A través del seguimiento sistemático de los nidos se encontró que solo la hembra construye el nido, incuba los huevos y alimenta a los polluelos; que el periodo de incubación es de 16 días y el de polluelos de 21 días. Se encontró una abundancia relativa de 8.95 individuos por kilómetro recorrido y esta abundancia fue mayor en la vegetación de duna costera que en bordes de manglar. El colibrí *D. eliza* fue observado alimentándose del néctar de las flores de 17 especies de plantas, siendo *Malvaviscus arboreus* y *Agave angustifolia* las dos plantas más visitadas.

Las características del hábitat fueron comparadas entre sitios de nidos y sitios elegidos al azar, la selección del sitio de anidación no es al azar, pues los nidos son colocados alejados de plantas adyacentes, cercanos a cuerpos de agua y en parches con un número menor de flores que sitios al azar. Los nidos de *D. eliza* se orientaron hacia el suroeste (ángulo medio = 208.99°), una orientación que le provee protección contra los vientos predominantes que soplan desde el noreste (ángulo medio = 72.50°). La depredación fue la principal causa de fracaso de los nidos; el éxito de anidación fue de 12.16% y la tasa de supervivencia diaria de los nidos fue significativamente mayor en los bordes de manglar que en la vegetación de duna costera. La tasa de supervivencia diaria de nidos disminuye conforme aumenta la altura de la planta del nido y el número de tallos donde se encuentra el nido, y aumenta conforme aumenta la altura del nido, el diámetro en la base de la planta del nido y el ocultamiento del nido a 1 m. Diversos aspectos de la biología reproductiva de *D. eliza* son semejantes a lo reportado para la población de Veracruz. Para la conservación de *D. eliza* en Yucatán, urge proteger efectivamente su principal hábitat de reproducción, pues en los últimos años se ha perdido la mayoría de la vegetación original.

RESUMEN

El colibrí cola hendida (*Doricha eliza*) es una especie endémica de México que ha sido poco estudiada y se encuentra amenazada. Tiene dos poblaciones alopátricas, una en la Península de Yucatán y la otra en el estado de Veracruz. El objetivo principal de este trabajo fue estudiar los aspectos básicos de la biología reproductiva de *D. eliza* en Yucatán, así como determinar las características del hábitat que están relacionadas con la selección del sitio de anidación e identificar la influencia de estas características sobre el éxito de anidación. Para ello se realizó una búsqueda de individuos y nidos de *D. eliza* entre agosto 2011 y octubre 2012 en la costa norte de la Península de Yucatán. A través del seguimiento sistemático de los nidos se encontró que solo la hembra construye el nido, incuba los huevos y alimenta a los polluelos; que el periodo de incubación es de 16 días y el de polluelos de 21 días. Se encontró una abundancia relativa de 8.95 individuos por kilómetro recorrido y esta abundancia fue mayor en la vegetación de duna costera que en bordes de manglar. El colibrí *D. eliza* fue observado alimentándose del néctar de las flores de 17 especies de plantas, siendo *Malvaviscus arboreus* y *Agave angustifolia* las dos plantas más visitadas.

Las características del hábitat fueron comparadas entre sitios de nidos y sitios elegidos al azar, la selección del sitio de anidación no es al azar, pues los nidos son colocados alejados de plantas adyacentes, cercanos a cuerpos de agua y en parches con un número menor de flores que sitios al azar. Los nidos de *D. eliza* se orientaron hacia el suroeste (ángulo medio = 208.99°), una orientación que le provee protección contra los vientos predominantes que soplan desde el noreste (ángulo medio = 72.50°). La depredación fue la principal causa de fracaso de los nidos; el éxito de anidación fue de 12.16% y la tasa de supervivencia diaria de los nidos fue significativamente mayor en los bordes de manglar que en la vegetación de duna costera. La tasa de supervivencia diaria de nidos disminuye conforme aumenta la altura de la planta del nido y el número de tallos donde se encuentra el nido, y aumenta conforme aumenta la altura del nido, el diámetro en la base de la planta del nido y el ocultamiento del nido a 1 m. Diversos aspectos de la biología reproductiva de *D. eliza* son semejantes a lo reportado para la población de Veracruz. Para la conservación de *D. eliza* en Yucatán, urge proteger efectivamente su principal hábitat de reproducción, pues en los últimos años se ha perdido la mayoría de la vegetación original.

ABSTRACT

The Mexican Sheartail (*Doricha eliza*) is a poorly known and threatened hummingbird endemic to Mexico, occurring in two disjunct populations, one in the Yucatan Peninsula and the other in the state of Veracruz. The main objective of this study was to provide data about the breeding biology of this hummingbird in the Yucatan Peninsula, determine habitat characteristics related to nest-site selection and to identified the influence of nest-site characteristics on nesting success. A survey was conducted searching for individuals of the Mexican Sheartail and its nests, between August 2011 and October 2012 in the northwest coast of the Yucatan Peninsula. Nests were monitored; only the female built the nest, incubate the eggs and fed nestlings. The incubation period was in average 16 days and the nestling period was 21 days. A relative abundance of 8.95 individuals per kilometer traveled was recorded, and this abundance differs between individuals observed at the coastal sand dune and edge of mangroves. Mexican Sheartails were observed feeding of the nectar of 17 plants; *Malvaviscus arboreus* and *Agave angustifolia* were the two plants more visited.

Habitat characteristics were compared in nest sites and random sites. Nest-site selection was nonrandom, nests were located farther to adjacent plants, closer to water bodies and were found in patches with lower number of flowers than random sites. Mexican Sheartail nests were oriented toward the southwest (mean angle = 208.99°), an orientation that provided shelter from prevailing northeasterly winds (mean angle = 72.50°). Predation was the primary cause of nest failure. Overall nests success was 12.16%, daily survival rate was significantly higher for nests in the edge of mangroves than in the costal sand dune. Daily survival rates decreased as nest substrate height and nest substrate stems increased, and increased with increasing nest height, nest substrate diameter at the base and nest concealment. Several aspects of the breeding biology and ecology are similar with those recorded for the Mexican Sheartail Veracruz population. For the Mexican Sheartail conservation is urgent to protect effectively its breeding habitat.

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios se han llevado a cabo enfocándose en la anidación de colibríes. Por ejemplo, un estudio encontró que la disponibilidad de alimento (néctar de flores) puede influir en la fenología de anidación, selección del sitio del nido y en el éxito de los nidos (Waser, 1976). También, se ha encontrado que las hembras de colibríes que se encuentran anidando pueden responder agresivamente cuando otras aves se acercan al nido (Baltosser, 1996) y que los nidos que presentaron un mayor número de interacciones de este tipo fueron menos exitosos. El éxito de anidación varía entre especies de colibríes y áreas de estudio, se ha encontrado una probabilidad de éxito desde un 4.4% (Diaz-Valenzuela *et al.*, 2011) hasta un 73% (Smith *et al.*, 2009).

La depredación ha sido identificada como la mayor causa de fracaso de los nidos de aves (Martin, 1992; Ricklefs, 1969). De hecho, se ha identificado que este tipo de depredación es una importante fuerza evolutiva en la biología reproductiva de aves (Martin y Briskie, 2009) y en particular sobre la selección del sitio de anidación (Lima, 2009; Martin, 1993).

Un nido que se encuentre muy oculto puede ser menos detectable por depredadores, por lo tanto, se espera que las aves prefieran sitios que le proporcionen al nido el mayor ocultamiento posible (Lima, 2009). Esto se ha encontrado para diferentes especies de aves, donde nidos con un mayor ocultamiento presentan una mayor probabilidad de éxito (Martin, 1992). Sin embargo, otras aves prefieren sitios para anidar más expuestos y que proporcionen una mayor visibilidad de los alrededores, esta estrategia le permite a los adultos poder detectar depredadores a tiempo y responder a la presencia del potencial depredador (e.g. defender el nido o escapar del depredador) (Götmark, 1995).

En México se distribuyen aproximadamente 57 especies de colibríes (Torres-Chávez y Navarro-Sigüenza, 2000), y los aspectos básicos de la biología reproductiva de muchos de ellos han sido muy poco estudiados, en particular sobre los colibríes endémicos de México, ya que la mayoría de los trabajos sobre este grupo de aves se han realizado en Estados Unidos y Canadá (Schuchmann, 1999). Uno de los colibríes endémicos poco estudiados es el colibrí cola hendida (*Doricha eliza*). Esta especie tiene dos poblaciones alopátricas, una en el centro del estado de Veracruz y otra en la costa norte de la Península de Yucatán. Los individuos de esta última población se han registrado principalmente en la vegetación de duna costera aunque también en los bordes de

manglar (Howell y Webb, 1995). Actualmente la especie se encuentra en riesgo de peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) y en estatus de casi amenazada de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (BirdLife International, 2013). La información que se ha generado acerca de la biología de *D. eliza* es poca y sólo en los últimos años se han realizado trabajos más detallados acerca de esta especie (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011; Ortiz-Pulido *et al.*, 2002; Ortiz-Pulido *et al.*, 1998). Sin embargo, estos trabajos se han enfocado principalmente en el estudio de la población de Veracruz, mientras que para la población de Yucatán han sido escasos los estudios (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002).

En Yucatán el hábitat de *D. eliza* cuenta con varias áreas naturales protegidas a lo largo de la zona costera (Ruiz-Barranco y Arellano-Morín, 2010), sin embargo se estima que la vegetación de matorral de duna costera, mangle y selva baja en algunos sitios ha perdido más de la mitad de su territorio original (Batllori-Sampedro *et al.*, 1999). Asimismo, la mayoría de las dunas costeras en México presentan deterioro y fragmentación como producto de un crecimiento urbano inmoderado, el establecimiento de casas de verano, hoteles, basureros clandestinos, carreteras y por la incidencia de huracanes, entre otros (Euán-Ávila *et al.*, 2007).

El objetivo principal de este estudio es caracterizar los aspectos básicos de la biología reproductiva de *D. eliza* en la Península de Yucatán, así como determinar las características del hábitat que están relacionadas con la selección de su sitio de anidación e identificar la influencia de estas características sobre el éxito de anidación.

En este trabajo se presenta también información relevante sobre la ecología, abundancia relativa y distribución de *D. eliza* en la zona, ya que en conjunto, esta información nos permite entender mejor los requerimientos de hábitat, realizar comparaciones con la población de Veracruz, evaluar su estado de conservación y planear medidas de manejo y conservación más efectivas.

ANTECEDENTES GENERALES

Clasificación y características ecológicas de los colibríes

En el mundo se han descrito 9,600 especies de aves, de las cuales 1,096 especies se distribuyen en México, esto representa aproximadamente el 11% de las especies del planeta, de estas especies, 111 son endémicas, es decir el 10% de ellas solo se pueden encontrar en México (Cantú *et al.*, 2011).

Los colibríes pertenecen al orden Apodiforme y a la familia Trochilidae (colibríes). Esta es una familia endémica del continente americano que cuenta con aproximadamente 340 especies (Ornelas, 1996). En México se estima que están presentes alrededor de 57 especies (Torres-Chávez y Navarro-Sigüenza, 2000) de las cuales 15 son endémicas (Cantú *et al.*, 2011), dentro de estas especies endémicas se encuentra el colibrí *D. eliza*.

Los colibríes son un grupo de aves con características muy peculiares; su distribución abarca desde Alaska hasta Chile pero la mayor diversidad de especies se presenta en las regiones tropicales (Torres-Chávez y Navarro-Sigüenza, 2000). Una de las características más notable de estas aves es su plumaje, ya que presenta una variedad de ornamentos (e.g., crestas, gargantas, colas largas de varios colores y formas) así como un plumaje iridiscente que refleja colores metálicos debido a una modificación en la estructura de las plumas, en el número y grosor de capas de aire e inclusión de laminillas metálicas. Asimismo muchas especies presentan un dimorfismo sexual muy notable, aunque otras no (Ornelas, 1996). Otras características particulares de estas especies son que su corazón puede latir 1,400 veces por minuto, pueden mover sus alas hasta 80 veces por segundo y su fisiología les permite tener topor nocturno (Ortiz-Pulido, 2002). También pueden volar en todas las direcciones, incluso hacia atrás, y a una gran velocidad. Esto último se debe a cambios en el esqueleto, que involucran el tamaño del esternón y la reducción de los huesos del brazo así como la musculatura especializada asociada al esternón (Ornelas, 2006).

Los colibríes requieren obtener una gran cantidad de alimento con altos contenidos de energía, es por esto que se alimentan muy frecuentemente, principalmente del néctar de las flores (aunque también de insectos y arañas) (Torres-Chávez y Navarro-Sigüenza, 2000). Uno de los principales papeles ecológicos de los colibríes es la polinización. El

polen se les adhiere en el pico, la garganta y la cabeza, y este polen es llevado a otras flores donde es depositado en las estructuras femeninas (Ortiz-Pulido, 2002; Torres-Chávez y Navarro-Sigüenza, 2000).

El colibrí cola hendida (*Doricha eliza*)

Doricha eliza se encuentra agrupado dentro de los colibríes “abejas” (Mellisugini; McGuire *et al.*, 2009), aunque hasta el momento no existe información publicada, apoyada en estudios genéticos, que indique su posición en el clado. El macho adulto es de color bronce-verde metálico, esta coloración se extiende hasta la cola. La barbilla y la garganta son de color morado metálico (babero); debajo del babero se presenta un plumaje blanco que se extiende hasta la mitad del pecho; el pico es color negro, curvo y largo; la cola es larga y bifurcada. La hembra es similar al macho pero con la cola más corta y redondeada y no presenta el babero morado en la garganta (Johnsgard, 1997). Algunas de las medidas morfométricas de esta especie son: pico 19.6 mm, largo de las alas 36 mm, rectrices externas 35.8 mm y rectrices internas 24.4 mm (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002).

En México existen dos poblaciones alopátricas separadas por 650 km, una población se encuentra en el centro de Veracruz y la otra en la costa norte de la Península de Yucatán (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002; Johnsgard, 1997; Howell y Webb, 1995). Se ha sugerido que la población de la Península de Yucatán se restringe a una franja de 1 km de ancho a lo largo de la costa norte de la Península (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002), principalmente en vegetación de duna costera aunque también en bordes de manglar (Howell y Webb 1995). La población de Veracruz se encuentra a 25 km de la costa, principalmente en vegetación árida sin disturbios (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002) y pastizales húmedos naturales, a una altura entre 110 y 1,480 msnm y restringida a un polígono de 20 km de ancho y 40 de largo (Ortiz-Pulido y Díaz, 2001).

La posición taxonómica de esta especie aún se encuentra en discusión tanto a nivel de género, como a nivel de especie. Algunos autores, por ejemplo, han colocado a esta especie dentro del género *Calothorax* (Howell y Webb, 1995), otros dentro del género *Tilmatura* (Jonhsgard, 1997) y otros dentro del género *Calliphlox* (R. Zusi citado en Ortiz-Pulido *et al.*, 2002), esto se debe principalmente a diferencias y semejanzas en la configuración de la cola, así como a la forma y tamaño del pico con otras especies de los géneros antes mencionados. Sin embargo, debido a la disyunción que existe en la

distribución de las dos poblaciones, así como por algunas ligeras diferencias en la coloración del plumaje, algunos autores han sugerido que en realidad se pudiera tratar de dos especies distintas (ver Ortiz-Pulido y Díaz, 2001; Torres-Chávez y Navarro-Sigüenza, 2000).

La información que se ha generado acerca de la biología de *D. eliza* es poca y solo en los últimos años se han realizado trabajos para conocer más acerca de esta especie (Díaz-Valenzuela et al., 2011; Ortiz-Pulido et al., 2002; Ortiz-Pulido y Díaz, 2001; Ortiz-Pulido et al., 1998). Sin embargo, estos trabajos se han enfocado principalmente en el estudio de la población de Veracruz. Por ejemplo con base en ella se realizó la primera descripción del nido (Ortiz-Pulido et al., 1998), se estudió su distribución en la zona baja del centro de Veracruz (Ortiz-Pulido y Díaz, 2001), y se realizó un estudio acerca de su biología reproductiva (Díaz et al., 2011). De manera interesante, un estudio comparativo acerca de la morfología, estatus taxonómico, distribución geográfica, ecología y conducta entre las poblaciones de Veracruz y de la Península de Yucatán (Ortiz-Pulido et al., 2002), no mostró evidencia de diferenciación en las mediciones fenotípicas. Sin embargo, se identificaron algunos aspectos de su ecología y comportamiento que sugieren diferencias entre estas poblaciones; además se identificó una amplia disyunción en la distribución geográfica y nicho ecológico, los cuales no se sobrelapan (Ortiz-Pulido et al., 2002). Además, los autores de dicho estudio consideran que el estado de conservación de las dos poblaciones es diferente, siendo la de la Península de Yucatán vulnerable y la de Veracruz en peligro de extinción.

Por otra parte, el nido de *D. eliza* fue descrito por primera vez para la población de Veracruz, por Ortiz-Pulido et al. (1998), ellos encontraron un nido colocado sobre *Calea urticifolia* a una altura de 1.3 m sobre el suelo, el nido tenía forma de copa y 5.07 cm de altura, 3.1 cm de diámetro de la abertura y 1.51 cm de profundidad, el nido estaba compuesto de semillas de *C. urticifolia* y otras semillas dispersadas por el viento, telarañas y líquenes. Posteriormente Díaz-Valenzuela et al. (2011), en Veracruz, describen los huevos de *D. eliza*, estos son de color blanco-rosa recién son puestos, pero se oscurecen cuando pasan algunos días de incubación; los huevos son ovalados, ligeramente alargados y pequeños, de $12.0 \pm 0.1 \times 8.0 \pm 0.1$ mm ($n = 7$) y tienen un peso de 0.55 ± 0.11 g (media ± error estándar; $n = 6$). Estos últimos autores también midieron y describieron 11 nidos activos en cuatro especies de arbustos, cinco en *Solanum*

tridynamum, tres en *Mimosa albida*, dos en *C. urticifolia* y uno en *Acacia farnesiana*, los nidos se encontraron significativamente cerca de cuerpos de agua y comúnmente en plantas con espinas. Los nidos tenían forma de copa, colocados a 73.1 ± 21.5 cm sobre el suelo, y tenían una altura de 36.5 ± 7.3 mm, un diámetro interno de 24.2 ± 2.3 mm, un diámetro externo de 35.2 ± 1.8 mm y una profundidad de 19.5 ± 5.1 mm (datos presentados con media ± error estándar).

Para la población de Veracruz se ha registrado anidación de julio a septiembre (Díaz *et al.*, 2011), mientras para la población de la Península de Yucatán se cree que va de agosto a abril (Howell y Webb 1995).

Selección del sitio de anidación

Las características del hábitat tales como altura y cobertura del follaje, número de árboles, diversidad de especies de plantas, elevación, entre otros factores son consideradas por las aves al momento de seleccionar su sitio de anidación (Hoover y Brittingham, 1998). Por ejemplo, se ha identificado que la altura en la que son colocados los nidos de colibríes difiere entre especies (Baltosser, 1986). También se ha reportado que un colibrí (*Archilochus alexandri*) coloca sus nidos cerca de nidos de un gavilán, aparentemente con el objetivo de protegerlos de otros depredadores, ya que los nidos de los colibríes que se encontraron más cerca de los nidos del gavilán fueron más exitosos que los que se encontraban alejados (Greeney y Wethington, 2009). Por otro lado, se ha encontrado que la misma especie de colibrí coloca la mayoría de sus nidos en dos especies de plantas, y que si se lleva a cabo la remoción de cierta parte de la cubierta vegetal entonces las plantas utilizadas como substrato para los nidos pueden cambiar (Smith *et al.*, 2009).

Además de las características estructurales de la vegetación que pudieran ser importantes para seleccionar un sitio para anidar, diversos estudios han encontrado que la abundancia de alimento puede ser el factor más importante en dicha selección (Barea *et al.*, 2012). De manera similar, Waser (1973) encontró que nidos de colibríes se encontraban cercanos a parches de flores.

En específico, en Veracruz, se encontró que los nidos de *D. eliza* suelen estar colocados en plantas con espinas, en pastizales naturales y ganaderos dominados por plantas del género *Acacia*, y cerca de caminos y cuerpos de agua (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011). La

cercanía a cuerpos de agua se ha reportado para otras especies de colibríes (Greeney *et al.* 2006; Calder, 1973), sin embargo no es clara la razón por la cual son colocados cerca de cuerpos de agua.

Los trabajos que estudian la selección del sitio de anidación generalmente trabajan en dos niveles; planta focal y parche del nido (Martin *et al.*, 1997). En el nivel de la planta focal se estudian las características estructurales de la planta donde se encuentra el nido (e.g. altura, cobertura, número de tallos, diámetro del tallo), y las características del nido en relación a su localización en la planta focal (altura del nido, ocultamiento del nido, orientación con respecto al tallo principal, número y diámetro de las ramas que sostienen al nido, distancia del nido al tallo principal y al borde del follaje). A nivel de parche se estudian las características de la estructura (altura, cobertura, número de tallos, diámetro del tallo) de la vegetación circundante al nido. Estas mediciones se realizan en parcelas circulares o transectos centrados en la planta del nido (Martin *et al.*, 1997).

Éxito de anidación

La depredación ha sido identificada como la principal causa de fracaso de los nidos de colibríes (Smith *et al.*, 2009; Fierro-Calderón y Martin, 2007; Baltosser, 1986). El éxito de anidación (la probabilidad de que al menos un volantón salga el nido; Mayfield (1975) está influenciado por la selección del sitio de anidación en gran medida porque las características del sitio de anidación pueden influenciar las tasas de depredación de nidos (Martin y Roper, 1988). Diversos estudios han encontrado que para muchas especies de aves (principalmente passeriformes) las características del hábitat que le proporcionan al nido una mayor protección contra depredadores (e.g. alta cobertura vegetal y alta densidad de plantas), son las que favorecen que el éxito de anidación sea mayor (Martin, 1992).

Por ejemplo, estudios sobre colibríes han encontrado que conforme aumenta la altura del nido el éxito de anidación disminuye (Smith *et al.*, 2009; Baltosser, 1986). Esto se debe muy probablemente a que los nidos colocados a una mayor altura son más visibles y accesibles a depredadores aéreos. Por esto, es importante entender cómo las características del hábitat influyen en el éxito de anidación, para poder proponer y realizar acciones de manejo y conservación que favorezcan el éxito de anidación (Martin, 1992).

En Veracruz encontraron una baja probabilidad de supervivencia de los nidos de *D. eliza* (4.4%) debido a la depredación, a que no eclosionan los huevos, al disturbio humano y a condiciones climáticas adversas (intensas lluvias durante la incubación) (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011).

Vegetación de duna costera y de manglar

Se ha reportado que la principal área de distribución de *D. eliza* en la costa norte de la Península de Yucatán se restringe a la vegetación de duna costera y bordes de manglar (Ortiz-Pulido *et al.*, 2002; Howell y Webb, 1995).

La vegetación de duna costera es considerada como halófita, ya que es un tipo de vegetación que se desarrolla en suelos con alto contenido de sales solubles (Durán *et al.*, 2010; Espejel, 1992). La vegetación de duna costera tiene una distribución heterogénea a lo largo de la costa yucateca, ya que las comunidades pueden estar dominadas por diversas formas de vida en las diferentes zonas, es decir, hay localidades dominadas por especies herbáceas, otras por matorrales arbustivos, especies arbóreas o ambas (Durán *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2010; Espejel, 1992). Los patrones de vegetación de dunas costeras de la Península de Yucatán demuestran varios gradientes, en donde el suelo y la salinidad de las aguas subterráneas juegan un papel muy importante. La salinidad del suelo ha demostrado ser un importante factor limitante para la estructura y composición de la vegetación; los parámetros del suelo muestran cambios conforme aumenta la distancia al mar en donde la salinidad disminuye y la materia orgánica, el limo y la arcilla aumenta, todo lo cual está altamente relacionado con la distribución de la vegetación (Espejel, 1992).

En las dunas costeras la zona de pioneras es la vegetación que se encuentra cerca de las playas y crece prácticamente sobre arena móvil. En ella se desarrollan principalmente plantas herbáceas y arbustivas, tolerantes a medios de extrema salinidad, a vientos fuertes y a la acción de mareas altas. La mayoría de las especies que se establecen en esta zona presentan poco crecimiento vertical. Por otro lado, la zona de matorrales se encuentra en el interior de la duna, en donde la arena se encuentra fija y el suelo presenta mayor cantidad de materia orgánica. En esta zona crecen especies menos tolerantes a cambios ambientales; en ella dominan generalmente arbustos y árboles (Duran *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2010; Espejel, 1992; Espejel, 1984).

En la costa de la Península de Yucatán se presentan dos escenarios de manglar determinados por la geohidrología de la costa, i.e. el escenario húmedo y el escenario seco (Zaldivar-Jiménez *et al.*, 2010). En el escenario húmedo se desarrollan bosques con características ecológicas y estructuras forestales similares a las de los ambientes ribereños y deltaicos. Estos sitios están sujetos a un régimen hidrológico que combina la acción de la marea y la descarga del agua subterránea. Su vegetación está dominada por *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). Por otro lado, el escenario seco se caracteriza por que la inundación y los aportes de agua dulce están fuertemente influenciados por la estacionalidad de la precipitación, de manera que sus sedimentos son hipersalinos y con baja concentración de nutrientes, dando como resultado una estructura forestal de ambientes áridos, dominada por *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Conocarpus erectus* (botoncillo). Este escenario de manglar es dominante en sitios de la Península como Sisal, Progreso, Telchac y Río Lagartos, y es donde podría distribuirse comúnmente *D. eliza* ya que se encuentra inmediatamente después del matorral de duna costera. A este ecotono es al que se le llama en este estudio bordes de manglar.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y PREDICCIONES

Preguntas de investigación

1. - ¿Cuáles son las características del hábitat (estructura de la vegetación, cuerpos de agua, recursos florales) que determinan la selección del sitio de anidación de *D. eliza* en la Península de Yucatán?
2. - ¿Cuál es el éxito de anidación de la población de *D. eliza* en Yucatán?
3. - ¿Existen diferencias significativas entre la probabilidad de éxito de los nidos colocados en vegetación de duna costera y los colocados en bordes de manglar?
4. - ¿Cuáles características del hábitat seleccionadas por *D. eliza* influyen en el éxito de anidación?

Predicciones

Predicción 1. Dado que la selección del sitio de anidación de algunas especies de colibríes se ha relacionado con la estructura de la vegetación (Smith *et al.*, 2009) y características del hábitat como la presencia de cuerpos de agua (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011; Greeney *et al.*, 2006) y la abundancia de recursos florales (Baltosser, 1989), se espera que una combinación de estas características tengan una mayor influencia en la selección del sitio de anidación de *D. eliza* en Yucatán.

Predicción 2. Se predice que la depredación será la principal causa de fracaso en los nidos de *D. eliza* en Yucatán, como se ha reportado para los nidos de colibríes en general (Díaz-Valenzuela *et al.*, 2011; Fierro-Calderón y Martin, 2007; Baltosser, 1986).

Predicción 3. Dado que la probabilidad de éxito de los nidos de aves puede variar en relación al tipo de vegetación donde son colocados (Smith *et al.*, 2009; Martin, 1993), se espera encontrar diferencias entre la probabilidad de éxito de los nidos de *D. eliza* colocados en la vegetación de duna costera y los colocados en vegetación de manglar.

Predicción 4. Debido a que las aves seleccionan sitios de anidación que proporcionan protección contra depredadores (Martin, 1992), y que se ha identificado que el éxito de anidación puede ser influenciado por las características del sitio de anidación (Martin y Roper, 1988), esperamos que las principales características del hábitat seleccionadas por *D. eliza* para anidar en Yucatán, aumenten la probabilidad de éxito de sus nidos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Estudiar los aspectos básicos de la biología reproductiva de *D. eliza* en la Península de Yucatán, así como determinar las características del hábitat que están relacionadas con la selección del sitio de anidación y su influencia sobre el éxito de anidación.

Objetivos específicos

1.-Determinar el periodo de anidación de *D. eliza* (i.e. el periodo incubación y el de polluelos) y realizar una caracterización de sus nidos y huevos.

2.- Analizar las características del hábitat a nivel de parche del nido y a nivel de la planta focal, que influencian la selección del sitio de anidación.

3.- Estimar la probabilidad de supervivencia diaria de los nidos de *D. eliza*, el éxito de anidación total y realizar comparaciones entre tipos de vegetación.

4.- Analizar la asociación entre las características del sitio de anidación a nivel de planta focal y a nivel de parche, con el éxito de anidación.

ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

Para cumplir con los objetivos se realizó una búsqueda de individuos y nidos de *D. eliza* en zonas de vegetación de duna costera y bordes de manglar en tres sitios ubicados al noroeste de la Península de Yucatán. Los resultados principales se dividen en dos capítulos. Por medio de un seguimiento sistemático de nidos se estudiaron aspectos básicos de su biología reproductiva (ver objetivo específico 1), también a través de transectos se estimó la abundancia relativa de *D. eliza* y se obtuvo información de sus recursos florales y comportamiento. Esta información es presentada en el capítulo II. En el capítulo III se presentan estimaciones de la probabilidad de éxito de los nidos de *D. eliza* en toda el área de estudio y por tipo de vegetación. Se midieron características de la vegetación a nivel de parche en sitios con nidos y sitios elegidos al azar y se compararon entre sí, con el objetivo de identificar las características que prefieren las hembras para colocar sus nidos. Por ultimo, se identificaron las características a nivel de planta focal y de parche del nido que tienen influencia en la probabilidad de éxito de los nidos de *D. eliza*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baltosser, W. H. (1986). Nesting success and productivity of hummingbirds in southwestern New Mexico and southeastern Arizona. *Wilson Bulletin*, 98, 353-367.
- Baltosser, W. H. (1989). Nectar availability and habitat selection by hummingbirds in Guadalupe Canyon. *Wilson Bulletin*, 101, 559-57.
- Baltosser, W. H. (1996). Nest attentiveness in hummingbirds. *Wilson Bulletin*, 108, 228-245.

- Barea, L. P. (2012). Habitat influences on nest-site selection by the Painted Honeyeater (*Grantiella picta*): do food resources matter? *Emu*, 112, 39-45.
- Batllori-Sampedro, E., J. L. Febles-Patrón y J. Diaz-Sosa (1999). Landscape change in Yucatan's northwest coastal wetlands (1948-1991). *Human Ecology Review*, 1, 8-20.
- BirdLife International (2013). Species factsheet: *Doricha eliza*. BirdLife International. [Online] Disponible en: <http://www.birdlife.org> [Acceso 29 marzo 2013].
- Calder, W. A. 1973. Microhabitat selection during nesting of hummingbirds in the Rocky Mountains. *Ecology*, 54, 127-134.
- Cantú, J. C., H. Gómez de Silva y M. E. Sánchez (2011). *El Dinero Vuela: El Valor Económico del Ecoturismo de Observación de Aves*. Defenders of Wildlife, Washington. 56 p.
- Díaz-Valenzuela, R., N. Z. Lara-Rodriguez, R. Ortíz-Pulido, F. González-García y B. A. Ramírez (2011). Some aspects of the reproductive biology of the Mexican Sheartail (*Doricha eliza*) in central Veracruz. *The Condor*, 113, 177-182.
- Durán, R., W. Torres y I. Espejel (2010). La vegetación de la duna costera del estado de Yucatán, en: Diversidad Biológica y Desarrollo Humano en Yucatán, Durán, R., M. Méndez y J. Arellano (eds). Centro de Investigación Científica de Yucatán, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 136-137.
- Espejel, I. (1992). Coastal sand dune communities and soil relationships in the Yucatan Peninsula, Mexico, in: *Coastal Plant Communities of Latin America*, Seeliger, U. (ed). Academic Press. San Diego, California, U.S.A. pp. 323-335.
- Espejel, I. (1984). La vegetación de las dunas costeras de la península de Yucatán. I. Análisis florístico del estado de Yucatán. *Biótica*, 9, 183-210.
- Euán-Ávila, J., A. García y M. A. Liceaga-Correa (2007). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Instituto Tecnológico de Conkal, Instituto Tecnológico de Mérida, Universidad Autonoma de Yucatán. Informe Técnico Final. 290 p.

- Fierro-Calderón, K. y T. E. Martin (2007). Reproductive biology of the Violet-Chested Hummingbird in Venezuela and comparisons with other tropical and temperate hummingbirds. *The Condor*, 109, 680-685.
- Götmark, F., D. Blomqvist, O. C. Johansson y J. Bergkvist (1995). Nest site selection: A trade-off between concealment and view of the surroundings? *Journal of Avian Biology*, 26, 305-312.
- Greeney, H. F., R. C. Dobbs, G. I. C. Diaz, S. Kerr y J. G. Hayhurst. (2006). Breeding biology of the Green-fronted Lancebill (*Doryfera ludovicae*) in eastern Ecuador. *Ornitología Neotropical*, 17, 321-331.
- Greeney, H. F. y S. M. Wethington (2009). Proximity to active Accipiter nests reduces nest predation of Black-chinned Hummingbirds. *Wilson Journal of Ornithology*, 121, 809-812.
- Hoover, J. P. y M. C. Brittingham (1998). Nest-site selection and nesting success of Wood Thrushes. *Wilson Bulletin*, 110, 375-383.
- Howell, S. N. G. y S. Webb (1995). *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. 1010 p.
- Johnsgard, P. A. (1997). *The Hummingbirds of North America*. Second Edition. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 278 p.
- Lima, S. L. (2009). Predators and the breeding bird: behavioral and reproductive flexibility under the risk of predation. *Biological Reviews*, 84, 485-513.
- Martin, T. E. (1992). Breeding productivity considerations: What are the appropriate habitat features for management?,in: *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*, Hagan III, J. M. and D. W. Johnston (eds). Smithsonian Institution Press, Washington, DC. pp. 455–473.
- Martin, T. E. (1993). Nest predation and nest sites. New perspectives on old patterns. *BioScience*, 43, 523-532.
- Martin, T. E. (1998). Are microhabitat preferences of coexisting species under selection and adaptive? *Ecology*, 79, 656-670.

- Martin, T. E., C. R. Paine, C. J. Conway, W. M. Hochachka, P. Allen, y W. Jenkins (1997). BBIRD Field Protocol. Montana Cooperative Wildlife Research Unit, University of Montana, Missoula, MT. 64 p.
- Martin, T. E. y J. V. Briskie (2009). Predation on dependent offspring: a review of the consequences for mean expression and phenotypic plasticity in avian life history traits. The year in evolutionary biology 2009. Annals of the New York Academy of Sciences, 1168, 201-217.
- Martin, T. E., y J. J. Roper (1988). Nest predation and nest-site selection of a western population of the Hermit Thrush. Condor 90, 51-57.
- McGuire, J. A., C. C. Witt, J. V. Remsen, Jr., R. Dudley, y D. L. Altshuler (2009). A higher-level taxonomy for hummingbirds. Journal of Ornithology, 155, 155-165.
- Ornelas, J.F. (1996). "Origen y evolución de los colibríes". Revista Ciencias, 42, 38-47.
- Ortiz-Pulido, R., A. T. Peterson, M. B. Robbins, R. Díaz, A. G. Navarro, y G. Escalona-Segura (2002). The Mexican Sheartail (*Doricha eliza*): morphology, behavior, distribution, and endangered status. Wilson Bulletin, 114, 153-160.
- Ortiz-Pulido, R. (2002). La magia de los colibríes. Revista Especies, 11, 3-7.
- Ortiz-Pulido, R. y R. Díaz (2001). Distribución y densidad de colibríes en la zona baja del centro de Veracruz, México. Ornitología Neotropical, 12, 297-317.
- Ortiz-Pulido, R., E. Flores, y R. Ortiz (1998). Descripción del nido de Doricha eliza y ampliación de su rango. Ornitología Neotropical, 9, 223-224.
- Ricklefs, R. E. (1969). An analysis of nesting mortality in birds. Smithsonian Contributions in Zoology, 9, 1-48.
- Ruiz-Barranco, H. y J. Arellano-Morín (2010). Áreas Naturales Protegidas. en: Diversidad Biológica y Desarrollo Humano en Yucatán, Durán R., M. Méndez y J. Arellano (eds). Centro de Investigación Científica de Yucatán, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 414-419

Schuchmann, K. L. (1999). Family Trochilidae (hummingbirds), in: Handbook of the Birds of the World vol. 5., del Hoyo, J. , A. Elliott, and J. Sargatal (eds). Lynx Editions, Barcelona. pp. 468–680.

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, Estados Unidos Mexicanos. 30 Diciembre 2010. Mexico, D.F. 78 p.

Smith, D. M., D. M. Finch, y D. L. Hawksworth. (2009). Black-chinned Hummingbird nest-site selection and nest survival in response to fuel reduction in a southwestern riparian forest. *The Condor*, 111, 641-652.

Torres-Chávez, M.G. y A. G. Navarro Sigüenza (2000). Los colibríes de México, brillo de la biodiversidad. *Biodiversitas*. 28, 2-6..

Torres, W., M. Méndez, A. Dorantes y R. Durán (2010). Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 86, 37-51.

Trejo-Torres, J. C., R. Durán y I. Olmsted (1993). Manglares de la Península de Yucatán, en: Biodiversidad Marina y Costera de México. Salazar-Vallejo S, y González N. E. (eds). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo. pp. 660–672.

Waser, N. M. (1976). Food-supply and nest timing of broad-tailed hummingbirds in Rocky Mountains. *Condor*, 78, 133-135.

Zaldivar-Jimenez A., J. Herrera-Silveira, T. Hernández., R. Hernández-Saavedra y J. Caamal-Sosa (2010). Manglares, en: Diversidad Biológica y Desarrollo Humano en Yucatán, Durán R., M. Méndez y J. Arellano (eds). Centro de Investigación Científica de Yucatán, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado de Yucatán, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 138-139.



BREEDING BIOLOGY, ECOLOGY AND DISTRIBUTION OF THE MEXICAN SHEARTAIL (*Doricha eliza*) IN THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO¹

INTRODUCTION

Literature about the breeding biology of hummingbirds inhabiting outside the United States of America and Canada is scarce. The endemic hummingbirds of Mexico and Northern Central America are poorly known, particularly the six endemic hummingbirds nested in the “bee” hummingbird clade (McGuire *et al.* 2009). There is nearly no information for the Sparkling-tailed Hummingbird (*Tilmatura dupontii*), the Slender Sheartail (*Doricha enicura*), the Bumblebee Hummingbird (*Atthis heloisa*) and the Wine-throated Hummingbird (*A. ellioti*) (Schuchmann 1999), whereas for the Beautiful Hummingbird (*Calothorax pulcher*) there is a nest description (Schuchmann 1999), and for the Mexican Sheartail (*D. eliza*) there is more complete information only for one of its populations (Ortiz-Pulido *et al.* 1998, Díaz-Valenzuela *et al.* 2011). The Mexican Sheartail is an endemic hummingbird to Mexico with two allopatric populations. One population is in central Veracruz and the other in the north coast of the Yucatan Peninsula; both populations are found in arid vegetation (Ortiz-Pulido *et al.* 2002). This species is listed as Endangered by the Mexican law (SEMARNAT 2010) and as Near Threatened in the IUCN Red List due to habitat loss and degradation (BirdLife International 2013). Also, the Mexican Sheartail, is considered a species of high conservation concern by Partners in Flight (Berlanga *et al.* 2010), where it has been cataloged as a species at high risk of extinction.

Little is known about the population in the Yucatan Peninsula. Most of the available information is about the Veracruz population, e.g. the nest description (Ortiz-Pulido *et al.* 1998), some aspects of its distribution and ecology (Ortiz-Pulido and Díaz 2001, Ortiz-Pulido *et al.* 2002), and its breeding biology (Díaz-Valenzuela *et al.* 2011). There is no systematic study, to our knowledge, about the breeding biology of the Yucatan population, and scant information about its potential distribution and ecology (Howell and Webb 1995, Ortiz-Pulido *et al.* 2002). Thus, it is urgent to gain insights into the basic aspects of its breeding biology (i.e. breeding distribution, nests and eggs' characteristics, nesting

¹ Ortega-Pimienta, J. F., E. Leyequién, R. Ortiz-Pulido y W. Santamaría. Breeding biology, ecology and distribution of the Mexican Sheartail (*Doricha eliza*) in the Yucatan Peninsula, Mexico. Bird Conservation International. En preparación.

phenology and parental behavior), but also about its abundance, main nectar resources, distribution and habitat characteristics.

This study provides data about the breeding biology, ecology and distribution of the Mexican Sheartail in the Yucatán Peninsula. The aforementioned information is relevant to aid conservation and management decisions for the maintenance of the habitat of this threatened and endemic Mexican species. We compared and discussed our results with those of the Veracruz population and commented about its conservation status.

METHODS

Study Area

We conducted a systematic search for individuals of Mexican Sheartail and nests in the Northwest coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. We sampled three different sites: Ria Celestun Biosphere Reserve (Celestun) ($20^{\circ} 51' N$, $90^{\circ} 24' W$), El Palmar State Park (El Palmar) ($21^{\circ} 09' N$, $90^{\circ} 03' W$) and Telchac Puerto ($21^{\circ} 20' N$, $89^{\circ} 20' W$) (Fig. 2.1). This region has warm semi-dry climate, an average annual temperature from 25.8 to $26.8^{\circ} C$, and a rainfall of 687 - 779 mm (Torres *et al.* 2010). There are two main types of vegetation: coastal sand dune (Torres *et al.* 2010), mangrove (Trejo-Torres *et al.* 1993). The coastal sand dune, near the sea, harbors pioneer vegetation with herbs and bushes that tolerate high levels of salinity and sand mobility (Moreno-Casasola and Espejel 1986); with increasing distance to the sea, the vegetation composition and structure change into shrub vegetation characterized by the presence of low shrubs, spiny shrubs, high non-spiny thickets and isolated small trees (Moreno-Casasola and Espejel 1986, Torres *et al.* 2010). Finally, the mangrove, borders with the coastal sand dune (Moreno-Cassasola and Espejel 1986) and is dominated by mangrove species; whereas the ecotone (edge of mangroves) is also composed by some coastal sand dune species.

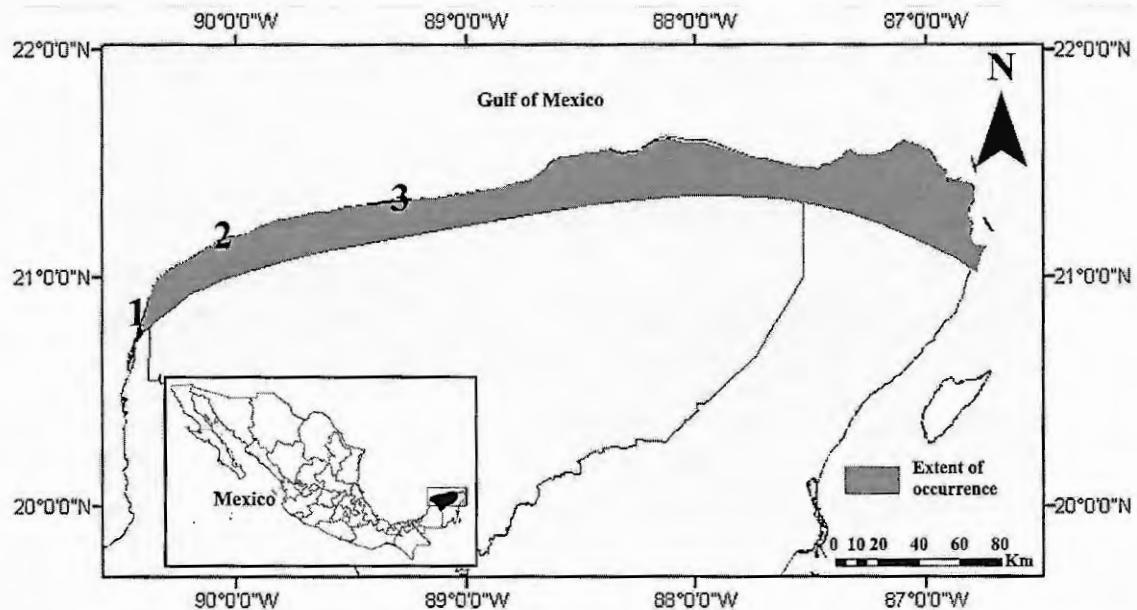


Figure 2.1. Map of north Yucatan Peninsula, showing the extent of occurrence of the Mexican Sheartail (Ridgely et al. and BirdLife International 2012). Locations of study areas are represented with numbers. Celestun (1), El Palmar (2) and Telchac Puerto (3).

Breeding biology

We conducted our nest sampling during the reported breeding season, i.e. August to April (Howell and Webb 1995). In Celestun and El Palmar we searched for nests from August 2011 until March 2012, whereas Telchac Puerto was visited in December 2011, March and August-December 2012. The nests' search took place within the coastal sand dune vegetation and edge of mangroves, which have been reported as the principal distribution areas (Howell and Webb 1995). We sampled in 60 m-wide transects that varied in length due to terrain accessibility or field logistics. Nests were found mainly by observing female movements indicating a potential nesting area, after which we examined the surrounding vegetation (following Díaz-Valenzuela et al. 2011). Nests were also found when observing female parental behavior during nest building (e.g. carrying material for the nest) or by following females flying directly to particular vegetation patches to feed the nestlings. Once a nest was found we recorded if it was under construction or with eggs or nestlings. We then visited each nest every 3 or 4 days. We recorded different physical characteristics of the nests such as the type of construction materials of the inner and outer layer, nests

outer and inner diameter, external height and internal depth. In addition, we measured the length and width of the eggs found.

Ecological and behavior observations

We registered adult behavior of individuals observed along transects, and identified sex when possible. We recorded foraging activity (i.e. arthropods or nectar), and when foraging for nectar we registered the plant species, color of the flower and the number of visits made by the hummingbird. To document flower phenology we used data obtained from Herbario CICY (2010), confirmed with our field observations. We recorded individual perching sites and classified these sites into two groups; shrubs/trees or *Agave* perches. We also recorded intra and interspecific interactions, i.e. courtship display, territory defense and food patch defense.

Vegetation characterization

To study the composition and relative abundance of plants species, we conducted a vegetation sampling. From a set of nest plots and random plots, we pooled those that were in the pioneer vegetation (12 plots), in shrub vegetation (18 plots) and in the edge of mangrove (12 plots). Each plot measured 56 m², where two transects were laid (one with north-south orientation and another with east-west orientation). Each transect was divided into quadrants of 2×2 m. We identified and counted plants ≥2.5 cm in diameter at the base (DB) of the main stem (measured at 10 cm above the ground). Individuals with DB <2.5 cm were registered only when they were previously observed as a plant visited by Mexican Sheartail individuals for foraging (e.g. herbs and small shrubs). The vegetation sampling was done only in Telchac Puerto because it was the area where we found the majority of the nests (see Results).

Data analysis

The nest construction period was recorded as from the day the nest construction began until the first egg was laid. We defined the incubation period as the time between the laying of the first egg and the hatching of the first egg. We measured the nestling period from the hatching of the first egg to the fledging of the first young.

Hummingbird encounter rate per km travelled was used as an index of its relative abundance (Tinoco *et al.* 2009). We compared the relative abundance of the species between coastal sand dune and edge of mangrove with a Student's *t* test after log transformation of the data and once normality was demonstrated by a Shapiro-Wilkins test. We reported the proportion of Mexican Sheartail visits for foraging to each plant species and the proportion of individuals seen perched in each one of the two perching groups. We presented the mean density (ind ha⁻¹) of each plant species recorded during the vegetation sampling.

The distribution of the Mexican Sheartail is discussed based on our results, our occasional observations, and compiled data from published and unpublished records, as well from sightings submitted to the eBird online database (<http://ebird.org/>). A detailed analysis of the nest-site selection and nest survival will be presented elsewhere. All means are reported with their standard error (SE).

RESULTS

Breeding biology

We monitored a total of 39 nests, from which 38 were in Telchac Puerto, and one in Celestun. The majority of the nests were found at the edge of mangroves (26 nests) and the pioneer vegetation (12 nests), whereas only one nest was in the shrub vegetation.

The outer layer of the cup-shaped nest was constructed with *Porophyllum punctatum* seeds, small dry leaves, twigs, fibers, bark, and lichens, and spider webs as a pasting material. The inner layer was comprised mainly of cotton (*Gossypium hirsutum*) and of *P. punctatum* seeds. In two nests we found that the female used feathers of other birds in the inner layer, apparently from herons. Because some nests were partially or completely destroyed before we could measure them, our sample of nest dimensions is from 30 nests. The internal diameter average was 21.1 ± 0.5 mm, the external diameter was 34.5 ± 0.6 mm, the height of the nest was 29.3 ± 0.8 mm, and the nest depth was 20.0 ± 0.4 mm. Just one nest presented a small "tail" of 2.9 cm below the cup, constructed of small twigs.

We identified a notable difference in the proportion of the materials used in the outer layer between the nests in the edge of mangrove and the nests in the coastal sand dune.

Nests in mangroves had more lichens (c. 30% of the layer) and fewer *P. punctatum* seeds, while nests in sand dune had a smaller proportion of lichens, or lacked them entirely (c. 3% of the layer) and they had more *P. punctatum* seeds and bark than those of mangrove sites.

We only observed females building nests. We found three nests at the beginning of construction; all three females spent six days to finish the construction. The average length of the eggs was 12.5 ± 0.2 mm and the width was 7.9 ± 0.07 mm ($n = 7$). The eggs were white with an elliptical shape. The clutch size was usually two, except for one nest found with three eggs on the edge of mangroves. The incubation period lasted 15–17 days with an average of 16 ± 0.18 days ($n = 8$ nest). Only females were observed incubating the eggs, and started the incubation since the first egg was laid. Nestlings hatched asynchronously, with one day of difference, the female alone took care of them, and the fledglings left the nest in 21 days after hatching ($n = 4$ nests).

After the success of a specific nest, we registered the reuse of the same nest by the same female individual that we identified based on a distinctive iridescent chin plumage pattern. Similarly, we observed the reuse of other three nests, even though two of them had previously failed. Apparently, females also use the same nest patch again for subsequent nesting attempts, since seven times we observed that females built a new nest just a few meters away of a recently used nest (Table 2.1).

Table 2.1. Mexican Sheartail nest and nest patch reuse after at least one breeding attempt in the Yucatan Peninsula, Mexico.

Nest or nest-patch reuse	Vegetation	Date of last seen active (first breeding attempt)	Nest fate ^a	Date of the reuse of the nest or nest patch
Nest	Mangrove	2 August 2012	Failed	12 October 2012
Nest	Mangrove	6 August 2012	Failed	27 August 2012
Nest-patch	Coastal sand dune	13 August 2012	Failed	27 September 2012
Nest-patch	Coastal sand dune	27 August 2012	Failed	27 September 2012
Nest	Mangrove	30 August 2012	Successful	12 October 2012
Nest-patch	Mangrove	3 August 2012	Failed	5 October 2012
Nest ^b	Coastal sand dune	6 September 2012	Successful	12 October 2012
Nest-patch	Mangrove	6 September 2012	Failed	5 October 2012
Nest-patch	Mangrove	13 September 2012	Successful	31 January 2013 ^c
Nest-patch	Mangrove	13 September 2012	Failed	5 October 2012
Nest-patch	Mangrove	3 September 2012	Failed	5 October 2012

^a A nest was considered successful if at least one fledgling left the nest.

^b Nest that was confirmed to be reused by the same female based on a distinctive iridescent chin plumage pattern.

^c Nest found in an occasional visit and not represent a second breeding attempt.

The breeding season in 2012 started in July, as we found a nest with two developed nestlings in August 9, we back calculated that the first egg was laid in July 9. Also on August 2 and 6 we found two nests with recently hatched nestlings indicating that the eggs were laid in the middle of July.

Abundance and sex ratio

We recorded a total of 217 Mexican Sheartails hummingbirds in 24.25 km travelled, from which we could identify 133 as females and 55 as males (female-biased sex ratio of 2.4:1). The total cumulative of 15.85 km on the coastal sand dune showed an encounter rate of 10.47 ind/km (98 females and 41 males identified; female-biased sex ratio of 2.4:1); whereas of a total of 8.4 km on the edge of mangroves showed an encounter rate of 6.07 ind/km (35 females and 14 males identified; females-biased sex ratio of 2.5:1). Hummingbird encounter rate were significant higher in coastal sand dune than in the edge of mangroves (Student's *t*-test, $t = 2.4$ df = 36 $P = 0.021$).

Ecological and behavioral observations

We recorded Mexican Sheartails feeding from nectar of 17 different plant species (Table 2.2); the two main nectar resources were *Malvaviscus arboreus* and *Agave angustifolia*. Also we observed 11 individuals “hawking” insects. Sheartails were observed perched in several plant species, out of 123 observations, 52% were on a shrub or tree and the other 48% were on *Agave*. Of individuals that perched in *Agave*, 81.4% were on leaves and the other 18.6% were on the top of the inflorescence.

Table 2.2. Plants species whose flowers were visited by Mexican Sheartail individuals at the Yucatan Peninsula, Mexico. The proportion (%) of visits ($n = 87$) to each plant species is showed.

Species	Family	Visits (%)	Flower phenology	Flower colour
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	37.20	All year	Red
<i>Agave angustifolia</i>	Agavaceae	18.60	Sept-Apr	Yellow
<i>Ernodea littoralis</i>	Rubiaceae	10.46	Oct-June	Red
<i>Opuntia stricta</i>	Cactaceae	5.81	Mar-May	Yellow
<i>Tillandsia dasyliriifolia</i>	Bromeliaceae	5.81	Mar-May, Oct	Yellow
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	Leguminosae	4.65	Aug-Mar	Yellow
<i>Canavalia rosea</i>	Leguminosae	2.32	Apr-May, Aug-Dec	Pink
<i>Cordia sebestena</i>	Boraginaceae	2.32	Mar-Nov	Orange
<i>Dicliptera sexangularis</i>	Acanthaceae	2.32	Jan-Apr, June, Oct-Nov	Red
<i>Sophora tomentosa</i>	Leguminosae	2.32	Feb-Apr, July-Sept, Nov-Dec	Yellow
<i>Gossypium hirsutum</i>	Malvaceae	1.16	All year	Pink
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Convolvulaceae	1.16	Mar-Dec	Pink
<i>Lycium carolinianum</i>	Solanaceae	1.16	Feb, Apr-June, Sept-Nov	White
<i>Passiflora foetida</i>	Passifloraceae	1.16	Mar-Apr, June-Oct, Dic	White
<i>Suriana maritima</i>	Surianaceae	1.16	Nov-May	Yellow
<i>Tournefortia gnaphalodes</i>	Boraginaceae	1.16	Feb-May, July-Nov	White
<i>Scaevola plumieri</i>	Goodeniaceae	1.16	Jan-Nov	White

We observed three courtship displays in El Palmar, in the shrub coastal dune vegetation, and several courtships in Telchac Puerto, mainly in the edge of the mangrove. Also, a female defended its nest-site against a White-lored Gnatcatcher (*Polioptila albitorquata*). Interactions with the Cinnamon Hummingbird (*Amazilia rutila*) were common, in which, usually, the Mexican Sheartail was chased and displaced from food resources.

Vegetation characterization

In Telchac Puerto we recorded a total of 27 plant species (Appendix I). The pioneer vegetation comprised a strip of c. 40 m wide starting a few meters after the sea and the shrubs *Suriana maritima* and *Scaevola plumieri* were the two most abundant species ≥ 2.5 cm of DB, while *Canavalia rosea* and *Ipomoea pes-caprae* were the most abundant food plants. In the shrub vegetation we recorded the highest number of plant species, where *A. angustifolia*, *Acanthocereus tetragonus* and *Caesalpinia vesicaria* were the most abundant species ≥ 2.5 cm of DB, and *M. arboreus* was the most abundant food plant. After the shrub vegetation and c. 400 m from the sea, *Avicennia germinans* and *Conocarpus erectus* dominated the edge of mangroves (Table 2.3).

Table 2.3. Mean densities (ind ha⁻¹) and standard errors (SE) of plant species in the pioneer vegetation ($n = 12$ plots), shrub vegetation ($n = 18$ plots) and edge of mangroves ($n = 12$ plots) of Telchac Puerto, Yucatan, Mexico.

Vegetation	Individuals ≥2.5 cm of DB			Individuals <2.5 cm of DB		
	Species	Density	SE	Species	Density	SE
Pioneer	<i>Suriana maritima</i>	431.54	106.46	<i>Canavalia rosea</i>	922.61	183.68
	<i>Scaevola plumieri</i>	372.02	104.16	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	625	212.54
	<i>Tournefortia gnaphalodes</i>	238.09	59.52	<i>Malvaviscus arboreus</i>	14.88	14.88
	<i>Agave angustifolia</i>	59.52	59.52			
Shrub	<i>Agave angustifolia</i>	833.33	263.83	<i>Malvaviscus arboreus</i>	803.57	193.82
	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	674.60	233.47	<i>Gossypium hirsutum</i>	248.01	59.76
	<i>Caesalpinia vesicaria</i>	625	116.61	<i>Passiflora foetida</i>	158.73	62.74
	<i>Pithecellobium keyense</i>	476.19	69.23	<i>Canavalia rosea</i>	158.73	69.06
	<i>Bravaisia berlandieriana</i>	267.85	73.96	<i>Tyllansia dasirifolia</i>	69.44	38.57
Edge of mangroves	<i>Avicennia germinans</i>	982.14	205.60			
	<i>Conocarpus erectus</i>	892.85	254.44			
	<i>Maytenus phyllanthoides</i>	386.90	84.65			
	<i>Opuntia stricta</i>	74.40	74.40			
	<i>Laguncularia racemosa</i>	14.88	14.88			

DISCUSSION

Breeding biology

The characteristics of the nests are similar to other “bee” hummingbirds (Schuchmann 1999), i.e. a cup shaped nest composed of two layers, the inner layer constructed with soft materials and an outer layer composed of twigs, fibers, lichens and spider webs. The nest

materials for the inner layer in our study (i.e. *P. punctatum*) differ from the materials described for the Veracruz population (i.e. *Rhynchelytrum repens*, *Andropogon glomeratus* and *Calea urticifolia*) (Ortiz-Pulido *et al.* 1998, Díaz-Valenzuela *et al.* 2011). Dissimilarities in the nest composition could be a result of the different materials available in each site, because previous studies in Veracruz were conducted in dry forest and our records are from coastal areas. The mean values of the eggs and nests dimensions seem similar between populations (Díaz-Valenzuela *et al.* 2011) and nest predation natural experiments.

The variation observed in the composition of the nests between the coastal sand dune and mangrove vegetation may be due to different strategies for trying to avoid predation (Hansell 1996). Nests in coastal sand dune have very few lichens and its general color in the outer layer is light brown, similar to the color of the sand. On the other hand, nests in mangrove contain more lichens, so they can camouflage better with the lichens of the nest substrate or with the leaves surrounding the nest. These observations can be tested in the future with systematic measurements of the nest composition (Calvelo *et al.* 2006).

The incubation period (15–17 days) in this study is consistent with the incubation period (15 days) recorded in Veracruz, but the nestling period is two days longer in Veracruz (23 days), however differences could be an effect of sample size (Díaz-Valenzuela *et al.* 2011). For other temperate and tropical hummingbirds similar incubation and nestlings periods (range: 15–22 and 18–26 days, respectively) have been recorded (Fierro-Calderón and Martin 2007). We did not make a systematic monitoring of the nestling growth and plumage development, however our observations and the similarity in the nestling period suggest that it is consistent with those reported for the Veracruz population (Díaz-Valenzuela *et al.* 2011) and for other “bee” hummingbirds (Greeney *et al.* 2008).

The nesting activity began in early July and finished in April. This period differs slightly with the observation by Howell and Webb (1995) that the breeding season began in August. The beginning of the breeding season corresponds with the end of the dry season (Batllori-Sampedro *et al.* 2006) and the beginning of the rainy season; the latter suggests that the Mexican Sheartail in Yucatan does not nest in the driest period of the year, probably to avoid high temperatures and the decrease of its nectar resources. For example, *A. angustifolia*, *C. vesicaria* and *Sophora tomentosa* do not flower in May and

June (see Table 2). In Veracruz the breeding season begins also in July and continues to September (Díaz-Valenzuela *et al.* 2011), with individuals recorded in breeding conditions in May (Howell and Webb 1995).

Although we confirmed only a second brood of a re-nesting female, our observations of females using again the same nest and nest patches suggest that within the ten-month breeding season, the species may attempt more than two nests.

Abundance and sex ratio

We estimated a female-biased sex ratio of 2.4:1, which differs from that previously reported for the Yucatan population of 8:1, also female predominating (Ortiz-Pulido *et al.* 2002). Dissimilarity in sex ratios between these studies is likely to be influenced by differences in sampling effort and sites visited. And also because hummingbirds can segregate habitats during the breeding season, so it is possible to find a male-biased sex ratio in a particular site when males are competing for territories (Leyequien *et al.* in press), or a female-biased ratio in sites without males' territories. For the Veracruz population the sex ratio reported was 1:1 based on 22 individuals observed and 50 sites sampled.

Our results show that the Yucatan population has higher density than the Veracruz population, which increases the detection probability. The encounter rate in this study was 8.95 ind/km, whereas in Veracruz was 0.19 ind/km (Ortiz-Pulido and Díaz 2001). In our study, the Mexican Sheartail is more abundant in the coastal sand dune than in the edge of mangroves, and sex ratios recorded in each site are similar. Abundance in hummingbirds could be influenced by food availability (Partida *et al.* 2012). The most visited food plants, (*M. arboreus* and *A. angustifolia*), are abundant and common plant species in the coastal sand dune (Torres *et al.* 2010, see Table 3). These two species have flowers during most or all of the year (see Table 1). Several other important floral resources grew mainly in the coastal sand dune (i.e. *Ernodea littoralis* and *Canavalia rosea*) (Herbario CICY 2010). The presence of the Mexican Sheartail on edge of mangroves also is common, probably due to: 1) proximity with the coastal sand dune, 2) presence of food plants mixed with mangroves, 3) establishment of courtship territories in the area, and 4) it is the preferred nesting habitat. It appears that mangrove habitat that is far from coastal sand dune vegetation (as in many areas in the north portion of the

Yucatan Peninsula) is not suitable habitat for the Mexican Sheartail. For example, a one-year bird study conducted in the petenes vegetation (hammocks) just 2 km away from the coast did not record its presence (Chable-Santos *et al.* 2008).

Ecological and behavior observations

The most visited plant for foraging in our study was *M. arboreus*, its small ornithophilous red flowers are present all the year and is one of the most abundant plants in the shrub coastal dune that we registered as a food plant. This is the only species that has been recorded as a food plant for both the Yucatan and the Veracruz populations (Ortiz-Pulido *et al.* 2002). This plant has been recorded as the most visited plant for foraging by other hummingbird species in Brazil (Toledo and Moreira 2008), however in western Mexico *M. arboreus* was not frequently visited by hummingbirds (Arizmendi 2001). The second most visited plant was *A. angustifolia*. The *Agave* species are commonly visited by hummingbirds (Martinez del Rio and Eguiarte 1987, Ornelas *et al.* 2002) even though they are not their main pollinators (Ornelas *et al.* 2002). It has been reported that most of the available nectar for hummingbirds in a particular area can be produced by *Agave* species (Baltosser 1989), and this influences the foraging and territorial behavior of hummingbirds, where some individuals want to feed from this nectar resource while others try to defend it (Kuban *et al.* 1983, Baltosser 1989). Similarly, we recorded Mexican Sheartail individuals often perched on *A. angustifolia*, defending feeding or courtship territories. Scott (1994) reported these ecological interactions with *Agave* spp. for a related species, the Lucifer Hummingbird (*Calothorax lucifer*).

The kinematics of the courtship display are similar to those described for the Veracruz population (Díaz-Valenzuela *et al.* 2011). However, in the future, it would be interesting to explore possible differences in the displays between both populations using high-speed videos and sound recordings (Clark *et al.* 2012).

Distribution

In addition to our records in coastal sand dune and edge of mangroves, we compiled data to evaluate the presence of the Mexican Sheartail outside of these areas. On October 12 2012, we obtained occasional record at 5 (three males) and 7 km (one male) away of the coast, southwest from our study area of Telchac Puerto, on flooded lowland forest. The

individuals registered were chasing each other, in open areas and perched in *A. angustifolia* and other shrubs. Plants like *Opuntia* spp., *A. tetragonus*, *A. angustifolia* and *C. vesicaria* were some shared species between this forest and the coastal sand dune vegetation, indicating that these two sites have similar habitat for the Mexican Sheartail. In similar conditions males and females have been observed (E. Martínez, pers. obs.) in consecutive years (2012 and 2013), at 16 km away from the coast in the northeast of the Yucatan Peninsula in the flooded lowland forest. And recently, one nest located in the same type of vegetation at 3.6 km from the coast was reported (Santamaría-Rivero *et al.* in press). Individuals of the Veracruz population also have been registered inhabiting dry deciduous forest at 24 km from the coast (Ortiz-Pulido *et al.* 2002), and its actual extent of occurrence does not include coastal areas (Ridgely *et al.* and BirdLife International 2012). However, a review of the eBird online database resulted in 17 sightings reported from 10 locations in the coast of central Veracruz from 2001 to 2011. Besides those sightings, others have been done near the coast (R. Díaz-Valenzuela pers. obs.) in 2005 and 2009, and Straub (2007) reported the presence of the species for two localities at the beach.

The latter suggest that the Mexican Sheartail in Veracruz does use coastal areas, as it does in the Yucatan Peninsula, with the main difference being its abundances in each site, low at Veracruz, high at Yucatan.

For the Yucatan population, research focused on the assessment of an accurate extent of occurrence, area of occupancy and population size should be carried out. Based on the compiled records, we inferred that the species extent of occurrence is wider than previously reported (a narrow zone c. 1 km along the coast) (Ortiz-Pulido *et al.* 2002), thus falls within the area proposed in the distribution map with an area of c. 9,000 km² (Ridgely *et al.* and BirdLife International 2012). The area of occupancy would be more difficult to estimate, since habitat suitability generates patchiness in the distribution.

Conservation

The Mexican law considers the Mexican Sheartail as endangered (SEMARNAT 2010) because the population in Veracruz is estimated at 2,500 individuals and the Yucatan population is under pressure by tourist development (Escalante and Néquiz 2004). Under IUCN red list criteria the species is listed as Near Threatened, since it does not clearly qualify for Vulnerable under any of the criteria A to E. Criteria B1 is nearly met because its

extent of occurrence is less than 20,000 km², and its area of occupancy is declining, however its range is not severely fragmented or restricted to fewer than 10 locations (BirdLife International 2013).

The conservation status of the Mexican Sheartail differs between populations (Ortiz-Pulido *et al.* 2002). The Veracruz population seems to be at a high risk because of anthropogenic pressures in its restricted range (Ortiz-Pulido *et al.* 2002, Diaz-Valenzuela *et al.* 2011), whereas our encounter rates in the coastal sand dune and edge of mangroves shows that the Mexican Sheartail in the Yucatan Peninsula is more abundant than in Veracruz. Besides, part of its extent of occurrence is protected by nearly 3,000 km² that falls within six natural protected areas (Ruiz-Barranco and Arellano-Morín 2010). However, the Yucatan coastal sand dune, mangrove and lowland forest have lost up to 70% of its original vegetation (Batllori-Sampedro *et al.* 1999). These areas have been basically modified by urban development, port infrastructure, coconut plantations, cattle ranching, hurricanes, and strongly by the development of summer houses (Euán-Avila *et al.* 2007). The latter occurs even inside the natural protected areas, which affects the main breeding area (i.e. 500–1000 m from the coast). Hence, conservation efforts should focus on efficiently protecting those areas.

When a bird species with allopatric populations is split into two or more species, each one is evaluated for its categorization in the IUCN Red List. For the Mexican Sheartail, some authors have suggested that the two populations could constitute different species (see Ortiz-Pulido *et al.* 1998, Torres-Chávez and Navarro-Sigüenza 2000, Ortiz-Pulido and Díaz 2001), however, no clear differences were found in its morphology (Ortiz-Pulido *et al.* 2002), and we found similarities in its breeding biology, phenology, ecology and courtship behavior. Future studies could aid in the identification of genetic and acoustical variations (González *et al.* 2011), thus helping to determine the taxonomic identity of both populations (Tobias *et al.* 2010).

LITERATURE CITED

- Arizmendi, M. C. (2001) Multiple ecological interactions: Nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Can. J. Zool.* 76: 997–1006.
- Baltosser, W. H. (1989) Nectar availability and habitat selection by hummingbirds in

- Guadalupe Canyon. *Wilson Bull.* 101: 559–578.
- Batllori-Sampedro, E., González-Piedra, J. I., Díaz-Sosa J. and Febles-Patrón, J. L. (2006) Caracterización hidrológica de la región costera noroccidental del estado de Yucatán, México. *Invest. Geog.* 59: 74–92.
- Batllori-Sampedro, E., Febles-Patrón, J. L. and Diaz-Sosa, J. (1999) Landscape change in Yucatan's northwest coastal wetlands (1948-1991). *Hum. Ecol. Rev.* 6: 8–20.
- Berlanga, H., Kennedy, J. A., Rich, T. D., Arizmendi, M. C., Beardmore, C. J., Blancher, P. J., Butcher, G. S., Couturier, A. R., Dayer, A. A., Demarest, D. W., Easton, W. E., Gustafson, Iñigo-Elias, M. E., Krebs, E. A., Panjabi, A. O., Rodriguez Contreras, V., Rosenberg, K. V., Ruth, J. M., Santana Castellón, E., Vidal, R. Ma. and Will, T. (2010) *Saving Our Shared Birds: Partners in Flight Tri-National Vision for Landbird Conservation*. Cornell Lab of Ornithology: Ithaca, NY
- BirdLife International (2013) Species factsheet: *Doricha eliza*. BirdLife International. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 29/03/2013.
- Calvelo, S., Trejo, A. and Ojeda, V. (2006) Botanical composition and structure of hummingbird nests in different habitats from northwestern Patagonia (Argentina). *J. Nat. Hist.* 40: 589–603.
- Chablé-Santos, J., González, J., Peña-Peniche, L. and Pasos-Enríquez, R. (2008) Bird diversity in the petens of Yucatan state, Mexico. *Ornitol. Neotrop.* 19: 55–70.
- Clark C. J., Feo T. J., and Bryan K. B. (2012) Courtship displays and sonations of a male Broad-tailed × Black-chinned Hummingbird hybrid. *Condor* 114: 329–340.
- CONANP, (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2000) *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Ría Celestún*. México, D.F.
- Díaz-Valenzuela, R., Lara-Rodríguez, N. Z., Ortiz-Pulido, R., González-García, F., and Bautista, A. R. (2011). Some aspects of the reproductive biology of the Mexican Sheartail (*Doricha eliza*) in central Veracruz. *Condor* 113: 177–182.
- Escalante, P. and Néquiz, V. (2004) The Mexican bird red list and changes needed at the global level. *Ornitol. Neotrop.* 15: 175–181.
- Euán-Ávila, J., García A. and Liceaga-Correa, M. A. (2007) *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán CINVESTAV, CICY, ITC, ITM,*

- UADY. Final report.
- Fierro-Calderón, K. and Martin, T. E. (2007) Reproductive biology of the Violet-Chested Hummingbird in Venezuela and comparisons with other tropical and temperate hummingbirds. *Condor* 109: 680–685.
- González, C., Ornelas, J. F. and Gutiérrez-Rodríguez, C. (2011) Selection and geographic isolation influence hummingbird speciation: genetic, acoustic and morphological divergence in the wedge-tailed sabrewing (*Campylopterus curvipennis*). *BMC. Evol. Biol.* 11:38.
- Greeney, H. F., Hough, E. R., Hamilton, C. E. and Wethington S. M. (2008) Nestling growth and plumage development of the Black-chinned Hummingbird (*Archilochus alexandri*) in southeastern Arizona. *Huitzil* 9: 35–42.
- Hansell, M. H. (1996) The function of lichen flakes and white spider cocoons on the outer surface of birds' nests. *J. Nat. Hist.* 30:303–311.
- Herbario CICY. (2010) Flora de la Península de Yucatán. Downloaded from http://www.cicy.mx/sitios/flora_digital/ on 18/6/2013.
- Howell, S. N. G. and Webb, S. (1995) *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Kuban, J. F., Lawley, J. and Neill, R. L. (1983) The partitioning of flowering century plants by Black-chinned and Lucifer hummingbirds. *Southwest. Nat.* 28: 143–148.
- Martinez del Río, C. and Eguiarte, L. E. (1987) Bird visitation to *Agave salmiana*: comparisons among hummingbirds and perching birds. *Condor* 89: 357–363.
- McGuire, J. A., Witt, C. C., Remsen, J. V., Dudley, R. and Altshuler, D. L. (2009). A higher-level taxonomy for hummingbirds. *J. Ornithol.* 150: 155–165.
- Moreno-Casasola, P. and Espejel, I. (1986) Classification and ordination of coastal dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio* 66: 147–182.
- Ornelas, F. J., Ordano, M., Hernández, A., Carlos López, J., Mendoza, L. and Perroni, Y. (2002) Nectar oasis produced by *Agave marmorata* Roezl. (Agavaceae) lead to spatial and temporal segregation among nectarivores in the Tehuacán Valley, México. *J. Arid. Environ.* 52: 37–51.

- Ortiz-Pulido, R. and R. Díaz. (2001) Distribución y densidad de colibríes en la zona baja del centro de Veracruz, México. *Ornitol. Neotrop.* 12: 297–317.
- Ortiz-Pulido, R., Peterson, A. T., Robbins, M. B., Díaz, R., Navarro, A. G. and Escalona-Segura, G. (2002) The Mexican Sheartail (*Doricha eliza*): morphology, behavior, distribution, and endangered status. *Wilson Bull.* 114: 153–160.
- Ortiz-Pulido, R., Flores, E. and Ortiz, R. (1998) Descripción del nido de *Doricha eliza* y ampliación de su rango. *Ornitol. Neotrop.* 9: 223–224.
- Partida, L. R., Enríquez, P. L., Rangel-Salazar, J. L., Lara C. and Martínez I. M. (2012) Abundancia de colibríes y uso de flores en un bosque templado del sureste de México. *Rev. Biol. Trop.* 60: 1621–1630.
- Ridgely *et al.* and BirdLife International. (2012) Digital Distribution Maps of the Birds of the Western Hemisphere, version 5.0. In BirdLife International and NatureServe (2012) Bird species distribution maps of the world.
- Ruiz-Barranco, H. and Arellano-Morín, J. (2010) Áreas Naturales Protegidas. Pp. 414-419 in Durán R., Méndez, M. and Arellano J. eds. *Diversidad biológica y desarrollo humano en Yucatán*. CICY, SEDUMA PNUD, CONABIO.
- Schuchmann, K. L. (1999) Family Trochilidae (hummingbirds). Pp. 468–680 in del Hoyo, J., Elliot, A. and Sargatal, J. eds. *Handbook of the birds of the world. Volume 5*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Scott, Peter E. (1994) Lucifer Hummingbird (*Calothorax lucifer*). In Poole, A. ed. *The Birds of North America Online*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca. Available at <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/134>
- 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, Estados Unidos Mexicanos. 30 December 2010. Mexico, D.F.
- Straub, R. J., (2007) *Guía de sitios para la observación de aves en Veracruz*. Pronatura A.C. and CONABIO. Xalapa, Ver. México.

- Tinoco, B. A., Astudillo, P. X., Latta, S. C. and Graham, C. H. (2009) Distribution, ecology, and conservation of an endangered Andean hummingbird: the Violet-throated Metaltail (*Metallura baroni*). *Bird Conserv. Int.* 19: 63–76.
- Tobias, J. A., Seddon, N., Spottiswoode, C. N., Pilgrim, J. D., Fishpool, L. D. C. and Collar N. J. (2010) Quantitative criteria for species delimitation. *Ibis* 152: 724–746.
- Toledo, M. C. B. and Moreira, D. M. (2008) Analysis of the feeding habits of the swallow-tailed hummingbird, *Eupetomena macroura* (Gmelin, 1788), in an urban park in southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* 68: 419–426.
- Torres-Chávez, M. G. and A. G. Navarro-Sigüenza. (2000) Los colibríes de México, brillo de la biodiversidad. *Biodiversitas* 28: 2–6.
- Torres, W., Méndez, M., Dorantes, A. and Durán, R. (2010) Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 86: 37–51.
- Trejo-Torres J. C., Durán, R., and Olmsted, I. (1993) Manglares de la Península de Yucatán. Pp. 660–672 in Salazar-Vallejo, S., González, N. E. eds. *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO–CIQRO, México.



NEST-SITE SELECTION AND NEST SURVIVAL OF THE MEXICAN SHEARTAIL (*Doricha eliza*) IN THE YUCATAN PENINSULA, MEXICO²

INTRODUCTION

Predation is the principal cause of nest failure in birds (Ricklefs 1969, Martin 1992), including hummingbirds (Baltosser 1986, Fierro-Calderón and Martin 2007, Smith et al. 2009). Risk of predation can be the principal factor that influences the decision to use a nest site (Martin 1993). Birds select sites with characteristics that allow them to be protected from predation (Martin 1992, 1998). One strategy is to place nests in sites that provide concealment (Martin 1992); another strategy is to place nests in sites that allow parents to have good visibility of the surrounding area in order to detect predators (Götmark 1995). Some bird species select sites with low densities of plants around the nest, probably to minimize visits of potential predators (Summers et al. 2002), or orient their nests in a particular direction, to be sheltered from prevailing winds (Summers et al. 2002, Long et al. 2009).

Daily survival rates of nests may vary in relation to nest-site characteristics; for example, studies of hummingbirds have found that nest success is related to nest height (Baltosser 1986, Smith et al. 2009). In other cases, the nest-site characteristics of a particular species could be very specific. For example, a study found that the nest success of the Black-chinned Hummingbird (*Archilochus alexandri*) could be related to the distance to a raptor's nest, the nests of this hummingbird were found near to the nest of an *Accipiter*, which seemingly rises the probability of success (Greeney and Whethington 2009).

In our study we focused on the nest-site selection of the Mexican Sheartail (*Doricha eliza*) Yucatan Peninsula population. This population has a restricted range mainly distributed in a narrow strip of coastal sand dune and edge of mangroves along the peninsula (Howell and Webb 1995), thus habitat features that meet its ecological requirements for nesting could be very specific. We address the question of how the

² Ortega-Pimienta, J. F., E. Leyequién y R. Ortiz-Pulido. Nest-site selection and nest survival of the Mexican Sheartail (*Doricha eliza*) in the Yucatan Peninsula, Mexico. Journal of Field Ornithology. En preparación.

characteristics of the nest-site influence daily survival rates of nests. Based on previous studies of the Mexican Sheartail in Veracruz (Díaz-Valenzuela et al. 2011) and other hummingbirds (Baltosser 1986, Smith et al. 2009), we predicted that predation would be the main cause of nest failure, resulting in a low nest success and that attributes of the nest-site that provide concealment to the nest will be positively related to daily survival rates of nests.

Similar previous studies about hummingbirds are scarce (but see Greeney and Whethington 2009, Smith et al. 2009, Díaz-Valenzuela et al. 2011), and specifically, the Mexican sheartail, an endangered species (SEMARNAT 2010), has been scarcely studied in the Yucatan Peninsula. Therefore, it is important to identify the characteristics of the habitat for its successful nesting, which will help in the development of conservation strategies across its breeding range in the Yucatan Peninsula.

METHODS

Study species and area

The Mexican Sheartail is within the “bee” hummingbird clade (McGuire et al. 2009). It is an endemic hummingbird to Mexico with two allopatric populations, one in central Veracruz and the other in the north coast of the Yucatan Peninsula. Both populations are found in arid habitats of the coastal sand dune and dry forest (Howell and Webb 1995, Ortiz-Pulido et al. 2002, Ortega-Pimienta unpublished data). Previous studies of its breeding biology have been conducted in Veracruz, México (Díaz-Valenzuela et al. 2011) and in the Yucatan Peninsula (Ortega-Pimienta unpublished data). Females build a small cup-shaped nest and they alone take care of the incubation and feeding of the nestlings. Also, it appears that they can produce multiple broods in one breeding season. Nests of the Mexican Sheartail in Veracruz were placed in natural grasslands, in plants with spines, near water and roads, and were spatially clustered (Díaz-Valenzuela et al. 2011).

Our study area was located in the northwest coast of the Yucatan Peninsula, in two sites: Ria Celestun Biosphere Reserve (Celestun) ($20^{\circ} 51' N$, $90^{\circ} 24' W$) and Telchac Puerto ($21^{\circ} 20' N$, $89^{\circ} 20' W$) (Fig. 3.1). The coastal area has a warm semi-dry climate, an average annual temperature ranging from $25.8-26.8^{\circ} C$, and a rainfall of 687-779 mm (Torres et al. 2010), with an elevation of 0-4 m asl. We conducted the nest search and

monitoring in the principal breeding area, that is, the costal sand dune and edge of mangroves (Ortega-Pimienta unpublished data). The coastal sand dune vegetation is characterized by the presence of two main plant communities, one is the pioneer vegetation dominated by shrubs and herbs growing near the sea that tolerate high levels of salinity and sand mobility (Moreno-Casasola and Espejel 1986). Shrub species like *Suriana maritima*, *Scaevola plumieri* and *Tournefortia gnaphalodes* are common, as well herbs such as *Canavalia rosea* and *Ipomoea pes-caprae*. The shrub vegetation within the coastal sand dune begins at ca. 40 m from the sea. *Agave angustifolia* is one of the most abundant plants along with *Malvaviscus arboreus* in the study area of Telchac Puerto, both are the two most visited nectar sources for the Mexican Sheartail (Ortega-Pimienta unpublished data). Next to the coastal sand dune (200 – 400 m apart from the sea), the edge of mangroves starts. It is an area dominated by mangrove species such as *Avicennia germinans* and *Conocarpus erectus*, and in the rainy season most of this area is usually flooded.

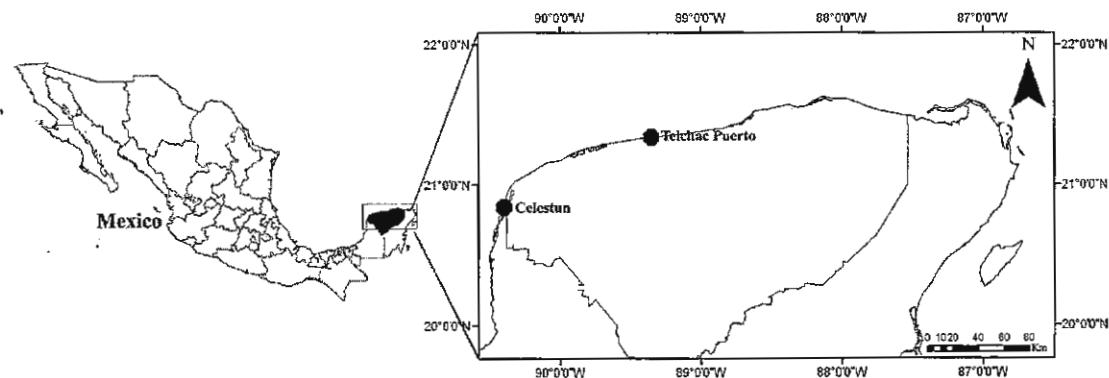


Figure 3.1. Location of the study areas in the northwest of the Yucatan Peninsula, Mexico.

Nest monitoring

We searched for Mexican Sheartail nests between August 2011 and April 2012, and between August 2012 and October 2012. We conducted the search along transects that were 500 or 1000 m long and 60 m wide. The majority of the nests were found after observing a female leaving the nest-site; after the detection of the female we conducted an intense search in that area. We monitored the nests that were detected every 3-4 days.

We considered that a nest was successful if at least one young fledged, we confirmed fledging by observing fledglings near the nest. Predation was assumed when eggs or nestlings were missing on the nest before the expected time of fledging (21–23 days of nestling period; Díaz-Valenzuela et al. 2011, Ortega-Pimienta unpublished data), and when fragments of eggs were found or we detected physical damage in the nests. We considered that a nest was abandoned when the female no longer attended it and there was no indication of predation. Because we observed that females can reuse the same nest or the same nest-patch after a successful or failed nesting (Ortega-Pimienta unpublished data), we studied only the first attempt of the 2012–2013 breeding season to reduce non-independence of the data in Telchac Puerto.

Habitat measurements

We measured habitat features at two spatial scales, nest patch (habitat surrounding the nest substrate) and nest location scale (measurements related to the nest substrate and the position of the nest in the nest substrate). For measurements of nest patch variables, we established two 24 m line transects centered on the nest substrate and oriented north-south and east-west. Transects were divided in 7 alternate quadrants of 2×2 m, in total we measured an area of 56 m². In each quadrant we counted plants ≥2.5 cm of diameter at the base (DB). For each plant within this category we measured its DB, canopy cover, height and counted the number of stems. We also counted the number of mature flowers of every plant that has been recorded as a food plant for the Mexican Sheartail (Ortega-Pimienta unpublished data). Besides, we measured the mean distance to the nearest plant and the distance to the nearest water body (Table 3.1). To compare with nest sites, we measured the aforementioned nest patch variables at 20 random unused sites located at Telchac Puerto. Random sites were selected with the Random Point Generator (Jenness 2005). Random sites were located in the same habitat at a distance of at least 75 m among nests or random sites. After the random point was located in the field, to start the sampling, we chose the nearest plant that presented similar characteristics to those of the nest substrates previously detected in this study.

At the nest location scale we measured the DB and height of the nest substrate and counted its stems. We also measured nest height and nest concealment (Table 3.1). We measured the distance (cm) from the main plant stem to the nest, and the distance (cm)

from the nest to the near foliage edge. We measured nest orientation as the compass bearing from the main stem of the nest substrate to the nest. To relate nest orientation with wind direction, we obtained the average weekly wind direction (for 2012) from the weather station “Cinvestav Telchac”, located at 2.5 Km east of our study area of Telchac Puerto.

Table 3.1. Variables used to develop candidate models for analysis of nest-site selection and nest survival of the Mexican Sheartail in the Yucatan Peninsula, Mexico.

Variable	Description
Nest patch scale	
Diameter at the base (DB)	Diameter (cm) of the main stem at 10 cm above the ground.
Canopy cover	Total canopy cover (m^2) of plants with DB ≥ 2.5 cm.
Stems	Number of stems ≥ 2 cm diameter and 30 cm of height.
Plant height	Mean height (cm) of plants with DB ≥ 2.5 cm.
Plant density	Density of individuals (ind ha -1).
Distance to nearest plant.	Mean distance (m) to nearest plant (≥ 2 cm of DB) in each cardinal point or its intermediate points.
Number of flowers	Number of mature flowers of plants previously recorded for foraging by the Mexican Sheartail.
Distance to water	Distance (m) from the nest to the nearest water body.
Nest location scale	
Nest height	Distance (cm) from the ground to the base of the nest.
Nest substrate DB	Diameter (cm) of the nest substrate main stem at 10 cm above the ground.
Nest substrate height	Height (cm) of the nest substrate.
Nest substrate stems	Number of nest-substrate stems ≥ 2 cm diameter and 30 cm of height.
Nest concealment at 1 m	Mean percentage of nest that was visible from 1 m to the side of the nest in each of the four cardinal points, 30 cm above the nest and 30 cm above the ground.
Nest concealment at 5 m	Mean percentage of nest that was visible from 5 m to the side of the nest in each of the four cardinal points, 30 cm above the nest and 30 cm above the ground.

Nest-site selection analyses

We compared the nest patch variables with those of the random sites using a *t*-test for normally distributed variables and a Mann-Whitney test for variables non-normally distributed (even after data transformation). Variables that differed significantly between both types of sites were included in further analyses. To detect multicollinearity among

variables we constructed correlation matrices. If two variables were highly correlated ($r > 0.7$) we removed one from the final analysis (Rangel-Salazar et al. 2008). We generated 16 *a priori* candidate models containing variables that can influence nest site selection based on the literature (Smith et al. 2009, Díaz-Valenzuela et al. 2011) and on our field observations. Logistic regression was used to evaluate nest-site selection. We compared variables at the nest patch scale with those at random points. We used an information-theoretical approach based on the Akaike's information criterion modified for small sample sizes (AIC_c) to identify the models containing the most important variables that influence nest-site selection. Models with $\Delta AIC_c \leq 2$ were considered to have substantial support (Burnham and Anderson 2002). We used the software R to perform the aforementioned analyses (R Development Core Team 2010).

We calculated mean angle of nest orientation and wind direction and tested mean angles for uniform distribution using Rayleigh's tests (Zar 1999) in the circular statistics program Oriana, version 4 (Kovach Computing Services, Wales, U.K.).

Nest survival analysis

We calculated daily survival rates (DSR; the probability that a nest survives a single day) of Mexican Sheartail nests using the program MARK (White and Burnham 1999). To calculate nest success we considered a nesting period of 37 days (Ortega-Pimienta unpublished data). DSR between coastal sand dune and mangrove vegetation were compared with a chi-square test using the program CONTRAST (Hines and Sauer 1989). In order to determine which variables or combination of variables explained better the variation in daily nest survival we built a set of candidate models using nest patch and nest location variables (Table 3.1). Similar to the nest-site selection analysis, we compared models using AIC_c . All means are presented with their standard error (SE).

RESULTS

We monitored 39 nests (one in Celestun and 38 in Telchac Puerto); 26 were located in the edge of mangroves and 13 in coastal sand dune vegetation, mainly in the pioneer vegetation (12 nests) (Fig. 3.2).

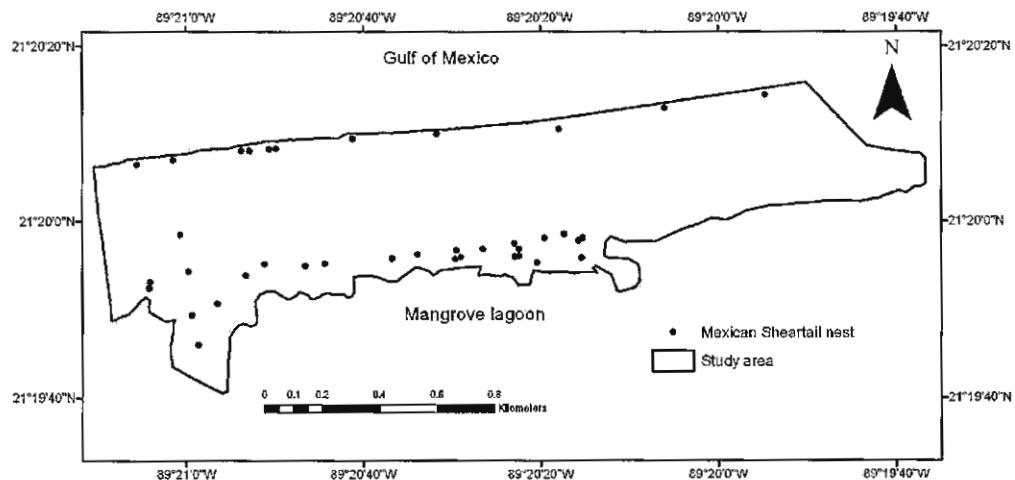


Figure 3.2. Map of the distribution of nests found within the Telchac Puerto study area.

We found that nests were built in five plant species, with the majority of the nests placed in *Avicennia germinans* (43.58%). Nests were also placed in *Suriana maritima* (28.20%), *Conocarpus erectus* (23.07%), *Leucaena leucocephala* (2.56%) and *Tournefortia gnaphalodes* (2.56%). Nests were found 116.29 ± 4.47 cm above ground, in plants 192.15 ± 10.52 cm tall. The distance from the main plant stem to the nest was 139.22 ± 12.76 cm and from the nest to the near foliage edge was 27.05 ± 2.21 cm.

Nest-site selection

Seven out of eight variables differed between nest sites and random sites (Table 3.2). None of the variables included in the nest site selection models were highly correlated ($r < 0.7$). The model that received the most support according to the AIC_c , contained the following variables: number of flowers, distance to water and distance to nearest plant (Table 3.3). All other *a priori* models were better at predicting nest site selection than the null model.

Table 3.2. Habitat characteristics at nest patch scale for nest sites of the Mexican Sheartail ($n = 39$) and random sites ($n = 20$). P shows the resulting alpha of the comparison between both types of sites.

Characteristic	Nest sites		Random sites		P
	Mean	SE	Mean	SE	
Plant density	1694.13	143.70	3660.71	348.46	<0.001
Plant height	152.78	6.42	129.53	9.19	0.041
# of Stems	31.61	2.77	45.35	4.16	0.008
Canopy cover	36.68	3.90	40.95	4.54	0.298
Diameter at the base	5.71	0.36	4.32	0.20	0.004
Distance to nearest plant	6.86	1.10	2.01	0.20	<0.001
Distance to water	13.07	3.52	117.25	14.28	<0.001
Number of flowers	3	1.21	57.95	15.44	<0.001

Table 3.3. Logistic regression top four models predicting Mexican Sheartail nest-site selection.

Model	K	AICc	ΔAIC_c	W_i
Number of flowers + distance to water + distance to nearest plant	4	26	0	0.9
Flowers + distance to water + plant density	4	30.92	4.92	0.08
Global model (all variables)	8	34.51	8.51	0.01
All variables except flowers	7	34.91	8.91	0.01

Nests orientation was not uniform; nests were oriented mainly towards the southwest (SSW) (mean angle = $208.99^\circ \pm 19.11^\circ$, $P = 0.014$, Rayleigh test). Prevailing winds came from the northeast (ENE) and its distribution was not uniform (mean angle = $72.506^\circ \pm 4.19^\circ$, $P=0.000$, Rayleigh test) (Fig. 3.3).

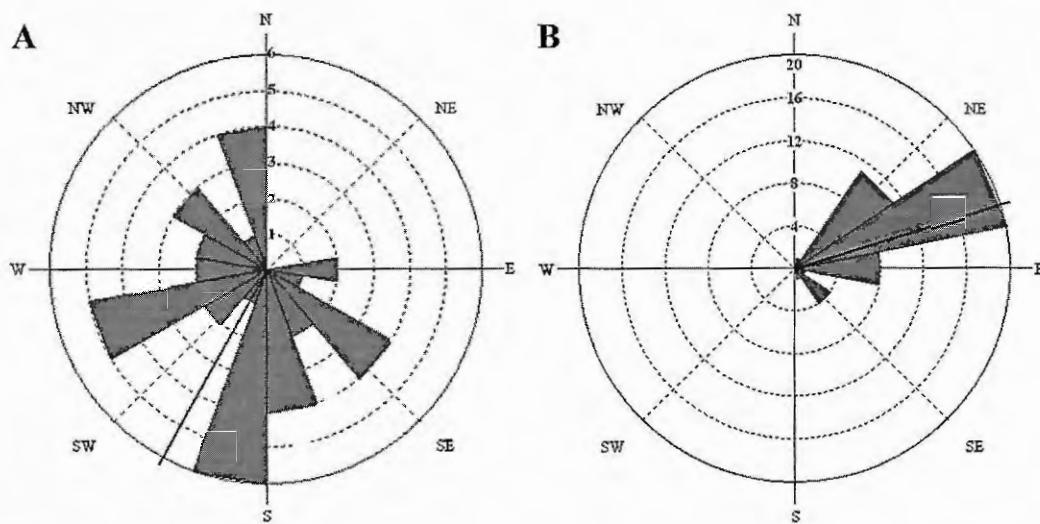


Figure 3.3. Nest orientation in relation to the center of the nest substrate (A). Orientation of wind direction (B).

Nest survival

From the total of 39 nests that were monitored, 10 nests were successful (25.64%). Predation was the main cause of failure (22 nests, 56.4%), nestlings of six nests were found dead in the nest and one nest with two eggs was abandoned. DSR was higher for nests in mangrove vegetation than in coastal sand dune vegetation ($\chi^2 = 3.89$ df = 1, $P = 0.048$). Overall nest success was 12.16% (Table 3.4).

Table 3.4. Daily nest survival and overall nest success in all the study area and in the edge of mangroves and coastal sand dune vegetation.

Site	Daily nest survival \pm SE	95% CI		Overall nest success (%)
		Lower	Upper	
All study area	0.9446 ± 0.01	0.9214	0.9612	12.16
Mangrove	0.9561 ± 0.009	0.9323	0.9718	19.06
Coastal sand dune	0.8886 ± 0.033	0.8045	0.9392	1.26

The model containing some of the nest location variables (nest substrate height, DB, number of stems, nest height and concealment at 1 m) was the best supported according with the AIC_c values (Table 3.5).

Table 3.5. Models explaining nest survival of the Mexican Sheartail in the north coast of the Yucatan Peninsula.

Model	K	AIC _c	ΔAIC _c	W _i
Nest location	6	149.8102	0.0000	0.2322
Vegetation (sand dune/mangrove)	2	150.6109	0.8007	0.1556
Nest substrate DB	2	150.8600	1.0498	0.1374
Nest concealment (observed at 1 m)	2	151.0759	1.2657	0.1233
Plant density	2	151.2425	1.4323	0.1135
Nest concealment (observed at 5 m)	2	153.5489	3.7387	0.0358
Null model	1	153.9660	4.1558	0.0291

Beta estimates of our best-supported model showed evidence that DSR decreased as nest substrate height and number of nest substrate stems increased, and increased with increasing nest height, nest substrate DB and nest concealment at 1 m (Table 3.6).

Table 3.6. Beta estimates and 95% confidence intervals (CI) for parameters in the best-supported model of daily survival rates of Mexican Sheartail nests in the Yucatan Peninsula.

Variable	Estimate	SE	Lower CI	Upper CI
Intercept	-0.330	1.887	-4.029	3.369
Nest substrate height	-0.006	0.004	-0.016	0.003
Nest height	0.004	0.010	-0.015	0.025
Nest substrate stems	-0.002	0.017	-0.036	0.030
Nest substrate DB	0.086	0.036	0.014	0.158
Nest concealment at 1 m	0.039	0.017	0.006	0.073

DISCUSSION

In our study we found that the females of the Mexican Sheartail placed their nests nonrandomly, and our results suggest that they select specific characteristics at the nest patch scale. Females may attempt to minimize risk of predation by selecting sites that decrease the probability of being predated. Also, the majority of nests were placed in two plant species, and in average were oriented towards the southwest, away from prevailing winds. Daily survival rates were low, and significantly differ between nests located at the edge of mangroves and the ones located at the coastal sand dune. Nest patch characteristics important for nest-site selection were not associated with nest survival; instead, characteristics at the location scale had the strongest influence on nest survival.

Nest-site selection

Nests were placed mainly on the first shrubs of the pioneer vegetation of the costal sand dune and in the edge of mangroves (see Fig. 3.2). Few nests were detected in the shrub vegetation. The distributions of these nests are partially explained by the variables in the best-supported nest-site selection model. This model suggest that females prefer nest-sites with low number of flowers, near water bodies and relatively isolated from other neighboring plants.

For other bird species, nest-site selection has been related to food abundance (Crampton et al. 2011, Barea 2012). In this case, Mexican Sheartail nests were in patches with lower number of flowers in comparison to the random sites. We believed that sites with abundant flowers would also have abundant fruits, that will be used as food by others birds. For example, *M. arboreus* is an abundant plant of the shrub vegetation (Torres et al. 2010, Ortega-Pimienta unpublished data) that produces fleshy fruits eaten by birds (Webb 1984). Thus, predation risk might be higher in sites with a greater availability of food, as potential predators would be in the vicinity of the nest (Barea and Watson 2013). Another possible explanation is that females may avoid patches with high number of flowers, because intra and interspecific hummingbird interactions around flower patches are frequent (Ortega-Pimienta unpublished data), and this could undermine nest attentiveness, as the female must spend less time incubating the eggs or feeding the nestlings in order to

defend the nest territory from visitors (Baltosser 1996). Besides, these interactions could provide visual cues to potential nest predators (Skutch 1985).

Nesting sites of other hummingbird species have been associated with nectar availability (Baltosser, 1989), where areas that contained greater quantities of nectar tended to have more nests. Two of the observed main nectar resources of the Mexican Sheartail are *M. arboreus* and *A. angustifolia*, are infrequent both in the pioneer vegetation and in the edge of mangroves, but they are two of the most abundant plants of the shrub vegetation of the coastal sand dune (Ortega-Pimienta unpublished data). Mexican Sheartail females forage over a much larger area than the nest patch, we commonly observed nesting females traveling from the pioneer vegetation or the edge of mangroves vegetation toward flower patches on the shrub vegetation of the costal sand dune. Therefore, proximity to floral resources at the nest patch scale does not appear to be an important criterion for nest-site selection, but it may be important at the landscape scale.

Previous studies found that birds (mostly passerines) prefer to nest in patches with concealment attributes (e.g. dense understory vegetation, higher canopy cover), because nests get concealed easily and predation rates are reduced (Martin 1992, 1993, Rangel-Salazar et al. 2008). The females of the Mexican sheartail prefer patches with low density of plants and relatively isolated from other plants to locate their nests, when compared with random sites. Low density of plants in the nest patch may decrease the presence of potential predators in the surroundings (Summers et al. 2002). Some studies have identified a trade-off between concealment and visibility in nest site selection (Götmark et al. 1995). Potential benefits of this trade-off are to reduce the risk of predation on adults and nestlings; parents in the nest with good visibility of the surroundings may be able to detect predators on time and to defend their nest or to escape. Our results indicate that the females of the Mexican Sheartail rather than concealing the nests, they prefer to have visibility of the surroundings, because they place their nests near the foliage edge, with relative low concealment and as mentioned above, with a low density of plants in the nest patch.

We also found that nests were near water bodies. Several nests were in a shrub surrounded completely by water in a flooded area of the edge of mangroves. Other nests were over the water in the edge of a man-made small salt lagoon. Nests of the Mexican

Sheartail found in Veracruz were also near water bodies (Díaz-Valenzuela et al. 2011). Nests of other hummingbirds have been registered near water bodies (Calder 1973, Greeney et al. 2006). We believe that proximity to water bodies might offer some protection to the nests, because it makes access difficult for terrestrial predators.

Our results showed that the nests have no uniform orientation; they were oriented towards the southwest, away from the prevailing winds (blowing from the northeast). For other bird species, previous studies found that nest orientation can be related to wind direction, sometimes for thermoregulatory advantages (Austin 1974), other times for structural advantages (Long et al. 2009), to be sheltered from prevailing winds (Summers 2002). In this particular case, nest orientation may be related to wind direction as that nests are located near the foliage edge of the nest substrate, in the border of a thin branch exposed to wind movements. Therefore, branches facing northeast are exposed to vertical movements, which eventually may cause instability in the nests and its content. In this way, nests facing elsewhere (mainly southwest) will be sheltered from prevailing wind and just exposed to horizontal movements of the branch supporting the nest.

Nest survival

As expected, predation was the main cause of nest failures in accordance with other hummingbird studies (Baltosser 1986, Fierro-Calderón and Martin 2007, Smith et al. 2009, Díaz-Valenzuela et al. 2011). However, a relatively high percentage of nests (15.38%) failed in the nestling stage probably due to high temperatures as suggested by the nestlings found dead in the nests and without signs of predation. Overall nest success in this study was higher (12.16%) than that estimated for the Mexican Sheartail Veracruz population (4.4%) (Díaz-Valenzuela et al. 2011). However, our daily survival rates estimated are lower than those reported for the Black-chinned Hummingbird in New Mexico (varied between 31%–73%; Smith et al. 2009) and in Arizona (as much as 46%; Greeney and Whethington 2009).

Although we did not observe directly an event of nest predation, we did observe near the nests area several species of birds, which we consider potential eggs and nestlings predators, such as the Tropical Kingbird (*Tyrannus melancholicus*), Orange Oriole (*Icterus auratus*), Hooded Oriole (*I. cucullatus*), Altamira Oriole (*I. gularis*), Tropical Mockingbird (*Mimus gilvus*) and Yellow-billed Cuckoo (*Coccyzus americanus*). Avian species have

been suggested to be the main predators of hummingbird nests (Baltosser 1986, Smith et al. 2009), including some of the species mentioned above. It has been suggested that when nests of hummingbirds are placed close to the ground, snakes could be the main nest predators instead of birds (Baltosser 1986). In our study we did not observe snakes near the nests area, but we commonly observed lizard species like the Yucatan Spiny Lizard (*Sceloporus chrysostictus*), Yucatan Whiptail (*Aspidoscelis angusticeps*) and the Black Iguana (*Ctenosaura similis*). Because nests of the Mexican Sheartail in our study were placed close to the ground (116.29 ± 4.47 cm), we believe that nest predation by lizards could also be common.

Daily nest survival rates were higher in the edge of mangroves (0.9561 ± 0.009) than in the costal sand dune (0.8886 ± 0.033). One possible reason is that nests in the coastal sand dune seem to be more accessible to the predators mentioned above.

Nest survival and nest-site characteristics

The best-supported model for nest survival contained nest location variables. DSR increased with increasing nest concealment, suggesting that more concealed nests are less visibly to aerial predators (Segura et al. 2012). The nest failure due to predation and to death of nestlings (presumably due to high temperatures) suggests that the trade-off between concealment and visibility is not favoring DSR.

In our study DSR was positively related to nest height, possibly because higher nests are not easily accessible to terrestrial predators, which is in contrast to the findings of previous studies about hummingbirds (Baltosser 1986, Smith et al. 2009).

Management considerations

The habitat of the Mexican Sheartail is threatened by several factors, including natural events like hurricanes, but mainly by anthropogenic activities like cattle ranching, agriculture and urban development (Ortiz-Pulido et al. 2002, Elúan-Ávila et al. 2007). Conservation strategies for the Mexican Sheartail in the Yucatan Peninsula should consider the maintenance of habitat patches located in the pioneer vegetation of the costal sand dune, and in the edge of mangroves, because it could provide shrubs and trees for nesting. In the costal sand dune the shrub *S. maritima* was the most used nest substrate,

thus it is important to protect the first shrubs that grow near the sea, such as *S. maritime* and *T. gnaphalodes*. Our results highlight the importance of the edge of mangroves as a nesting area, where individuals of mangroves species like *A. germinans* and *C. erectus* are commonly used as nest substrates.

Although females placed their nests in patches with low number of flowers, is important to preserve the foraging areas used by Mexican Sheartails that are mainly located in the shrub vegetation. Availability of nectar resources on a larger scale than the nest patch is essential not only for the adults but also for the nestling development.

Finally, the main breeding area of the Mexican Sheartail may also be affected by consequences of climate change. For example, sea-level rise scenarios indicate that coastal sites may suffer severe habitat loss (Galbraith et al. 2002). Thus future studies should focus on understanding the impacts of climate change on the distribution of this hummingbird, in order to better plan conservation efforts (Feria et al. 2013).

LITERATURE CITED

- AUSTIN, G. T. 1974. Nesting success of the cactus wren in relation to nest orientation. Condor 76: 216–217.
- BALTOSSER, W. H. 1986. Nesting success and productivity of hummingbirds in southwestern New Mexico and southeastern Arizona. Wilson Bulletin 98: 353–367.
- BALTOSSER W. H. 1989. Nectar availability and habitat selection by hummingbirds in Guadalupe Canyon. Wilson Bulletin 101: 559–578.
- BALTOSSER, W. H. 1996. Nest attentiveness in hummingbirds. Wilson Bulletin 108:228–245.
- BAREA, L. P., AND D. M. WATSON. 2013. Trapped between popular fruit and preferred nest location—cafeterias are poor places to raise a family. Functional Ecology 27: 766–774.
- BAREA, L. P. 2012. Habitat influences on nest-site selection by the Painted Honeyeater (*Grantiella picta*): do food resources matter? Emu 112: 39–45.

- BURNHAM, K. P., AND D. R. ANDERSON. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: a Practical Information-Theoretic Approach, 2nd ed. Springer-Verlag, New York.
- CALDER, W. A. 1973. Microhabitat selection during nesting of hummingbirds in the Rocky Mountains. *Ecology* 54: 127–134.
- CRAMPTON, L. H., AND J. S. SEDINGER. 2011. Nest-habitat selection by the Phainopepla: congruence across spatial scales but not habitat types. *Condor* 113: 209–222.
- DÍAZ-VALENZUELA, R., N. Z. LARA-RODRIGUEZ, R. ORTIZ-PULIDO, F. GONZÁLEZ-GARCÍA, AND A. R. BAUTISTA. 2011. Some aspects of the reproductive biology of the Mexican Sheartail (*Doricha eliza*) in central Veracruz. *Condor* 113: 177–182.
- EUÁN-ÁVILA, J., A. GARCÍA, AND M. A. LICEAGA-CORREA. 2007. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán CINVESTAV, CICY, ITC, ITM, UADY. Informe técnico final.
- FERIA, T. P. A., G. SÁNCHEZ-ROJAS, R. ORTIZ-PULIDO, J. BRAVO-CADENA, E. C. PÉREZ, J. M. DALE, J. N. DUBERSTEIN, P. ILLOLDI-RANGEL, C. LARA, AND J. VALENCIA-HERVERTH. 2013. Estudio del cambio climático y su efecto en las aves en México: enfoques actuales y perspectivas futuras. *Huitzil* 14: 47–55.
- FIERRO-CALDERÓN, K., AND T. E. MARTIN. 2007. Reproductive biology of the Violet-Chested Hummingbird in Venezuela and comparisons with other tropical and temperate hummingbirds. *Condor* 109: 680–685.
- GALBRAITH, H., R. JONES, R. PARK, J. CLOUGH, S. HERROD-JULIUS, B. HARRINGTON, AND G. PAGE. 2002. Global climate change and sea level rise: potential losses of intertidal habitat for shorebirds. *Waterbirds* 25: 173–183.
- GÖTMARK, F., D. BLOMQVIST, O. C. JOHANSSON, AND J. BERGKVIST. 1995. Nest site selection: A trade-off between concealment and view of the surroundings? *Journal of Avian Biology* 26: 305–312.
- GREENEY, H. F., AND S. M. WETHINGTON. 2009. Proximity to active Accipiter nests reduces nest predation of Black-chinned Hummingbirds. *Wilson Journal of Ornithology*. 121: 809–812.

- GREENEY, H. F., R. C. DOBBS, G. I. C. DIAZ, S. KERR, AND J. G. HAYHURST. 2006. Breeding biology of the Green-fronted Lancebill (*Doryfera ludovicae*) in eastern Ecuador. *Ornitología Neotropical* 17: 321–331.
- HINES, J. E., AND J. R. SAUER. 1989. Program Contrast: a general program for the analysis of several survival or recovery rate estimates. U.S. Fish and Wildlife Service Technical Report 24, Washington, DC.
- HOWELL, S. N. G. AND S. WEBB. (1995) A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- JENNESS, J. 2005. Random point generator (randpts.avx) extension for ArcView 3.x, version 1.3. Jenness Enterprises. [Online] Available at www.jennessent.com/arcview/random_points.htm.
- LONG, A. M., W. E. JENSEN, AND K. A. WITH. 2009. Orientation of Grasshopper Sparrow and Eastern Meadow Lark nests in relation to wind direction. *Condor* 111: 395–399.
- MARTIN, T. E. 1992. Breeding productivity considerations: What are the appropriate habitat features for management? In: *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds* (J. M. Hagan III and D. W. Johnston, eds.), pp 455–473. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- MARTIN, T. E. 1993. Nest predation and nest sites. New perspectives on old patterns. *BioScience* 43: 523–532.
- MARTIN, T. E. 1998. Are microhabitat preferences of coexisting species under selection and adaptive? *Ecology* 79: 656–670.
- MCGUIRE, J. A., C. C. WITT, J. V. REMSEN, R. DUDLEY, AND D. L. ALTSCHULER. 2009. A higher-level taxonomy for hummingbirds. *Journal of Ornithology* 150: 155–165.
- MORENO-CASASOLA, P., AND I. ESPEJEL. (1986). Classification and ordination of coastal dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio* 66: 147–182.
- ORTIZ-PULIDO, R., A. T. PETERSON, M. B. ROBBINS, R. DÍAZ, A. G. NAVARRO, AND G. ESCALONA-SEGURA. 2002. The Mexican Sheartail (*Doricha eliza*): morphology,

- behavior, distribution, and endangered status. *Wilson Bulletin* 114: 153–160.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2010. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/>
- RANGEL-SALAZAR, J. L., K. MARTIN, P. MARSHAL, AND R. ELNER. 2008. Influence of habitat variation, nest-site selection and parental behavior on breeding success of Ruddy-capped Nightingale Thrushes (*Catharus frantzii*) in Chiapas, Mexico. *Auk* 125: 358–367.
- RICKLEFS, R. E. 1969. An analysis of nesting mortality in birds. *Smithsonian Contributions in Zoology* 9: 1–48.
- SEGURA, L. N., D. A. MASSON, AND M. G. GANTCHOFF. 2012. Microhabitat nest cover effect on nest survival of the Red-crested Cardinal. *Wilson Journal of Ornithology*. 124: 506–512.
- SKUTCH, A. F. 1985. Clutch size, nesting success, and predation on nests of neotropical birds, reviewed. *Ornithological Monographs* 36: 575–594.
- SMITH, D. M., D. M. FINCH, AND D. L. HAWKSWORTH. 2009. Black-chinned Hummingbird nest-site selection and nest survival in response to fuel reduction in a southwestern riparian forest. *Condor* 111: 641–652.
- SUMMERS, R. W., E. HUMPHREYS, M. NEWELL, AND C. DONALD. 2002. Nest-site selection by crossbills *Loxia* spp. in ancient native pinewoods at Abernethy Forest, Strathspey, Highland. *Bird Study* 49: 258–262.
- TORRES, W., M. MÉNDEZ, A. DORANTES, AND R. DURÁN. 2010. Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral yucateco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 86: 37–51
- WEBB, C. J. 1984. Hummingbird pollination of *Malvaviscus arboreus* in Costa Rica. *New Zealand Journal of Botany* 22: 575–581.
- WHITE, G. C., AND K. P. BURNHAM. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120–138.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis, 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

CONCLUSIONES GENERALES Y PERSPECTIVAS

Conclusiones

La primera parte de este trabajo (capítulo II), se enfocó en estudiar algunos aspectos de la biología reproductiva de *D. eliza* en Yucatán, además de presentar información sobre su abundancia relativa, comportamiento, recursos florales y abundancia de especies de plantas en los diferentes tipos de vegetación. Esta información es de gran importancia ya que permitió realizar comparaciones entre las dos poblaciones de *D. eliza*, así como utilizar la información para los subsecuentes análisis sobre la selección del sitio de anidación y éxito de anidación (e.g. periodo de anidación, recursos florales), e interpretar algunos resultados de esos análisis.

El periodo de incubación y periodo de polluelos, así como las características de los nidos y huevos de *D. eliza* estudiados en el presente estudio son consistentes con lo reportado en otros estudios sobre colibríes y en particular sobre lo reportado para la población de *D. eliza* en Veracruz. Se encontraron diferencias en la composición del nido (materiales de construcción), sin embargo esta puede variar de acuerdo al material disponible en cada sitio. La fenología de anidación es similar entre las dos poblaciones, ya que en los dos sitios el periodo reproductivo comienza en julio. En cuanto a los recursos florales, *D. eliza* se observó alimentándose del néctar de 17 especies de plantas, aunque parece haber una preferencia por dos de ellas (*M. arboreus* y *A. angustifolia*). Ahora bien, los registros de individuos de *D. eliza* que se realizaron en la vegetación de duna costera y bordes de manglar nos indican que la población Yucateca aparentemente tiene una mayor abundancia relativa que los individuos de la población de Veracruz y hay evidencia de que las dos poblaciones se distribuyen en zonas costeras y zonas de selva alejadas de la costa.

En relación a los análisis sobre la selección del sitio de anidación (capítulo III), se demostró que las hembras de *D. eliza* seleccionan características específicas del hábitat a nivel de planta focal y a nivel de parche del nido. A nivel de planta focal las hembras construyen sus nidos principalmente en plantas de dos especies; *A. germinans* y *S. maritima*. Los nidos fueron colocados muy cerca del borde del follaje, probablemente para hacerlos menos accesibles a depredadores terrestres (e.g. lagartijas). La orientación de

los nidos con respecto al tallo central no fue uniforme, éstos estuvieron orientados en promedio hacia el suroeste, contrario a la dirección predominante del viento que provenía en promedio del noreste. Posiblemente en esta especie las hembras orientan sus nidos en direcciones opuestas a los vientos predominantes con la finalidad de que los nidos tengan una mayor estabilidad.

A nivel de parche del nido, los análisis sobre la selección del sitio de anidación nos indican que las hembras de *D. eliza* prefieren sitios que se encuentren cercanos a cuerpos de agua, sin o con pocas flores y con plantas vecinas alejadas de la planta del nido. Probablemente el riesgo de depredación sea el factor principal que influya en la selección del sitio de anidación, ya que sitios con estas características tienden a tener una menor presencia de potenciales depredadores. Las características del sitio del nido a nivel de parche y a nivel de planta focal sugieren que posiblemente las hembras prefieren sitios que tienen una alta visibilidad de los alrededores, en vez de maximizar el ocultamiento del nido.

En este estudio se encontró que el éxito de anidación de *D. eliza* es bajo en relación a otros estudios sobre colibríes, pero es mayor al registrado para la población de Veracruz. Como se ha identificado en otros estudios sobre aves, la depredación de huevos y polluelos es la principal causa de la disminución de la tasa de supervivencia diaria de nidos; de igual manera, se identificó que la mayoría de los nidos de *D. eliza* en Yucatán fracasaron debido a la depredación. Además se encontró que la tasa de supervivencia diaria entre nidos localizados en los bordes de manglar es significativamente mayor a la de los nidos localizados en la vegetación de duna costera. Estos resultados indican que a pesar de que las hembras de *D. eliza* seleccionan sitios que aparentemente disminuyen el riesgo de depredación, la estrategia utilizada parece ser poco efectiva, sobre todo en los nidos colocados en la vegetación de duna costera.

Durante este estudio se identificó que algunas características de los sitios de anidación están relacionadas con una mayor probabilidad de éxito de los nidos, mientras otras características con una menor probabilidad. Las variables que recibieron mayor soporte en el análisis de la selección del sitio de anidación, no recibieron gran soporte en los modelos de supervivencia de los nidos. De acuerdo al modelo que recibió mayor soporte, la tasa de supervivencia diaria disminuye conforme aumenta la altura de la planta del nido

y el número de tallos de la planta donde se encuentra el nido, y aumenta conforme aumenta la altura del nido, el ocultamiento del nido a 1 m y el diámetro en la base de la planta del nido.

Perspectivas

El hábitat de *D. eliza* en la costa norte de la Península de Yucatán, se ha deteriorado debido a fenómenos naturales como huracanes, al igual que por diversas presiones causadas por el hombre, como lo son la ganadería, la agricultura, el desarrollo de salineras, puertos, el crecimiento urbano y en particular el desarrollo de casas de verano. Los gobiernos federal y estatal han realizado un gran esfuerzo por decretar áreas naturales protegidas, y actualmente la mayoría de la costa norte de la Península se encuentra protegida. Sin embargo aún dentro de estas áreas protegidas las actividades antropogénicas antes mencionadas se continúan realizando. Sería conveniente determinar en el futuro cuál es el efecto puntual de estas actividades en la conservación de la especie.

Nuestros resultados tienen implicaciones claras para la conservación de *D. eliza* en la costa norte de la Península de Yucatán. El hecho de haber identificado los sitios de anidación y reconocer que las hembras de *D. eliza* seleccionan características específicas del hábitat para colocar sus nidos, nos permite recomendar las siguientes acciones de conservación:

- 1) Proteger efectivamente los bordes de manglar y la zona de pioneras de la vegetación de duna costera. Estas áreas representan los sitios de anidación más importantes, razón por la cual conservar estos sitios le brindarán a las hembras de *D. eliza* la disponibilidad de hábitat para colocar sus nidos.
- 2) Conservar las plantas que *D. eliza* usa más para colocar sus nidos, es decir, *A. germinans* y *C. erectus*, en los bordes de manglar, y *S. marítima*, en la vegetación de duna costera.
- 3) Mantener conservada la zona de matorral de la vegetación de duna costera. Esto es porque en esta área se encuentran los recursos alimenticios más importantes para *D. eliza* (e.g. *M. arboreus*, *A. angustifolia*). Diversos estudios indican que las áreas

que cuentan con mayor disponibilidad de néctar, a una escala mayor a la del parche del nido, son más utilizadas por los colibríes.

4) Restaurar zonas perturbadas del hábitat de anidación de *D. eliza*. Por diversas razones existen zonas donde la vegetación de duna costera y manglar ha sido removida casi en su totalidad, para su restauración es muy importante considerar la composición y densidad de plantas en cada zona (i.e., la zona de pioneras, la de matorral y los bordes de manglar). Esto es porque se identificó en el presente estudio que las hembras de *D. eliza* prefieren sitios relativamente aislados de otras plantas y sin muchas flores a nivel de parche del nido.

Dado que la mayoría de los nidos fracasó a causa de la depredación, probablemente por animales nativos y no por animales exóticos, se recomienda que los esfuerzos de conservación se enfoquen en los puntos mencionados anteriormente y no en controlar la presencia de potenciales depredadores. Esto sería más costoso, probablemente ineficaz y riesgoso, ya que podría afectar las poblaciones de los potenciales depredadores.

Diversos aspectos de la biología reproductiva de *D. eliza* en la Península de Yucatán aún quedan sin estudiar, por ejemplo; sería interesante conocer más sobre el cuidado parental (i.e., la tasa de incubación de los huevos y la tasa de alimentación de polluelos), así como medir sistemáticamente el crecimiento de los pollos y el desarrollo de su plumaje.

Los resultados sobre la selección del sitio de anidación y su influencia en el éxito de anidación son principalmente obtenidos de los nidos encontrados en Telchac Puerto durante el primer ciclo de anidación del periodo reproductivo 2012-2013. Por lo cual es importante en próximos estudios determinar si los patrones de selección del sitio del nido y las tasas de supervivencia son consistentes en otros sitios de la Península de Yucatán y en diferentes años.

En este estudio se presentó información colateral sobre la abundancia relativa de *D. eliza* en zonas de duna costera y bordes de manglar, y se recopiló información sobre su presencia fuera de estas áreas, es decir, en zonas de selva baja inundable alejadas de la costa. Es necesario en un futuro estudio, determinar la densidad de individuos en todos los tipos de vegetación donde se le ha registrado en la Península, con esta información

sería posible obtener un estimado confiable del tamaño poblacional de la especie en esta zona.



ANEXO I

Appendix I. Mean densities (ind ha⁻¹) and standar errors (SE) of plant species in the pioneer vegetation (*n* = 12 plots), shrub vegetation (*n* = 18 plots) and edge of mangroves (*n* = 12 plots) of Telchac Puerto, Yucatan, Mexico.

Vegetation	Individuals ≥2.5 cm of DB			Individuals <2.5 cm of DB		
	Species	Density	SE	Species	Density	SE
Pioneer	<i>Suriana maritima</i>	431.54	106.46	<i>Canavalia rosea</i>	922.61	183.68
	<i>Scaevola plumieri</i>	372.02	104.16	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	625	212.54
	<i>Tournefortia gnaphalodes</i>	238.09	59.52	<i>Malvaviscus arboreus</i>	14.88	14.88
	<i>Agave angustifolia</i>	59.52	59.52			
Shrub	<i>Agave angustifolia</i>	833.33	263.83	<i>Malvaviscus arboreus</i>	803.57	193.82
	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	674.60	233.47	<i>Gossypium hirsutum</i>	248.01	59.76
	<i>Caesalpinia vesicaria</i>	625	116.61	<i>Passiflora foetida</i>	158.73	62.74
	<i>Pithecellobium keyense</i>	476.19	69.23	<i>Canavalia rosea</i>	158.73	69.06
	<i>Bravaisia berlandieriana</i>	267.85	73.96	<i>Tyllansia dasinifolia</i>	69.44	38.57
	<i>Sideroxylon americanum</i>	138.88	63.84	<i>Dicliptera sexangularis</i>	39.68	30.81
	<i>Capparis incana</i>	119.04	47.88	<i>Opuntia stricta</i>	9.92	9.92
	<i>Maytenus phyllanthoides</i>	119.04	80.37			
	<i>Opuntia stricta</i>	99.20	43.84			
	<i>Coccoboba uvifera</i>	59.52	43.30			
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	59.52	32.28			
	<i>Bonellia macrocarpa</i>	39.68	18			
	<i>Gossypium hirsutum</i>	39.68	18			
	<i>Leucaena leucocephala</i>	39.68	23.07			
Edge of mangroves	<i>Metopium brownei</i>	19.84	19.84			
	<i>Podopterous mexicanus</i>	19.84	13.61			
	<i>Conocarpus erectus</i>	9.92	9.92			
	<i>Suriana maritima</i>	9.92	9.92			
	<i>Avicennia germinans</i>	982.14	205.60			
	<i>Conocarpus erectus</i>	892.85	254.44			
	<i>Maytenus phyllanthoides</i>	386.90	84.65			
	<i>Opuntia stricta</i>	74.40	74.40			
	<i>Gossypium hirsutum</i>	14.88	14.88			
	<i>Pithecellobium keyense</i>	14.88	14.88			
	<i>Laguncularia racemosa</i>	14.88	14.88			