



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DEL POSIBLE USO DEL ALGODÓN
SILVESTRE (*Gossypium hirsutum*) COMO MATERIAL DE
CONSTRUCCIÓN EN NIDOS DE AVES EN YUCATÁN Y
OAXACA, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ABIGAIL EUNICE ARTEAGA ROJAS

CIUDAD DE MÉXICO

2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. ANA LAURA WEGIER BRIUOLO
CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX (2020)**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESTRICCIONES DE USO

1.- Datos del alumno

Arteaga

Rojas

Abigail Eunice

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias, Biología.

312234436

2.- Datos del Asesor

Dra.

Wegier

Briuolo

Ana Laura

3.- Datos del Sinodal 1

Dra.

Hernández

Baños

Blanca Estela

4.- Datos del Sinodal 2

Dr.

Vázquez

Miranda

Hernán

5.- Datos del Sinodal 3

Dr.

Sánchez

González

Luis Antonio

6.- Datos del Sinodal 4

Dra.

Flores

Abreu

Ileana Nuri

7.- Datos del trabajo escrito

Análisis del posible uso del algodón silvestre (*Gossypium hirsutum*) como material de construcción en nidos de aves en Yucatán y Oaxaca, México.

62 p.

2020

Agradecimientos

Institucionales

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México y por ende a todos mis profesores por formarme y brindarme todos los recursos necesarios durante mi licenciatura.

Al apoyo financiero a los proyectos PAPIIT IN214719 y CONABIO DGAP003/WN003/18.

Al Laboratorio de Genética de la Conservación del Jardín Botánico del IB, UNAM.

Al M. en C. Marco Gurrola de la Colección Nacional de Aves del Instituto de Biología de la UNAM.

A la M. en C. Fanny Rebollón de la Colección de Aves de Aves del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, UNAM, por el acceso y uso de datos de sus colecciones.

A la M. en C. Andrea Jiménez del Laboratorio de Biología Molecular de Zoología del Instituto de Biología, UNAM, por sus enseñanzas y apoyo en los procedimientos realizados en el laboratorio.

Al Dr. Hernán Vázquez por su apoyo con la revisión de mi anteproyecto, además de mis dudas durante la tesis y por brindarme su amistad.

Al Dr. Erick Alejandro García Trejo por ayudarme a darle forma al proyecto además de aconsejarme, guiarme y prestarme equipo para la salida a campo.

Quiero dar un especial agradecimiento a los expertos de la siguiente tabla, su ayuda fue fundamental en el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Nombre del experto	Adscripción	Área	Apoyo
Dr. Luis Antonio Sánchez González	Profesor Asociado "C" TC Curador Asociado Facultad de Ciencias, UNAM.	Ornitología	Identificación por medio de fotografías y videos de las especies de aves encontradas en campo.
M.en C. Ramiro Cruz Durán	Herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM.	Botánica	Identificación por medio de fotografías y muestras de las especies de plantas encontradas en campo.
M. en C. María Berenit Mendoza Garfias	Técnico Académico Titular C Instituto de Biología, UNAM.	Microscopía Electrónica de Barrido	Montaje y toma de fotografías en el MEB de las fibras encontradas en los nidos en campo.
Dra. Luisa Mainou Cervantes	Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural CNCPC-INAH	Fibras naturales	Peritaje de las fotografías tomadas al MEB y determinar el origen de la fibra.
Dra. Ana Wegier Briuolo	Investigador Asociado C, Jardín Botánico, UNAM.	Genética de la conservación	Identificación de fibras de <i>Gossypium hirsutum</i> encontradas en campo.

A título personal

A mi tutora Dra. Ana Wegier, quien me oriento y apoyo durante esta investigación. Además del apoyo personal en situaciones difíciles y sobre todo por el conocimiento brindado.

A mi papá Roberto, a pesar de que te me adelantaste y no puedes presenciar físicamente este momento, sé que sin ti no hubiera sido posible, te amo papá y te extraño mucho, pero a ti te dedico principalmente esta investigación que realice con todo mi esfuerzo, te mando un abrazo hasta el cielo.

A mi mamá Mireya que siempre me ha acompañado de cerca en mis estudios, por tu esfuerzo, tu comprensión, por tus cuidados, tu comida, pero sobre todo por todo el amor, la valentía y el cariño que siempre me brindas. Eres mi pilar más grande, te amo como a nadie más.

A mis abuelos Raúl-Yola, y Roberto-Lupe, por todo el amor que me dieron desde chica y ahora a Raúl y Lupe que todavía tengo el gozo de tenerlos conmigo, en especial a ti Raúl porque me apoyas en todo sentido, en cada paso que doy.

A mis hermanos, Dama por ser un gran ejemplo a seguir, Dan por seguir mi área y entenderme en el ámbito académico y a Rebeca quién me estuvo alentando a su manera y me dio al sobrino más precioso del mundo. Los amo.

A Miguel porque siempre estuvo apoyándome desde la construcción del método para mi campo y las observaciones en las partes débiles, además de su amor y comprensión durante el tiempo que realicé mi tesis. Por siempre impulsarme a abrir las alas y volar hasta donde me lo proponga.

A mis compañeros del Laboratorio de Genética de la Conservación; Vale, Pame, Javi, Serch, Ana y Ari que me ayudaron con el muestreo de mis salidas de campo. Y también a Tania, Mel, Santi y Cris, que me apoyaron con sus comentarios y críticas constructivas desde el laboratorio.

A la Dra. Patricia Escalante, porque ella fue una pieza fundamental para que me inclinara en el estudio de aves, por las guías de campo que me prestó, el apoyo que me dio durante la carrera y sus enseñanzas.

A mis amigos de la carrera Frida, Dany, Andrés, Pablo, Majo, Pale, Laura, Felix que siempre me dieron una mano durante toda la carrera y posterior a ello también. A Jesús, Andrés, Oscar Modroño y Oscar escarabajo por apoyarme de diferentes maneras para la realización de la tesis.

A mis amigos de la vida: Cyn, Xiadi, Montse, Normi, Naty, Jody, John, Olaf, Joshua, que siempre han estado en el camino.

GRACIAS.

ÍNDICE

Resumen	7
I. Introducción	8
1.1 Ecología de las interacciones: mutualismo; dispersión.	8
1.2 <i>Gossypium hirsutum</i> (un complejo de especie desde silvestre a domesticado)	9
1.3 Diversidad de aves en las áreas que pueden interactuar con el algodón	12
1.4 La arquitectura de nidos de las aves	13
II. Justificación	15
III. Objetivos	16
General	16
Particulares	16
IV. Metodología	17
4.1 Área de estudio	17
4.2 Búsqueda de nidos en campo (Modificado de Ralph et al., 1996).	18
4.3 Identificación taxonómica de especies encontradas en campo	21
4.4 Revisión de nidos en colecciones nacionales de aves	23
4.5 Microscopía electrónica de barrido.	25
4.5.1 Peritaje	25
4.6 Revisión bibliográfica de la interacción algodón-ave.	28
V. Resultados	29
5.1 Nidos encontrados en campo	29
5.2 Especies identificadas taxonómicamente	33
5.3 Revisión de colecciones de aves en México.	37
5.4 Revisión de fibras en Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) y Peritaje	41
5.5 Revisión bibliográfica de ave-algodón	47
VI. Discusión	49
6.1 Nidos encontrados en campo	49
6.2 Aves identificadas como constructoras de nidos con algodón en las colecciones biológicas	50
6.3 Fibras en Microscopía Electrónica de Barrido	51
6.4 Interacción entre algodón y aves en la construcción de nidos	52
6.5 Bioseguridad (poblaciones silvestres y OMG)	53
VII. Conclusiones	54
VIII. Perspectivas	55
IX. Referencias	56

Resumen

México es el centro de diversidad y domesticación de la especie de algodón *Gossypium hirsutum*, este ocupa el 95% de la producción mundial. Uno de los procesos evolutivos que contribuye al mantenimiento de la diversidad genética de la especie es el flujo génico, el cual podría ser en parte explicado por la dispersión de las semillas. Se ha reportado introgresión entre plantas de algodón genéticamente modificado (AGM) y sus parientes silvestres en varias partes del territorio nacional. Conocer a los organismos que participan en los procesos de dispersión de semillas contribuirá a comprender los procesos evolutivos de la especie y sus interacciones, así como diseñar eficientes estrategias de bioseguridad y conservación en el largo plazo. Las aves podrían ser dispersoras de las semillas ya que se ha reportado que utilizan algodón silvestre para construir sus nidos. Este trabajo se realizó en dos metapoblaciones de algodón silvestre, Península de Yucatán y Pacífico Sur. Además, se hizo una revisión de las colecciones ornitológicas más grandes de México con los objetivos de verificar si el algodón es un material de construcción de nidos, corroborando con fotografías en microscopía electrónica de barrido (MEB) y, de ser posible, identificar a las aves que los construyeron. De los 32 nidos encontrados en campo, 21 incluyeron algodón como material de construcción, y para el 50% se logró identificar a las especies autoras: *Amazilia rutila* y *Campylorhynchus yucatanicus* (especie endémica de la Península de Yucatán) en Península de Yucatán y *Myiozetetes similis* en el Pacífico Sur; además, a través de la bibliografía se pudo reportar también a *Doricha eliza* (especie endémica a México). Comprobamos que las aves dispersan semillas al usar la fibra como material de construcción, por lo que son un factor de complejidad más a considerar en las estrategias de bioseguridad y conservación que promuevan la continuidad de los procesos evolutivos que originan y mantienen la variación de *Gossypium hirsutum*. Por otra parte, es necesario evaluar la presencia, distribución y vagilidad (capacidad de dispersión) del AGM en los análisis de riesgo para su liberación al ambiente.

Palabras clave: nidos, fibras naturales, Península de Yucatán, Pacífico Sur colecciones ornitológicas, dispersión de semillas, metapoblación, estrategias de bioseguridad y conservación.

I. Introducción

1.1 Ecología de las interacciones: mutualismo; dispersión.

La mayoría de las especies descritas en la naturaleza interactúan unas con otras a través de relaciones como el parasitismo, el parasitoidismo, la simbiosis, el comensalismo o los mutualismos, dando lugar a redes complejas de interacciones (Jordano, 1987; Rico-Gray, 2007). Las interacciones de mutualismo constituyen la base para el funcionamiento de muchos ecosistemas, dado que de ellas depende gran parte de la reproducción y reclutamiento exitosos de muchas especies de plantas. Además, gran número de especies animales dependen estrechamente de los recursos que las plantas proveen (y viceversa) alrededor de sus estructuras reproductivas (p. e. flores, frutos) (Levey, Silva, y Galetti, 2002; Medel, et al., 2009; Waser y Ollerton, 2006). Estas interacciones sustentan la biodiversidad y funcionalidad de las comunidades naturales y han tenido un papel central en la evolución de la biodiversidad terrestre (Thompson, 2006). Sería difícil imaginar cómo funcionaría cualquier ecosistema si careciese de las interacciones mutualistas de las que depende la polinización y la dispersión de las semillas (Jordano, 2000).

Las relaciones mutualistas entre plantas y animales que han recibido un mayor esfuerzo de investigación han sido las relaciones de polinización y dispersión de semillas (Herrera y Pellmyr, 2002). Ambos sistemas han tenido un enorme potencial ecológico y evolutivo, ya que gran parte de la evolución, entonces, no está circunscrita solamente a la evolución de las especies, sino a la evolución de las múltiples maneras en que las especies explotan a otras y evitan ser explotadas. Los animales no sólo han evolucionado la habilidad para alimentarse directamente de los tejidos vegetales, sino que las plantas han evolucionado la habilidad de explotar a los animales (Medel, et al. 2009).

La dispersión es el proceso por el cual los individuos se mueven del entorno inmediato parental para establecerse en otro lugar más o menos cercano (Herrera y Pellmyr, 2002). Aunque este proceso no es exclusivo de las plantas,

el proceso de dispersión en ellas difiere del de los animales en un importante aspecto: mientras que en los animales la dispersión de un individuo depende casi exclusivamente de su propia capacidad locomotora, la dispersión de los vástagos de una planta tiene una naturaleza pasiva, es decir, una semilla ni ejerce control alguno del proceso dispersivo en sí mismo, ni influye sobre el sitio final en el que ésta es depositada. Por tanto, la dispersión en las plantas estará determinada principalmente por los rasgos funcionales (atributos morfológicos, fisiológicos o fenológicos propios de los organismos que determinan su eficacia biológica) y por la existencia de un vector (biótico o abiótico) responsable de llevar a cabo la dispersión de los vástagos (Costa-Saura, et al. 2016; Herrera y Pellmyr, 2002; Willson y Traveset, 2000).

Estas relaciones bióticas participan en procesos tales como la regeneración natural de la vegetación (aumento de la probabilidad de que una semilla sea depositada en lugares favorables para su germinación y para el establecimiento de las plántulas), la formación de nuevas especies (aumenta la probabilidad de flujo génico en- y entre- poblaciones), la dinámica biogeográfica (colonización de nuevas áreas) y, en definitiva, el propio funcionamiento del ecosistema (Estrada y Fleming, 1986; Howe y Smallwood, 1982).

1.2 *Gossypium hirsutum* (un complejo de silvestre a domesticado)

El algodón *Gossypium hirsutum*, pertenece a la familia Malvaceae (Cronquist, 1981), y es de gran importancia para el ser humano a nivel mundial, ya que representa más del 95% de la producción mundial de esta fibra (Brubaker y Wendel, 1994; Wendel, et al. 2010) y para el sector científico, en el que el algodón genéticamente modificado (AGM) ha despertado gran interés para la solución de los problemas con plagas en cultivos (Wegier, 2005). Los cultivos de algodón ocupan el sexto lugar mundial en superficie cultivada y el AGM se coloca en el tercer lugar de los 15 cultivos biotecnológicos más sembrados (ISAAA, 2019). Es importante hacer notar que, de estos cultivos, el algodón es el único que no adquirió su valor por formar parte de la base de la alimentación (Wendel et al., 2010). Además la semilla de algodón es también una fuente importante de alimento, ya que de ella se extraen aceite para consumo humano y harina para la alimentación animal (Sunilkumar, et al. 2006).

El centro de diversidad de esta especie es Mesoamérica, esta región está representada actualmente por un complejo, es decir, una variación (gradiente) de la especie desde las metapoblaciones silvestres hasta las plantas domesticadas, con las variedades nativas, mejoradas y plantas voluntarias (plantas que crecen particularmente al borde de las carreteras a partir de semillas derramadas por el transporte o derrame del algodónero) de ambas (Velázquez-López et al., 2018), lo que indica que sus interacciones llevan miles de años ocurriendo y éstas nos ayudan a comprender más sobre los procesos por los que se ha originado y mantenido su alta diversidad genética (Wegier et al., 2011). Conocer a los organismos que participan en la dispersión de las semillas de algodón es importante para comprender la alta tasa de flujo génico que se ha reportado en las poblaciones silvestres (Wegier et al., 2011) y también para diseñar estrategias de bioseguridad y conservación adecuadas que promuevan que los procesos continúen. Muchos de los estudios realizados sobre *G. hirsutum* se han realizado fuera de su centro de diversidad y con plantas domesticadas por lo que es necesario analizar las interacciones con plantas silvestres dentro de su área de distribución.

La fibra del algodón es producida por las células epidérmicas de la cubierta seminal, proceso que ocurre de manera simultánea a la formación de la semilla durante el crecimiento de la cápsula y el periodo de maduración (Gipson, 1986). Al igual que muchas otras malváceas, la fibra y semilla de algunas especies de algodón pueden ser dispersadas por viento, ya que la fibra pudiera servir como mecanismo para incrementar el área y poder ser llevada por este vector; sin embargo, en la mayoría de los casos para el algodón se ha reportado la dispersión de semillas de manera autócora (dispersión pasiva condicionada por el peso de la semilla y la gravedad) (GEF/CIBIOGEM/CONABIO, 2017). Sin embargo, la zoocoria, que es quizá la estrategia más efectiva de transporte de semillas, es llevada a cabo por los vertebrados voladores, por ejemplo las aves y murciélagos frugívoros, por lo que estos juegan un papel importante en los procesos de regeneración de los ecosistemas naturales (Pérez-Cadavid, et al. 2018).

Algunos experimentos realizados con germinación de semillas en condiciones salinas también han demostrado que las semillas de *Gossypium* tienen la testa

lo suficientemente dura como para tolerar condiciones extremas, por lo que pudieran ser dispersadas a larga distancia en corrientes de agua dulce y salada (Stephens, 1958, 1966; Wendel et al., 2010). Esto confirma la viabilidad de las semillas en condiciones extremas y por largos períodos de tiempo, incluso al ser transportadas por vertebrados voladores.

En un principio, la producción de algodón estaba asociada a altos costos ambientales, económicos y sanitarios debido a la necesidad de grandes cantidades de aplicaciones de plaguicidas, se necesitaba una estrategia diferente para mejorar los rendimientos. Por lo tanto, los productores adoptaron el paquete tecnológico que involucra el algodón transgénico, el cual es resistente a lepidópteros y tolerante a los herbicidas (Benbrook, 2012; Deguine, et al., 2008; en Rocha-Munive et al., 2018). Sin embargo, el daño al ambiente y a la salud causado por las técnicas agrícolas y el uso de agroquímicos asociado a la agricultura intensiva no tiene parangón en la historia de la humanidad (Acevedo, et al., 2009). Además, a pocos años de su implementación, se ha detectado la introgresión de transgenes en siete metapoblaciones de algodón silvestres (Hernández-Terán et al., 2019).

En 1996, el algodón transgénico se sembró por primera vez comercialmente en México y en otros cinco países (James, 2016), debido a la imposibilidad de cultivar algodón convencional en áreas con una fuerte presión de plagas (Terán-Vargas et al., 2005). En México, el aumento en la adopción de AGM fue gradual (Martínez-Carrillo y Díaz-López, 2005), sin embargo, desde 2008 el 96% del área cultivada con algodón corresponde a AGM (Purcell, et al., 2008). La superficie sembrada con algodón transgénico en México ha fluctuado, dependiendo de los precios internacionales de la fibra, los costos de los insumos y las plagas, malezas y enfermedades prevalentes (Rocha-Munive et al., 2018).

Las principales áreas de producción de algodón en México se encuentran en la región norte del país, que presenta clima árido que requiere el uso de sistemas de riego. Aunque estas áreas de producción de algodón no están muy cerca de áreas que contienen parientes silvestres, como lo establece la ley mexicana (CIBIOGEM, 2018), es necesario implementar medidas de control durante el

transporte de las cápsulas y la fibra para evitar la dispersión de plantas voluntarias y el posterior flujo de genes modificados a parientes silvestres (Rocha-Munive et al., 2018). La falta de control en el manejo de la semilla que sale de las plantas despepitadoras del norte del país representa el principal medio por el que estas semillas pudieran moverse de manera artificial a largas distancias (Wegier, 2013).

1.3 Diversidad de aves en dos áreas en las que puede interaccionar con el algodón: Península de Yucatán y Pacífico Sur.

En la península de Yucatán se encuentra la mayor concentración (abundancia) de plantas silvestres de la especie *Gossypium hirsutum* y es el único lugar en el que es una especie dominante en la flora nativa (Wendel et al., 2010; Coppens d'Eeckenbrugge y Lacape, 2014). Por otro lado, en el Pacífico Sur, tenemos a Oaxaca que es la región de Mesoamérica con mayor riqueza biológica en diferentes grupos taxonómicos de flora y fauna (Challenger, 1998; Flores y Gerez, 1994; Rammamoorthy, et al., 1998).

La Península de Yucatán (Quintana Roo, Campeche y Yucatán) es reconocida como un área de importancia para la diversidad y conservación de aves residentes y migratorias, ya que en ella se han registrado 543 especies correspondientes a 75 familias taxonómicas, lo que representa el 51% de las aves observadas en México y el 77% de las registradas en los Estados Unidos y Canadá (MacKinnon, 2005). También representa un corredor importante para las aves migratorias del norte que vuelan rumbo al sur en otoño y que retornan al norte en primavera (Lynch, 1989; Paynter, 1950).

Se reconocen 217 migratorias que llegan a establecerse en la Península durante el tiempo que dura el invierno del norte o se encuentran de paso, descansando y alimentándose para posteriormente continuar con su viaje hacia terrenos más sureños (Greenberg, et al., 1990). Esta riqueza es resultado de varios factores, entre los que resalta su ubicación en la zona más norteña de la península, lo que hace que varias especies provenientes del norte del continente (como las accidentales y ocasionales) se establezcan más rápida y fácilmente en el estado, antes que en otras zonas ubicadas en el centro y base de la península (Chablé-Santos, 2009).

De acuerdo con Howell y Webb (1995), son 13 las especies de aves endémicas de la Provincia Biótica Península de Yucatán (Quintana Roo, Campeche y Yucatán, excluyendo la isla de Cozumel), según González-García y Gómez de Silva (2003) dos son endémicas del país (*Campylorhynchus yucatanicus* y *Doricha eliza*) y 14 son cuasi-endémicas (especies cuya distribución fuera de México no sobrepasa los 35,000 km²). De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT, 2010), son 64 las especies estatales que se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo: 10 en peligro de extinción, 39 bajo protección especial y 15 amenazadas.

Por otra parte, en el Pacífico Sur, específicamente Oaxaca ocupa un lugar privilegiado en el contexto de la diversidad de México y Centroamérica, ya que está enclavada en una región geográficamente compleja, con alta diversidad de climas, tipos de vegetación y geología (García-Trejo y Navarro, 2004). Más aún, es la región de Mesoamérica con mayor riqueza biológica en diferentes grupos taxonómicos de flora y fauna (Challenger, 1998; Flores y Gerez, 1994; Rammamoorthy et al., 1998). Además, Oaxaca es una de las entidades mexicanas en la que se encuentran plantas silvestres del género *Gossypium hirsutum* (Wegier et al., 2011). Esta entidad ocupa el primer lugar en cuanto a riqueza de avifauna silvestre con 800 especies, cuando la mayoría de entidades mantienen un promedio de entre 400 y 500 especies (Del Olmo, 2007). Existen dos especies de aves endémicas al estado de Oaxaca según González-García y Gómez de Silva (2003); *Eupherusa cyanophrys* (colibrí oaxaqueño) y *Aimophila notosticta* (zacatonero oaxaqueño).

1.4 La arquitectura de nidos de las aves

La construcción de nidos es una actividad extendida en varios grupos biológicos, en la cual aves, reptiles, peces, insectos y mamíferos anidan para depositar y proteger huevos y/o crías (Hansell, 2000). Dentro de cada grupo existe una gran variación en el diseño de nidos. Por ejemplo, los nidos de las aves van desde pequeñas repisas cóncavas en forma de copa construidos por algunos Passeriformes, donde uno o ambos padres participan activamente en el cuidado de los huevos, hasta los enormes montículos de ramas, hojas y tierra construidos por megápodos que se incuban automáticamente por el calor

generado por descomposición vegetal (Hansell, 2000). La composición y calidad de los nidos determinan estrategias de reproducción y pueden afectar el éxito reproductivo de vertebrados nidificadores (que construyen nido), brindándoles protección y temperatura adecuada a huevos y crías (Honorato et al., 2016). El tamaño del propietario del nido al igual que las presiones ambientales en el hábitat son factores importantes para determinar la arquitectura del nido; además el tipo de nido que construye un ave también puede afectar en su adecuación, distribución y capacidad de dispersión (Medina, 2019).

Es necesario conocer el papel de las aves dentro de esta dinámica. La interacción planta-ave, es tan importante ecológicamente, que se ha planteado que las plantas tienen características en sus frutos o flores que les permiten ser dispersadas y polinizadas por aves (Del Hoyo, et al., 1999; Johnsgard, 1997). Por ello, la conservación de un grupo, facilita la preservación del otro. Las aves podrían ser dispersoras de las semillas de algodón ya que éstas construyen sus nidos con algodón silvestre (obs. pers. de Wegier, et al. 2011, 2013). Es por ello que este trabajo se centrará en la exploración de dos áreas de distribución de metapoblaciones de algodón silvestre en la Península de Yucatán y el Pacífico Sur, además de la revisión de las colecciones biológicas de aves más grandes de México, para verificar si el algodón es un material de construcción de nidos y de ser posible identificar a las especies de aves que los construyeron.

II. Justificación

El algodón (*G. hirsutum*) es una planta con la que estamos estrechamente relacionados todos los seres humanos todos los días de nuestras vidas por proporcionarnos su fibra en la industria textil, sanitaria e industrial, aceites vegetales, usos medicinales y de manera importante las semillas se usan como alimento para el ganado (Wegier, 2013). Con este estudio se pretende analizar si además la planta de algodón cumple un papel fundamental dentro de su ecosistema, a través de las interacciones con las aves silvestres. Se ha observado recientemente que, en Yucatán y Oaxaca, las aves están ocupando al algodón como recurso para la construcción de sus nidos, de modo que podrían estar fungiendo como medio de dispersión de las semillas de algodón, por lo que es fundamental conocer el papel de las aves en esta dinámica. De esta manera lograr estrategias de bioseguridad y conservación efectivas a largo plazo que mantengan los procesos evolutivos del algodón silvestre (*G. hirsutum*).

III. Objetivos

General

- Analizar en áreas de la distribución del complejo de algodón silvestre a domesticado de México su posible uso como material de construcción de nidos para apoyar con información veraz en estrategias de bioseguridad y conservación.

Particulares

1. Identificar, dentro del área de distribución natural de *Gossypium hirsutum*, nidos construidos por aves que contengan sus fibras como material de construcción.
2. Realizar avistamientos de aves adultas y polluelos (por medio de fotografías y videos) en nidos que incluyen *G. hirsutum* para la identificación taxonómica.
3. Revisar nidos en colecciones biológicas de aves de México para determinar si el algodón está entre sus materiales de construcción.
4. Examinar la información bibliográfica sobre las aves que han utilizado algodón para construir sus nidos.

IV. Metodología

4.1 Área de estudio

De acuerdo a los análisis de distribución potencial de especímenes determinados como silvestres de *G. hirsutum*, Wegier et al. (2011) definieron ocho áreas bioclimáticas a las que dan tratamiento de metapoblaciones (Wegier, 2013; Wegier et al., 2011). Este estudio se llevó a cabo en dos de estas metapoblaciones: Península de Yucatán y Pacífico Sur (Costa y Sureste de Oaxaca y Chiapas) (Fig. 1).

El área de estudio de la metapoblación Península de Yucatán comprende una franja costera en el límite del estado de Yucatán con el Golfo de México, específicamente en las localidades de Chicxulub Puerto y Ría Lagartos. La localidad de Chicxulub-Puerto se ubica en el municipio de Progreso, en la región noroeste del estado de Yucatán (21°17' 38" N, 89° 36' 29.998" W) y cuenta con una elevación de 0 msnm. A lo largo del año, se da una precipitación media de 473 mm y la temperatura media anual es de 25.4°C, está clasificada como BSh por Köppen y Geiger (1936). Entre los principales tipos de vegetación se encuentran: duna costera, bosque de manglar, petenes, pastizal, tular, selva inundable, selva baja caducifolia y vegetación secundaria (PRONATURA, 1996). Además, esta localidad es conocida por ser el centro del cráter que dejó un meteorito hace 65 millones de años y que cambió el rumbo de la historia de la Tierra, provocando la extinción de aproximadamente 75% de la vida en el planeta.

La localidad de Ría Lagartos (21° 35' 51" N, 88° 9' 28" W) se ubica en la región litoral del estado de Yucatán, y cuenta con una elevación media de 2 msnm. La precipitación en Ría Lagartos es de 623 mm durante todo el año y la temperatura media anual es de 25.4 °C, también está clasificada como BSh por Köppen-Geiger (1936).

La metapoblación Pacífico Sur se muestreó específicamente en el municipio de San Pedro Pochutla (15°44' 40"N, 96°27' 55" W), dentro de la región costa del sur del estado de Oaxaca. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, menos húmedo (58.48%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, más

húmedo (27.60%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (13.49%) y semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (0.43%), está clasificado como Aw según la clasificación climática de Köppen-Geiger (INEGI, 2005). Presenta una temperatura en promedio de 26°C y con una precipitación anual de 894 mm (García, 2004).

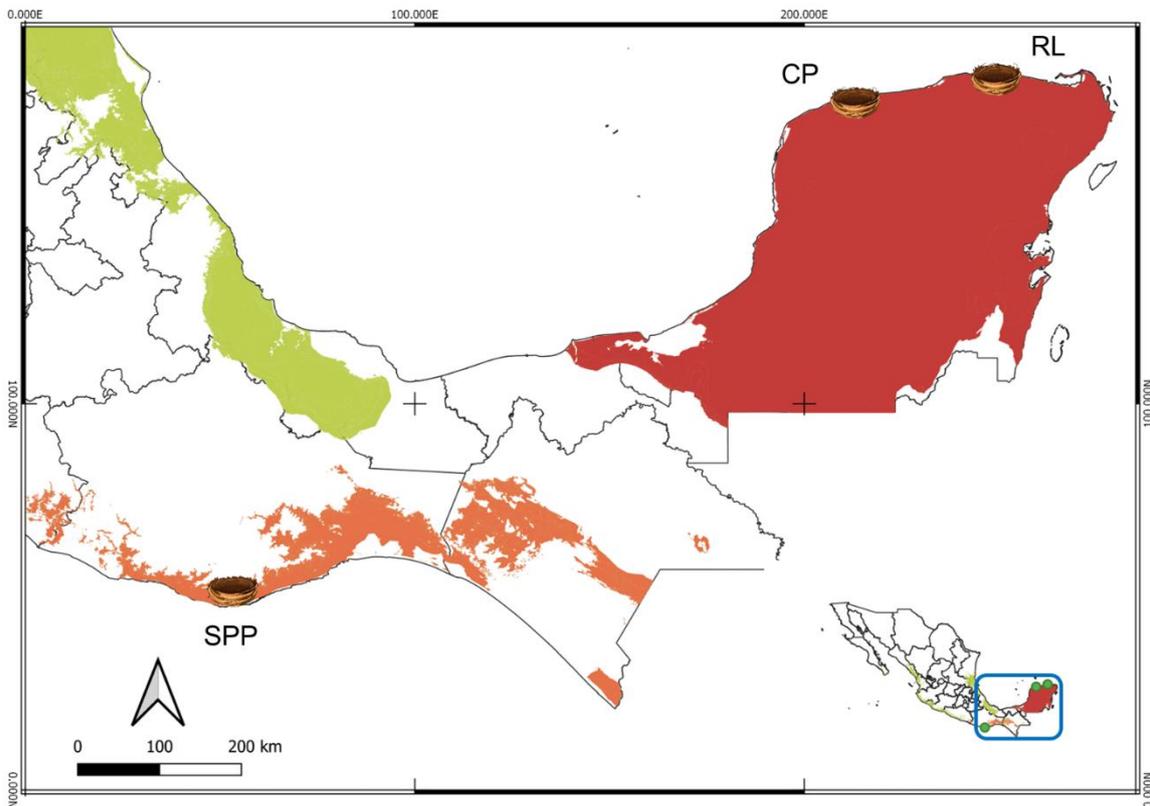


Figura 1. Metapoblaciones de algodón silvestre. En color rojo la metapoblación Península de Yucatán, con dos nidos que representan las localidades Chicxulub Puerto (CP) y Ría Lagartos (RL) y en color naranja la metapoblación Pacífico Sur, con un nido representando la localidad San Pedro Pochutla (SPP). En color verde (mapa miniatura) el resto de las metapoblaciones.

4.2 Búsqueda de nidos en campo

Durante el trabajo de campo se siguió el método de búsqueda de nidos propuesto por Ralph *et al.* (1996) con algunas modificaciones. Entraron a la búsqueda los nidos en árboles, arbustos, postes de luz o en algún asentamiento humano, dejando de lado los nidos construidos en el suelo (para evitar el sesgo, principalmente por mamíferos). Se delimitaron áreas rectangulares de 200~300 metros de largo, dependiendo el caso (acceso al

sendero) por 10 metros de ancho. Dentro de estas áreas se inició la búsqueda con ubicaciones potenciales de nidificación (Ralph et al., 1996) la búsqueda consistía en revisar todos los árboles y/o arbustos dentro del transecto, de arriba hacia abajo, revisando detenidamente en las bifurcaciones de las ramas. Una vez ubicados los nidos, se tomó la coordenada donde se sitúa cada árbol o arbusto que lo contenía, posteriormente se pudo observar la morfología del nido y si contenía algodón (fibra) como material de construcción. Los nidos que no contenían fibras de algodón fueron descartados. Si el nido estaba construido con alguna fibra (algodón o ceiba) en cualquier porcentaje (únicamente se evaluó presencia o ausencia), se registró como “nido potencial”.

Para la inspección de cada *nido potencial*, se realizó un monitoreo dividido en 3 bloques, el primer bloque consistía en grabar, para ello, se montaron tres cámaras GoPro (modelo Black Hero 5) de forma que se viera la entrada al nido y sus alrededores. Como segundo bloque, se designó una persona camuflada entre la vegetación con una cámara fotográfica (Canon T5, Canon T5i o Canon T6i) y teleobjetivos (180 mm, 250 mm y 300 mm) para capturar la imagen de la especie. Por último, el tercer bloque consistió en que una persona hiciera observaciones con binoculares 10X50 a 4 metros de distancia del nido.

Dicho monitoreo, se realizó durante 60 minutos (las cámaras grabaron los 60 minutos sin interrupciones, mientras que las personas monitoreando observaban durante 10 minutos y paraban por 5 minutos, así sucesivamente) dentro de los dos horarios con mayor actividad de las aves: el amanecer (de 7am a 10am) y el atardecer (de 5pm a 7pm), suspendiendo el monitoreo en las horas correspondientes al mediodía, ya que disminuye la posibilidad de detección de aves por su baja actividad (Gómez de Silva y Medellín, 2002; Gómez de Silva y Medellín, 2001; González-García, 2011). Aunque es preferible ubicar los nidos durante la etapa de construcción, ya que es la época de máxima actividad y resulta más fácil encontrarlos (T. Sherry, com. pers. en Ralph et al. 2006), en este estudio no fue posible determinar una fecha exacta para el monitoreo, porque al no tener a una especie como modelo de estudio, nuestra tarea se ampliaba a encontrar aves que habían utilizado o estaban utilizando el algodón como material de construcción en cualquier momento de su estadía.

Una vez terminado el monitoreo, los nidos con actividad de aves durante el monitoreo se registraron como “nidos potencialmente activos”. Además, se tomaron dos tipos de datos: la información circundante y la información del nido (Tabla 1). La primera incluyó las coordenadas geográficas del nido, se registró la especie (árbol o arbusto) que sostenía al nido, en caso de que no se pudiera identificar la especie de árbol o arbusto en el momento, se tomó una muestra y se tomaron fotografías con escala para hacer su posterior identificación. También, se tomaron las medidas (en cm) del suelo al nido, diámetro de la rama(s) sobre la cual se encontraba el nido y distancia del nido al tronco principal (Fig. 3). En cuanto a la información del nido (arquitectura) se midió el diámetro interno, el diámetro externo y la profundidad de la copa (en cm) (Fig. 2). No en todos los casos fueron tomados estos datos ya que algunos nidos se encontraban a alturas inalcanzables o contenían polluelos. Finalmente se hizo una descripción del material de construcción y se colectaron las plumas abandonadas en el nido, **con la intención de ayudar a identificar al ave autora del nido** (no se tomaron plumas que formaran parte de la construcción del nido) además de la toma de fotografías cercanas al nido para mayor apreciación.

Tabla 1. Datos de los nidos encontrados en campo

Información circundante	Información del nido
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Registro de coordenadas geográficas <input type="checkbox"/> Identificación de árboles y arbustos a nivel de especie mediante observación directa, muestreo o fotografía <input type="checkbox"/> Medición de altura a la que se encuentra el nido. <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mediciones de la rama (diámetro, altura, distancia al tronco principal). 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Medidas (diámetro externo, diámetro interno, profundidad) <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Identificación del material de construcción (interno y externo) <input type="checkbox"/> Muestreo de material biológico (plumas) del nido <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fotografías

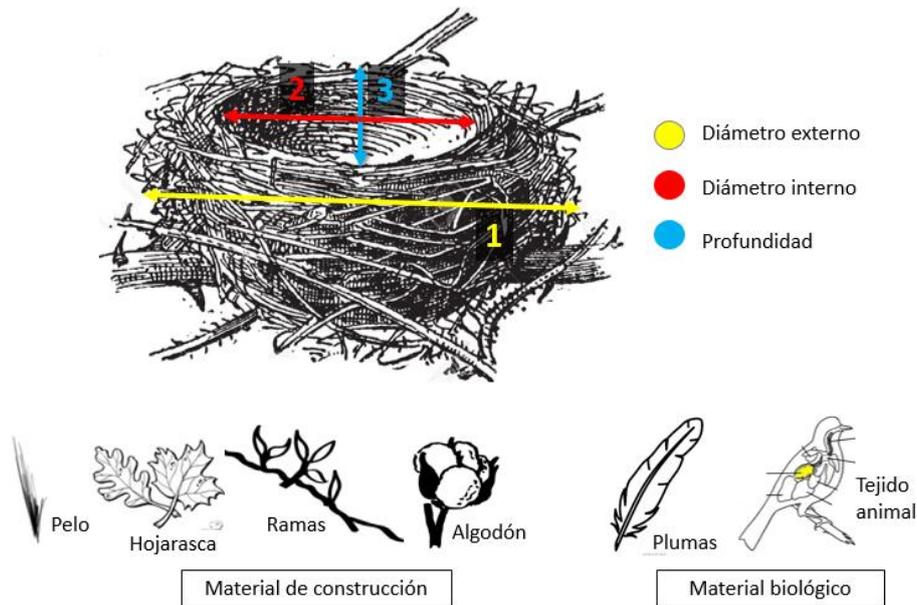


Figura 2. Se obtuvo la información arquitectónica de cada nido correspondiente al diámetro externo, al diámetro interno y la profundidad, así como del contenido (materiales) utilizado en cada nido, ya sea de tipo construcción o biológico. Ilustración propia.

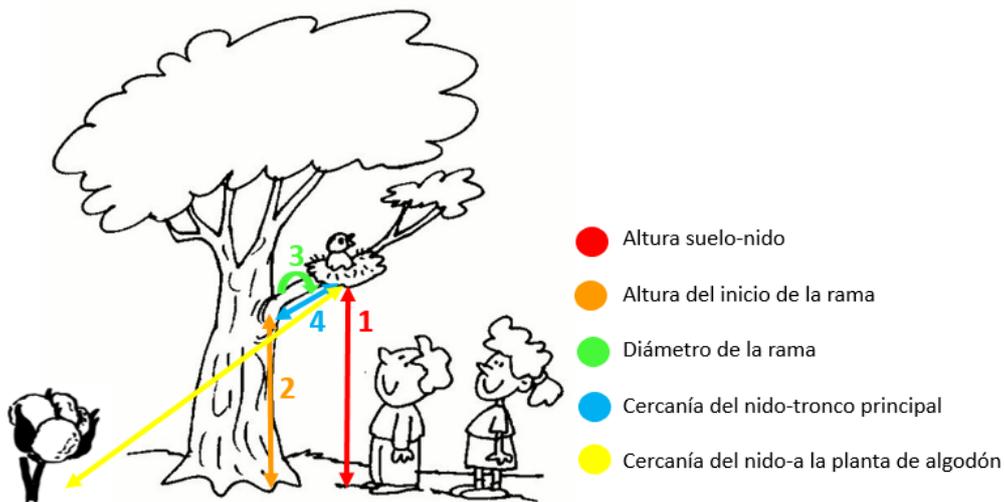


Figura 3. Se obtuvo información circundante del nido, tal como la ubicación de cada nido respecto a la planta, árbol o arbusto. Ilustración propia.

4.3 Identificación taxonómica de especies de aves

Para la identificación de las aves (adultos o polluelos) se analizaron las fotografías, videos y plumas tomados en campo. Posteriormente, con la ayuda de guías de campo (p. e. Howell y Webb, 1995; MacKinnon, 2017; Van Perlo, 2006) y corroboradas por un ornitólogo experto, se llegó a identificar a los

individuos hasta nivel de especie, considerando el nombre científico de acuerdo con la American Ornithological Society (AOS; Chesser et al., 2017) y el nombre común en inglés y español (Berlanga et al., 2015). Además, se anotaron las categorías de endemismo (González-García y Gómez-de Silva, 2003), categorías de riesgo (NOM-059-SEMARNAT, 2010 / IUCN, 2012), y categoría de residencia (Berlanga et al., 2015). Esta información fue capturada en una tabla en formato Excel.

Para el caso del endemismo, utilizamos la clasificación de González-García y Gómez de Silva, (2003): **a) Endémicas (EN)**, especies cuya distribución geográfica se encuentre restringida a los límites políticos del territorio mexicano; **b) Semiendémicas (SE)**, especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año y, por último; **c) Cuasiendémicas (CE)** especies cuyas áreas de distribución que se extienden ligeramente hacia algún país vecino (<35,000km²) debido a la continuidad de los hábitats.

Las categorías de riesgo de las especies se obtuvieron de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010): **a) En Peligro de extinción (P)**, especies que su área de distribución o tamaño poblacional en la República Mexicana se han reducido tanto que está en riesgo su viabilidad biológica en su hábitat natural; **b) Amenazada (A)**, especies que podrían llegar a estar en peligro de extinción en el corto o mediano plazo si sus poblaciones siguen disminuyendo; y **c) Sujetas a protección especial (Pr)**, especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en la viabilidad de sus poblaciones, por lo que se determina la necesidad de conservación y recuperación.

También se utilizaron las categorías de riesgo de la Lista Roja de la International Union for the Conservation of Nature (IUCN, 2017): **a) Extinto (E)**, cuando todos los individuos han desaparecido; **b) Extinto en estado silvestre (EW)**, cuando sobrevive únicamente en cautiverio o como naturalizada fuera de su área de distribución original; **c) En peligro crítico (CR)**, cuando enfrenta un riesgo de extinción muy alto en vida silvestre; **d) En peligro (EN)**, cuando enfrenta un riesgo de extinción muy alto en vida silvestre; **e) Vulnerable (VU)**,

cuando enfrenta un riesgo de extinción alto en vida silvestre; **f) Casi amenazado (NT)**, cuando no se cumple con los criterios para considerarla “En peligro crítico”, “En peligro” o “Vulnerable”, pero podría llegar a estarlo en un futuro cercano; **g) Preocupación menor (LC)**, cuando la especie evaluada es abundante y de amplia distribución; **h) Datos insuficientes (DD)**, cuando no existe información adecuada sobre la abundancia y distribución para realizar una evaluación del riesgo de extinción del taxón; **i) No evaluado (NE)**, cuando la especie no ha sido analizada y clasificada con base en las criterios de valoración antes mencionados (Berlanga et al., 2015).

Las categorías de estacionalidad se establecieron de acuerdo con Berlanga et al. (2015): **a) Residentes (R)**, especies que viven a lo largo de todo el año en una misma región; **b) Migratorias de invierno (MI)**, especies que se reproducen al norte del continente y pasan el invierno en México y más al sur, por lo general entre los meses de septiembre y abril; **c) Migratorias de verano (MV)**, especies que están en México únicamente durante la temporada de reproducción en verano, por lo general entre marzo y septiembre; **d) Transitorias (T)**, especies que durante la migración van de paso por nuestro país para dirigirse a sus áreas de invernación al sur en el otoño, o hacia sus áreas de reproducción en el norte durante la primavera; **e) Accidentales (A)**, son especies cuya presencia en México es rara o irregular, por ejemplo, individuos en dispersión que están fuera de sus áreas de distribución habitual, o individuos que han sido arrastrados por fenómenos meteorológicos extremos como huracanes y tormentas.

4.4 Revisión de nidos en colecciones nacionales de aves

Se utilizaron nidos depositados en las dos colecciones ornitológicas más grandes de México: la Colección Nacional de Aves del Instituto de Biología (CNAV,IB) y la Colección de Aves del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias (MZFC), ambas pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se revisó el total de nidos en cada una

de las colecciones. Se incluyeron solo los nidos que (siguiendo el orden), cumplieron con los siguientes criterios:

1. Información completa sobre la localidad (coordenadas).
2. Nombre de la especie autora.
3. Que el nido contenga cualquier fibra (como parte de sus materiales de construcción).

Una vez filtrados los nidos que cumplieron con las características antes mencionadas, se realizó una base de datos con la siguiente información:

- ID de la colección: Clave alfanumérica única que se le da a cada ejemplar depositado en la colección.
- Colector y año: Nombre del colector del ejemplar, en este caso, del nido y el año en que se realizó la colecta.
- Especie constructora del nido: Especie de ave identificada al coleccionar el nido, información escrita en la ficha técnica.
- Geoposición: Localidad y coordenadas en donde fue colectado el nido.
- Material de construcción: Descripción breve de los materiales de construcción, o en su defecto la vegetación circundante o ejemplar en donde se encontraba el nido.

Posteriormente, se tomó una muestra de la fibra de cada nido, para confirmar que las fibras identificadas fueran de algodón (*G. hirsutum*), como se describe a continuación:

1. Con guantes de nitrilo, se colocó el nido en una charola con paredes altas para que ningún material se perdiera.
2. Se comenzó la inspección del nido en la parte externa y posteriormente en la parte interna del nido (si era posible, dependiendo la flexibilidad del nido se volteaba para una mejor inspección).
3. Una vez identificada la fibra (siguiendo la definición de MundoTextil, (2017): filamento de origen natural, artificial o sintético, apto para ser

hilado y tejido, que generalmente presenta gran finura y buena flexibilidad) se tomó una muestra con unas pinzas de disección, previamente desinfectadas.

4. La muestra se colocó en un sobre de papel, rotulado con la información del nido antes mencionada.
5. Por último, todos los sobres fueron depositados en un tupper con bolitas de sílice, para eliminar la humedad de las muestras y mantenerlas en buen estado hasta ser revisadas en el microscopio.

4.5 Microscopía electrónica de barrido.

Para corroborar la identidad de las fibras de algodón se recurrió a la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) o SEM (por sus siglas en inglés Scanning Electron Microscopy) en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido del Instituto de Biología, UNAM.

Se tomaron como referencia imágenes de microscopía electrónica de barrido de fibras de algodón tomadas por la Dra. Luisa Mainou, Restaurador-Perito de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH), además de la publicación de Goheen, et al. (2006). También se tomaron fotografías de microscopía electrónica de barrido de dos muestras control de algodón silvestre colectado en Oaxaca, 2018, y de dos fibras sintéticas para realizar las comparaciones en varios aumentos. Finalmente, se realizó un peritaje para corroborar las identificaciones sobre las fotografías tomadas.

Las imágenes de un microscopio electrónico de barrido se obtienen mediante la detección, procesamiento y visualización de las señales resultantes de las interacciones entre un haz de electrones de alta energía con la materia (Ipohorski y Bozzano, 2013). Para la preparación de las muestras se siguieron los siguientes pasos modificados de Sorrivas y Yañez (2014):

- Identificar la naturaleza de nuestra muestra (Fig. 4)

- Selección de la muestra: La muestra debe ser tomada de acuerdo al detalle que necesita ser observado, cuando más pequeña mejor. En este caso algunos (de 5 a 10) hilos de nuestra muestra.
- Montaje: Colocar en el portamuestra (recipiente metálico con base circular) un pedazo de cinta adhesiva conductora de carbón recubriendo la superficie.
- Fijación de espécimen biológico: Depositar la muestra tomada (hilos de fibra) sobre la cinta adhesiva de carbón con ayuda de un microscopio estereoscópico.
- Remoción de materiales extraños: Cada muestra montada fue despedida (soplada) con aire comprimido (Spray Clean Y3k) para remover cualquier material externo y para fijar la muestra sin necesidad de hacer contacto directo.
- Cubierta de muestra: La mayoría de los materiales no son buenos conductores del calor y de la electricidad y causan dificultades durante la observación en el MEB. La manera más simple y difundida de convertir a estos materiales en conductores, es cubrir su superficie con una capa delgada de algún metal, en este caso se recubrieron de una capa de oro, para mayor resolución.
- Observación: Se realizó en un microscopio electrónico de barrido (Hitachi Modelo: SU1510) a un potencial de aceleración de 10 KV y de cada muestra con acercamientos: 150, 600, 2000 y 8500 SE.

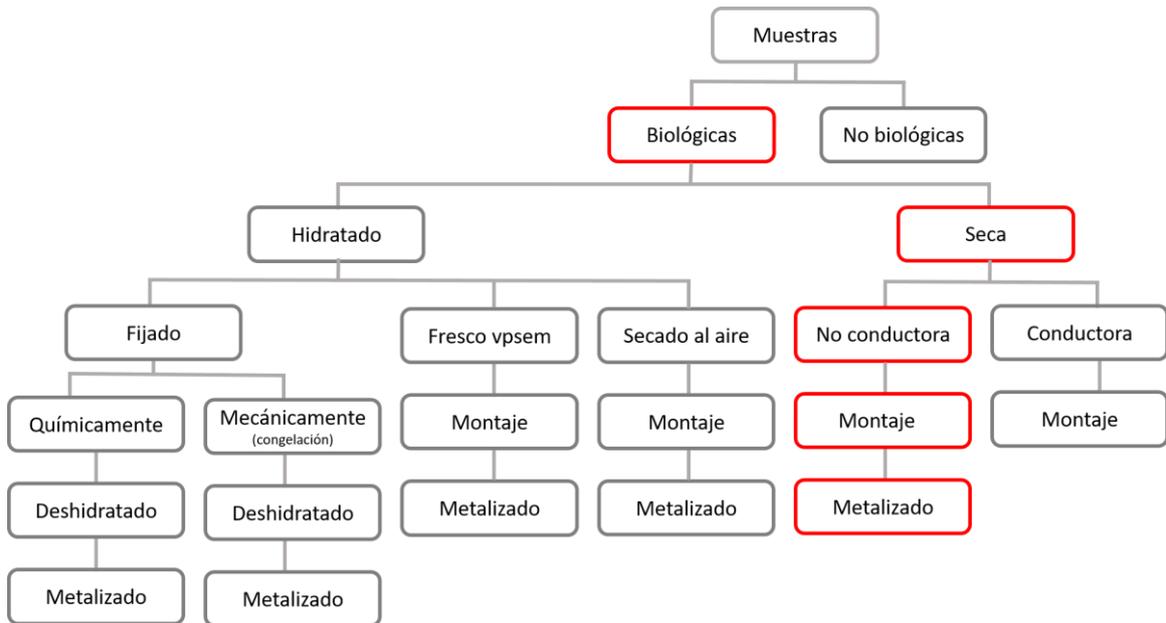


Figura 4. Esquema del método que se debe seguir dependiendo la naturaleza de la muestra (tomado de: Sorrivias y Yañez, 2014). Resaltado en color rojo, el método que se siguió para las fibras de algodón.

Parámetros utilizados para discriminar las fibras por medio de fotos de MEB:

1. Detalles superficiales de fibras (forma clara de hilos)
2. Que no formen urdimbre (esto significa que ya formaban parte de un tejido).
3. Modificaciones en las formas de las fibras o en detalles superficiales (estriado particular horizontal en dirección de la fibra)
4. Dimensiones de fibras en cada uno de los acercamientos, como referencia las muestras control.

4.5.1 Peritaje

Una vez que se obtuvieron las fotografías de las fibras tomadas con la técnica de MEB, pasaron por un último filtro, un peritaje. Se envió una presentación con las fotografías de cada muestra (todos sus acercamientos y debidamente etiquetadas) a la perito, quien posteriormente entregó los resultados para cada fibra.

4.6 Revisión bibliográfica de la interacción algodón-ave.

Se realizó una revisión bibliográfica de las especies de aves que construyen nidos con algodón (tanto de las encontradas en campo como en las colecciones y reportadas históricamente). Además de conocer su área de distribución y hábitos de reproducción (nidada). La búsqueda fue realizada en el catálogo online de la biblioteca de la UNAM, además, se activó alerta en Google Alert, en la cual se escogieron las palabras “nest” AND “cotton” AND “architecture” AND “birds”, para obtener notificaciones de estudios agregados en Google Scholar, para que posteriormente fueran leídos, analizados y considerar ser agregados o no a los resultados, dependiendo el contenido. Los criterios que se utilizaron para escoger los artículos, fueron: que estuvieran afiliados con una institución académica, publicados y frecuentemente citados por otros autores. Además, se investigaron otras bases de datos digitales: Naturalista, EBird, y AuduBon, para conocer la forma y composición de los nidos encontrados en campo.

V. Resultados

5.1 Nidos encontrados en campo

Se encontraron en total 32 nidos en campo (Tabla 2), de los cuales 21 incluían algodón y a su vez 7 con semillas de algodón (Fig. 5). De los nidos construidos con algodón, se determinó que: 4 pertenecen a la familia Troglodytidae (Fig. 6), 3 a la familia Trochilidae (Fig. 7) y 3 a la familia Tyrannidae (Fig. 8).

Tabla 2. Nidos encontrados en las localidades Ría Lagartos y Chicxulub-Puerto en la metapoblación Península de Yucatán y San Pedro Pochutla en la metapoblación Pacífico Sur. *P=presencia A=ausencia*

Clave de nido	Localidad	Coordenadas	Algodón (p/a)	Semillas (p/a)
N01_RL	Ría Lagartos	21° 36' 29" N 88° 2' 58" W	Presencia	Presencia
N02_RL	Ría Lagartos	21° 36' 9" N 88° 3' 10" W	Presencia	Ausencia
N03_RL	Ría Lagartos	21° 36' 36" N 88° 2' 46" W	Ausencia	Ausencia
N04_RL	Ría Lagartos	21°36' 9" N 88° 3' 10" W	Ausencia	Ausencia
N05_RL	Ría Lagartos	-	Ausencia	Ausencia
N06_RL	Ría Lagartos	21°36' 5" N 88° 1' 10" W	Presencia	Presencia
N07_RL	Ría Lagartos	21° 36' 5" N 88° 1' 10" W	Ausencia	Ausencia
N08_RL	Ría Lagartos	21° 36' 5" N 88° 1' 10" W	Ausencia	Ausencia
N09_RL	Ría Lagartos	21° 36' 31.5" N 88° 0' 23.687" W	Ausencia	Ausencia

N10_RL	Ría Lagartos	21° 36' 31.5" N 88° 0' 23.687" W	Presencia	Presencia
N11_RL	Ría Lagartos	21° 36' 31.5" N 88° 0' 23.687" W	Presencia	Ausencia
N12_RL	Ría Lagartos	21° 36' 29.902" N 88° 0' 29.599" W	Ausencia	Ausencia
N13_RL	Ría Lagartos	-	Ausencia	Ausencia
N14_CP	Chicxulub-Puerto	-	Ausencia	Ausencia
N15_CP	Chicxulub-Puerto	21° 18' 1" N 89° 34' 26" W	Presencia	Presencia
N16_CP	Chicxulub-Puerto	-	Presencia	Ausencia
N17_CP	Chicxulub-Puerto	-	Ausencia	Ausencia
N18_CP	Chicxulub-Puerto	21° 18' 2" N 89°34'29" W	Presencia	Ausencia
N19_CP	Chicxulub-Puerto	21°18'2" N 89°34'31" W	Presencia	Presencia
N20_CP	Chicxulub-Puerto	21°18' 2" N 89°34'31" W	Presencia	Presencia
N21_CP	Chicxulub-Puerto	21° 18' 1" N 89° 34' 26" W	Presencia	Ausencia
N22_CP	Chicxulub-Puerto	21° 18' 0.036" N 89° 34' 6.887" W	Presencia	Ausencia
N23_CP	Chicxulub-Puerto	21° 17' 57.948" N 89° 34' 5.988" W	Presencia	Ausencia
N24_CP	Chicxulub-Puerto	21° 17' 57.948" N 89° 34' 5.988" W	Presencia	Ausencia
N25_CP	Chicxulub-Puerto	21° 17' 53.97" N	Ausencia	Ausencia

		89° 34' 14.771" W		
N26_PP	San Pedro Pochutla	15°45'02.0" N 96°27'58.1" W	Presencia	Presencia
N27_PP	San Pedro Pochutla	15°45'02.0" N 96°27'58.1" W	Presencia	Ausencia
N28_PP	San Pedro Pochutla	15°45'02.0" N 96°27'58.1" W	Presencia	Ausencia
N29_PP	San Pedro Pochutla	15°45'42.5" N 96°27'49.3"W	Presencia	Ausencia
N30_PP	San Pedro Pochutla	15°45'42.5" N 96°27'49.3"W	Presencia	Ausencia
N31_PP	San Pedro Pochutla	15° 46' 33.6" N 96° 27' 39.099" W	Presencia	Ausencia
N32_PP	San Pedro Pochutla	15° 46' 33.6" N 96° 27' 39.099" W	Presencia	Presencia

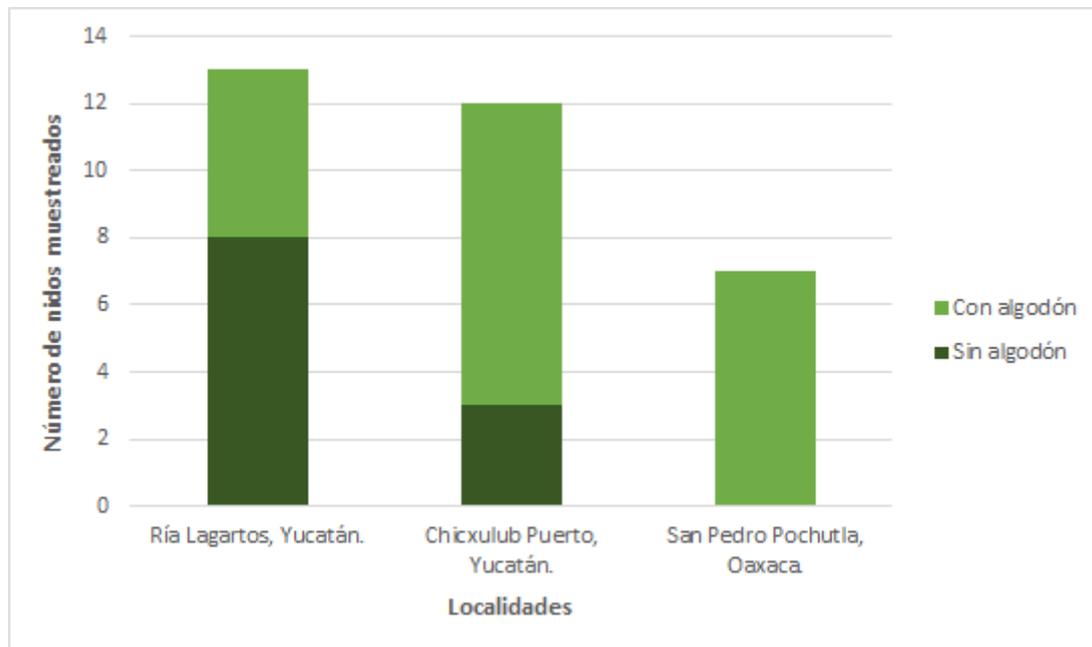


Figura 5. Nidos con y sin presencia de algodón encontrados en cada una de las localidades de muestreo (N=32).



Figura 6. Nidos construidos con algodón de la familia Troglodytidae encontrados en Chicxulub-Puerto, metapoblación Península de Yucatán.

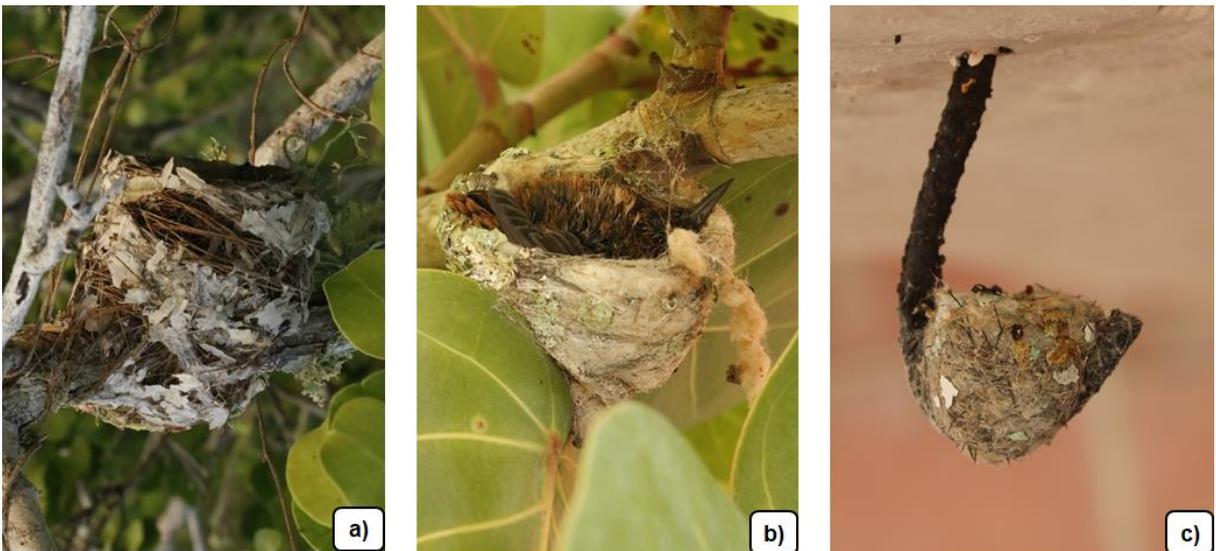


Figura 7. Nidos construidos con algodón de la familia Trochillidae. a) y b) fueron registrados en la localidad Ría Lagartos, en la foto b) se aprecia la semilla colgando de la fibra de algodón y c) fue encontrado en la localidad Chicxulub-Puerto.



Figura 8. Nidos construidos con algodón de la familia Tyrannidae en la localidad San Pedro Pochutla.

5.2 Especies identificadas taxonómicamente

Tras el monitoreo realizado a los 21 nidos potenciales (con algodón) encontrados en campo, se encontraron 3 nidos potencialmente activos (con algodón y actividad de aves), los cuales se pudieron identificar taxonómicamente hasta nivel de especie:

El primer nido (Fig. 9) fue encontrado en la localidad de Ría Lagartos (21°36' 31.5"N 88°0' 23.687"W), Yucatán, sobre la especie de árbol *Coccoloba uvifera*. La distancia nido-suelo fue de 1.36 m, 1.12 m del nido-tronco principal, 1.18 m del suelo-rama (con el nido). El nido midió 2.83 cm de diámetro externo, 2.20 cm de diámetro interno y 3.20 cm de profundidad altura. La distancia que había del nido a la planta de algodón más cercano fue de 2.5 m. El nido fue encontrado con un polluelo, durante el monitoreo llegó su progenitora a alimentarlo, la cual fue fotografiada y posteriormente identificada como *Amazilia rutila*.

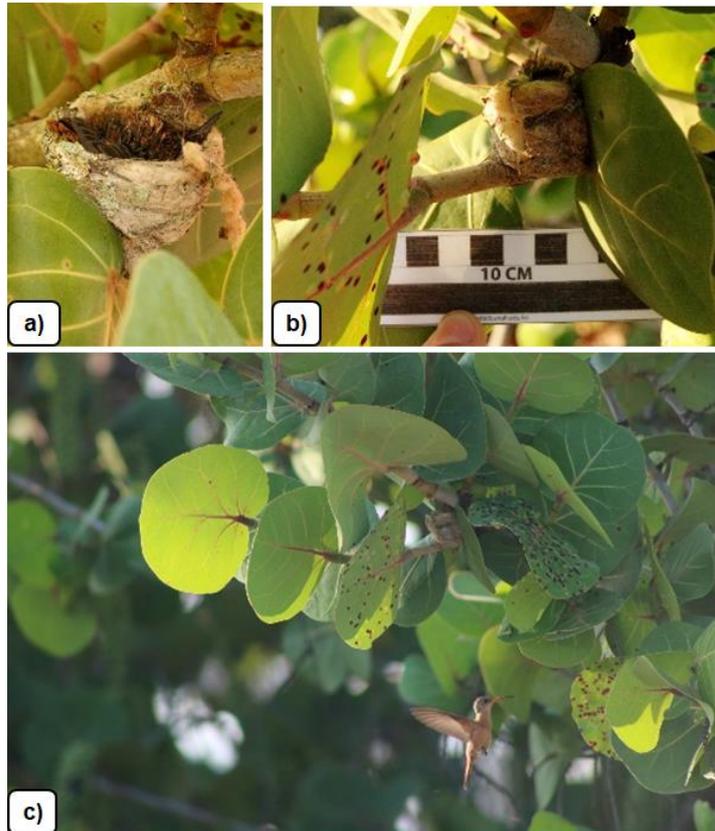


Figura 9. Nido de colibrí canela (*Amazilia rutila*). a) Acercamiento del nido con polluelo de aprox. 2 semanas. b) Nido con escala. c) Adulto de *A. rutila* acercándose al nido llevando alimento a su polluelo.

El segundo nido (Fig. 10) fue encontrado en la localidad Chicxulub-Puerto (21°18'2"N 89°34'31"W), Yucatán, sobre la especie de árbol *Caesalpinia cacalaco*, el cual se encontró a una distancia de 2.36 m del nido-suelo, 2.15 m del nido-tronco principal y 42 cm del suelo-rama (con el nido). El nido, con medidas de 19 cm de diámetro externo y 28 cm de profundidad. La distancia que había del nido a la planta de algodón más cercana fue de 72 cm. Al monitorear el nido, se encontró que una pareja de aves lo visitó constantemente transportando fibra de algodón y depositandola en el mismo (última etapa de construcción del nido); ambos individuos fueron fotografiados y grabados durante la acción. Posteriormente las aves fueron identificadas como *Campylorhynchus yucatanicus*, especie endémica de la Península de Yucatán.



Figura 10. Nido de matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*). a) Adulto picoteando la pared del nido. b) Medición de nido con flexómetro. c) Adulto acercándose al nido con fibra de algodón en el pico para la construcción.

El tercer nido (Fig. 11) fue encontrado en la localidad San Pedro Pochutla ($15^{\circ}45'02.0''N$ $96^{\circ}27'58.1''W$), Oaxaca. El nido fue encontrado construido en la parte superior de un poste de luz, específicamente en un faro. Debido a la altura en la que se encontraba, no fue posible tomar medidas del nido. Aunque se identificó que la especie autora es *Myiozetetes similis*, el cual se encontró ocupando el nido en varias ocasiones durante el monitoreo.

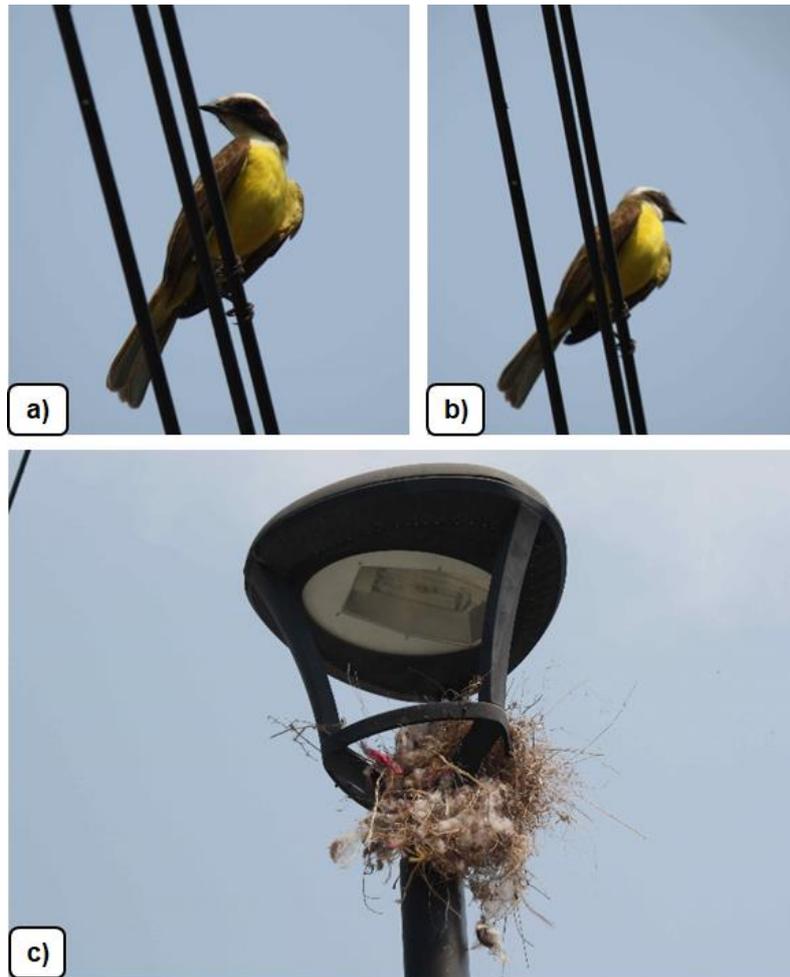


Figura 11. Nido de Luisito común (*Myiozetetes similis*). a) y b) Adulto perchado en el cable frente a su nido. c) Nido con motas de algodón como parte de los materiales de construcción.

Tabla 3. Especies de aves encontradas en campo cuyos nidos incluyeron algodón silvestre.

Número de nido	Especie (A.O.U., 1998)	Nombre común (Berlanga et al, 2015)	Endemismo (González y Gómez, 2003)	Categoría de riesgo NOM-059/IUCN	Residencia (Berlanga et al, 2015)
N10_RL	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canelo	-	NOM-059: Pr	Residente
				IUCN: LC	
N19_CP	<i>Campylorhynchus yucatanicus</i>	Matraca yucateca	Endémica de México	NOM-059: P	Residente
				IUCN: NT	

N26-PP	<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito común	-	NOM-059: -	Residente
				IUCN: LC	

5.3 Revisión de colecciones de aves en México.

Se revisó un total de 230 nidos en las dos colecciones consultadas. En la Colección Nacional de Aves del Instituto de Biología de la UNAM (CNAV), se revisaron 181 nidos, de los cuales 11 contenían alguna fibra. Una vez vista al microscopio cada una de las fibras y en comparación con las fibras de algodón silvestre, se descartaron 8 por lo tanto únicamente 3 nidos fueron los que contenían a *G. hirsutum* (algodón silvestre) en su composición. Los nidos pertenecieron a las especies *Amazilia violiceps*, *Icterus parisorum* y *Amazilia rutila*.

En la Colección de Aves del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias (MZFC), se inspeccionó un total de 49 nidos, de los cuales 9 contenían alguna fibra. En la revisión al microscopio obtuvimos que 5 de ellos efectivamente contenían la fibra de *G. hirsutum* dentro de sus materiales de construcción. Los nidos pertenecen a las especies *Campylorhynchus brunneicapillus guttatus*, *Campylorhynchus brunneicapillus couesi* (2) y *Psaltriparus minimum iulus* (2).



Figura 12. Revisión de nidos en Museo de Zoología “Alfonso Herrera” en la Facultad de Ciencias, UNAM.

Tabla 4: Base de datos de los nidos filtrados con la información completa de las colecciones de aves.

ID colección	Colector	Año	Especie	Localidad	Material del nido
MZFC 28777	Manuel Palomo Morales	2016	<i>Campylorhynchus brunneicapillus guttatus</i>	Guanajuato, mpio. Tierra Blanca	Encontrado en el suelo debajo de un <i>Prosopis laevigata</i>
MZFC 27062	B. W. Benz	2001	<i>Campylorhynchus brunneicapillus couesi</i>	México, BC, Sierra de las Tinajas	Sin observaciones
MZFC 27063	s/c	2001	<i>Campylorhynchus brunneicapillus couesi</i>	México, BC, Sierra Las Tinajas	Colectado a 2 m. de altura

MZFC-	B. W. Benz	2001	<i>Basilinna xantusii</i>	BC Sur. Rancho Monte Alto, 15km de San Javier.	Colectado a 25m. del suelo
MZFC 28778	Alejandro Gordillo	2016	<i>Psaltiriparus minimus iulus</i>	Edo. Méx. Mpio. Tlamanalco, Club Sta. María	Encontrado en el suelo debajo de un Tabaquillo
MZFC 24280	Pérez C, Velásco W, MacGregor I.	2011	<i>Passerina rositae</i>	Oaxaca, Mpio. Juchitán de Zaragoza, Ejido La Venta	Sustrato: <i>Urea baccifera</i> (URTUCACEAE)
MZFC 24283	Ricardo Contreras	2009	<i>Chlorostilbon canivetii canivetii</i>	Veracruz, Mpio. Emiliano Zapata, Chavarrillo	Selva mediana subperennifolia y cafetales
MZFC 27251	Alejandro Gordillo	2014	<i>Psaltiriparus minimus iulus</i>	Estado de México, Mpio. Tlamanalco, Club Sta. María	Remanente de pino-encino
MZFC 27061	Leticia Hernández	1985	<i>Basilinna leucotis leucotis</i>	Morelos, Cerro del Huilote, ladera E, Parque Nacional de Zempoala.	-

CNAVN02 1097	Noemí Chávez	1984	<i>Vireo gilvus</i>	Mpio. General Cepeda Coahuila	Hojarasca y pasto fino
CNAV N021123	Emilio Hdez.	1984	<i>Icterus parisorum</i>	Mpio. General Cepeda Coahuila	Fibras de yuca e inflorescencias
CNAV N021124	Emilio Hdez.	1984	<i>Icterus parisorum</i>	Mpio. General Cepeda Coahuila	Fibras de yuca e inflorescencias
CNAV N021145	Ernesto Díaz Islas	1988	<i>Icterus cucullatus</i>	San Ignacio, Baja California Sur	Fibras de palma
CNAV N021125	Francisc o Ornelas	1984	<i>Icterus parisorum</i>	Mpio. General Cepeda Coahuila	Fibras de yuca e inflorescencias
CNAV N021052	Laura Márquez	1985	<i>Amazilia rutila</i>	La Huerta, Jalisco	Liquen, hojas y fibras, por dentro Semillas de <i>Tillandsia sp</i>
CNAV N021053	Pablo Roreglia	1937	<i>Amazilia violiceps</i>	Huajuapan de León, Oaxaca	Liquen, agujas de pino, hojas y fibras (hilos de seda de capullo)
CNAV N021072	Noemí Chávez	1984	<i>Psaltriparus minimus</i>	Mpio. Arteaga,	Musgos, hepáticas, líquenes,

				Coahuila	recubierto y unido por inflorescencias de epifitas
CNAV N021171	Antonio García	1985	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Mpio. Miltepec, Oaxaca	Tallos, zacate, hojas
CNAV N021084	Arturo Solís	1985	<i>Uropsila leucogastra</i>	Mpio. La Huerta, Jalisco	Semillas de <i>Tillandsia</i> , raquis de inflorescencias de gramíneas, hilo cápsulas de araña, ramitas, hojas secas de bugambilia, por dentro con plumas y reicillas
CNAV N29140	Joshua B.		<i>Vireo bairdi</i>	Pueblo fantasma, Cozumel, Quintana roo	Con dos huevos un volantón y uno inviable, un pollo depredado.

5.4 Revisión de fibras en Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) y Peritaje

De los 21 nidos encontrados en campo se corroboró la presencia de algodón en 8 muestras mediante el microscopio electrónico de barrido (MEB). Cabe mencionar que en algunas ocasiones no fue posible coleccionar una muestra de la fibra, ya que los nidos se encontraban en alturas inalcanzables, aun así la fibra se observó detenidamente con binoculares por la experta en algodón Dra. Ana Wegier. De las 20 muestras iniciales filtradas en las colecciones de aves del Instituto de Biología y de la Facultad de Ciencias se corroboraron 8 muestras por medio del peritaje. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. Muestras de algodón revisadas al MEB y cotejadas como algodón por la perito Dra. Luisa Mainou Cervantes. Simbología; MZFC: Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias y CNAV: Colección Nacional de Aves del Instituto de Biología.

ID Colección	Núm. Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)	Peritaje ¿Algodón?
Lab. Genética	MEB1772 (Muestra control)	Si
Lab. Genética	MEB1773 (Muestra control)	Si
MZFC 28777	MEB1761	Si
MZFC 27062	MEB1763	Si
MZFC 27063	MEB1820	Si
MZFC 28778	MEB1819	Si (mezcla de fibras)
MZFC 27251	MEB1762	Si
CNAV N021052	MEB1765	Si (Solo 2 fibras)
CNAV N021123	MEB1767	Si
CNAV N021053	MEB1768	Si
Campo Yucatán	MEB1821	Si (Mezcla de fibras)
Campo Yucatán	MEB1822	Si
Campo Yucatán	MEB1823	Si
Campo Yucatán	MEB1824	Si
Campo Yucatán	MEB1825	Si
Campo Yucatán	MEB1826	Si
Campo Yucatán	MEB1827	Si
Campo Yucatán	MEB1829	Si

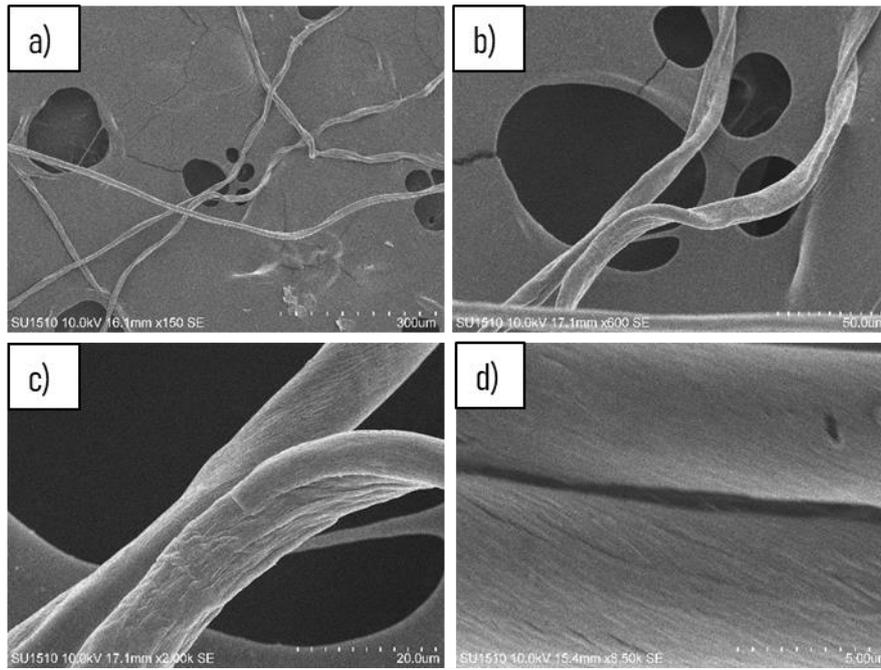


Figura 13) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB1772: Fibra de algodón silvestre Muestra control, colectada en Oaxaca, 2018. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE d) 8500 SE.

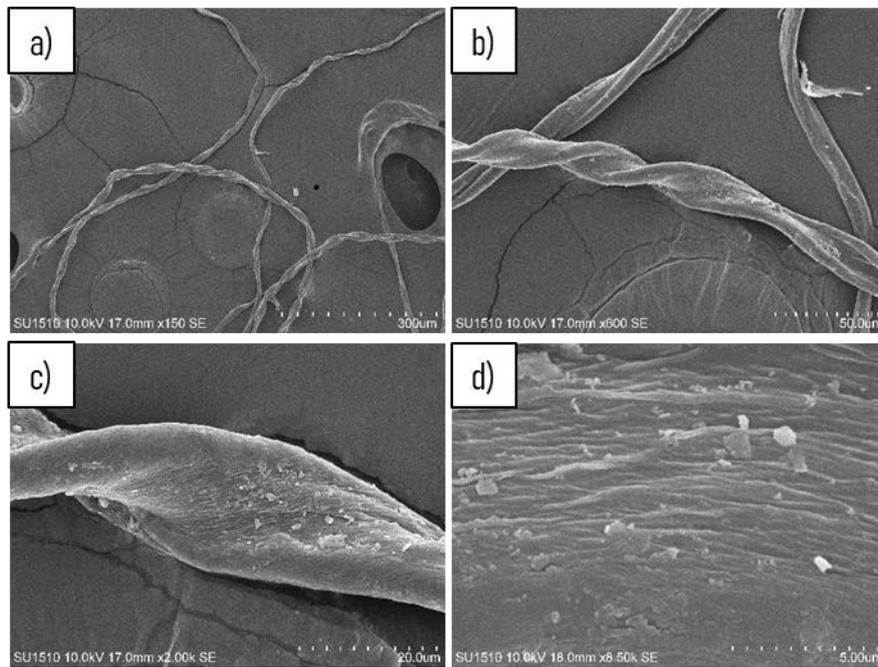


Figura 14) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB177: Fibra de algodón silvestre Muestra control, colectada en Oaxaca, 2018. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE d) 8500 SE.

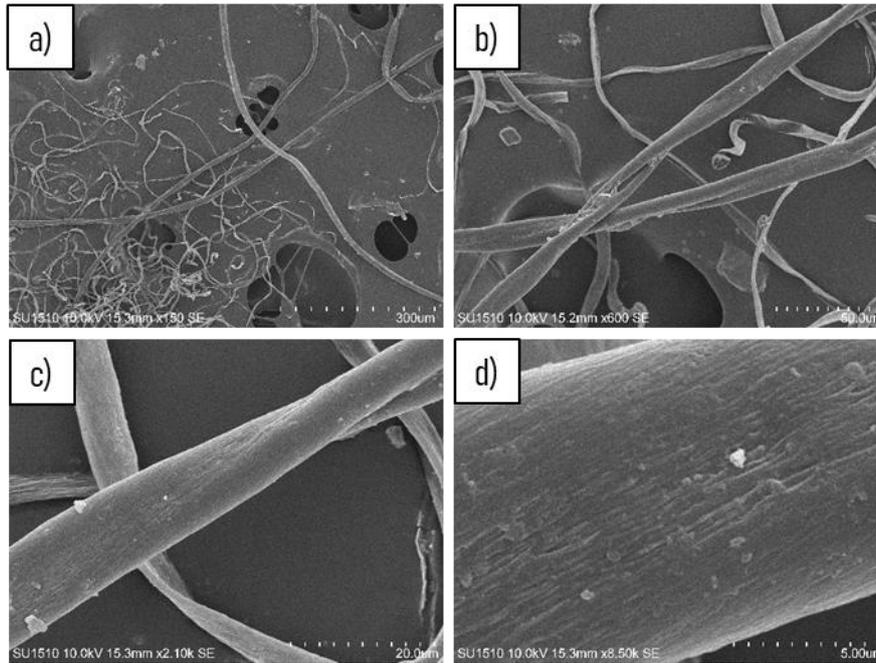


Figura 15) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB1820: Fibra de algodón muestra tomada del nido MZFC27063 depositado en la colección de la Facultad de Ciencias, UNAM. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE d) 8500 SE.

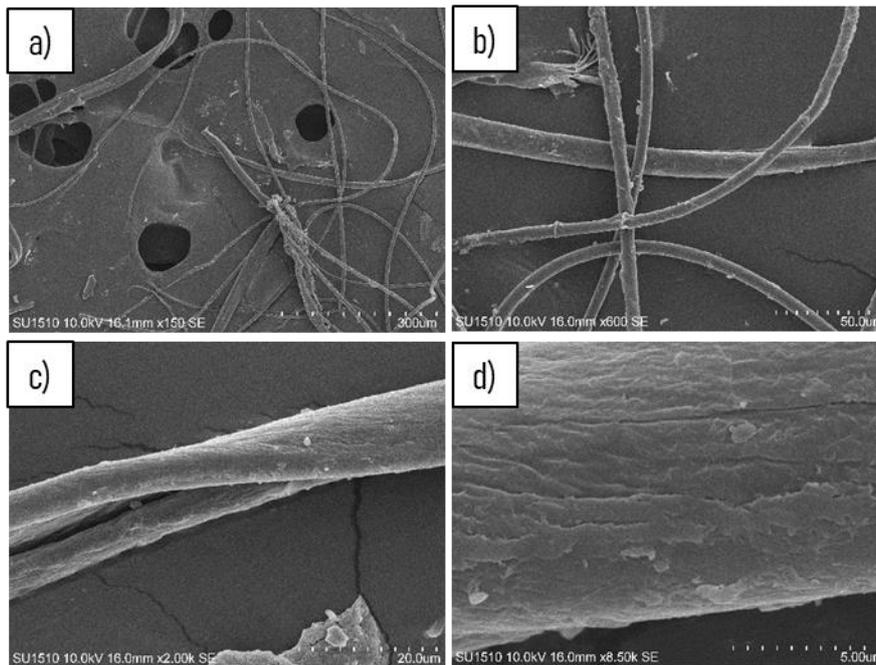


Figura 16) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB1819: Fibra de algodón muestra tomada del nido MZFC28778 depositado en la colección de la Facultad de Ciencias, UNAM. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE d) 8500 SE.

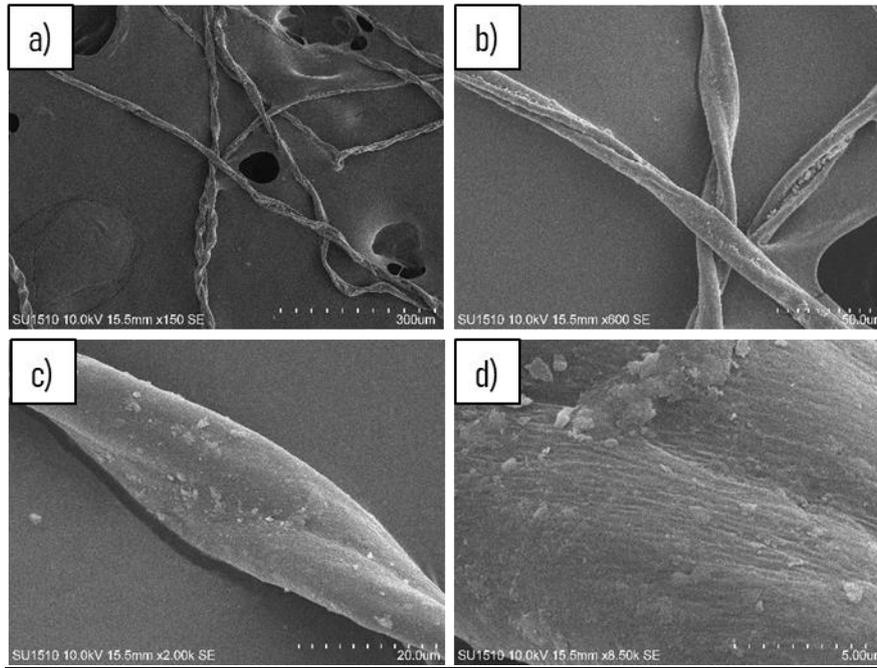


Figura 17) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB1767: Fibra de algodón muestra tomada del nido N021123 depositado en la colección del Instituto de Biología, UNAM. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE y d) 8500 SE.

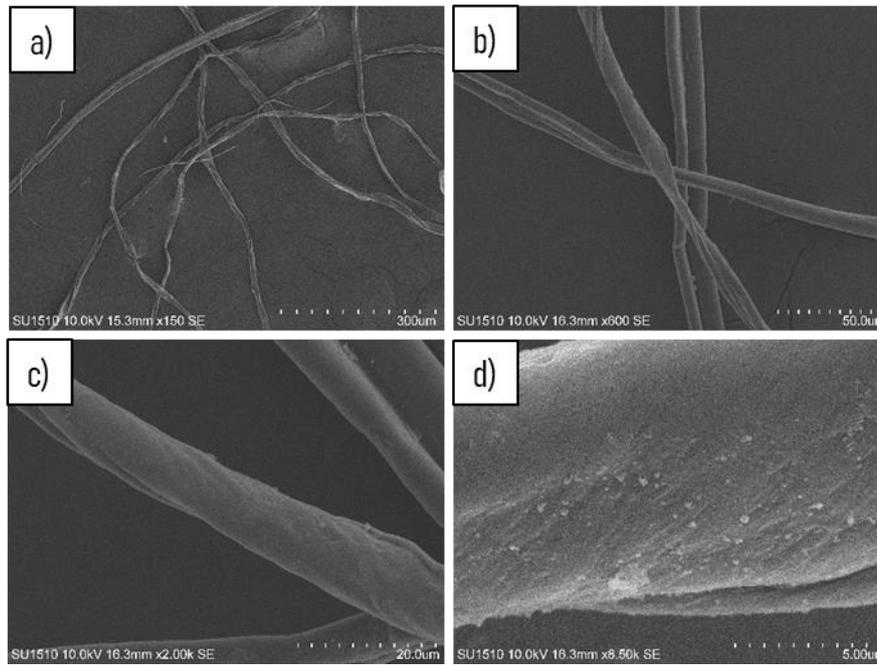


Figura 18) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB1768: Fibra de algodón muestra tomada del nido N021053 depositado en la colección del Instituto de Biología, UNAM. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE d) 8500 SE.

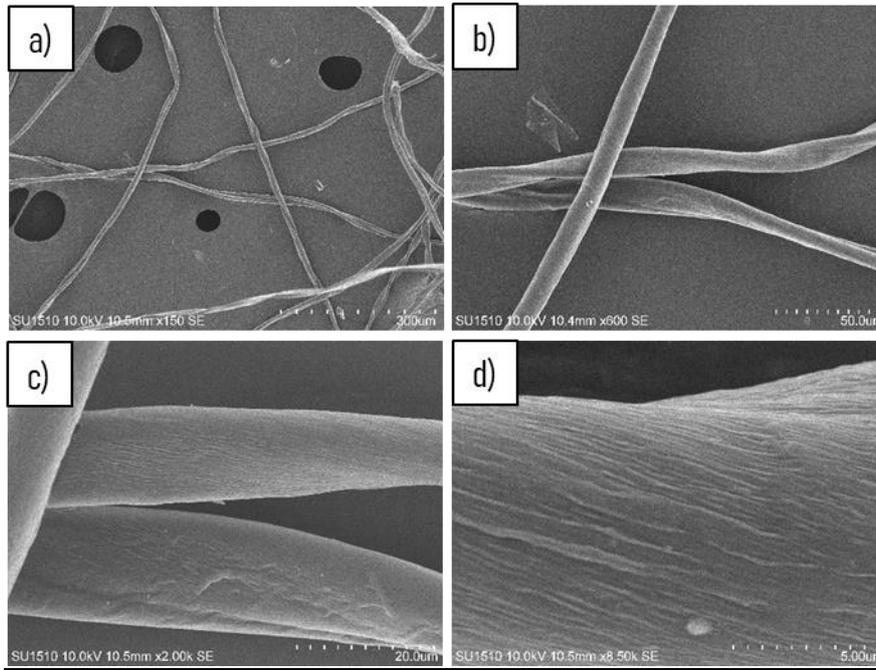


Figura 19) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB1825: Fibra de algodón colectado en la salida de campo Yucatán, 2018. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE d) 8500 SE.

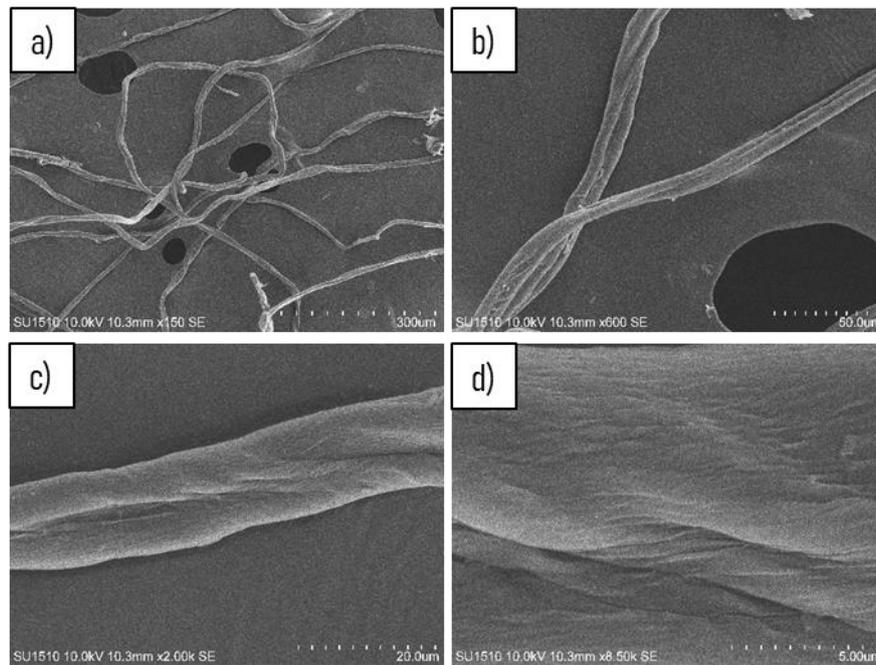


Figura 20) Fotografía de microscopía electrónica de barrido de la muestra MEB182: Fibra de algodón colectado en la salida de campo Yucatán, 2018. Acercamientos a) 150 SE, b) 600 SE, c) 2000 SE d) 8500 SE.

5.5 Revisión bibliográfica de ave-algodón

Las aves han tenido interacción con la planta de algodón desde hace tiempo, los siguientes estudios confirman que las aves están ocupando la planta de algodón como material de construcción para sus nidos. Santamaría-Rivero, et al. (2013) reportaron que en el estado de Yucatán, *Doricha eliza* construye sus nidos con algodón (*G. hirsutum*) en la parte interior, fibra vegetal y liquen por la parte de afuera. Moreno-Rueda y Soler (2002) reportaron que el gorrión común (*Passer domesticus*) en España, distingue entre dos tipos de material de construcción para sus nidos: duro (ramas y hierba seca) y blando (algodón). También Shackelford, et al. (2015) mencionan la interacción que el colibrí barba negra (*Archilochus alexandri*) y otras especies de aves tienen con el algodón y otras fibras naturales en Texas, EUA. Cabe mencionar el trabajo de Londoño y Muñoz (2006) en Colombia, describió el nido de *Pogonotriccus poecilotis*, el cual se encuentra protegido de raíces y tierra y en el interior contiene fibras que envuelven semillas de *Spirotheca sp*; aunque esta especie no es estrictamente algodón, ambas son pertenecientes a la familia Malvaceae.

Tabla 6. Compilación de las especies de aves, encontradas en campo, colecciones y bibliografía que usan algodón para construir sus nidos. Se incluyen categorías de riesgo, endemismo y de estacionalidad.

Todas las ilustraciones fueron tomadas de *HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World. Volumen 2, 2016*.

Resultado de:	Especie	Nombre común	Ilustración	Localidad	Endemismo	Categoría de riesgo		Residencia
						NOM-059	IUCN	
Nidos en campo	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canela		Yucatán, México	-	Pr	LC	R
	<i>Campylorhynchus yucatanicus</i>	Matraca yucateca		Yucatán, México	EN	P	NT	R

	<i>Myiozetetes similis</i>	Luisito común		Oaxaca, México	-	-	LC	-
Nidos en colecciones	<i>Campylorhynchus brunneicapillus guttatus</i>	Matraca del desierto / Cactus Wren		Guanajuato, México.	-	-	LC	R
	<i>Campylorhynchus brunneicapillus couesi</i>	Matraca del desierto / Cactus Wren		Baja California Norte, México	-	-	LC	R
	<i>Psaltriparus minimus iulus</i>	Sastrecillo / Busht it		Estado de México	-	-	LC	R
	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí Canelo / Cinnamon Hummingbird		Cozumel, Quintana Roo, México	-	Pr	LC	R
	<i>Icterus parisorum</i>	Calandria Tunera / Scott's Oriole		Coahuila, México.	SE	-	LC	R, MV, MI
	<i>Amazilia violiceps</i>	Colibrí Corona Violeta / Violet-crowned Hummingbird		Oaxaca, México	SE	-	LC	R
Nidos en literatura	<i>Doricha eliza</i>	Colibrí Tijereta Mexicana / Mexican Sheartail		Yucatán, México	EN	P	NT	R

	<i>Phylloscartes poecilotis*</i>	Atrapamoscas Variegado / Variegated Bristle Tyrant		Colombia	-	-	LC	-
	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico / House Sparrow		España	-	-	LC	-
	<i>Archilochus alexandri</i>	Colibrí Barba Negra/ Black-chinned Hummingbird		Texas, EEUU	SE	-	LC	MV, MI

*El nido de esta especie se encontró con fibras de *Spirotheca sp*, perteneciente a la familia Malvaceae.

VI. Discusión

6.1 Nidos encontrados en campo

De las metapoblaciones de algodón silvestre previamente determinadas por Wegier y colaboradores en el 2011 basándose en la presencia de la especie y definidos sus límites análisis de su estructura genética, geográfica y ecológica. Dos de estas metapoblaciones; Península de Yucatán y Pacífico Sur concentran los estados de la república más ricos en biodiversidad de ornitofauna. Los 11 nidos pertenecientes a 3 familias de aves; *Trochilidae*, *Troglodytidae*, *Tyrannidae* y de ellas 3 especies: *Amazilia rutila*, *Campylorhynchus yucatanicus* y *Myiozetetes similis*, respectivamente, reportadas durante el estudio de campo, reiteran las interacciones que están ocurriendo dentro del ecosistema.

En Ría Lagartos y Chicxulub-Puerto, localidades ubicadas en el estado de Yucatán (metapoblación Península de Yucatán) se encontró que la especie *Campylorhynchus yucatanicus* (familia *Troglodytidae*) conocida como Matraca yucateca, la cual es endémica del litoral del estado de Yucatán (BirdLife-

International, 2017) interacciona con el algodón. Ésta interacción parece ser importante especialmente para las matracas yucatecas, ya que todos los nidos encontrados en campo contenían fibra de *G. hirsutum*. La fibra la utiliza tanto en la capa interior como en la capa exterior del nido, además de otros materiales como ramas, hojas secas, pelo, incluso plásticos. Otra especie encontrada fue *Amazilia rutila*, la anidación de los colibríes tiende a estar relacionados con las fibras de origen vegetal (EuroResidentes, n.d.; Santamaría-Rivero et al., 2013; Shackelford, et al., 2015), lo cual confirma la utilización de algodón silvestre en nidos de esta familia.

Para la localidad de San Pedro Pochutla ubicada en el estado de Oaxaca (metapoblación Pacífico Sur) se encontró a la familia *Tyrannidae* representada específicamente por *Myiozetetes similis* comúnmente conocido como Luisito común. En esta especie la hembra es la que construye el nido, regularmente ubicado en un árbol, edificio o poste de luz (Dyrzcz, 2002; Roper, 2016) como en el caso de nuestras observaciones. El nido es una estructura voluminosa techada con una entrada lateral (Fig. 11), está construido de tallos, pajas, hierbas y ahora también algodón .

6.2 Aves identificadas como constructoras de nidos con algodón en las colecciones biológicas

Las colecciones biológicas funcionan como una biblioteca de especímenes, que se encuentran almacenados en condiciones especiales para garantizar su integridad a través del tiempo y brindarnos información (Trujillo-Trujillo, et al., 2014). Para este estudio, el uso de las colecciones fue fundamental, ya que brindó información valiosa y original.

De los 230 nidos depositados y revisados en ambas colecciones de aves, se pudieron identificar a 8 con algodón (*G. hirsutum*) como material de construcción. Esta información nos confirmó dos de las familias que encontramos en campo (*Troglodytidae* y *Trochilidae*), las cuales tienen una vasta riqueza de especies. Además, la especie *Doricha eliza*, perteneciente a una de estas familias (*Trochilidae*) ya tenía reporte de utilizar la fibra de

Gossypium hirsutum para la construcción de su nido (Santamaría-Rivero et al., 2013).

Por otro lado, esta información nos permitió ampliar más los resultados que nos señalan que no solamente se está utilizando algodón en las metapoblaciones de algodón silvestre reportadas (Wegier et al., 2011) sino fuera de ellas. En el caso de 3 nidos que fueron colectados en el norte del país, nos sugieren que el uso de algodón se presenta también en zonas de cultivo de esta especie. En la Colección de la Facultad de Ciencias (MZFC) se encontraron dos nidos con algodón colectados en el estado de Baja California, el cual se registró como uno de los estados con mayor éxito de cultivo de algodón en el 2011 (CONACYT, 2019) y en la Colección de Aves del Instituto de Biología (CNAV) se encontró un nido con algodón colectado en el estado de Coahuila, actualmente la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango) es la zona en la que se cultiva la mayor cantidad de algodón en México (CONACYT, 2019). También Agrobiomexico, 2018, menciona que los estados donde actualmente se cultiva algodón genéticamente modificado (AGM) son: Chihuahua, Baja California, Tamaulipas, Coahuila, Durango y Sonora, por lo que esta información será importante de comunicar a las autoridades en materia de bioseguridad y conservación.

6.3 Fibras en Microscopía Electrónica de Barrido

De acuerdo a las muestras analizadas en Microscopía Electrónica de Barrido y cotejadas por la perito, se pudo identificar que de las 22 muestras sometidas al MEB, 16 de ellas fueron confirmadas como algodón (*G. hirsutum*). De estas, 5 muestras pertenecen a la Facultad de Ciencias, 3 muestras al Instituto de Biología y 8 muestras fueron obtenidas a partir del trabajo de campo en la Península de Yucatán.

De las 5 muestras obtenidas en la Facultad de Ciencias y confirmadas en el MEB, se reportaron nidos de Guanajuato (1 nido), Estado de México (2 nidos), Baja California Norte (2 nidos). Las coordenadas exactas de los nidos

encontrados en las colecciones no están dentro de las metapoblaciones de algodón silvestre, pero pueden estar cercanas a las áreas en las que se maneja la siembra y post producción del algodón domesticado o se pueden presentar plantas escapadas. Esto nos sugiere que las aves están utilizando algodón silvestre e incluso, en el caso de los nidos colectados en Baja California, están utilizando algodón transgénico de los cultivos que se encuentran al norte de México.

Las muestras obtenidas en el Instituto de Biología y confirmadas con el MEB, fueron de Coahuila (1 nido), Oaxaca (1 nido) y Jalisco (1 nido). Contrastando los puntos exactos de los nidos con la distribución del algodón silvestre, tampoco se sobrelapan aun considerando las distancias que las aves pueden recorrer, lo que sugiere que el algodón en los nidos encontrados en la colección no es silvestre, aunque sugiere su procedencia dependiendo el lugar en donde fue colectado. Es decir, el nido encontrado en Coahuila probablemente sea fibra de algodón transgénico cultivado al norte del país, ya que Coahuila y Durango son los estados principales para el cultivo y cosecha de la mayor cantidad de algodón en México (CONACYT, 2019). Sin embargo, el nido fue colectado en 1984 y el algodón transgénico se cultivó por primera vez en México en 1996 (James, 2016), lo cual sugiere que la fibra de algodón que tomó esa ave para construir su nido se trató de algodón convencional, ya que este se sembró mucho antes que el algodón transgénico. En el caso del nido con coordenadas de Oaxaca, son al norte del estado, estas coordenadas quedan fuera de la metapoblación Pacífico Sur, esto nos dice que probablemente la fibra venía de un cultivo convencional, silvestre o de ornato que ya existía en la región, recordemos que *G. hirsutum* y sus parientes silvestres divergieron hace 1.5 o 2 millones (Rocha-Munive et al., 2018).

6.4 Interacción entre algodón y aves en la construcción de nidos

Los materiales utilizados en los nidos varían entre las especies de aves, ya que brindan protección contra potenciales depredadores, además de mantener la

temperatura, pH, o prevenir la presencia de patógenos (Hilton, et al. 2004). El algodón es un material que puede brindar estas características a los nidos.

La planta de algodón funge un papel muy importante dentro del ecosistema, además es la planta textil de fibra suave más importante del mundo (CIBIOGEM, 2018). En este estudio reportamos a las aves silvestres que tienen distribución en la misma área. Esto podría llegar a ser una interacción mutualista, las aves son beneficiadas al tomar la fibra del algodón y utilizarlo como material de construcción para sus nidos, brindándole a sus polluelos mayor comodidad, calefacción y protección, mientras tanto, la planta de algodón, también se ve beneficiada al ser las aves silvestres quienes podrían llegar a dispersar sus semillas a grandes distancias. En esta investigación tocamos la punta del gran iceberg que podríamos encontrar, ya que identificamos semillas de algodón envueltas en la fibra que las aves transportan a sus nidos sin embargo, puede deberse también a la disponibilidad del recurso y por otro lado, tendríamos que conocer el potencial de distancia y dispersión para efectivamente probar la interacción efectiva y benéfica para ambas especies.

6.5 Bioseguridad (poblaciones silvestres y OMG)

Este trabajo es el primero en confirmar que las aves construyen nidos con fibras de *G. hirsutum* dentro del área donde se distribuyen los parientes silvestres del algodón (centro de diversidad), y por lo tanto, pueden en este proceso participar en la dispersión de las semillas. También se comprobó que aves en las zonas de cultivo que tienen disponibilidad de fibras de algodones cultivados también las utilizan, por lo que podemos inferir que mientras exista el recurso, diferentes aves podrían aprovecharlo. Un aporte importante de este trabajo es confirmar la necesidad de estudios de aves en los sitios donde se pretende liberar AGM al ambiente, así como su capacidad de dispersión.

Por ahora confirmamos que las especies *Amazilia rutila*, *Campylorhynchus yucatanicus* y *Myiozetetes similis*, están moviendo las semillas por efecto del transporte de la fibra dentro de las metapoblaciones de algodón silvestre, mientras que las especies *Amazilia violiceps*, *Icterus*, *parisorum*,

Campylorhynchus brunneicapillus guttatus, *Campylorhynchus brunneicapillus couesi* y *Psaltriparus minimus iulus* podrían estar moviendo las semillas de algodón también fuera de estas metapoblaciones, ya que las semillas vienen envueltas en la fibra de algodón que éstas aves están utilizando, por lo que se deben analizar las consecuencias para la bioseguridad y conservación de la diversidad que esto pudiese tener en el corto y largo plazo. Es necesario hacer estudios de las especies encontradas en esta investigación, acerca de sus áreas de distribución potencial, nichos ecológicos, temporada de reproducción, estacionalidad y comportamiento, para analizarse de manera integral, ya que, el uso de la fibra de algodón (con la semilla envuelta dentro) por parte de las aves, puede ser una fuente de propagación de individuos con transgénicos, que pueden interactuar con las poblaciones silvestres.

VII. Conclusiones

Conclusión general

- ✓ El algodón es utilizado como material de construcción en algunos de los nidos de aves que se distribuyen en el área de las metapoblaciones Península de Yucatán y Pacífico Sur y también en los estados donde se cultiva el algodón. Esta información incidirá directamente en las estrategias de bioseguridad y conservación del algodón y de las aves, por lo que se requiere comunicar a las autoridades para que sea considerada en los análisis de riesgo que realizan.
1. De los 32 nidos encontrados en campo (dentro de las metapoblaciones de algodón; Península de Yucatán y Pacífico Sur), el 65.6% (21 nidos) tuvieron algodón dentro de sus materiales de construcción, lo cual infiere que es un recurso que está utilizándose por las aves de manera regular dentro de las metapoblaciones.
 2. Por medio de avistamientos en las 2 metapoblaciones estudiadas, se encontró que las especies *Campylorhynchus yucatanicus*, *Amazilia rutila* y *Myiozetetes similis*, pertenecientes a las familias *Troglodytidae*,

Trochilidae y *Tyrannidae* respectivamente, están utilizando la fibra de algodón como recurso para la construcción de sus nidos, además de dispersar potencialmente su semilla, al moverla envuelta en las fibras.

3. La revisión de los nidos en las colecciones de aves fue de gran aportación al trabajo, ya que nos permitió confirmar la utilización de algodón como material de construcción en los nidos de las familias Troglodytidae y Trochilidae también encontradas en campo e incrementó a las familias Icteridae y Aegithalidae, que también utilizan algodón fuera de las metapoblaciones estudiadas.
4. Aunque los colibríes tienden a estar relacionados con las fibras de algodón según la literatura (EuroResidentes, n.d.; Lodoño y Muñoz, 2006; Moreno-Rueda y Soler, 2002; Santamaría-Rivero et al., 2013; Shackelford et al., 2015), con este estudio conocemos otros grupos de aves que también la están utilizando.

VIII. Perspectivas

- ✓ En el futuro será necesario analizar la distribución de las especies de aves encontradas así como su reproducción, comportamiento, hábitos de construcción, capacidad de vuelo y área ocupada para la recolección de materiales para la construcción de sus nidos, con el objetivo de cuantificar la capacidad de dispersión de semillas de algodón de estas aves y sus implicaciones para la conservación y la bioseguridad.
- ✓ Realizar salidas a campo a los diferentes estados de la república para hacer el muestreo de nidos en donde se siembra algodón transgénico y al resto de las metapoblaciones de algodón silvestre.
- ✓ Hacer estudios de la fibra que están utilizando las aves para conocer si tiene alguna preferencia por la cultivada o la silvestre, similar al estudio de (Suárez-Rodríguez, et al., 2012) conocer si son capaces de diferenciar alguna característica en las fibras transgénicas o con plaguicidas.

- ✓ Hacer el muestreo por especie, de acuerdo a su época de reproducción para incrementar el número de nidos, además de muestrear en la época de construcción, para observar al mayor número de organismos activos transportando los materiales que usan para construir sus nidos.
- ✓ Por último, estudiar las interacciones a nivel comunidad, por ejemplo, si los insectos que interactúan o polinizan a la planta de algodón son los mismos insectos que conforman la dieta de las aves.

IX. Referencias

- Acevedo, G. F., Huerta, O. E., Lorenzo, A. S., y Ortiz, G. S. (2009). *La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío* en Capital natural de México: Vol. II (pp. 319–353). México.
- Agrobiomexico. (2018). *El exitoso caso del algodón en México*. Recuperado de www.agrobiomexico.org.mx
- Benbrook, C. M. (2012). *Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S.-the first sixteen years*. Environmental Sciences Europe, 24(9), 24. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-24>
- Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas Canales, Víctor M. Rodríguez Contreras, V., Sánchez González, L. A., Ortega Álvarez, R., y Calderón Parra, R. (2015). *Aves de México: lista actualizada de especies y nombres comunes*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/292193192_Aves_de_Mexico_lista_actualizada_de_especies_y_nombres_comunes
- BirdLife-International. (2017). *Campylorhynchus yucatanicus* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017. Recuperado en Abril 15, 2020, de <https://www.iucnredlist.org/species/22711293/110994316>
- Brubaker, C., y Wendel, J. (1994). *Reevaluating the origin of domesticated cotton (Gossypium hirsutum, Malvaceae) using nuclear restriction fragment length polymorphism (RFLPs)*. American Journal of Botany, 81(10), 1309–1326. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1994.tb11453.x>
- Chablé-Santos, J. (2009). *Composición y Distribución De La Avifauna De La Reserva Estatal El Palmar, Yucatán, México*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro*. México.
- Chesser, R. T., Burns, K. J., Cicero, C., Dunn, J. L., Kratter, A. W., Lovette, I. J., ... Winker, K. (2017). *Fifty-eighth supplement to the American Ornithological Society's Check-list of North American Birds*. The Auk, 134(3), 751–773. <https://doi.org/10.1642/auk-17-72.1>
- CIBIOGEM. (2018). *Registro Nacional de Bioseguridad de OGMs*. Recuperado en Abril 27, 2020, de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-de-informacion/registro-nacional-bioseguridad-ogms>

- CONACYT. (2019). *Algodón (Gossypium ssp.)*. Recuperado en Mayo 18, 2020, de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/algodon>
- Costa-Saura, J.M., Martínez-Vilalta, J., Trabucco, A., Spano, D., Mereu, S., 2016. Specific leaf area and hydraulic traits explain niche segregation along an aridity gradient en *Mediterranean woody species*. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 21, 23–30. doi:10.1016/j.ppees.2016.05.001
- Coppens d'Eeckenbrugge, G., y Lacape, J.-M. (2014). Distribution and Differentiation of Wild, Feral, and Cultivated Populations of Perennial Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) en *Mesoamerica and the Caribbean*. *PLoS ONE*, 9(9), e107458. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107458>
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants. (ColumbiaU)*. Recuperado de <https://archive.org/details/integratedsystem0000cron/mode/2up>
- Deguine, J. P., Ferron, P., y Russell, D. (2008). Sustainable pest management for cotton production: A review. en *Sustainable Agriculture* (pp. 411–442). https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_27
- Del Hoyo, J. del., Elliott, A., Sargatal, J., y Cabot, J. (1999). *Handbook of the birds of the world. Barn-owls to Hummingbirds*. Vol. 5. Recuperado de <https://www.lynxeds.com/es/producto/handbook-of-the-birds-of-the-world-volume-5/>
- Del Olmo, G. (2007). *Aves comunes de la Ciudad de México* (Segunda ed; CONABIO, Ed.). México.
- Dyrzcz, A. (2002). *Breeding ecology of the social (Myiozetetes similis) and rusty-margined (M. cayanaensis) flycatchers at Barro Colorado Island, Republic of Panama*. *The Neotropical Ornithological Society*, 13, 143–151.
- Estrada, A., y Fleming, T. H. (1986). *Frugivores and seed dispersal*. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4812-9>
- EuroResidentes. (n.d.). *Animales; Colibrí*. Recuperado en Abril 26, 2020, de Ityus Siglo XXI website: http://www.estudiantes.info/ciencias_naturales/colibri.htm
- Flores, V., y Gerez, P. (1994). *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. (Segunda ed; CONABIO y UNAM, Eds.). Ciudad de México: Ediciones Técnico Científicas SA de CV.
- García-Trejo, E. A., y Navarro, A. G. (2004). Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México. en *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) (Vol. 20).
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen* (Quinta edi; Offset Larios, Ed.). México, Ciudad de México.: Instituto de Geografía, UNAM.
- GEF/CIBIOGEM/CONABIO. (2017). *Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM)*. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/20829_sg7.pdf
- Gipson, J. R. (1986). Temperature effects on growth, development, and fiber properties. en J. Mauney y J. Stewart (Eds.), *Cotton Physiology* (pp. 47–56).

- Goheen, S. C., Edwards, J. V., Rayburn, A., Gaither, K., y Castro, N. (2006). Cotton and protein interactions. en *Modified Fibers with Medical and Specialty Applications* (pp. 49–65). https://doi.org/10.1007/1-4020-3794-5_4
- Gómez de Silva, Hector., y Medellín, R. A. (2002). *Are land bird assemblages functionally saturated? An empirical test in Mexico*. *Oikos*, 96(1), 169–181. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.10694.x>
- Gómez de Silva, Héctor., y Medellín, R. A. (2001). *Evaluating Completeness of Species Lists for Conservation and Macroecology: a Case Study of Mexican Land Birds*. *Conservation Biology*, 15(5), 1384–1395. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2001.00177.x>
- González-García, F., y Gómez-de Silva, H. (2003). Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. en H. Gómez-de Silva y A. Oliveras-de Ita (Eds.), *Conservación de aves. Experiencias en México (CIPAMEX, C, pp. 150–194)*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/265466602_Especies_endemicas_riqueza_patrones_de_distribucion_y_retos_para_su_conservacion
- González-García, Fernando. (2011). Método para contar aves terrestres. en S. Gallina, T. Carlos, y L. González (Eds.), *Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna* (Universida, pp. 86–123). Querétaro, México.
- Greenberg, R., De Castro, A., y Guerrero, A. (1990). *El Sur de México: cruce de caminos para los pájaros migratorios*. ASIN: B00183VR4G
- Hansell, M. (2000). Bird Nests and Construction Behaviour. en R. Overhill (Ed.), *Bird Nests and Construction Behaviour*. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139106788>
- Hernández-Terán, A., Wegier, A., Benítez, M., Lira, R., Fuentes, T. G. S., y Escalante, A. E. (2019). *In vitro performance in cotton plants with different genetic backgrounds: The case of Gossypium hirsutum in Mexico, and its implications for germplasm conservation*. *PeerJ*, 7, e7017. <https://doi.org/10.7717/peerj.7017>
- Herrera, C., y Pellmyr, O. (2002). Seed Dispersal by Vertebrates. en *Plant-Animal Interactions* (p. 328). Wiley-Blackwell.
- Hilton, G. M., Hansell, M. H., Ruxton, G. D., Reid, J. M., y Monaghan, P. (2004). Using artificial nests to test importance of nesting material and nest shelter for incubation energetics. *American Ornithological Society*, 121(3), 777–787. [https://doi.org/10.1642/0004-8038\(2004\)121\[0777:UANTTI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1642/0004-8038(2004)121[0777:UANTTI]2.0.CO;2)
- Honorato, M. T., Altamirano, T. A., Ibarra, J. T., De La Maza, M., Bonacic, C., y Martin, K. (2016). *Composición y preferencia de materiales en nidos de vertebrados nidificadores de cavidades en el bosque templado andino de Chile*. *Bosque*, 37(3), 485–492. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000300005>
- Howe, H. F., y Smallwood, J. (1982). *Ecology of Seed Dispersal*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13(1), 201–228. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>
- Howell, S. N. G., y Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford, England, United Kingdom: Oxford University Press.
- Hoyo, J., Collar, N., Christie, D., Elliott, A., Fishpool, L., Boesman P. y Kirwan, G. (2016). *HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World*. Volume 2. Lynx Edicions.

- Ipohorski, M., y Bozzano, P. (2013). *Microscopía electrónica de barrido en la caracterización de materiales*. Ciencia e Investigación, 63, 43–53.
- ISAAA. (2019). *Biotech Crop Highlights in 2018* | ISAAA.org. Retrieved June 8, 2020, from Biotech Crop Highlights Recuperado de: <https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/16/>
- IUCN. (2012). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN*. Recuperado de www.iucn.org/publications
- James, C. (2016). *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016*. Recuperado de <http://www.geohive.com>.
- Johnsgard, P. A. (1997). *The hummingbirds of North America* (2nd editio; S. I. S. P. I. S. Press, Ed.). Recuperado de <https://www.amazon.es/Hummingbirds-North-America-Paul-Johnsgard/dp/1560987081>
- Jordano, P. (1987). *Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution*. American Naturalist, 129(5), 657–677.
- Jordano, P. (2000). *Fruits and Frugivory. In Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (Segunda ed, pp. 125–166). Wallingford, UK: Estación Biológica de Doñana.
- Köppen, W., y Geiger, R. (1936). *Handbuch der Klimatologie in fünf Bänden Das geographische System der Klimate*. Recuperado de www.borntraeger-cramer.com
- Levey, D., Silva, W., y Galetti, M. (2002). *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation*. in CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851995250.0451>
- Lodoño, G., y Muñoz, M. (2006). *Primera descripción del nido del Atrapamoscas variegado (Tyrannidae: Pogonotriccus poecilotis)*. Ornitología Colombiana, 4, 66–69.
- Lynch, J. F. (1989). *Distribution of Overwintering Nearctic Migrants in the Yucatan Peninsula, I: General Patterns of Occurrence*. *The Condor*, 91(3), 515. <https://doi.org/10.2307/1368104>
- MacKinnon, B. (2017). *Sal a pajarear Yucatán (guía de aves)* (La vaca in). Recuperado de <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000058076>
- MacKinnon, H. (2005). *Birds and Reserves of the Yucatan Peninsula* (A. Amigos de Sian Ka'an, Ed.). 76 pp.
- Martinez-Carrillo, J., y Diaz-Lopez, N. (2005). *Nine years of transgenic cotton in Mexico, adoption and resistance management results*. Beltwide Cotton Conferences (Memphis, TN: National Cotton Council of America), pp. 1368–1372. Recuperado de <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Medel, R., Aizen, M., y Zamora, R. (2009). *Ecología y evolución de interacciones planta-animal* (Primera ed). Santiago de Chile, Chile.: Editorial Universitaria.
- Medina, I. (2019). *The role of the environment in the evolution of nest shape in Australian passerines*. Scientific Reports, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41948-x>

- Moreno-Rueda, G., y Soler, M. (2002). *Cría en cautividad del Gorrión Común Passer domesticus*. International Journal of Ornithology, 11–17. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/239929518_Cria_en_cautividad_del_Gorrión_Comun_Passer_domesticus
- MundoTextil. (2017, August 8). *Fibras naturales: Cáñamo*. Recuperado en Abril 25, 2020, de Fibras, Hilados sitio web: <https://mundotextilmag.com.ar/fibras-naturales-canamo/>
- Paynter, R. A. (1950). *Rare migration and wintering records from the Yucatan Peninsula*. Yale Peabody Museum of Natural History, 2, 7.
- Pérez, A., Mota, C., Bonilla, M., y Rojas-Soto, O. (n.d.). *La dispersión de semillas por aves y la recuperación del bosque mesófilo de montaña*. Recuperado en Abril 23, 2020, de INECOL sitio web: <https://centrosconacyt.mx/objeto/la-dispersion-semillas-aves-la-recuperacion-del-bosque-mesofilo-montana/>
- Pérez-Cadavid, A., Rojas-Soto, O. y Bonilla-Moheno, M. (2018). *Effect of seed ingestion by birds on the germination of understory species in cloud forest*. Revista mexicana de biodiversidad, vol. 89, no. 4, Instituto de Biología DOI: 10.22201/ib.20078706e.2018.4.2612
- PRONATURA. (1996). *Sistema de monitoreo ambiental y centro de datos de Biodiversidad para los Humedales de la Costa del estado de Yucatán, México*. Recuperado en Abril 7, 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinksyref=3730142ypid=S0188-4611200600010000600021yIng=es
- Purcell, J. P., Rubinstein, C., y Vaughn, T. (2008). El futuro de la biotecnología en América Latina en C. Blanco (Ed.), *Cultivos transgénicos para la agricultura latinoamericana* (pp. 131–162). México: Fondo de Cultura Económica.
- Ralph, J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., Desante, D. F., y Milá, B. (1996). GTR 159: *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Recuperado de <http://www.psw.fs.fed.us/techpub.html>
- Rammamoorthy, T., Bye, R., Lot, A., y Fa, J. (1998). *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución* - Revista Ciencias. Ciencias, 51, 62–63. Recuperado de <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/108-revistas/revista-ciencias-51/895-diversidad-biologica-de-mexico-origenes-y-distribucion.html>
- Rico-Gray, V. (2007). *El análisis de redes complejas y la conservación de la biodiversidad*. Cuadernos de Biodiversidad, (22), 3–6. <https://doi.org/10.14198/cdbio.2007.22.01>
- Rocha-Munive, M. G., Soberón, M., Castañeda, S., Niaves, E., Scheinvar, E., Eguiarte, L. E., ... Souza, V. (2018). Evaluation of the Impact of Genetically Modified Cotton After 20 Years of Cultivation in Mexico. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00082>
- Ropero, J. L. (2016, September 8). *Suelda social (Myiozetetes similis) Social Flycatcher*. Recuperado en Abril 26, 2020, de Proyecto Eco-jugando sitio web: <https://roperoaventuras.com/2016/09/08/suelda-social-myiozetetes-similis-social-flycatcher/>
- Santamaría-Rivero, W., MacKinnon, B., y Leyequién, E. (2013). *Registros de anidación del colibrí tijereta mexicano (Doricha eliza) en el estado de Yucatán, México*. Huitzil, 14. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-74592013000200005script=sci_arttext

- SEMARNAT. (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*. Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Shackelford, C., Clifford, M., y Lindsay, M. (2015). *Hummingbirds of Texas: with their New Mexico and Arizona Ranges*. Recuperado en Abril 26, 2020, de Texas A&M University Press sitio web: <https://muse.jhu.edu/chapter/1769874/pdf>
- Sorrivas, V., y Yañez, J. (2014). Preparación de muestras para microscopía electrónica de barrido en *Principios y práctica de la Microscopía Electrónica*. 1ra. Edición (pp. 1–499).
- Stephens, S. G. (1958). *Salt Water Tolerance of Seeds of Gossypium Species as a Possible Factor in Seed Dispersal*. *The American Naturalist*, Vol. 92, pp. 83–92. <https://doi.org/10.2307/2458569>
- Stephens, S. G. (1966). *The Potentiality for Long Range Oceanic Dispersal of Cotton Seeds*. *The American Naturalist*, Vol. 100, pp. 199–210. <https://doi.org/10.2307/2459477>
- Suárez-Rodríguez, M., López-Rull, I., y Macías García, C. (2012). *Animal behaviour Incorporation of cigarette butts into nests reduces nest ectoparasite load in urban birds: new ingredients for an old recipe?* *Biology Letters*, 9, 3. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0931>
- Sunilkumar, G., Campbell, L. M., Puckhaber, L., Stipanovic, R. D., y Rathore, K. S. (2006). *Engineering cottonseed for use in human nutrition by tissue-specific reduction of toxic gossypol*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(48), 18054–18059. <https://doi.org/10.1073/PNAS.0605389103>
- Terán-Vargas, A. P., Rodríguez, J. C., Blanco, C. A., Martínez-carrillo, J. L., Cibrián-tovar, J., Sánchez-arroyo, H., ... Stanley, D. (2005). *Bollgard Cotton and Resistance of Tobacco Budworm (Lepidoptera: Noctuidae) to Conventional Insecticides in Southern Tamaulipas, Mexico*. *Journal of Economic Entomology*, 98(6), 2203–2209. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.6.2203>
- Thompson, J. N. (2006). *Mutualistic Webs of Species*. *Science*, 312, 372–373. <https://doi.org/10.1126/science.1126904>
- Trujillo-Trujillo, E., Vargas-Triviño, P., y Salazar-Fajardo, L. (2014). *Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad*. *Universidad de La Amazonia*, 11(2), 97–106. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/305682393_Clasificacion_manejo_y_conservacion_de_colecciones_biologicas_una_mirada_a_su_importancia_para_la_biodiversidad
- Van Perlo, B. (2006). *Birds of Mexico and Central America* (Nueva edic). Princeton.
- Velázquez-López, R., Wegier, A., Alavez, V., Pérez-López, J., Vázquez-Barrios, V., Arroyo-Lambaer, D., Kunin, W. E. (2018). *The mating system of the wild-to-domesticated complex of Gossypium hirsutum L. Is mixed*. *Frontiers en Plant Science*, 9, 574. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00574>
- Waser, N., y Ollerton, J. (2006). *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press.

- Wegier, A. (2005). *Aislamiento por distancia de algodón (Gossypium hirsutum) en México: consecuencias para el manejo de plantas transgénicas*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Wegier, A. (2013). *Diversidad genética y conservación de Gossypium hirsutum silvestre y cultivado en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Wegier, A., Piñeyro-Nelson, A., Alarcón, J., Gálvez-Mariscal, A., Álvarez-Buylla, E., y Piñero, D. (2011). *Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (Gossypium hirsutum) at its centre of origin*. *Molecular Ecology*, 20(19), 4182–4194. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05258.x>
- Wendel, J., Brubaker, C., y Seelanan, T. (2010). The Origin and Evolution of Gossypium. In *Physiology of Cotton*. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3195-2>
- Willson, M., y Traveset, A. (2000). The Ecology of Seed Dispersal. en *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities* (Second edi, pp. 85–110).