



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Variación interindividual de *Bursera linanoe*
(BURSERACEAE), y sus implicaciones en la dispersión de
semillas por ornitocoria

Tesis que para obtener el título de
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:
ARIANA JANIRTH REYES TRINIDAD

DIRECTORA:
M en C. ANA LUCÍA CASTILLO MEZA

CODIRECTOR:
DR. JUAN HÉCTOR GARCÍA CHÁVEZ



ABRIL 2022



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Variación interindividual de *Bursera linanoe*
(BURSERACEAE), y sus implicaciones en la dispersión de
semillas por ornitocoria

Tesis que para obtener el título de

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

ARIANA JANIRTH REYES TRINIDAD

DIRECTORA:

M en C. ANA LUCÍA CASTILLO MEZA

CODIRECTOR:

DR. JUAN HÉCTOR GARCÍA CHÁVEZ



ABRIL 2022

ARIANA JANIRTH REYES TRINIDAD

arijani@outlook.es / janirthreyes@gmail.com

Directora de tesis: **ANA LUCÍA CASTILLO MEZA**

Laboratorio de Ecología de Poblaciones

Facultad de Ciencias Biológicas

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Director de tesis: **JUAN HÉCTOR GARCÍA CHÁVEZ**

Laboratorio de Ecología de Poblaciones

Facultad de Ciencias Biológicas

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dedicatoria

Dedicado especialmente a mi sobrino

JESÚS.

Dedicado también a las mujeres

más importantes de mi vida:

abuela, madre, hermana, sobrina.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios por el misterioso sentido de la vida.

A mi madre, Náyade Reyes por todo el amor y apoyo que me ha brindado siempre.

A mi directora de tesis, **Ana Lucía Castillo Meza** por su calidez humana, su habilidad de transmitir sus valiosos conocimientos, tanto de biología como de la vida, por aclarar mis dudas; además por haberme aceptado en el laboratorio para realizar mi servicio social, por los trabajos posteriores y por emprender este proyecto, llamado tesis. Así mismo, agradezco al profe **Juan Héctor García Chávez**, por su gran honestidad, por su sentido de humor, su saber sobre la vida, la biología y la estadística. También, por haberme transmitido su valioso conocimiento y despejado mis dudas e incertidumbres. Gracias a ambos, por todos los consejos que me dieron en todo este tiempo, por ser un gran ejemplo de amor, respeto y trabajo en equipo. ¡Mil gracias!

Gracias a la **familia Sierra Nava**, y especialmente a doña Luz por haberme recibido en su casa, y permitir trabajar en su UMA. A Esmeralda por enseñarme andar en la UMA, aunque sinceramente me perdí en varias ocasiones, también agradezco su ayuda al momento de sacar las medidas de los árboles, por las charlas, para que el trabajo se sintiera más ligero, por levantarse en la madrugada y llevarme todos los días a la UMA junto con Lupe; a Leonel por llevarme los domingos a campo.! Muchas muchas gracias a todos ;

Agradezco a mi sinodal **Wesley Dáttilo**, por sus observaciones y acertados comentarios que mejoraron el escrito. ¡Muchas gracias!

También agradezco a mi gran amigo, **Biol. Christian Daniel Morán Titla** por enseñarme y guiarme en el mundo de la estadística, en R, en los códigos y los scripts para que salieran los análisis. Por todas las largas pláticas sobre las aves, la incertidumbre de la vida, por siempre estar ahí, por escucharme y aconsejarme. ¡Muchísimas gracias!

Al M. en C. **Pedro Luna de la Torre**, por la identificación de las hormigas y por compartir conmigo un poco de su saber.

A los profesores: **Dr. César Antonio Sandoval Ruíz, Dra. Dalia Molina Romero, M. en C. Guillermo Rueda Luna, Dr. Gonzalo Yanes Gómez, Dr. José Alberto Cruz Silva, Dra. Montserrat Vázquez Balbuena, M. en C. Xóchitl Arteaga Villamil, Dr. Carlos Alberto Ruíz Jiménez, M. en C. Lucero Montserrat Cuautle García** por el conocimiento que adquirí dentro y fuera del salón, por las salidas a campo, por despejar mis dudas y por los proyectos que hice con algunos de ellos; pero sobretodo admiro su entusiasmo que tienen al enseñar, cada uno en su respectiva área de la biología.

Agradezco a mis amigos, **Goretti Ortiz, Frida Bello, Andrea Alcalá, Judith Domínguez, Jaime García, Irma Matias, Daniel Juárez, Marcos Guevara, Maximiliano Lara, Gibrán Rodríguez**, por todos los momentos que he vivido con cada uno de ellos, por todas las anécdotas, las risas, por las pláticas amenas y por los buenos momentos.

A la familia **Amador Badillo**, por todos los momentos divertidos que raramente pasamos juntos, gracias Geli y Vale por todos los consejos que me dieron, gracias Vianney y Andrea por todas las risas y anécdotas que pasamos juntas en todos estos años.

Gracias **Guadalupe Silva** por interesarte y estar preguntándome cómo iba el escrito, también por escucharme y por los buenos momentos que hemos vivido juntos.

Al M. en C. **Ricardo Luría Manzano** por los comentarios en el escrito, por despejar algunas dudas sobre estadística, por hablarme de lo interesante que son los anfibios y por todos los momentos divertidos. ¡Gracias!

A mis compañeros de laboratorio de Ecología de Poblaciones -Ecsperos en nada, aficionados en todo: Christian, Jaime, Daniel, Judith, Marcos, Mayra, Nayeli, Esbeydi, Edeer, Andrea, Jesús, Carlos, por todos los momentos y anécdotas que pasamos juntos (la rosca de Reyes, chocolate caliente, los tamales, las películas y los seminarios) dentro del laboratorio y los momentos divertidos que tuvimos

en las varias salidas a Zapotitlán Salinas, por las caminatas diurnas y nocturnas dentro del Jardín botánico “Helia Bravo Hollis”, y por los momentos divertidos que pasamos junto con la **familia Pacheco González**, a quienes agradezco profundamente las atenciones que tuvieron las veces que iba a campo a sacar datos.

¡Muchas gracias a todos!

**"... desde un origen tan sencillo,
hayan evolucionado, y sigan haciéndolo,
una infinidad de las formas más bellas
y más maravillosas"**

Charles Darwin (1809 – 1882)

**“La vida es una unión simbiótica y
cooperativa que permite triunfar
a aquellos que se asocian”**

Lynn Margulis (1938 – 2011)

“Somos polvo de estrellas”

Carl Sagan (1934-1996)

Índice general

Resumen	12
Introducción	14
Métodos	18
Área de estudio.....	18
Especie de estudio.....	18
Diseño de muestreo.....	19
Selección de árboles.....	19
Índice de abundancia de frutos.....	20
Frecuencia de visitas y remoción de frutos.....	20
Tasa de remoción.....	21
Colecta de semillas en suelo.....	21
Observaciones complementarias.....	21
Análisis estadístico.....	22
Redes de interacción.....	22
Resultados	23
Especies de aves removedoras de frutos.....	23
Frecuencia de visitas y remoción de frutos.....	24
Tasa de remoción.....	25
Colecta de semillas en suelo.....	26
Redes de interacción.....	26
Discusión	27
Especies de aves removedoras de frutos.....	27
Frecuencia de visitas y remoción de frutos.....	31
Colecta de semillas en suelo.....	35
Redes de interacción.....	36
Conclusión	37
Referencias bibliográficas	38

Índice de figuras

Figura 1. Red de interacciones bipartita de especies del género <i>Bursera</i> y el hábito de consumo de las aves al momento de remover sus frutos.....	54
Figura 2. Red de interacciones bipartita del género de las aves y las diferentes especies de <i>Bursera</i>	55
Figura 3. Red de interacciones bipartita del género de las aves y su hábito de consumo en la manipulación de los frutos.....	56
Figura 4. Ubicación de los árboles de <i>B. linanoe</i> dentro de la UMA Tequiahua.....	57
Figura 5. Abundancia de especies de aves removedoras de frutos de <i>B. linanoe</i> observadas durante el muestreo en árboles focales.....	60
Figura 6. Abundancia de aves removedoras de frutos de <i>B. linanoe</i> observadas en diferentes horarios.....	60
Figura 7. Curva de acumulación de especies de aves observadas durante el muestreo a los árboles de <i>B. linanoe</i>	61
Figura 8. Número de frutos removidos de <i>B. linanoe</i> por las diferentes especies de aves.....	62
Figura 9. Relación de la frecuencia de aves en función del índice de abundancia de frutos de <i>B. linanoe</i>	63
Figura 10. Relación del número de frutos removidos y su índice de abundancia en árboles de <i>B. linanoe</i>	63
Figura 11. Relación de la frecuencia de visitas en árboles focales (<i>B. linanoe</i>) en función de la sumatoria de las coberturas de los árboles vecinos que tienen.....	64
Figura 12. Tasa de remoción por especie de ave removedora de frutos de <i>B. linanoe</i>	65
Figura 13. Número de semillas encontradas en el suelo.....	65
Figura 14. Especies de hormigas removiendo frutos caídos de <i>B. linanoe</i>	66
Figura 15. Red intrapoblacional de individuos de <i>B. linanoe</i> y especies de aves removedoras de frutos.....	67
Figura 16. Matriz modular de especies de aves removedoras de frutos de <i>B. linanoe</i>	68
Figura 17. Red de interacciones bipartita de especies de aves y el hábito de consumo de frutos de <i>B. linanoe</i>	69

Figura 18. Ardilla depredando frutos de <i>B. linanoe</i>	71
Figura 19. Especies de aves removiendo frutos de <i>B. linanoe</i>	72

Índice de cuadros

Cuadro 1. Aves frugívoras y el tipo de consumo en las diversas especies de <i>Bursera</i>	47
Cuadro 2. Porcentajes de tipo de consumo de las especies de <i>Bursera</i>	53
Cuadro 3. Análisis estadísticos realizados.....	58
Cuadro 4. Listado completo de especies de aves removedoras de frutos de <i>B. linanoe</i>	59
Cuadro 5. Valores obtenidos del índice de similitud de Sorensen entre los distintos horarios del muestreo.....	61
Cuadro 6. Listado de variables sin efecto y su fuente de variación.....	64
Cuadro 7. Valores de devianza de la frecuencia de visitas en función del índice de abundancia de frutos de <i>B. linanoe</i>	70
Cuadro 8. Valores de devianza de la remoción de frutos de <i>B. linanoe</i> en función de su índice de abundancia.....	70
Cuadro 9. Valores de devianza de la frecuencia de visitas en árboles de <i>B. linanoe</i> en función de la sumatoria de las cobertura de los árboles vecinos.....	70
Cuadro 10. Valores de devianza de la tasa de remoción de frutos de <i>B. linanoe</i> en función de la especie de ave.....	70
Cuadro 11. Valores de devianza del número de semillas de <i>B. linanoe</i> encontradas en diferente estado y condición.....	71

Resumen

El linaloe (*Bursera linanoe*) pertenece a la familia de los copales, el uso más reconocido de su madera en México es la elaboración de artesanías conocidas como “cajas de Olinalá”. La alta demanda de estas ha provocado una sobre-explotación de este recurso, provocando la disminución de las poblaciones naturales en los alrededores de Olinalá, Gro. Las aves son las principales removedoras y potenciales dispersoras de frutos de especies del género *Bursera*. Además, se ha reportado la importancia que representa la manipulación y comportamiento de este grupo en el consumo de frutos, por lo que han sido clasificadas como “tragadoras”, “tritadoras” o “mordedoras”. Los objetivos de este trabajo fueron determinar las principales especies de aves removedoras y evaluar su importancia, con base a la frecuencia de frutos removidos y el hábito de consumo. Realicé observaciones en 70 árboles focales en un horario de 7:20-13:30 horas; registré la especie, el tiempo de visita, el número de frutos consumidos por visita y el hábito de consumo de las aves. También estimé el índice de abundancia de frutos de cada árbol, obtuve la altura total y el volumen de la copa de los árboles y determiné si había o no presencia de árboles vecinos. Así mismo, para conocer si había depredación de semillas, obtuve muestras de mantillo bajo la copa de *B. linanoe* y de un árbol de una especie diferente. Registré 23 especies de aves removedoras de frutos de *B. linanoe*. Especies de aves como: *Peucaea humeralis*, *Peucaea ruficauda*, *Spizella pallida*, *Trogon elegans*, *Trogon mexicanus*, *Volatinia jacarina*, *Piaya cayana* y *Vireo huttoni* las registré por primera vez como removedoras de frutos para el género *Bursera*. La especie más frecuente durante el muestreo es *Passerina leclancherii*, sin embargo, *Cassiculus melanicterus* es la especie que remueve una mayor cantidad de frutos (28). El horario, 8:00 a.m. tuvo el mayor pico de actividad en la remoción de frutos. Encontré aves con hábitos de remoción de tipo tragadora (95.66 %) y mordedora (4.34 %). La frecuencia de visitas de aves y la remoción de frutos depende de su índice de abundancia en la copa de los árboles. La frecuencia de aves removiendo frutos de los árboles focales disminuye cuando hay una mayor cobertura de árboles vecinos. La tasa de remoción (minutos) depende

de la especie de ave, siendo *Myiarchus cinerascens* e *Icterus cucullatus* las especies que consumen más frutos en menor tiempo. El número de semillas enteras y depredadas en el mantillo fue mayor bajo la copa de árboles de *B. linanoe*. La red árbol-ave, es anidada y modular, mostrando que subconjuntos de árboles de *B. linanoe* con diferentes rasgos atraen diferentes subconjuntos de especies de aves. Como conclusión tengo que la remoción de frutos de *B. linanoe* es realizada principalmente por aves tragadoras, de las cuales, varias especies tienen altas posibilidades de dispersar semillas en el sitio de muestreo y mantener de forma importante la estructura poblacional y distribución espacial de esta especie.

Introducción

El linaloe *Bursera linanoe* (La Llave) pertenece a la familia de los copales (Burseraceae) y se conoce mundialmente por el fino aroma de su aceite esencial en la madera (Rzedowski *et al.*, 2004; Medina-Lemos, 2008; Arellano-Ostoa *et al.*, 2014). El uso más reconocido de su madera en México es la elaboración de artesanías conocidas como “cajas de Olinalá” (Hersh-Martinez & Sierra-Huelsz, 2008; González, 2009), que tienen un alto valor económico en el mercado, siendo una fuente de ingreso importante para los artesanos. Esta alta demanda ha generado una sobre-explotación de las poblaciones naturales en los estados de Puebla, Oaxaca, Morelos, y principalmente en Guerrero, provocando la disminución de las poblaciones de esta especie (Hersh-Martinez & Sierra-Huelsz, 2008; Arellano-Ostoa *et al.*, 2014). Por la obtención de su aceite aromático, las poblaciones de *B. linanoe* presentan una intensa extracción de frutos, lo que limita la capacidad de regeneración natural, alterando la estructura de sus poblaciones (Gutiérrez-Santiago *et al.*, 2016).

Estudios realizados sobre frugivoría por aves, han establecido la relevancia de factores principales. El primero de ellos relacionado con características intrínsecas de la planta, como tamaño, producción de frutos, fenología de la fructificación; el segundo, por factores ambientales o abióticos como precipitación y temperatura; el tercero por la coloración de los frutos, debido a que las aves responden a colores brillantes, permitiéndoles diferenciar el recurso alimenticio en relación a la vegetación circundante (Jordano & Schupp, 2000; Ramos-Ordoñez *et al.*, 2012); cuarto, las características en la manipulación y comportamiento durante la remoción de los frutos por parte de las aves, las cuales han sido clasificadas como “tragadoras”, “tritadoras” o “mordedoras” (Trainer & Will, 1984; Moermond & Denslow, 1985; Foster, 1987; Levey, 1987). Las aves tragadoras, consumen todo el fruto empleando poco tiempo para manejarlos y hay una alta probabilidad de transportar las semillas intactas en el tracto digestivo y depositarlas en sitios alejados de la planta parental (Moermond & Denslow, 1985; Levey, 1987). Las aves trituradoras manipulan el fruto con el pico, consumiendo la pulpa e ingiriendo algunas

semillas y dejando caer otras, invierten más tiempo manipulando los frutos que las aves tragadoras y tienden a dispersar un menor número de semillas (Trainer & Will, 1984; Moermond & Denslow, 1985; Levey, 1987). Por último, las aves mordedoras consumen solamente la pulpa sin separar el fruto del pedicelo y dejan las semillas en el fruto o las dejan caer al suelo, sin ser removidas por el ave en cuestión (Trainer & Will, 1984; Foster, 1987). Las aves frugívoras que se consideran como dispersoras legítimas, son aquellas que raramente dañan las semillas durante el paso por el tracto digestivo, y posteriormente regurgitan o defecan semillas lejos de la planta parental y en condiciones adecuadas para la germinación y establecimiento de plántulas (Snow, 1971; MacKey, 1975; Howe, 1986). Las aves de las familias Tyrannidae, Momotidae, Picidae, Thraupidae y Turdidae son conocidas por dispersar semillas del género de *Bursera* (Ramos-Ordoñez, 2009; Almazán-Núñez *et al.*, 2015) y otras especies originarias de Costa Rica (Quesada-Acuña *et al.*, 2018). En cambio, las aves depredadoras de semillas son aquellas que desechan la pulpa de los frutos; y únicamente consumen semillas o partes de ellas, lo que usualmente mata el embrión (Howe, 1986). Las aves pertenecientes a las familias Columbidae, Fringillidae, Passeridae, Paridae, son un claro ejemplo de ser depredadoras de semillas (Howe, 1986; Snow & Snow, 1986; Snow & Snow, 1988; Ramos-Ordoñez, 2009).

Estudios de frugivoría en *Bursera* realizados en diferentes hábitats han reportado que la remoción de frutos es realizada principalmente por aves “tragadoras”, seguida de “tritadoras” y por último “mordedoras” (Figura 1). De manera general, al menos 12 especies de *Bursera*, las aves tragadoras representan el 87%, las tritadoras el 12% y las mordedoras representan el 0.8% (Cuadro 2).

Así mismo, se ha reportado que la remoción de frutos del género de *Bursera*, es realizada por 140 especies de aves, pertenecientes a 74 géneros, de los cuáles, *Tyrannulus*, *Myiarchus*, *Icterus* y *Vireo* consumen frutos de varias especies de *Bursera* (Figura 2). Por ejemplo, las especies del género *Myiarchus* y *Vireo* son aves exclusivamente aves tragadoras (Figura 3), especies del género *Myiarchus*

remueve frutos de *Bursera simaruba*, *B. microphylla*, *B. fagaroides*, *B. morelensis*, *B. longipes*, *B. glabrifolia*, *B. copallifera*, *B. grandifolia*, *Bursera* spp, por otro lado, aves del género *Vireo* consume frutos de *B. fagaroides*, *B. longipes*, *B. microphylla*, *B. simaruba*, *Bursera* spp (Cuadro 1, Figura 2). Mientras que el hábito de consumo de las aves del género *Tyrannus* y *Melanerpes* son de tipo tragadoras y trituradoras (Figura 3), las aves del género *Tyrannus* remueve frutos de *B. bicolor*, *B. copallifera*, *B. fagaroides*, *B. inversa*, *B. longipes*, *B. simaruba*, *Bursera* spp y especies del género *Melanerpes* se alimenta de frutos de *B. hindsiana*, *B. longipes*, *B. morelensis*, *B. simaruba*, *Bursera* spp. (Cuadro 1, Figura 2).

Por el contrario, las especies del género *Icterus*, son aves tragadoras, trituradoras y mordedoras (Figura 3) de frutos de *B. bicolor*, *B. copallifera*, *B. grandifolia*, *B. inversa*, *B. longipes*, *B. morelensis*, *B. simaruba*, *Bursera* spp (Cuadro 1, Figura 2). Cabe resaltar, que algunas especies pertenecientes a los géneros de *Myiarchus*, *Icterus* y *Melanerpes* son reportadas como dispersoras legítimas de semillas de *B. morelensis* (Ramos-Ordoñez, 2009) y *B. longipes* (Almazán-Núñez *et al.*, 2016), mientras que *Dumetella carolinensis* dispersa semillas de *B. fagaroides* (Ortiz-Pulido & Rico-Gray., 2006). Por el contrario, *Zenaida asiatica*, *Z. macroura*, *Haemorhous mexicanus*, *Passerina versicolor*, *P. caerulea*, *P. leclancherii* y *Peucaea mystacalis* son consideradas como depredadoras de semillas de *B. morelensis*, *B. simaruba* y *B. longipes* (Bates, 1992; Ramos-Ordoñez, 2009; Almazán-Núñez *et al.*, 2016).

El hábito de consumo y el comportamiento que usan las diferentes especies de aves en la manipulación de los frutos de *B. linanoe*, puede tener un efecto potencial en el destino de las semillas. El efecto positivo, se refiere a que las semillas no son dañadas al pasar por el tracto digestivo de las aves, son defecadas o regurgitadas en sitios alejados de la planta parental y son adecuados para su germinación y establecimiento, evitando así la competencia y el alto riesgo a ser depredadas o infectadas. Por el contrario, el efecto negativo, implicaría que las aves dañan completamente la semilla y estas no puedan germinar. Por lo que determinar que especies de aves son tragadoras, trituradoras y mordedoras de

frutos de *B. linanoe* permitirá establecer su importancia, ya sea como dispersoras potenciales o depredadoras de semillas.

Una intensa extracción de frutos para la obtención de su aceite aromático, induce de manera negativa en el reclutamiento y regeneración de las poblaciones naturales (Gutiérrez-Santiago *et al.*, 2016). Esto es sumamente relevante en especies de importancia comercial, como lo es *B. linanoe*, donde se ha observado una disminución en sus poblaciones naturales a causa de la sobre-explotación (Hersh-Martinez & Sierra-Huelsz, 2008; Arellano-Ostoa *et al.*, 2014). Actualmente, *B. linanoe*, no se encuentra en alguna categoría de riesgo en la NOM-SEMARNAT-059-2010, posiblemente debido a la falta de estudios detallados sobre sus aspectos ecológicos (IUCN, 2021). Sin embargo, se encuentra dentro de la lista roja de la IUCN como especie vulnerable, resaltando su declive poblacional en sus áreas de distribución natural (Fuentes *et al.*, 2019; IUCN, 2021). Lo anterior resalta la relevancia de realizar estudios detallados sobre la remoción de frutos de *B. linanoe* por aves y establecer su importancia ecológica respecto a su carácter de dispersor o depredador de semillas. Hasta el momento no se cuenta con información que haya evaluado la relevancia de las aves, en la remoción de frutos de *B. linanoe*, por lo que sería el primer estudio realizado para la especie, además en condiciones ideales de conservación como lo representan las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA).

En la frugivoría por aves, se ha reportado la importancia que representa la manipulación y comportamiento de este grupo en el consumo de frutos. Por lo tanto, las características de la remoción realizada por aves tragadoras, trituradoras y morderas tienen implicaciones directas en el destino de las semillas de *B. linanoe*, representando la posibilidad de ser dispersadas o depredadas, lo que incide de forma importante en la estructura poblacional y distribución espacial de esta especie.

Para ello, los objetivos de este estudio son: 1) Determinar las principales especies de aves removedoras de frutos de *B. linanoe*, 2) Evaluar la importancia de las especies. de aves, considerando su hábito de consumo en la remoción de frutos de *B. linanoe*.

Métodos

Área de estudio

Se localiza dentro de la Unidad de Manejo Ambiental (UMA) “Tequiahua” de tipo extensiva dedicada al aprovechamiento de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), con el número de registro, SEMARNAT-UMA-EX-0085-PUE, con una extensión de 125 hectáreas ubicada en el municipio de Tulcingo de Valle localizado al suroeste del estado de Puebla (Figura 4), sus coordenadas geográficas son los paralelos 17° 52’ y 18° 06’ de latitud norte; los meridianos 98° 18’ y 98° 30’ de longitud oeste (INEGI, 2009).

Tiene un clima semiseco muy cálido y cálido, con temperaturas entre 20-26 °C y una precipitación de 700-1000mm (INEGI, 2009). La vegetación es selva baja caducifolia, predominan el cuajilote (*Parmentiera edulis*), copal (*Bursera* spp), copaljocote (*Cyrtocarpa prosera*), cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*) y cazahuate (*Ipomoea arborescens*), además los principales géneros representados son *Lysiloma*, *Bursera*, *Quercus*, *Acacia*, *Stenocereus* entre otras (CONAFOR, 2013).

Especie de estudio

Bursera linanoe es un árbol dioico o a veces polígamo-dioico, de hoja caduca de 8 a 10 metros de altura y hasta 60 cm de diámetro. Especie endémica del sur de México que se distribuye en el sector oriental de la depredación de Balsas y en las cuencas de los ríos Papalopan y Tehuantepec. Presente en los estados de Guerrero, Morelos, Oaxaca y Puebla (Rzedowski *et al.*, 2004; Rzedowski *et al.*, 2005; Montaña-Arias, 2012). Esta especie se encuentra frecuentemente en bosques caducifolios tropicales y

matorrales secos subtropicales. Crece en altitudes entre 650 y 1500 m. Florece de Mayo a Julio y fructifica de Julio a Septiembre. Inflorescencias racimoso-paniculadas, hasta de 8 cm de largo y hasta con 35 flores. Frutos hasta 8 por infrutescencia, de 9 a 11 mm de largo, 8 mm de ancho, y de 5 a 6 mm de diámetro, cubierto en la mitad o en los 2/3 inferiores por un pseudoarilo anaranjado y la porción expuesta negra (Rzedowski *et al.*, 2004). Semilla lenticular asimétrica de 5 mm de largo y 6.5mm de ancho (Espinosa-Organista, 2006). A través de observaciones preliminares en la Cuenca del Papaloapan, Gómez-Cárdenas *et al.*, (2009) encontraron que sus semillas son dispersadas por aves (*Melanerpes hypopolius*, *Zenaida* spp) y otras especies no identificadas.

Diseño de muestreo

Selección de árboles

Seleccioné 70 árboles focales distribuidos dentro de la UMA (Figura 4), con los siguientes criterios de selección: árboles con frutos maduros visibles y accesibles para poder tomar una fotografía completa utilizando una escala. A partir de imágenes digitales obtuve la altura total del árbol y altura de la copa empleando el software Image J (ver. 1.8.0). El largo y ancho de la copa se determinó usando una cinta métrica de 30 m (Truper). Debido que los frutos de *B. linanoe* se distribuyen homogéneamente en toda la copa del árbol, para obtener el volumen de la cobertura arbórea, empleé la fórmula del elipsoide semi-ejes: $\frac{4}{3}\pi abc$, donde “a” y “b” representan los radios de la cobertura del dosel y “c” indica la altura total de la copa (Spiegel, 1998).

Además, en los árboles de *B. linanoe* que se encontraban dentro de un radio de 10 m del árbol focal de *B. linanoe*, registré la presencia o ausencia de frutos, obtuve su altura total y el volumen de la copa de cada uno de ellos, a estos individuos los consideré como árboles vecinos.

Índice de abundancia de frutos

Estimé el índice de abundancia de frutos presentes en cada árbol focal, a partir de fotografías con cámara digital (Nikon Coolpix L840), del área más accesible de la copa. Posteriormente las imágenes fueron procesadas en el Software Image J (ver. 1.8.0), luego contabilicé todos los frutos en un cuadro de 25 × 25 cm en la sección central de la imagen.

Frecuencia de visitas y remoción de frutos

El muestreo lo realicé en el mes de Septiembre del 2019 durante el periodo de remoción de frutos de *B. linanoe* (Gómez-Cárdenas *et al.*, 2009). Durante un total de 25 días, determiné la frecuencia de visitas por observaciones focales usando binoculares (Canon 8x23A 6.4°). Estas observaciones se enfocaron en 70 individuos de *B. linanoe* con frutos, en un horario de 7:20 - 13:30 horas, (horario de verano), cuando hay alta actividad de las aves. El tiempo de observación para cada árbol fue de 45 minutos (cada árbol fue observado en sola ocasión durante todo el muestreo).

Todas las aves frugívoras que consumieron frutos de las plantas las identifiqué hasta el nivel de especie, empleando una guía de campo (Peterson y Chaliff, 1994). En cada árbol focal, consideré todas las visitas de las aves, observadas únicamente de la parte de la copa hacia donde me ubicaba, es decir, no consideré aves que llegaban por la parte de atrás de la copa (para no equivocarme en la identificación de la especie). De cada visita de ave, anoté la especie, el tiempo de visita (desde la llegada hasta la partida), el número de frutos consumidos por visita. Posteriormente asigné a cada ave hábito de consumo (tragadora, trituradora, mordedora).

Así mismo, en cada horario durante el muestreo, registré la temperatura y humedad, al inicio y final de la observación en cada árbol focal de *B. linanoe* con un termohigrómetro digital (Traceable 4096).

Tasa de remoción

Determiné la tasa de remoción (minutos) de frutos para cada especie de ave, empleando la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ remoción = \frac{Frutos\ removidos}{Tiempo\ de\ visita}$$

Colecta de semillas en suelo

Con el fin de conocer si había depredación de semillas de *B. linanoe*. De manera aleatoria, seleccioné 20 de los 70 árboles focales, y colecté el suelo presente en cuadros de 25 × 25 cm por lado y 1 cm de profundidad, ubicados a la mitad de la cobertura de la copa, eligiendo una orientación aleatoria. Uno de los cuadros localizado bajo la copa de *B. linanoe* y el otro cuadro situado a una distancia mínima de 10 m y máxima de 20 m, en un árbol de otra especie diferente. Posteriormente en el laboratorio de Ecología de Poblaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, revisé cuidadosamente el mantillo bajo el microscopio estereoscópico (Swift Stereo Eighty) en busca de semillas de *B. linanoe* para cuantificarlas.

Observaciones complementarias

Adicionalmente realicé 480 minutos acumulados de observación en 10 árboles de *B. linanoe* diferentes (a los focales) en un horario de 9:00 – 14:00 hrs. Para ello, utilicé un telescopio monocular (Bushnell Prime 20-60x65) y binoculares (Canon 8x23A 6.4°), para determinar las especies de aves que estuvieran consumiendo frutos de *B. linanoe* que no fueron registradas durante el muestreo. Adicionalmente, realicé la colecta de hormigas que se encontraban removiendo frutos bajo la copa de individuos de *B. linanoe*. Las hormigas las coloqué en tubos eppendorf con alcohol al 70% y posteriormente fueron identificadas con consultas a especialistas.

Análisis estadístico

La normalidad de las variables de respuesta: el índice de abundancia de frutos, frecuencia de visitas, tiempo de visita, número de frutos removidos, tasa de remoción, número de semillas, las evalué realizando la prueba de Shapiro-Wilk. Empleé modelos lineales generalizados con distribución de poisson y distribución quasipoisson (para corregir la sobredispersión) para realizar diferentes análisis (Cuadro 3). También generé curvas de rango abundancia, una general, para representar la abundancia de todas las aves registradas durante el muestreo, y otras por horario, para conocer los picos de actividad y las especies más frecuentes, así mismo calculé el recambio de especies entre horarios con el índice de similitud de Sorensen. Para valorar el esfuerzo de muestreo, realicé una curva de acumulación de especies. Únicamente consideré las especies de aves observadas durante el muestreo (70 árboles focales), omitiendo las especies de aves registradas en las observaciones complementarias. Todos los análisis fueron realizados con el software R v4.0.3 (R Core Team, 2020), empleando los paquetes, “lubridate” (Grolemund & Wickham, 2011), tidyverse” (Wickham *et al.*, 2019), “vegan” (Oksanen *et al.*, 2019), “BiodiversityR” (Kindt & Kindt, 2019).

Redes de interacción

Usé un análisis de redes complejas con un enfoque intrapoblacional para estudiar las interacciones que tiene *B. linanoe* con las especies de aves, cada árbol focal representa un individuo. Construí una matriz de doble entrada únicamente considerando los árboles que tuvieron interacciones, las filas corresponden a los árboles y las columnas a las especies de aves, y las celdas representan la frecuencia total de visitas de cada especie, usando un enfoque intrapoblacional (ejemplo, Dáttilo *et al.*, 2014a; Dáttilo *et al.*, 2014b; Dáttilo *et al.*, 2015).

Primero evalué si las especies de aves visitarían un solo subconjunto de individuos de árboles de *B. linanoe* que es visitado por muchas especies de aves (patrón de anidamiento de interacciones ave-

árbol). Para el cual, estimé el grado de anidamiento usando la métrica NODF (Parámetro de anidamiento basado en el relleno por superposición y disminución) propuesto por Almeida-Neto *et al.*, (2008), los valores oscilan entre 0 (no anidado) y 100 (perfectamente anidado). Además, probé si dentro de la red ave-árbol se formaban grupos de individuos de especies de aves fuertemente asociados con un conjunto particular de individuos de *B. linanoe*, como se espera en una red modular. Para ello utilicé el índice de modularidad (M), el cual oscila entre 0 (no se forman subgrupos) y 1 indica que hay subgrupos totalmente separados. Para verificar el grado de anidamiento (NODF) y modularidad (M) generé un modelo nulo con 100 redes generadas al azar para determinar si los patrones observados en la red están estructurados por alguna causa dada o son el resultado del azar. Para calcular estos descriptores y obtener las redes, utilicé el software R (R Core Team, 2020), usando las paqueterías “bipartite” (Dormann *et al.*, 2008).

Resultados

Especies de aves removedoras de frutos

Registré un total de 23 especies de aves removedoras de frutos de *B. linanoe*, distribuidas en 11 familias y 16 géneros (Cuadro 4) en 61 horas de observación. Del total de árboles focales se registraron visitas en el 41% de ellos. En total registré 96 avistamientos y observé 17 especies de aves consumiendo frutos, siendo las especies más frecuentes *Passerina leclancherii* con 17 visitas (17.7%), seguida de *Empidonax minimus* con 15 visitas (15.62%), *Icterus cucullatus* e *Icterus pustulatus* con 10 registros (10.41%). *Cassiculus melanicterus* y *Empidonax minimus* con 9 visitas (9.37%) cada una y las especies menos frecuentes con un registro fueron *Piaya cayana*, *Pitangus sulphuratus*, *Spizella pallida* y *Trogon elegans*, representando el 1.04% cada especie, (Figura 5).

El horario que registra un mayor pico de actividad es a las 8:00 a.m. con 27 visitas, (28.12%), seguido de las 10:00 a.m. con 21 visitas, (21.81%), 12:00 p.m. con 19 visitas, (19.79%) y 11:00 a.m. con 18

visitas, (18.75%) (Figura 6). Las especies más frecuentes durante las 8:00 a.m. fueron *Icterus pustulatus* (25.92%), seguido de *Icterus cucullatus*, *Passerina leclancherii*, (14.81%) cada una, *Empidonax minimus* (11.11%). A las 10:00 a.m., *Myiarchus cinerascens* fue la más abundante (19.04%), seguido de *E. minimus*, *I. cucullatus* e *I. pustulatus* (14.28%) cada una. Las especies observadas a 11:00 a.m. fueron *P. leclancherii* con la mayor abundancia (44.44%), después *Tyrannus vociferans* (14.28%), *Melanerpes chrysogenys* y *Melanerpes hypopolius* (11.11%) cada una. Durante las 12:00 p.m. *Cassiculus melanicterus* fue la especie que tiene una mayor abundancia (47.36%), seguido de *Peucaea ruficauda* y *M. hypopolius* (10.52%) cada una. Los horarios con menos registros de especies fueron a las 7:00 y 9:00 a.m. Además, se puede observar que *P. leclancherii* estuvo presente durante todo el muestreo, *Piaya cayana* solo se registró a las 11:00 am; *Spizella pallida* y *Pitangus sulphuratus* solo estuvieron presentes a las 8:00 a.m., en cambio *C. melanicterus* y *Trogon elegans* se observaron a las 12:00 p.m.

De acuerdo, al índice de similitud de Sorensen, los horarios de 10:00 y 11:00 a.m. presentaron el 70% de especies compartidas (*P. leclancherii*, *Zenaida asiatica*, *I. cucullatus*, *E. minimus*). Seguido de los horarios de 7:00 a.m. y 12:00 p.m. con el 66% de aves compartidas (*I. cucullatus*, *Icterus galbula*, *M. hypopolius*, *P. leclancherii*). Por el contrario, los horarios de 8:00 y 11:00 a.m. tuvieron el 42 % de especies compartidas (*P. leclancherii*, *E. minimus* y *Tyrannus. vociferans*), mientras que los horarios 7:00 y 11:00 a.m. comparten el 46% de especies (*M. hypopolius*, *P. leclancherii*), (Cuadro 5). De acuerdo a la curva de acumulación de especies, 70 árboles son suficientes para conocer el número de especies de aves removedoras de frutos de *B. linanoe* (Figura 7).

Frecuencia de visitas y remoción de frutos

La remoción de frutos no depende del hábito de consumo que usan las aves ($P > 0.05$); sin embargo, el 95.66% fueron aves tragadoras y el 4.34 % lo representó *Icterus cucullatus* como ave mordedora, no

registré a ninguna ave con hábito de consumo de trituradora. De las especies tragadoras encontradas, el 21.73% son consideradas como dispersoras legítimas entre las que destacan (*Myiarchus cinerascens*, *Melanerpes chrysogenys*, *M. hypopolius*, *Icterus pustulatus*) y el 13.04% son consideradas como depredadoras de semillas entre las que se encuentra (*Passerina leclancherii*). Por otra parte, *C. melanicterus* y *P. leclancherii*, son las encargadas de remover el mayor número de frutos de *B. linanoe* (Figura 8).

Por otro lado, la frecuencia de visitas de aves aumenta cuando el índice de abundancia de frutos es mayor ($P = 0.0059$, 23.27%), (Figura 9 y Cuadro 7). Además, el número de frutos removidos depende de su índice de abundancia ($P = 0.0073$, 13.41%), (Figura 10, Cuadro 8). Así mismo, cuando evalué la influencia de los árboles vecinos sobre los focales, encontré que la frecuencia de aves disminuye cuando hay una mayor cobertura de árboles vecinos ($P = 0.0373$, Figura 11), y esto explica un efecto del 8.89 %, (Cuadro 9). Por el contrario, la frecuencia de visitas no depende de la altura y cobertura de los árboles ($P > 0.05$) dado que la cobertura y altura de estos no determinan el índice de abundancia de los frutos ($P > 0.05$). Por lo que se refiere al tiempo de vistas de las aves, este no depende del índice de abundancia de los frutos ($P > 0.05$), ni el número de frutos removidos está determinado por el tiempo de visita ($P > 0.05$). Así mismo, la temperatura y la humedad no influyen en la frecuencia de visitas de las aves ($P > 0.05$) (Cuadro 6).

Tasa de remoción

La tasa de remoción depende de la especie de ave ($P = 0.001$), y está explicada por un 49.47% (Cuadro 10) pero no depende del hábito de consumo, del índice de abundancia de frutos y de la cobertura de los árboles vecinos ($P > 0.05$, Cuadro 6), tampoco la tasa de remoción de cada árbol focal depende la cobertura de los árboles vecinos. Cabe resaltar, que *Myiarchus cinerascens* tiene la mejor tasa de remoción, seguida de *Icterus cucullatus* y *C. melanicterus* (Figura 12).

Colecta de semillas en suelo

El número de semillas depredadas (promedio \pm EE: 2.97 ± 1.46) es mayor que las semillas enteras ($P = 0.001$, 5.39% de explicación por este factor, Cuadro 11), así mismo, el número de semillas encontradas, bajo la copa de *B. linanoe* es mayor (promedio \pm EE: 4.05 ± 1.46), respecto a las encontradas bajo la copa de otra especie de árbol ($P = 0.001$, 32.26% de explicación por este factor, Cuadro 11) (Figura 13). Sin embargo, al quitar un valor atípico de 57 semillas debajo de un árbol de *B. linanoe*, el resultado cambia, pues el número de semillas no difiere entre el la semilla entera y depredada ($P > 0.05$). Por el contrario, el número de semillas encontradas en el mantillo, bajo la copa de *B. linanoe* sigue siendo mayor (promedio \pm EE: 2.96 ± 0.57), respecto a las encontradas bajo otra especie de árbol ($P = 0.001$, Figura 13), reportando el 39.39 % de explicación. Por otro lado, las especies de hormigas encontradas removiendo los frutos caídos de *B. linanoe*, son: *Solenopsis geminata*, *Pheidole* sp1, *Pheidole* sp2 (Figura 14).

Redes de interacción

Al evaluar los patrones no aleatorios de interacción basada en individuos de *B. linanoe* y especies de aves removedoras (Figura 15), encontré que la red exhibe una topología de red significativamente anidada ($P < 0.05$), con un valor de NODF = 14.72 (promedio \pm ds: 10.18 ± 1.18). Además, encontré un patrón modular significativo ($P < 0.05$), con un valor de M = 0.63 (promedio \pm ds: 0.40 ± 0.01), formando 7 subconjuntos de especies de aves que se alimentan específicamente de grupos particulares de individuos de árboles de linoloe (Figura 16). El subconjunto 1 conformado por los árboles 16, 27, 65, 67 y las especies *Melanerpes chrysogenys* y *Piaya cayana*. El subconjunto 2 formado por el árbol 50 y *Myiarchus cinerascens*. El subconjunto 3, por los árboles 8, 11, 17, 36 y *Tyrannus vociferans*, *Pitangus sulphuratus* e *Icterus galbula*. El subconjunto 4, por el árbol 4 y *Cassiculus melanicterus*. El subconjunto 5, por los árboles 4, 15, 18, 29, 34, 38 y *Zenaida asiatica*, *Icterus cucullatus*, *Melanerpes*

hypopolius y *Trogon elegans*. El subconjunto 6, por los árboles 20, 43, 44, 47, 49, 56, 57 y *Passerina leclancherii*, *Peucaea ruficauda*. El subconjunto 7, por los árboles, 13, 14, 42, 48, 51 y *Empidonax minimus*, *Myiodynastes luteiventris*, *Spizella pallida* e *Icterus pustulatus*.

Por otra parte, en *B. linanoe*, las especies de aves frugívoras con hábitos de consumo tragadoras, son las más representadas mientras que *Icterus cucullatus* es la única especie mordedora. No registré ninguna especie con hábito de consumo trituradora (Figura 17).

Discusión

Especies de aves removedoras de frutos

Cabe resaltar que *Peucaea humeralis*, *Peucaea ruficauda*, *Spizella pallida*, *Trogon elegans*, *Trogon mexicanus*, *Volatinia jacarina*, *Piaya cayana* y *Vireo huttoni* representan nuevos registros de especies de aves removedoras del género *Bursera*, ya que previamente no habían sido reportadas.

Encontré que la remoción de frutos de *B. linanoe* es realizada por 23 especies de aves, de las cuales 15 especies (65.21%) ya habían sido reportadas como consumidoras de frutos en otras especies del género *Bursera*, que se distribuyen en diferentes tipos de vegetación, como selvas bajas caducifolias, bosques tropicales secos, matorrales xerófilos y bosques secos intermedios (Trainer & Will, 1984; Bates, 1992; Ortiz-Pulido *et al.*, 2000; Ortiz-Pulido & Rico-Gray., 2006; Ramos-Ordoñez, 2009; Delgado, 2012; Almazán-Nuñez *et al.*, 2015, 2016; Morales, 2017). Lo que indica que el 34.79% representan nuevos registros en la remoción de frutos para el género. Ampliando con ello el número de especies frugívoras que remueven frutos de *Bursera* y en caso particular, una gran cantidad de especies que remueven frutos de *B. linanoe* en el sitio. Ya que las especies de *Bursera*, quienes reportan mayor cantidad de aves frugívoras son: en *B. simaruba* con 84 especies, *B. inversa* con 40 especies de aves y *B. longipes*

con 20 especies. Por lo que el número de especies frugívoras es similar entre especies de *Bursera* con distribución simpátrica, teniendo además un área de distribución similar, que representa tanto en *B. linanoe* como *B. longipes* (CONABIO, 2018).

Además, encontré que la remoción de frutos de *B. linanoe* por aves no se encuentra sujeta al hábito de consumo, estos resultados difieren a los datos publicados por Palacio *et al.*, (2017) encontrando que el consumo de frutos de *Vassobia breviflora* (Solanaceae) que se encuentra en Tucumán, Argentina depende de la manipulación que usan las aves al momento de consumirlos. Esto se debe principalmente porque solo registré a *Icterus cucullatus* como la única especie mordedora de frutos de *B. linanoe*.

Delgado (2012) también registró esta especie como mordedora para frutos de *B. simaruba*. Así mismo, se ha reportado a *Icterus chrysater* como ave trituradora (Trainer & Will, 1984; Stevenson *et al.*, 2005) y a *Icterus galbula* como ave tragadora (Trainer & Will, 1984; Ortiz-Pulido *et al.*, 2000) de frutos de *B. simaruba*. En cuanto al carpintero *M. chrysogenys*, en *B. linanoe* actúa como una especie tragadora y Delgado (2012) lo describe como especie mordedora de frutos de *Spondias purpurea*, posiblemente debido a que el tamaño del fruto de esta especie es de 2.5 cm de largo \times 1.5 cm de ancho, mientras que los frutos de *B. linanoe* oscilan entre los 0.9 cm de largo \times 0.8 cm de ancho. Sugiriendo que el hábito de consumo que usan las aves para obtener su alimento podría depender del tamaño del fruto. Ya que pueden comportarse como tragadoras con frutos pequeños o mordedoras con frutos de mayores dimensiones.

Por otro lado, identifiqué como posibles dispersores de semillas más efectivos de *B. linanoe* a *Myiarchus cinerascens*, *Tyrannus vociferans*, *Melanerpes chrysogenys*, *M. hypopolius* e *Icterus pustulatus*, debido a que se sabe que incrementan la capacidad de germinación de semillas de otras especies de *Burseras* (Ramos-Ordoñez, 2009; Almazán-Núñez *et al.*, 2016). Se ha sugerido que las especies *M. nuttingi*, *M. tuberculifer*, *M. tyrannulus* y *M. cinerascens* podrían ser los principales dispersores legítimos de *B. morelensis* (Ramos-Ordoñez, 2009, Barranco-Salazar, 2011 en Morales,

2017), *B. copallifera*, *B. fagaroides* y *B. grandifolia* (Morales, 2017). Así mismo, Almazán-Núñez *et al.*, (2016) evidencian que los dispersores de semillas más efectivos de *B. longipes* son *M. cineracens*, *M. tyrannulus*, *M. nuttingi* por los altos porcentajes de germinación de las semillas, aspecto que posiblemente se estarían presentando para *B. linanoe*. Por otro lado, especies pertenecientes al género *Tyrannus* son considerados como potenciales dispersores de semillas de varias especies de *Bursera* (Almazán-Núñez *et al.*, 2015), por ejemplo, *T. verticalis* es considerada dispersora por su alto consumo en *B. bicolor*, *B. copallifera*, *B. fagaroides* (Morales, 2017) y dispersora efectiva de *B. longipes* (Almazán-Núñez *et al.*, 2016). Así mismo, *T. vociferans* es considerada como una especie dispersora por el gran número de semillas que remueve al ingerir frutos enteros (Almazán-Núñez *et al.*, 2015; Almazán-Núñez *et al.*, 2016), en *B. linanoe* también actúa como especie tragadora. Por otro parte, se ha reportado a *M. chrysogenys* como dispersor efectivo de *B. longipes* (Almazán-Núñez *et al.*, 2016) por el alto número de semillas germinadas, a *M. hypopolius* e *I. pustulatus* considerados como dispersores legítimos de *B. morelensis* (Ramos-Ordoñez, 2009) por los altos porcentajes de germinación de las semillas. Así mismo, Hernández-Gómez (2018) sugirió que *Empidonax* sp. podría ser un potencial dispersor de *B. cuneata* por ser el principal removedor de frutos. Cabe resaltar que estas especies de aves consideradas como potenciales dispersoras de semillas de *B. linanoe* no matan el embrión cuando las semillas son regurgitadas o defecadas, por lo que se sugiere evaluar la germinación de sus semillas cuando son ingeridas por estas especies.

Por el contrario, identifiqué como posibles especies depredadoras de semillas de *B. linanoe* a *H. mexicanus*, *P. leclancherii*, *Z. asiatica*, *Peucaea humeralis*, *P. ruficauda*, *Spizella pallida*, *Volatinia jacarina*, dado que algunas especies han sido reportadas como depredadoras, al destruir completamente las semillas o parte de ellas (Snow & Snow, 1986; Ramos-Ordoñez, 2009). Por ejemplo, Ramos-Ordoñez (2009) identificó a *H. mexicanus*, *P. versicolor*, *Z. asiatica*, *Peucaea mystacalis* como

depredadoras de *B. morelensis*. Es importante resaltar el hecho de que registré a *P. leclancherii* como la especie más frecuente y que remueve gran cantidad de frutos de *B. linanoe*, por lo que su posible impacto en la depredación de sus semillas es sumamente relevante. También se ha reportado a *Z. asiatica* y *P. caerulea* como depredadoras de otras especies de *Bursera* (Almazán-Núñez *et al.*, 2015). Lo que de igual manera podría presentarse en las semillas de *B. linanoe*. Así mismo, Ortiz-Pulido & Rico-Gray (2006) reportaron que las semillas de *B. fagaroides* ingeridas por *Vireo griseus* no germinan, por lo que posiblemente ocurra lo mismo con las semillas de *B. linanoe* al ser ingeridas por *V. huttoni*. Algunas de estas especies pertenecen a las familias Columbidae, Fringillidae, Passeridae consideradas como depredadoras de semillas (Howe, 1986; Snow & Snow, 1986; Snow & Snow, 1988), por lo que su impacto en *B. linanoe* requiere ser evaluado de forma más detallada.

Por otra parte, el periodo de fructificación, incide en la selección de frutos por parte de aves, ya que modifican directamente la ganancia neta de energía obtenida, debido a que no todas las especies de plantas con alta calidad nutricional se encuentran disponibles simultáneamente (Blendinger, 2016). La maduración de frutos de *B. linanoe* se da de forma asincrónica dentro de la planta, de la misma manera como ocurre en *B. simaruba* (Foster, 2007) y *B. morelensis* (Ramos-Ordoñez, 2009) lo que permite que las aves se alimenten de este recurso por un periodo de dos meses aproximadamente. Los frutos de *Bursera*, son considerados como un recurso energético importante para aves migratorias e invernales durante la estación seca, o durante un periodo crítico debido a que el suministro de insectos no es suficiente (Scott & Martin, 1984; Bates, 1992). En ese sentido, se ha reportado a especies de aves del género *Vireo* y *Myiarchus* consumiendo frutos de *B. simaruba* (Bates, 1992; Greenberg *et al.*, 1993, 1995) y *B. morelensis* (Ramos-Ordoñez, 2009), dado que el pseudoarilo que recubre la semilla contiene una gran cantidad de lípidos (Ramos-Ordoñez, 2009; Ramos-Ordoñez *et al.*, 2013), proteínas y carbohidratos (Ramos-Ordoñez, 2009); por lo que infiero que los frutos de *B. linanoe* son un recurso

importante tanto para aves migratorias como *M. cinerascens*, *T. vociferans*, *E. minimus*, *I. cucullatus*, *Spizella pallida* e *I. galbula* (Ramírez-Albores y Ramírez-Cedillo, 2002; Ramos-Ordoñez, 2009; Nova-Muñoz *et al.*, 2011; Vázquez-Reyes *et al.*, 2018; Lavariega *et al.*, 2020), migratorias de verano como *M. luteiventris* (Ramírez-Albores y Ramírez-Cedillo, 2002; Nova-Muñoz *et al.*, 2011) y aves residentes como posibles dispersoras de semillas como *M. chrysogenys*, *M. hypopolius*, *I. pustulatus*, aves residentes tragadoras como *Piaya cayana*, *Trogon elegans*, *Trogon mexicanus*, *Pitangus sulphuratus*, *Tyrannus crassirostris* y aves residentes como posibles depredadoras a *Z. asiatica*, *Peucaea ruficauda*, *P. humeralis*, *Passerina leclancherii*, *Haemorhous mexicanus* y *Volatinia jacarina* (Nova-Muñoz *et al.*, 2011; Vázquez-Reyes *et al.*, 2018; Lavariega *et al.*, 2020).

Frecuencia de visitas y remoción de frutos

La frecuencia de visitas de aves a los árboles está asociada a su índice de abundancia de frutos, una posible explicación es que la cantidad de frutos representa una señal visible que anuncia la cantidad de recompensa, debido al color rojo-anaranjado característico del pseudoarilo; por lo que el color de los frutos funciona como atractivo para las aves (Ramos-Ordoñez & Arizmendi, 2011). En *B. linanoe*, registré la actividad de aves en 29 árboles (41.42 % del total de árboles seleccionados), esto puede deberse al efecto de la temporada de fructificación simultánea de otras plantas (Blendinger, 2016), ya que observé a *M. hypopolius*, *M. chrysogenys* y *Z. asiatica* consumiendo frutos de *Amphipterygium adstringens* (cuachalalate) y *Stenocereus stellatus*. Ramos-Ordoñez (2009) sugirió lo mismo al observar a *M. hypopolius* y *M. scalaris* concentrando sus actividades de visitas en el cactus columnar *Pachycereus weberi*, y siendo menos común en *B. morelensis*. Así mismo, la variación estacional es otro factor que influye en la composición y abundancia de aves en el bosque tropical caducifolio de Guerrero (Almazán-Núñez *et al.*, 2018; Alvarez-Alvarez *et al.*, 2018). En este contexto, el muestreo lo realicé en Septiembre, uno de los meses más lluviosos; en esta estación, las aves tienen una dieta

variada entre insectos y frutos, a diferencia de la estación seca, donde su principal fuente de alimentación son una variedad de frutos (Almazán-Núñez *et al.*, 2015, 2016). Otra explicación sería la producción diferencial de frutos en individuos de *B. linanoe*; los árboles hembra producen en promedio 59 248 frutos aproximadamente mientras que los árboles monoicos producen 3 456 frutos (Gutiérrez-Santiago *et al.*, 2016). Además, la frecuencia de aves que registré en los árboles de *B. linanoe* estuvo influenciada por *Sciurus aureogaster* (ardilla vientre rojo), debido a que ahuyenta a las aves (observación personal) al estar consumiendo frutos inmaduros; este mamífero actúa como un depredador de semillas (Figura 18). Hernández-Gómez (2018) reportó que esta especie de ardilla depreda semillas de *B. cuneata* al romper el endocarpo (estructura de protección) y extraer la semilla para después consumirla, así mismo, Trainer & Will (1984) observaron a *Sciurus variegatoides* consumir frutos de *B. simaruba*. Por lo cual será importante profundizar sobre la importancia del consumo de esta especie, además de determinar el efecto de su interferencia en la remoción de frutos por aves con capacidad dispersora.

Por el contrario, encontré que la frecuencia de visitas de aves en árboles focales disminuye conforme aumenta la cobertura de los árboles vecinos, esto ocurre porque las aves consumen frutos de cualquiera de ellos, reduciendo así la frecuencia de visitas (observación personal), sin embargo, se sigue promoviendo la remoción de frutos de *B. linanoe* porque el 52.85% de árboles focales (37) están rodeados por otros individuos de *B. linanoe*. Estos hallazgos difieren de lo encontrado por Cano (2017), quien reporta una mayor cantidad de visitas y especies de aves en árboles de *B. simaruba* que se encontraban en cerco vivo que en árboles aislados. También, Delgado (2012) observó tendencias similares en *B. simaruba*, árboles presentes en bosque continuo reciben una mayor frecuencia de visitas en comparación con árboles aislados.

Por otro lado, la frecuencia de aves fue mayor en las primeras horas del amanecer, hasta las 10:00, sin embargo, obtuve un nuevo pico de actividad a las 12:00 horas. Este hallazgo es similar a los datos

publicados por Peña *et al.*, (2011), registrando un mayor número de visitas entre la 13:00 y 14:00 horas, y muy pocos registros en la mañana, al momento de remover frutos de *Miconia* sp (Melastomataceae). Se sabe que la actividad de las aves está determinada por sus vocalizaciones que realizan en las primeras horas del amanecer y gradualmente va disminuyendo después del mediodía, y nuevamente sus cantos incrementan en el atardecer (Wunderle, 1994). Cabe resaltar, que la actividad de las aves para este estudio está enfocada en la remoción de frutos y no por sus vocalizaciones, además el haber realizado observaciones en un horario corrido (7:00-13:30 horas) permite detectar otros picos de actividad en el consumo de frutos, debido que las observaciones en estudios de remoción de frutos en especies de *Bursera*, es realizada principalmente en las mañanas (7:00-11:00 horas) y otros en las mañanas y en las tardes (16:00–19:00 horas), (Ortiz- Pulido *et al.*, 2000; Stevenson *et al.*, 2005; Almazán-Núñez, 2015, 2016; Cano, 2017, Morales, 2017).

Con respecto a la composición de especies, cada horario presenta diferencia al compararlos; los horarios de 9:00 y 10:00 horas son muy similares, debido a que comparten el 70% de especies, por el contrario, los horarios de 8:00 y 11:00 a.m. son diferentes al compartir solo el 42 % de especies. La composición de especies cambia a lo largo del muestreo, y esto puede deberse a la abundancia de individuos y la actividad que tiene cada especie, por ejemplo: *Trogon elegans*, *Piaya cayana*, *Spizella pallida*, *Pitangus sulphuratus* son especies raras debido a los pocos registros.

Además, la temperatura y humedad no influyen en la frecuencia de visitas de aves, y esto puede ser explicado por las fluctuaciones que tiene la temperatura (22-34 °C) y la humedad a lo largo del muestreo. Almazán-Núñez (2018) encontró que la abundancia de algunas especies de aves como *M. chrysogenys* e *I. pustulatus* responden a la estructura del hábitat y no a las condiciones ambientales, debido a que se encuentran en diferentes tipos de hábitat. Incluso estas y otras especies de aves se encuentran en bosques secos, selvas bajas caducifolias, matorrales xerófilos y paisajes fragmentados.

Por otro lado, el índice de abundancia de frutos no se relacionó con la altura o cobertura de la copa, como ocurre en *B. inversa* (Stevenson *et al.*, 2005), esto puede deberse a que los individuos dioicos de *B. linanoe* son de menores dimensiones y producen una mayor cantidad de frutos que árboles monoicos (Gutiérrez-Santiago *et al.*, 2016). Por lo que posiblemente la proporción de individuos dioicos y monoicos influya sobre la frecuencia de visitas, sobre todo si la proporción de árboles productores de frutos es menos abundante o se encuentra espacialmente muy disperso. En el caso de *B. linanoe*, encontré una relación positiva entre la remoción de frutos y su índice de abundancia, como ocurre en *B. simaruba* (Cano, 2017). Por lo que la producción de frutos y por tanto de semillas, repercute en su consumo por aves, plantas con más frutos se consumen en mayor cantidad (Ordano *et al.*, 2017). Estos hallazgos coinciden con los datos reportados en otras especies de *Bursera*, por ejemplo, Ortiz-Pulido & Rico-Gray (2000) encontraron que el número de frutos disponibles está asociado tanto al número de visitas de las aves como a la proporción de frutos retirados de cada planta individual de *B. fagaroides*. Además, observaron que la variación espacio-temporal tuvo un efecto en la abundancia de frutos. Así mismo, Stevenson *et al.*, (2005) reportaron que los árboles más productivos, atraen más especies de frugívoros en *B. inversa*.

Por otra parte, no encontré una relación entre el tiempo de visitas y el índice de abundancia de frutos, ni entre el número de frutos removidos y el tiempo de visitas; estos datos son similares a los reportados por Delgado (2012), al no encontrar diferencias en el tiempo que emplean las aves para consumir los frutos de *B. simaruba*. Por el contrario, Palacio *et al.*, (2017) reportaron un efecto positivo entre el tiempo de residencia (tiempo de visita) y la producción de frutos de *Vassobia breviflora* (Solanaceae). Esto puede ser explicado, ya que la mayoría de las aves que se encargan de remover frutos de *B. linanoe* son aves tragadoras (95.65%) e invierten menos tiempo para manipularlos (Levey, 1987).

Por otro lado, la tasa de remoción depende de la especie de ave, siendo *Myiarchus cinerascens* la especie que remueve más frutos en poco tiempo, seguido de *Icterus cucullatus* y *Cassiculus*

melanicterus, esto es sumamente relevante, dado que *M. cinerascens* es considerado un dispersor legítimo de *B. morelensis* (Ramos-Ordoñez, 2009), y probablemente un potencial dispersor de semillas de *B. linanoe*. Además *I. cucullatus* y *C. melanicterus* son especies tragadoras y posiblemente tengan un efecto mayor en la remoción. Sin embargo, la tasa de remoción de frutos de cada árbol focal no depende de la cobertura de los árboles vecinos, pero sí sería relevante evaluar la producción de frutos de los árboles de *B. linanoe* vecinos, quienes posiblemente atraerían mayormente a las aves frugívoras.

Colecta de semillas en suelo

Las semillas de los frutos de *B. linanoe* que caen debajo de la planta madre al ser manipulados por las aves o de forma natural que caen una vez que han madurado al no ser consumidos, pueden tener una segunda oportunidad de ser removidas a otros sitios, y germinar, o existe el riesgo de que sean depredadas. Al revisar las muestras de mantillo, encontré un mayor número de semillas enteras y depredadas bajo la copa de los árboles de *B. linanoe* en comparación con árboles de otras especies. Estos resultados apoyan la hipótesis de escape planteada por Janzen-Connell (Janzen, 1970; Connell, 1971) según la cual la probabilidad de depredación y; los ataques de patógenos son más altos cuando existe una mayor concentración de semillas bajo la planta madre, y va disminuyendo al aumentar la distancia. Sin embargo, esto no siempre se cumple, Stevenson *et al.*, (2005) evaluaron la depredación de semillas de *B. inversa* y determinaron que las tasas de eliminación de semillas por parte de los depredadores tendieron a ser más altas a distancias más largas de los árboles parentales, explicando que se debe por los efectos de saciedad de los roedores depredadores cerca de las plantas parentales. Así mismo, las semillas enteras encontradas en el mantillo de otra especie de árbol, probablemente están siendo dispersadas por aves mediante su traslado a otros sitios, ya sea defecándolas o regurgitándolas durante el vuelo o la pecha en otros árboles, permitiendo así el ingreso de semillas al suelo, y de esta manera enriquecer el banco de semillas, este proceso ecológico sirve para el

restablecimiento de la vegetación (Bedoya-Patiño *et al.*, 2010). Se necesita evaluar la etapa de germinación y el papel que juega el banco de semillas de *B. linanoe* para su recuperación a largo plazo, ya que observé individuos en diferentes etapas de crecimiento ubicados en espacios abiertos, lo que podría indicar que hay dispersión y que se favorece la probabilidad del establecimiento de plántulas. Por otro lado, los frutos de *B. linanoe* que se encuentran debajo de la planta madre están siendo removidas por *P. leclancherii*, *Volatinia jacarina* (observación personal) y dos especies hormigas del género *Pheidole*, junto con *Solenopsis geminata*. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Hernández-Gómez (2018) quién observó que el pseudoarilo de *B. cuneata* es aprovechado por hormigas no identificadas. Así mismo, Stevenson *et al.*, (2005) reportaron la depredación de semillas de *B. inversa* por roedores. Por el contrario, *S. geminata* podría jugar un papel tanto de depredador como de dispersor (Carroll & Risch, 1984), debido a que algunas semillas podrían estar en senderos de forrajeo, sobrevivir y germinar, incluso en los basureros o sitios cercanos a la colonia. De igual forma, las semillas halladas en mantillos bajo la copa de otra especie de árbol, están siendo depredadas por algún organismo. Se requiere evaluar la dispersión o depredación post-dispersión, a través de exclusiones diurnas y nocturnas, para determinar el papel que juega las especies de hormigas o roedores.

Redes de interacción

La red de interacción intrapoblacional es anidada (14.72). *P. leclancherii* actúa como especie que visita a la mayoría de los árboles, durante todo el período de muestreo y en todos los horarios, debido posiblemente a que se distribuye en toda la zona de estudio, en grupos (observación personal), por el contrario, *Piaya cayana* es una especie rara, registrada en un solo árbol ubicado en “La Barranca Honda”, dentro de la UMA (observación personal), posiblemente por su comportamiento solitario (Arango, 2015). Así mismo, la red también es modular (0.63), mostrando que subconjuntos de árboles

de *B. linanoe* con diferentes rasgos atraen diferentes subconjuntos de especies de aves. Por ejemplo, *C. melanicterus* se alimenta exclusivamente de aquellos árboles ubicados cerca del río en un paraje conocido como “La Barranca Honda” dentro de la UMA (observación personal), debido a que esta especie tiene el hábito de desplazarse a lo largo de bosques de galería (Portillo, 2009; Sánchez & Gómez, 2011), además los individuos son agresivos con otras aves y se agrupan en parvadas grandes (observación personal).

Conclusión

Como conclusión, encontré que la remoción de frutos es realizada principalmente por aves tragadoras, como sucede con otras especies de *Bursera*. *Cassiculus melanicterus* y *Passerina leclancherii* son las principales consumidoras de frutos de *B. linanoe*, seguidas de *Icterus pustulatus*, *Icterus cucullatus* y *Melanerpes hypopolius*. De acuerdo a la importancia ecológica de las aves respecto a su carácter de dispersor o depredador de semillas; consideré como posibles dispersoras a *Myiarchus cinerascens*, *Tyrannus vociferans*, *Melanerpes chrysogenys*, *M. hypopolius* e *Icterus pustulatus*. Y como posibles depredadoras a *H. mexicanus*, *P. leclancherii*, *Z. asiatica*, *Peucaea humeralis* y *P. ruficauda*. Además, se adicionan ocho nuevos registros en la remoción de frutos para el género *Bursera*: *Peucaea humeralis*, *P. ruficauda*, *Spizella pallida*, *Trogon elegans*, *T. mexicanus*, *Volatinia jacarina*, *Piaya cayana* y *Vireo huttoni*.

Por último, la frecuencia de visitas por aves en los árboles y la remoción de frutos de *B. linanoe* es directamente proporcional al índice de abundancia de frutos y en aquellos árboles que están aislados de sus congéneres.

Referencias bibliográficas

- Almazán-Núñez, R., Alvarez-Alvarez, E., Pineda-López, R., & Corcuera, P. 2018. Seasonal variation in bird assemblage composition in a dry forest of Southwestern Mexico. *Ornitología Neotropical*, 29, 215-224.
- Almazán-Núñez, R., del Coro Arizmendi, M., Eguiarte, L., & Corcuera, P. 2015. Distribution of the community of frugivorous birds along a successional gradient in a tropical dry forest in south-western Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 31(1), 57-68.
- Almazán-Núñez, R., Eguiarte, L., del Coro Arizmendi, M., & Corcuera, P. 2016. *Myiarchus* flycatchers are the primary seed dispersers of *Bursera longipes* in a Mexican dry forest. *PeerJ*, 4, e2126.
- Almeida-Neto, M., Guimarães, P., Guimarães, P., Loyola, R., & Ulrich, W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, 117(8): 1227-1239.
- Alvarez-Alvarez, E., Corcuera, P., & Almazán-Núñez, R. 2018. Spatiotemporal variation in the structure and diet types of bird assemblages in tropical dry forest in southwestern Mexico. *The Wilson Journal of Ornithology*, 130(2), 457-469.
- Arango, C. 2015. Cuco Ardilla (*Piaya cayana*) Wiki Aves Colombia. (C. Arango, Editor) Universidad ICESI. Cali. Colombia. http://www.icesi.edu.co/wiki_aves_colombia/tiki-index.php?page_ref_id=1677
- Arellano-Ostoa, G., González-Bernal, S., y Arellano-Hernández, G. 2014. EL LINALOE (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina), Especie Maderable Amenazada: una estrategia para su conservación. *AGROProductividad*, 7(3).

- Bates, J. 1992. Frugivory on *Bursera microphylla* (Burseraceae) by wintering Gray Vireos (*Vireo vicinior*, Vireonidae) in the coastal deserts of Sonora, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 252-258.
- Bedoya-Patiño, J., Estévez-Varón, J., & Castaño-Villa, G. 2010. Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 77-91.
- Blendinger, P., Martín, E., Osinaga, O., Ruggera, R., & Aráoz, E. 2016. Fruit selection by Andean forest birds: influence of fruit functional traits and their temporal variation. *Biotropica*, 48(5), 677-686.
- Cano, V. 2017. Efecto del aislamiento de árboles de *Bursera simaruba* en la estructura de su red mutualista. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana, Tuxpan, México.
- Carroll, C., & Risch, S. 1984. The dynamics of seed harvesting in early successional communities by a tropical ant, *Solenopsis geminata*. *Oecologia*, 61(3), 388-392.
- CONABIO. 2018. Registros de presencia usados para elaborar el mapa de distribución potencial. <http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/blo002rpgw>.
- CONAFOR. 2013. Inventario estatal forestal y de suelos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Connell, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. *Dynamics of populations*, 298, 312.
- Dáttilo, W., Aguirre, A., Quesada, M., & Dirzo, R. 2015. Tropical forest fragmentation affects floral visitors but not the structure of individual-based palm-pollinator networks. *PloS one*, 10(3), e0121275.

- Dáttilo, W., Fagundes, R., Gurka, C., Silva, M., Vieira, M., Izzo, T., Díaz-Castelazo, C., Del-Claro, K & Rico-Gray, V. 2014a. Individual-based ant-plant networks: diurnal-nocturnal structure and species-area relationship. *PLoS One*, 9(6), e99838.
- Dáttilo, W., Serio-Silva, J., Chapman, C. & Rico-Gray, V. 2014b. Highly nested diets in intrapopulation monkey–resource food webs. *American journal of primatology*, 76(7), 670-678.
- Delgado, O. 2012. Uso de recursos alimenticios por parte de aves en tres especies de árboles (*Astronium graveolens*, *Spondias purpurea* y *Bursera simaruba*) en Bosques tropicales secos fragmentados y no fragmentados de la costa Michoacán. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Dormann, C., Gruber, B., & Fruend, J., 2008. Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. *R. News* 8/2, 8–11 ISSN 1609–3631.
- Espinosa-Organista, D. 2006. Taxonomía y prospección del hábitat de las poblaciones de *Bursera* sect. *Bullockia* con especial énfasis en las especies afines al 'linaloe', *B. aloexylon* (Schiede ex Schlecht.) Engl. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. BS001. México D. F.
- Foster, M. 1987. Feeding methods and efficiencies of selected frugivorous birds. *Condor* 89: 566-580.
- Foster, M. 2007. The potential of fruit trees to enhance converted habitats for migrating birds in southern Mexico. *Bird Conservation International*, 17(1), 45-61.
- French, A., & Smith, T. 2005. Importance of body size in determining dominance hierarchies among diverse tropical frugivores. *Biotropica: The Journal of Biology and Conservation*, 37(1), 96-101.
- Fuentes, A., Samain, M., & Martínez, E. 2019. *Bursera linanoe*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T137373440A137376654.

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T137373440A137376654.en>. Downloaded on 19 February 2021.

- Gómez-Cárdenas, M., Cruz-Cruz, E., Mariles-Flores, V., Solares-Arenas, F., Serrano-Altamirano, V., Ayerde-Lozada, D., Fuentes-López, E., Castellanos-Bolaños, F., Orozco-Cirilo, S., Vargas-Álvarez, D., y Borja de la Rosa, A. 2009. Observaciones preliminares de la floración, fructificación y dispersión de la semilla de Linaloe. In, C., Bullock, S. H., Mooney, H. A., & Medina, E. Kiviste A., Álvarez GJG., Rojo AA y Ruiz GAD 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Ministerio de. *The Southwestern Naturalist*, 51, 11-21.
http://obum.zmcuernavaca.morelos.gob.mx/metadata/forestal/Proyectos_de_investigacion_Foro_Morelos/Proy_invest_Morelos/Proyecto%20clave-71436%20Informaci%C3%B3n%20sobre%20conservaci%C3%B3n/Libro%20t%C3%A9cnico%20No.%2014/Fundamentos%20t%C3%A9cnicos1.2.pdf
- González, L. 2009. Linaloe: recurso biológico utilizado para la producción de cajas de Olinalá. *En Artesanías y medio ambiente*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Greenberg, R., Foster, M. S., & Marquez-Valdelamar, L. 1995. The role of the white-eyed vireo in the dispersal of *Bursera* fruit on the Yucatan Peninsula. *Journal of Tropical Ecology*, 11(4), 619-639.
- Greenberg, R., Niven, D., Hopp, S., & Boone, C. 1993. Frugivory and coexistence in a resident and a migratory vireo on the Yucatan Peninsula. *The Condor*, 95(4), 990-999.
- Grolemond, G & Hadley Wickham, H. 2011. Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1-25. URL <https://www.jstatsoft.org/v40/i03/>.
- Gutiérrez-Santiago, J., Jasso-Mata, J., Queenborough, S., Soto-Hernández, M., Rzedowski, J., Jiménez-Casas, M., y Castillo-Martínez, C. 2016. Clasificación Sexual de Linaloe (*Bursera*

linanoe, Burseraceae) E Implicaciones Productivas de Aceite Esencial en Tres Poblaciones Naturales de Guerrero, México. *AGROProductividad*, 9(3).

- Hammond, D. 1995. Post-dispersal seed and seedling mortality of tropical dry forest trees after shifting agriculture, Chiapas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 11(2), 295-313.
- Hernández-Gómez, A. 2018. Destino de las semillas de *Bursera cuneata* en la REPSA, Ciudad de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México. Los Reyes Iztacala, Estado de México, México.
- Hersch-Martínez, P., & Sierra-Huelsz, J. 2008. Más allá del aroma: Breve historia del linaloe. En Purata, S. E. (Ed). *Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites*. México: CONABIO/RAISES. 60 Pp.
- Howe, H. 1986. Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals. In Murray D.R. (Eds) *Seed dispersal* (pp 185-210). New South Wales, Australia. Academic Press.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tulcingo, Puebla.
- IUCN. 2021. *Bursera linanoe*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Janzen, D. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist*, 104(940), 501-528.
- Jordano, P., & Schupp, E. 2000. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological monographs*, 70(4), 591-61.
- Kindt, R., & Kindt, M. 2019. Package ‘BiodiversityR’. Package for community ecology and suitability analysis, 2, 11-12.
- Lavariega, M., Briones-Salas, M., Gabriela Monroy-Gamboa, A., Herrera-Arenas, O., & Rubio-Espinoza, M. 2020. Riqueza y conservación de las aves del suroeste de Oaxaca. *HUITZIL: Journal of Mexican Ornithology*, 21(2).

- Levey, D. 1987. Seed size and fruit-handling techniques of avian frugivores. *The American Naturalist*, 129 (4), 471-485.
- McKey, D. 1975. The ecology of coevolved seed dispersal systems. In: Gilbert, L. E. & Raven, P. H. (eds.), *Coevolution of animals and plants*, pp. 159-191. University of Texas Press, Austin.
- Medina-Lemos, R. 2008. Fascículo 66. Burseraceae. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán.
- Moermond, T., & Denslow, J. 1985. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. In: Buckley, P. A., Foster, M. S., Morton, E. S., Ridgley, R. S. & Buckley, F.G. (eds.), *Ornithological Monographs*. No. 36, pp. 865-897. *American Ornithological Society*.
- Montaña-Arias, G. 2012. *Diversidad, distribución y Exploración de mecanismos de especiación de Bursera afines al "linaloe", Bursera linanoe (Llave) Rzed., Calderón y Medina (Burseraceae), en México*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Distrito Federal, México.
- Morales, A. 2017. Remoción de frutos por aves y sus implicaciones en la dinámica poblacional de *Bursera*, en una selva baja de Morelos, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de México. Los Reyes Iztacala, Estado de México, México.
- Nova-Muñoz, O., Almazán-Núñez, R., Bahena-Toribio, R., Cruz-Palacios, M., & Puebla-Olivares, F. 2011. Riqueza y abundancia de aves de la subcuenca de Tuxpan, Guerrero, México. *Universidad y Ciencia*, 27(3), 299-313.
- Oksanen, J., Blanchet, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P., O'Hara, R., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., & Wagner, H. 2019. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

- Ordano, M., Blendinger, P., Lomáscolo, S., Chacoff, N., Sánchez, M. S., Núñez, M., Jiménez, J., Ruggera, R., & Valoy, M. 2017. The role of trait combination in the conspicuousness of fruit display among bird-dispersed plants. *Functional Ecology*, 31(9), 1718-1727.
- Ortiz-Pulido, R., & Rico-Gray, V. 2006. Seed dispersal of *Bursera fagaroides* (Burseraceae): the effect of linking environmental factors. *The Southwestern Naturalist*, 51(1), 11-21.
- Ortiz-Pulido, R., & Rico-Gray, V. 2000. The effect of spatio-temporal variation in understanding the fruit crop size hypothesis. *Oikos*, 91(3), 523-527.
- Ortiz-Pulido, R., Laborde, J y Guevara, S. 2000. Frugivoría por Aves en un Paisaje Fragmentado: Consecuencias en la Dispersión de Semillas. *Biotropica*, 32(3), 473-488.
- Palacio, F., Valoy, M., Bernacki, F., Sanchez, M., Núñez-Montellano, M., Varela, O., Ordano, M. 2017. Bird fruit consumption results from the interaction between fruit-handling behaviour and fruit crop size. *Ethology Ecology & Evolution*, 29(1), 24-37.
- Peña, E., Rojas, A., Triana, E., Daza, L. 2011. Registro de actividad frugívora de aves en *Miconia* sp.(Melastomataceae) en el borde de bosque secundario en el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes (Santander-Colombia). *Revista Habitus Semilleros de Investigación*, (3), 49-58.
- Peterson, R y Chalif, E. 1994. Aves de México. Ed. Diana. México, D.F., México.
- Portillo, R. 2009. Registro de "cacique mexicano" (*Cacicus melanicterus*) en El Salvador. *Zeledonia*, 13(1), 6-15.
- Quesada-Acuña, S., Porras, C., Ramírez A., y Gastezzi-Arias, P. 2018. Dispersión de semillas por aves residentes en bosque ribereño urbano del río Torres, San José, Costa Rica. *UNED Research Journal*, Vol 10.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Ramírez-Albores, J y Ramírez-Cedillo, M. 2002. Avifauna de la región oriente de la sierra de Huautla, Morelos, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 73(1), 91-111.
- Ramos-Ordoñez, M. 2009. Dispersión biótica de semillas y caracterización de frutos de *Bursera morelensis* en el Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Distrito Federal, México.
- Ramos-Ordoñez, M., & Arizmendi, M. 2011. Parthenocarpy, attractiveness and seed predation by birds in *Bursera morelensis*. *Journal of Arid Environments*, 75(9), 757-762.
- Ramos-Ordoñez, M., del Coro Arizmendi, M., Martínez, M., & Márquez-Guzmán, J. 2013. The pseudaril of *Bursera* and *Commiphora*, a foretold homology? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2), 509-520.
- Ramos-Ordoñez, M., del Coro Arizmendi, M., & Márquez-Guzmán, J. 2012. The fruit of *Bursera*: structure, maturation and parthenocarpy. *AoB PLANTS*.
- Rzedowski, J., Medina-Lemos, R., y Calderón de Rzedowski, G. 2005. Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana* 70: 85-111.
- Rzedowski, J., Medina, R y Calderón de Rzedowski, G. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana*, (66), 23-151.
- Sánchez, S., & Gómez Martínez, U. 2011. Primer registro del cacique mexicano (*Cacicus melanicterus*) en el estado de Tabasco, México. *Huitzil*, 12(1), 19-21.
- Scott, P., & Martin, R. 1984. Avian consumers of *Bursera*, *Ficus*, and *Ehretia* fruit in Yucatan. *Biotropica*, 16(4), 319-323.
- Snow, B. & Snow, D. 1988. The Fruit-Eaters. In *Birds and berries. A study of an ecological interaction*. (pp 109-187). T & A. D. Poyser. London, England.

- Snow, D. 1971. Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. *Ibis* 113:194-202.
- Snow, D. W., & Snow, B. K. 1986. Some aspects of avian frugivory in a north temperate area relevant to tropical forest. In *Frugivores and seed dispersal* (pp. 159-164). Springer, Dordrecht.
- Spiegel, M. 1998. Manual de fórmulas y tablas matemáticas. McGraw-Hill Interamericana. México. 271Pp.
- Stevenson, P., Link, A., & Ramírez, B. 2005. Frugivory and Seed Fate in *Bursera inversa* (Burseraceae) at Tinigua Park, Colombia: Implications for Primate Conservation. *Biotropica: The Journal of Biology and Conservation*, 37(3), 431-438.
- Trainer, J., & Will, T. 1984. Avian methods of feeding on *Bursera simaruba* (Burseraceae) fruits in Panama. *The Auk*, 101(1), 193-195.
- Vázquez-Reyes, L., Jiménez-Arcos, V., SantaCruz-Padilla, S., García-Aguilera, R., Aguirre-Romero, A., Arizmendi, M., & Navarro-Sigüenza, A. 2018. Aves del Alto Balsas de Guerrero: diversidad e identidad ecológica de una región prioritaria para la conservación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), 873-897.
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., Takahashi, k., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K., & Yutani, H. 2019. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686, <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Wunderle, J. 1994. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana.

Cuadro 1. Aves frugívoras y el tipo de consumo que realizan en las diversas especies de *Bursera*.

Especie de <i>Bursera</i>	Especie de ave		Hábito de consumo	Autor
<i>B. bicolor</i>	<i>Contopus</i>	<i>sordidulus</i>	Tragadora	Morales, 2017
	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>verticalis</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>melancholicus</i>		
<i>B. copallifera</i>	<i>Empidonax</i>	<i>sp</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>nuttingi</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>sp</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>sp</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>verticalis</i>		
<i>B. cuneata</i>	<i>Empidonax</i>	<i>sp</i>		Hernández-Gómez, 2018
	<i>Mitrephanes</i>	<i>phaeocercus</i>		
	<i>Oreothlypis</i>	<i>celata</i>		
	<i>Oreothlypis</i>	<i>ruficapilla</i>		
	<i>Turdus</i>	<i>rufopalliatius</i>		
	<i>Turdus</i>	<i>migratorius</i>		
<i>B. fagaroides</i>	<i>Dumetella</i>	<i>carolinensis</i>	Ortiz-Pulido & Rico-Gray., 2006	
	<i>Myiarchus</i>	<i>sp</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>verticalis</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>vociferans</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>griseus</i>	Ortiz-Pulido & Rico-Gray., 2006	
	<i>Empidonax</i>	<i>minimus</i>	Trituradora	Ortiz-Pulido & Rico-Gray., 2006
	<i>Empidonax</i>	<i>trailli</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>forficatus</i>		
<i>B. glabrifolia</i>	<i>Myiarchus</i>	<i>nuttingi</i>	Tragadora	Morales, 2017
	<i>Oreothlypis</i>	<i>celata</i>		
<i>B. grandifolia</i>	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>	Tragadora	Morales, 2017
	<i>Myiarchus</i>	<i>sp</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>cinerascens</i>		
<i>B. hindsiana</i>	<i>Campylorhynchus</i>	<i>brunneicapillus</i>	Tragadora	Bates, 1992
	<i>Colaptes</i>	<i>auratus</i>		
	<i>Melanerpes</i>	<i>uropygialis</i>		
	<i>Mimus</i>	<i>polyglottos</i>		
	<i>Toxostoma</i>	<i>curvirostre</i>		
	<i>Auriparus</i>	<i>flaviceps</i>		Trituradora
<i>B. inversa</i>	<i>Baryphthengus</i>	<i>ruficapillus</i>	Tragadora	Stevenson <i>et al.</i> , 2005

	<i>Capito</i>	<i>niger</i>				
	<i>Gymnoderus</i>	<i>foetidus</i>				
	<i>Momotus</i>	<i>momota</i>				
	<i>Ortalis</i>	<i>motmot</i>				
	<i>Penelope</i>	<i>jacquacu</i>				
	<i>Pipile</i>	<i>pipile</i>				
	<i>Psophia</i>	<i>crepitans</i>				
	<i>Pteroglossus</i>	<i>flavirostris</i>				
	<i>Pteroglossus</i>	<i>inscriptus</i>				
	<i>Pteroglossus</i>	<i>pluricinctus</i>				
	<i>Querula</i>	<i>purpurata</i>				
	<i>Ramphastos</i>	<i>culminatus</i>				
	<i>Ramphastos</i>	<i>tucanus</i>				
	<i>Selenidera</i>	<i>reinwardtii</i>				
	<i>Tangara</i>	<i>sp</i>				
	<i>Trogon</i>	<i>curucui</i>				
	<i>Trogon</i>	<i>violaceus</i>				
	<i>Trogon</i>	<i>viridis</i>				
	<i>Turdus</i>	<i>ignobilis</i>				
	<i>Amazona</i>	<i>farinosa</i>	Trituradora	Stevenson <i>et al.</i> , 2005		
	<i>Ara</i>	<i>severa</i>				
	<i>Cacicus</i>	<i>cela</i>				
	<i>Cacicus</i>	<i>solitarius</i>				
	<i>Cephalopterus</i>	<i>ornatus</i>				
	<i>Cotinga</i>	<i>maynana</i>				
	<i>Cyanocorax</i>	<i>violaceous</i>				
	<i>Empidonomus</i>	<i>varius</i>				
	<i>Icterus</i>	<i>chrysater</i>				
	<i>Myiodynastes</i>	<i>maculatus</i>				
	<i>Myiozetetes</i>	<i>sp</i>				
	<i>Pionites</i>	<i>melanocephala</i>				
	<i>Pitangus</i>	<i>sulphuratus</i>				
	<i>Psarocolius</i>	<i>angustifrons</i>				
	<i>Psarocolius</i>	<i>decumanus</i>				
	<i>Rhytipterna</i>	<i>sp</i>				
	<i>Tityra</i>	<i>cayana</i>				
	<i>Tityra</i>	<i>inquisitor</i>				
	<i>Tyrannus</i>	<i>melancholicus</i>				
	<i>Tyrannus</i>	<i>tyrannus</i>				
B. longipes	<i>Calocitta</i>	<i>formosa</i>				Almazán-Nuñez <i>et al.</i> , 2016

	<i>Haemorhous</i>	<i>mexicanus</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>wagleri</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>		
	<i>Melanerpes</i>	<i>chrysogenys</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>cinerascens</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>tuberculifer</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>tyrannulus</i>		
	<i>Myiodynastes</i>	<i>luteiventris</i>		
	<i>Passerina</i>	<i>caerulea</i>		
	<i>Passerina</i>	<i>versicolor</i>		
	<i>Passerina</i>	<i>leclancherii</i>		
	<i>Pheucticus</i>	<i>melanocephalus</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>melancholicus</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>vociferans</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>verticalis</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>gilvus</i>		
	<i>Eupsittula</i>	<i>canicularis</i>	Trituradora	Almazán-Nuñez <i>et al.</i> , 2016
	<i>Spinus</i>	<i>psaltria</i>		
<i>B. microphylla</i>	<i>Amphispiza</i>	<i>bilineata</i>	Tragadora	Bates, 1992
	<i>Myiarchus</i>	<i>cinerascens</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>vicinior</i>		
	<i>Haemorhous</i>	<i>mexicanus</i>	Trituradora	Bates, 1992
<i>B. morelensis</i>	<i>Columbina</i>	<i>passerina</i>	Tragadora	Ramos-Ordoñez 2009
	<i>Dryobates</i>	<i>scalaris</i>		
	<i>Haemorhous</i>	<i>mexicanus</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>		
	<i>Melanerpes</i>	<i>hypopolius</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>nuttingi</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>tuberculifer</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>tyrannulus</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>cinerascens</i>		
	<i>Passerina</i>	<i>versicolor</i>		
	<i>Peucaea</i>	<i>mystacalis</i>		
	<i>Pheucticus</i>	<i>chrysopeplus</i>		
	<i>Zenaida</i>	<i>asiatica</i>		
<i>B. simaruba</i>	<i>Cassiculus</i>	<i>melanicterus</i>	Mordedora	Delgado, 2012
	<i>Icterus</i>	<i>cucullatus</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>		
	<i>Protonotaria</i>	<i>citrea</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Setophaga</i>	<i>magnolia</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995

	<i>Setophaga</i>	<i>americana</i>		
	<i>Setophaga</i>	<i>virens</i>		
	<i>Setophaga</i>	<i>castanea</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Tangara</i>	<i>inornata</i>		
	<i>Amazona</i>	<i>oratrix</i>	Tragadora	Delgado, 2012
	<i>Aratinga</i>	<i>canicularis</i>		
	<i>Arremonops</i>	<i>rufivirgatus</i>		
	<i>Cacicus</i>	<i>cela</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Calocitta</i>	<i>formosa</i>		Hammond, 1995
	<i>Chiroxiphia</i>	<i>lanceolata</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Crotophaga</i>	<i>ani</i>		
	<i>Cyanerpes</i>	<i>cyaneus</i>		
	<i>Cyanocompsa</i>	<i>parellina</i>		Delgado, 2012
	<i>Dacnis</i>	<i>cayana</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Empidonax</i>	<i>sp</i>		Delgado, 2012
	<i>Eupsittula</i>	<i>nana</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Icteria</i>	<i>virens</i>		Delgado, 2012
	<i>Icterus</i>	<i>gularis</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Icterus</i>	<i>galbula</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>cucullatus</i>		
	<i>Megarynchus</i>	<i>pitangua</i>		
	<i>Megarynchus</i>	<i>pitangua</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Melanerpes</i>	<i>aurifrons</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Melanerpes</i>	<i>rubricapillus</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Myiarchus</i>	<i>sp</i>		Delgado, 2012
	<i>Myiarchus</i>	<i>tyrannulus</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Myiarchus</i>	<i>tuberculifer</i>		
	<i>Myiarchus</i>	<i>panamensis</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Myiodinastes</i>	<i>luteiventris</i>		Delgado, 2012
	<i>Myiodynastes</i>	<i>maculatus</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Myiozetetes</i>	<i>similis</i>		Delgado, 2012
	<i>Myiozetetes</i>	<i>similis</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Myiozetetes</i>	<i>similis</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Myiozetetes</i>	<i>similis</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Oreothlypis</i>	<i>peregrina</i>		
	<i>Pachyramphus</i>	<i>aglaiae</i>		Delgado, 2012
	<i>Pachyramphus</i>	<i>aglaiae</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Pheucticus</i>	<i>ludovicianus</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Piranga</i>	<i>roseogularis</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Piranga</i>	<i>olivacea</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000

	<i>Piranga</i>	<i>rubra</i>		
	<i>Piranga</i>	<i>ludoviciana</i>		
	<i>Pitangus</i>	<i>sulphuratus</i>		
	<i>Psarocolius</i>	<i>montezuma</i>		
	<i>Psarocolius</i>	<i>wagleri</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Psilorhinus</i>	<i>morio</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Pteroglossus</i>	<i>torquatus</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Setophaga</i>	<i>petechia</i>		Delgado, 2012
	<i>Thraupis</i>	<i>episcopus</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Tityra</i>	<i>semifasciata</i>		Delgado, 2012
	<i>Tityra</i>	<i>semifasciata</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Tityra</i>	<i>semifasciata</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Tityra</i>	<i>semifasciata</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Trogon</i>	<i>melanocephalus</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Turdus</i>	<i>grayi</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Tyrannus</i>	<i>melancholicus</i>		Delgado, 2012
	<i>Tyrannus</i>	<i>crassirostris</i>		Delgado, 2012
	<i>Tyrannus</i>	<i>couchii</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Tyrannus</i>	<i>forficatus</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Tyrannus</i>	<i>couchii</i>		
	<i>Tyrannus</i>	<i>melancholicus</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Vireo</i>	<i>plumbeus</i>		Delgado, 2012
	<i>Vireo</i>	<i>hypochryseus</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>flavoviridis</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>griseus</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1993
	<i>Vireo</i>	<i>griseus</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Vireo</i>	<i>magister</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>flavifrons</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>griseus</i>		Ortiz-Pulido <i>et al.</i> , 2000
	<i>Vireo</i>	<i>solitarius</i>		
	<i>Vireo</i>	<i>flavifrons</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Vireo</i>	<i>olivaceus</i>		
	<i>Cyanocorax</i>	<i>yucatanicus</i>	Trituradora	Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Cyclarhis</i>	<i>gujanensis</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>sp</i>		
	<i>Icterus</i>	<i>chrysater</i>		Trainer & Will, 1984
	<i>Icterus</i>	<i>galbula</i>		
	<i>Melanerpes</i>	<i>sp</i>		Greenberg <i>et al.</i> , 1995
	<i>Molothrus</i>	<i>oryzivorus</i>		Trainer & Will, 1984
Bursera spp	<i>Aratinga</i>	<i>canicularis</i>	Tragadora	Almazán-Núñez <i>et al.</i> , 2015

<i>Calocitta</i>	<i>formosa</i>		
<i>Dryobates</i>	<i>scalaris</i>		
<i>Icterus</i>	<i>wagleri</i>		
<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>		
<i>Leptotila</i>	<i>verreauxi</i>		
<i>Melanerpes</i>	<i>chrysogenys</i>		
<i>Melanerpes</i>	<i>hypopolius</i>		
<i>Mimus</i>	<i>polyglottos</i>		
<i>Momotus</i>	<i>mexicanus</i>		
<i>Myiarchus</i>	<i>tuberculifer</i>		
<i>Myiarchus</i>	<i>cinerascens</i>		
<i>Myiarchus</i>	<i>nuttingi</i>		
<i>Myiarchus</i>	<i>tyrannulus</i>		
<i>Myiodinastes</i>	<i>luteiventris</i>		
<i>Ortalis</i>	<i>poliocephala</i>		
<i>Passerina</i>	<i>caerulea</i>		
<i>Passerina</i>	<i>leclancherii</i>		
<i>Pheucticus</i>	<i>melanocephalus</i>		
<i>Piranga</i>	<i>ludoviciana</i>		
<i>Tyrannus</i>	<i>melancholicus</i>		
<i>Tyrannus</i>	<i>vociferans</i>		
<i>Tyrannus</i>	<i>verticalis</i>		
<i>Tyrannus</i>	<i>forficatus</i>		
<i>Vireo</i>	<i>hypochryseus</i>		
<i>Vireo</i>	<i>gilvus</i>		
<i>Zenaida</i>	<i>asiatica</i>		
<i>Zenaida</i>	<i>macroura</i>		
<i>Haemorhous</i>	<i>mexicanus</i>	Trituradora	Almazán-Núñez <i>et al.</i> , 2015
<i>Passerina</i>	<i>versicolor</i>		
<i>Spinus</i>	<i>psaltria</i>		

Cuadro 2. Porcentajes de tipo de consumo de las especies de *Bursera*.

Especie	Tragadoras	Trituradoras	Mordedoras
<i>B. bicolor</i>	100	0	0
<i>B. copallifera</i>	100	0	0
<i>B. cuneata</i>	100	0	0
<i>B. fagaroides</i>	62.5	37.5	0
<i>B. glabrifolia</i>	100	0	0
<i>B. grandifolia</i>	100	0	0
<i>B. hindsiana</i>	83.33	16.67	0
<i>B. inversa</i>	50	50	0
<i>B. longipes</i>	89.47	10.53	0
<i>B. microphylla</i>	75	25	0
<i>B. morelensis</i>	100	0	0
<i>B. simaruba</i>	80.95	8.33	10.71
<i>Bursera spp</i>	90.32	9.68	0
Total	87.04	12.13	0.824

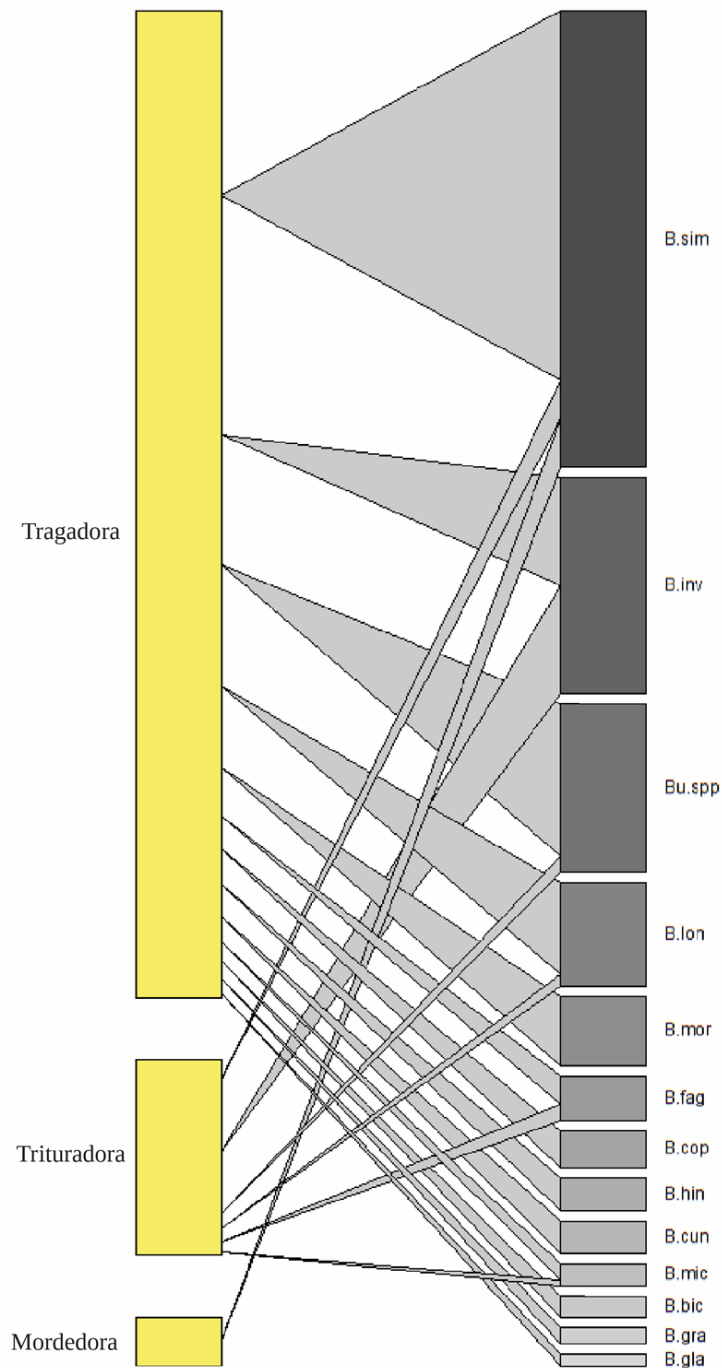


Figura 1. Red de interacciones bipartita de especies del género *Bursera* y el hábito de consumo de las aves al momento de remover sus frutos. El tamaño de las cajas y de las líneas representa la frecuencia de las especies de aves. Para la construcción de la red, generé una matriz con base en la información del cuadro 1, las filas representan el hábito de consumo, las columnas representan las especies de *Bursera* y las celdas indican la frecuencia de especies de aves.

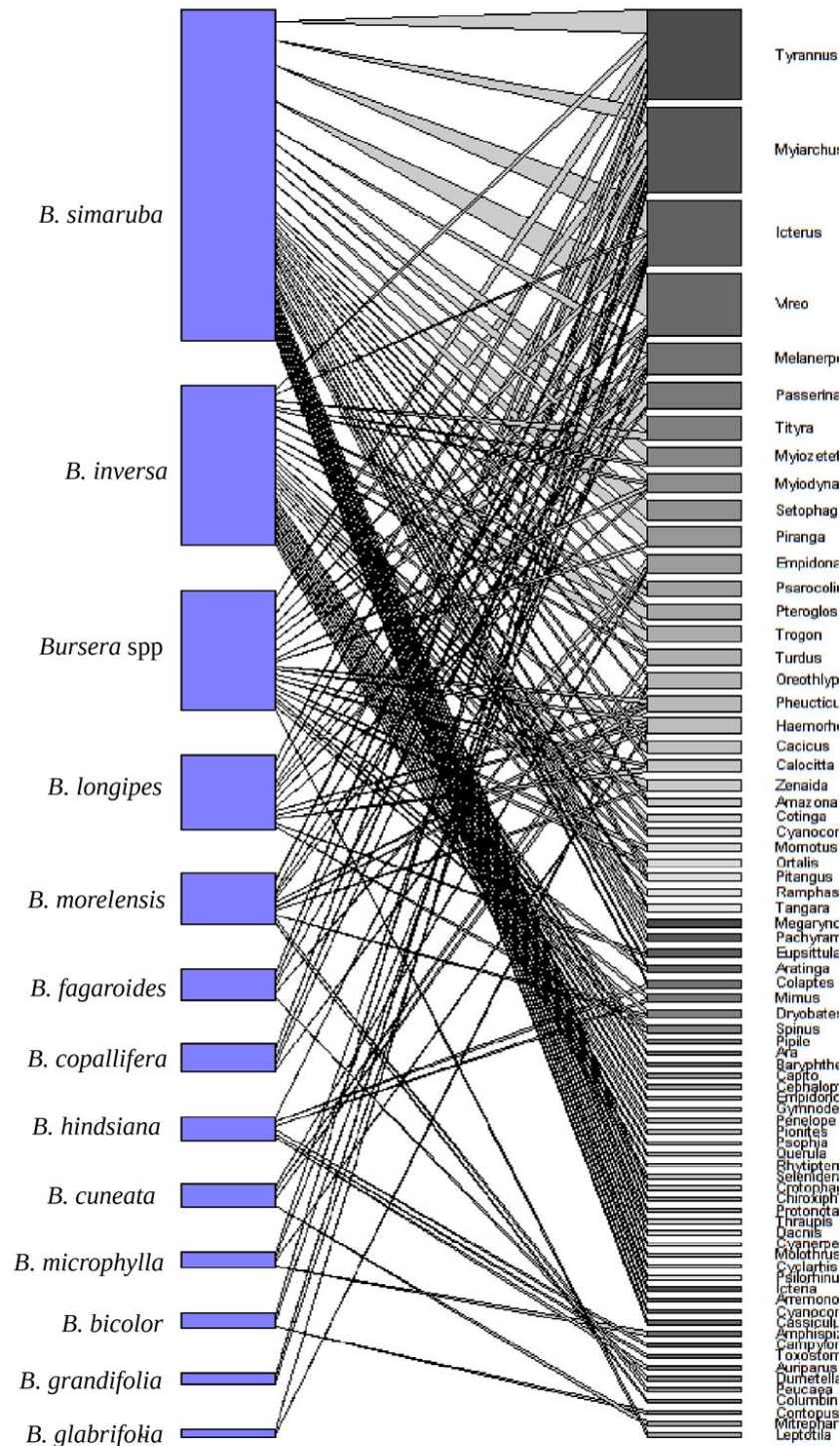


Figura 2. Red de interacciones bipartita del género de las aves y las diferentes especies de *Bursera*. El tamaño de las cajas y de las líneas representa la frecuencia de las aves de cada género. Para la construcción de la red, generé una matriz con base en la información del cuadro 1, las filas representan las *Burseras*, las columnas representan los géneros de las aves y las celdas indican la frecuencia de especies de aves de cada género.

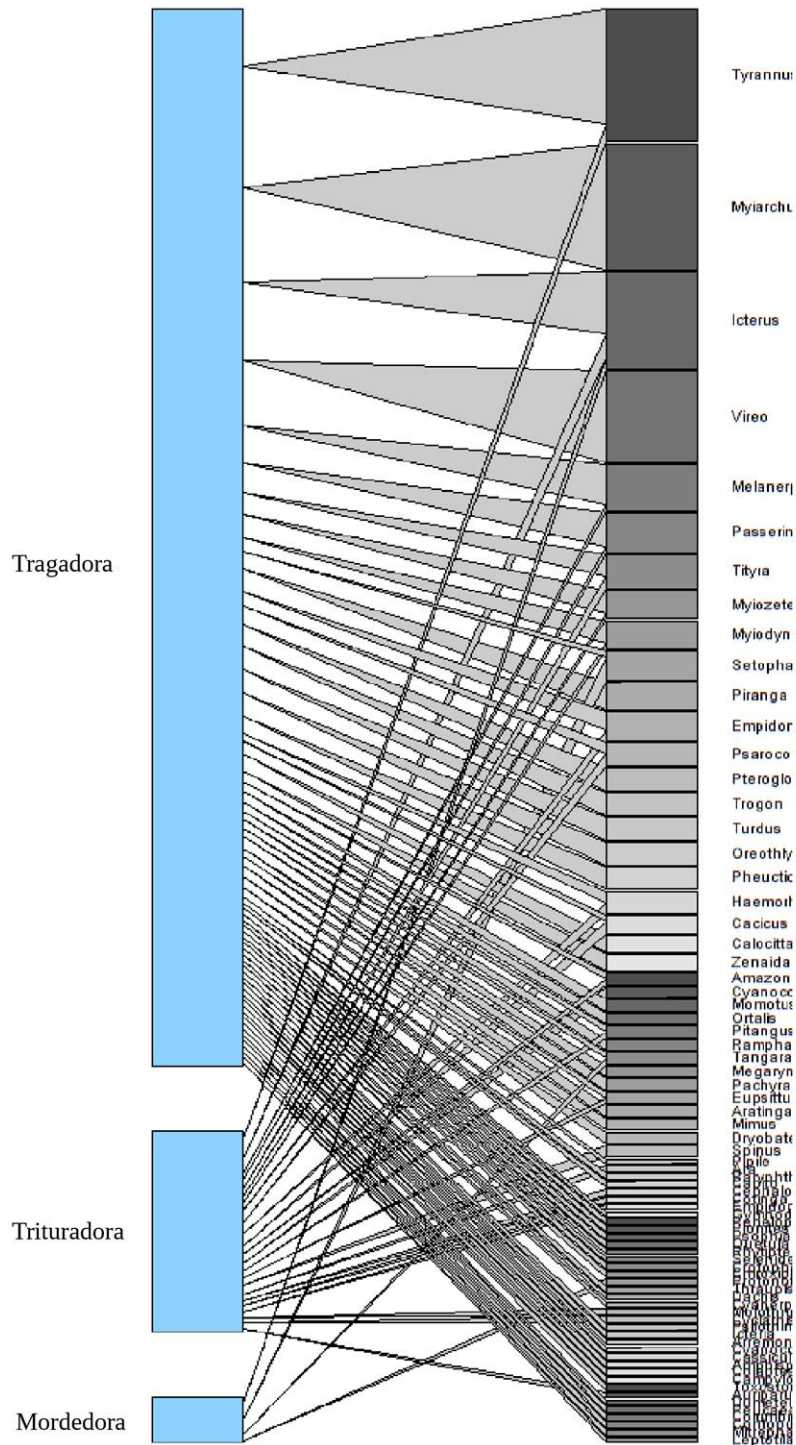


Figura 3. Red de interacciones bipartita del género de las aves y su hábito de consumo en la remoción de los frutos. El tamaño de las cajas y de las líneas representa la frecuencia de las aves de cada género. Para la construcción de la red, generé una matriz con base en la información del cuadro 1, las filas representan el hábito de consumo de las aves, las columnas representan los géneros de las aves y las celdas representan la frecuencia de especies de aves de cada género.

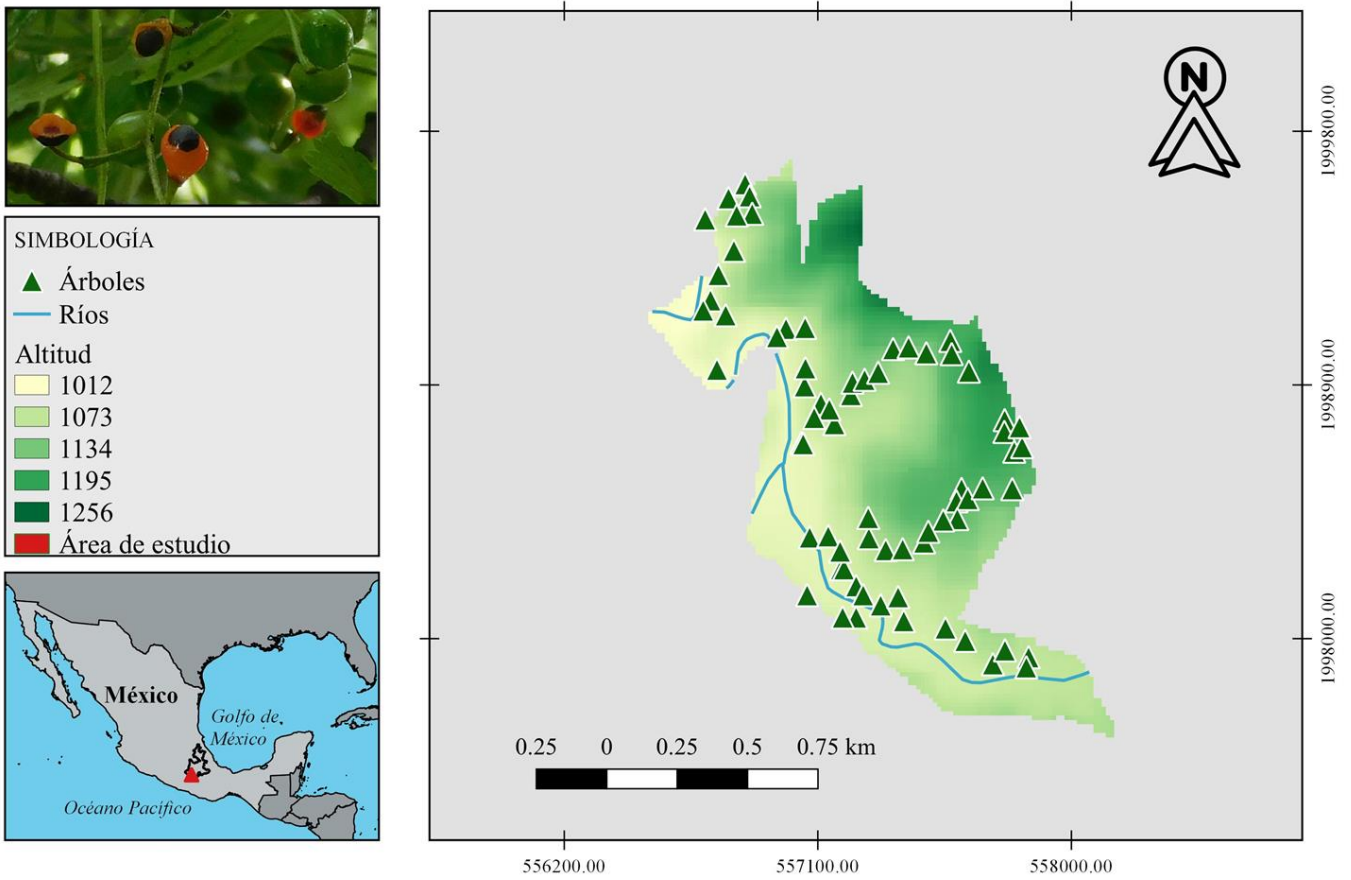


Figura 4. Ubicación del sitio de muestreo y los árboles de *B. linanoe* dentro de la UMA Tequiahua.

Cuadro 3. Análisis estadísticos realizados.

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	MODELO	DISTRIBUCIÓN
Índice de abundancia de frutos	Cobertura de los árboles	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Índice de abundancia de frutos	Altura de los árboles	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Frecuencia de visitas	Altura de los árboles	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Frecuencia de visitas	Cobertura de los árboles	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Frecuencia de visitas	Índice de abundancia de frutos	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Frecuencia de visitas	Cobertura de los árboles vecinos	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Frecuencia de visitas	Temperatura	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Frecuencia de vistas	Humedad	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Tiempo de visita	Índice de abundancia de frutos	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Número de frutos removidos	Tiempo de visitas	Modelo lineal generalizado	Poisson
Número de frutos removidos	Índice de abundancia de frutos	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Número de frutos removidos	Hábito de consumo	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Tasa de remoción por árbol	Cobertura de los árboles vecinos	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Tasa de remoción	Especie de ave	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Tasa de remoción	Hábito de consumo	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Tasa de remoción	Índice de abundancia de frutos	Modelo lineal generalizado	Quasipoisson
Número de semillas	Dos niveles: estado y condición	Modelo lineal generalizado	Poisson

Cuadro 4. Listado completo de especies de aves removedoras de frutos de *B. linanoe*. Además, se muestra la familia, el nombre común asignado por Peterson y Chaliff (1994), la categoría de riesgo por la Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT- 2010, (Pr) es sujeta a protección especial. También se incorpora el acrónimo asignado. Y por último muestra la clasificación correspondiente para cada especie (Tra) tragadora, (Tri) trituradora, (Mor) mordedora. Depredador de semillas (Dep), Dispersor de semillas (Dis).

Familia	Género	Especie	Nombre común	NOM-059	Acrónimo	Clasificación
Cardinalidae	<i>Passerina</i>	<i>leclancherii</i>	Colorín ventridorado	-	pale	Dep
Columbidae	<i>Zenaida</i>	<i>asiatica</i>	Paloma aliblanca	-	zeas	Dep
Cuculidae	<i>Piaya</i>	<i>cayana</i>	Cuclillo marrón	-	pica	Tra
Fringillidae	<i>Haemorhous</i>	<i>mexicanus</i>	Gorrión mexicano	-		Dep
Icteridae	<i>Icterus</i>	<i>cucullatus</i>	Bolsero cuculado	-	iccu	Mor
	<i>Icterus</i>	<i>galbula</i>	Bolsero norteño migratorio	-	icga	Tra
	<i>Icterus</i>	<i>pustulatus</i>	Bolsero pustulado	Pr	icpu	Tra-Dis
	<i>Cassiculus</i>	<i>melanicterus</i>	Tordo aliamarillo	-	came	Tra
Passerellidae	<i>Peucaea</i>	<i>humeralis</i>	Gorrión bigotudo pechinegro	-		Tra
	<i>Peucaea</i>	<i>ruficauda</i>	Gorrión cachetinegro tropical	-	peru	Tra
	<i>Spizella</i>	<i>pallida</i>	Gorrión indefinido rayado	-	sppa	Tra
Picidae	<i>Melanerpes</i>	<i>chrysogenys</i>	Carpintero pechileonado desértico	-	mech	Tra-Dis
	<i>Melanerpes</i>	<i>hypopolius</i>	Carpintero pechileonado grisáceo	-	mehy	Tra-Dis
Thraupidae	<i>Volatinia</i>	<i>jacarina</i>	Semillerito brincador	-		Tra
Tyrannidae	<i>Empidonax</i>	<i>minimus</i>	Mosquerito	-	emmi	Tra
	<i>Myiarchus</i>	<i>cinerascens</i>	Papamoscas copetón gorjicenido	-	myci	Tra-Dis
	Myiodynastes	<i>luteiventris</i>	Papamoscas rayado cejiblanco	-	mylu	Tra
	<i>Tyrannus</i>	<i>crassirostris</i>	Tirano piquigruoso	-		Tra
	<i>Tyrannus</i>	<i>vociferans</i>	Tirano gritón	-	tyvo	Tra-Dis
	<i>Pitangus</i>	<i>sulphuratus</i>	Luis bienteveo	-	pisu	Tra
Trogonidae	<i>Trogon</i>	<i>elegans</i>	Trogón colicobrizo	-	trel	Tra
	<i>Trogon</i>	<i>mexicanus</i>	Trogón serrano colimanchado	-		Tra
Vireonidae	<i>Vireo</i>	<i>huttoni</i>	Vireo reyezuelo	Pr		Tra

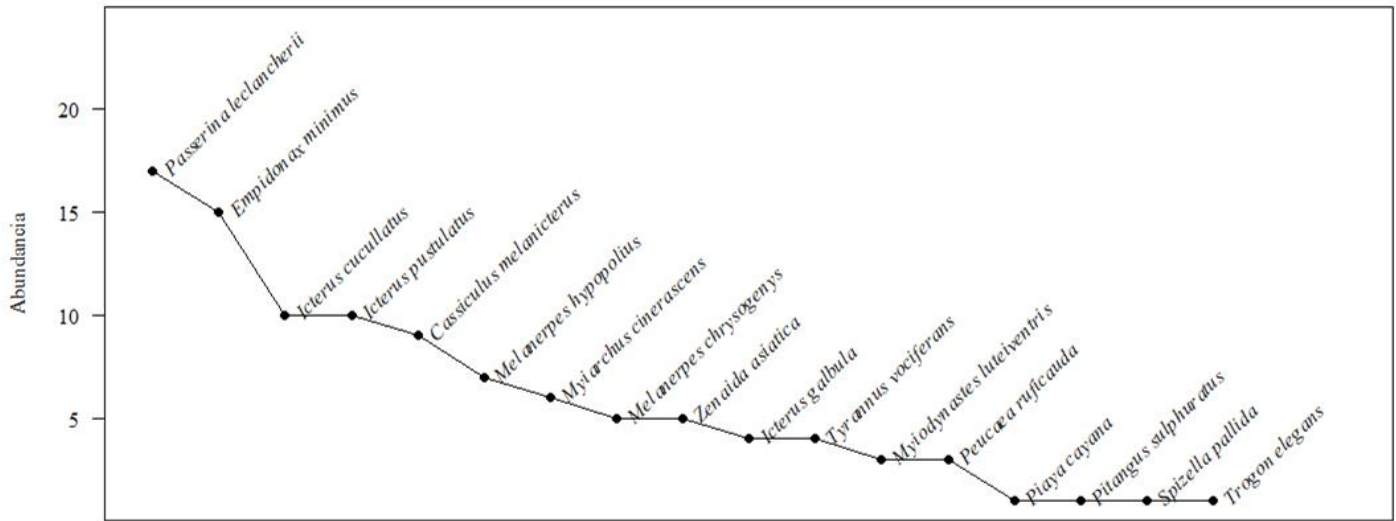


Figura 5. Abundancia de especies de aves removedoras de frutos de *B. linanoe* observadas durante el muestreo en árboles focales.

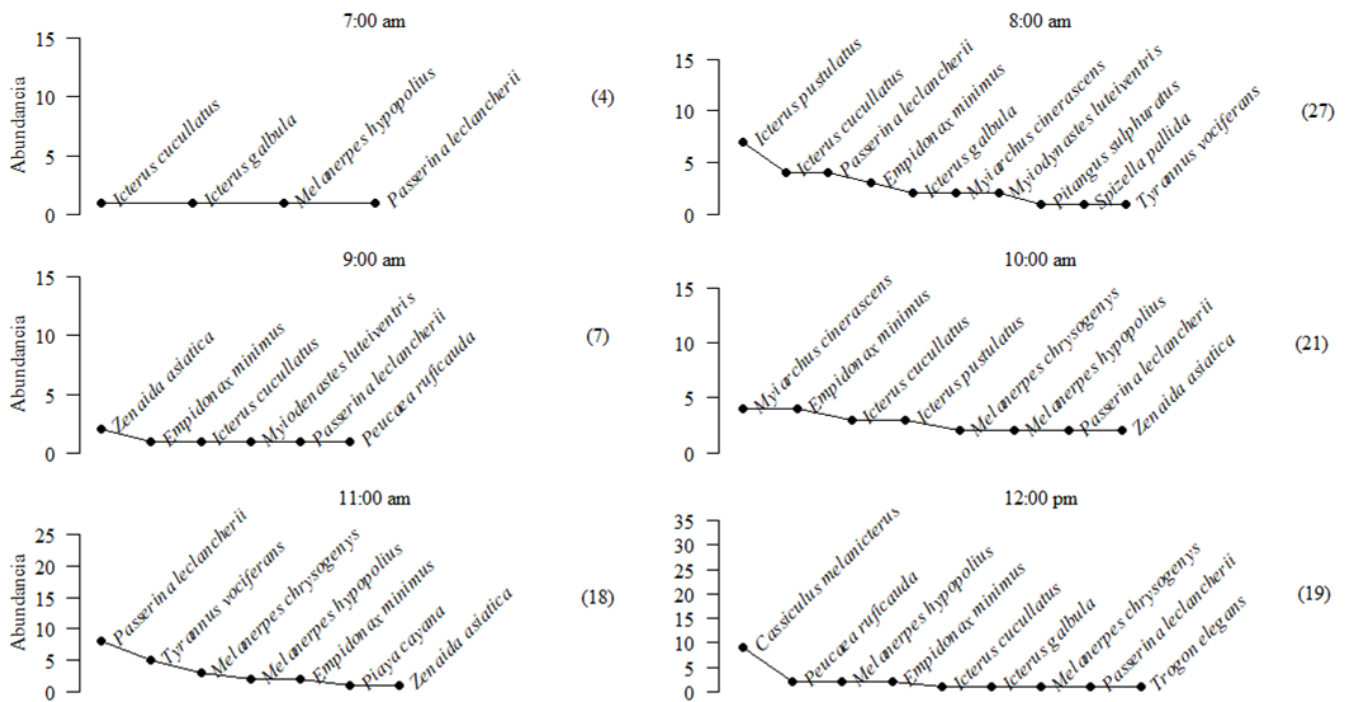


Figura 6. Abundancia de aves removedoras de frutos de *B. linanoe* observadas en diferentes horarios. Los números que se encuentran dentro de los paréntesis, indican el número total de visitas en cada horario.

Cuadro 5. Valores obtenidos del índice de similitud de Sorensen de las especies de aves que visitan *B. linanoe* entre los diferentes horarios del muestreo.

HORARIOS					
	7:00 am	8:00 am	9:00 am	10:00 am	11:00 am
8:00 am	0.5				
9:00 am	0.5	0.5555556			
10:00 am	0.5714286	0.6	0.6250000		
11:00 am	0.4615385	0.4210526	0.5333333	0.7058824	
12:00 pm	0.6666667	0.4761905	0.5882353	0.6315789	0.5555556

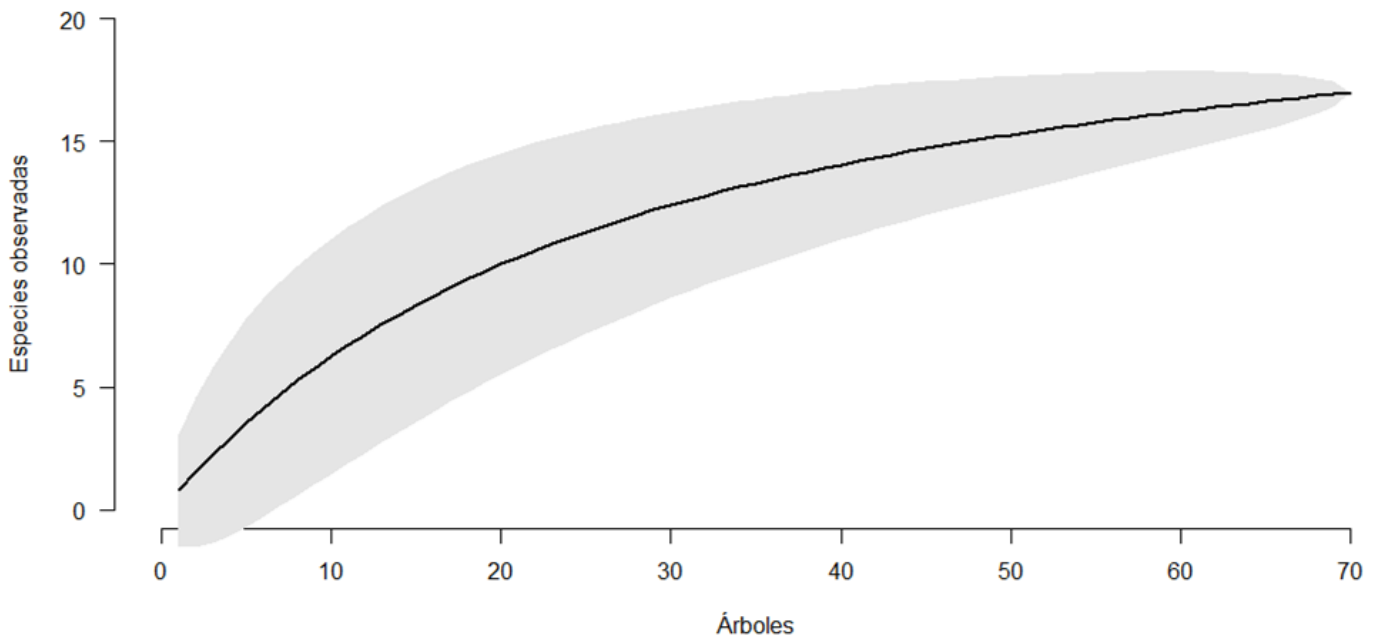


Figura 7. Curva de acumulación de especies de aves observadas durante el muestreo a los árboles de *B. linanoe*.

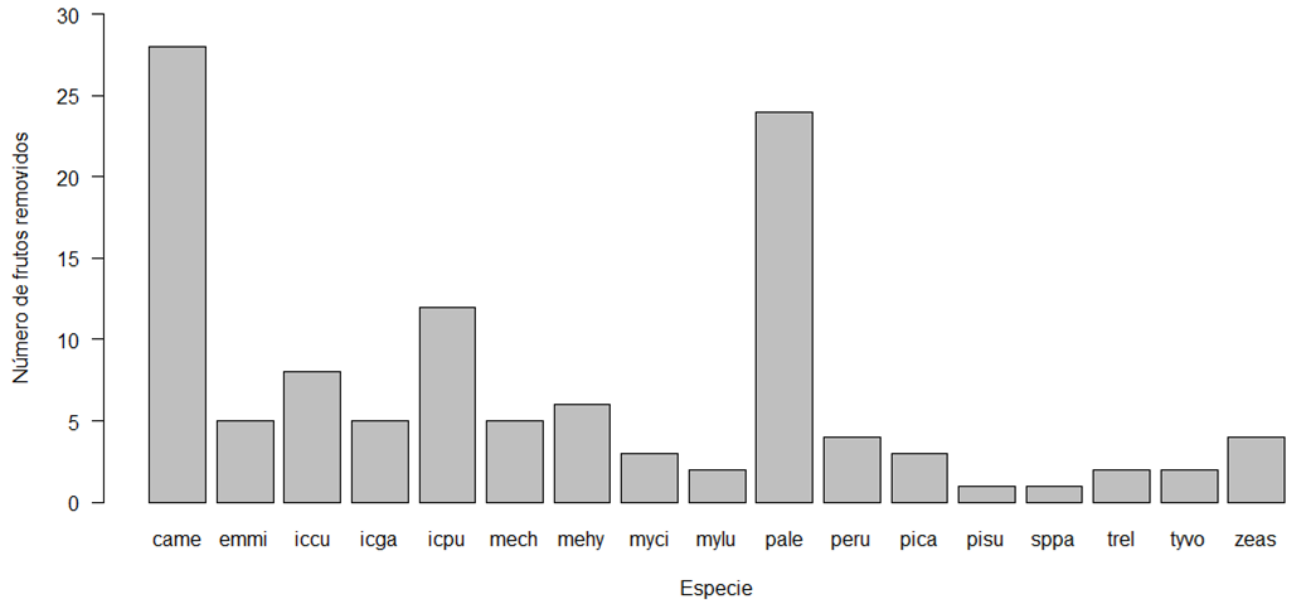


Figura 8. Número de frutos removidos de *B. linanoe* por las diferentes especies de aves, came: *C. melanicterus* (28), pale: *P. leclancherii* (24), icpu: *I. pustulatus* (12), iccu: *I. cucullatus* (8), mehy: *M. hypopolius* (6), emmi: *E. minimus* (5), icga: *I. galbula* (5), mech: *M. chrysogenys* (5), peru: *P. ruficauda* (4), zeas: *Z. asiatica* (4), myci: *M. cinerascens* (3), pica: *P. cayana* (3), mylu: *M. luteiventris* (2), trel: *T. elegans* (2), tyvo: *T. vociferans* (2), pisu: *P. sulphuratus* (1), sppa: *S. pallida* (1).

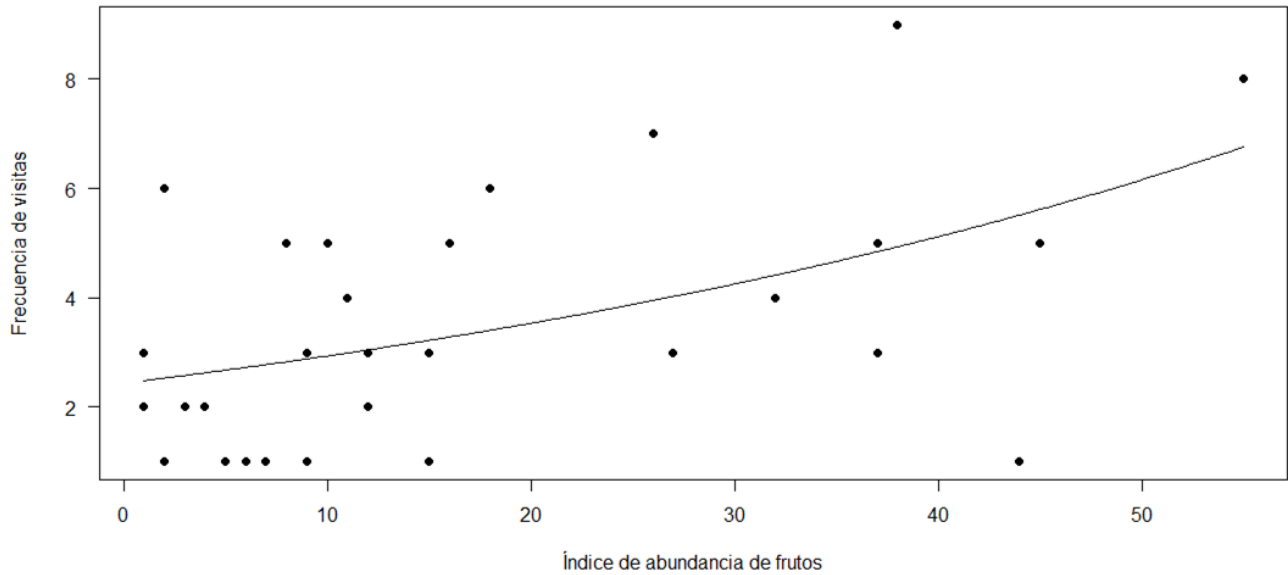


Figura 9. Relación de la frecuencia de aves en función del índice de abundancia de frutos de *B. linanoe*. En este gráfico se muestra que la frecuencia de visitas de aves aumenta cuando el índice de abundancia de frutos es mayor ($P= 0.0059$, 23.27% de explicación).

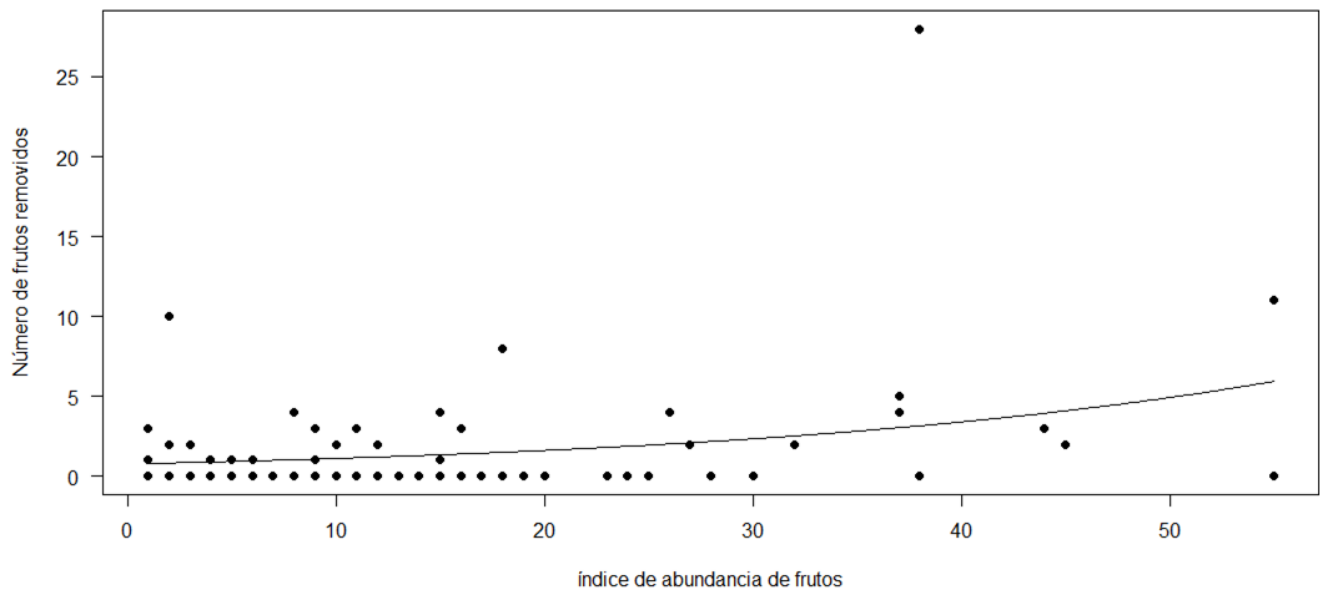


Figura 10. Relación del número de frutos removidos y su índice de abundancia en árboles de *B. linanoe*. En este gráfico se muestra que el número de frutos removidos aumenta cuando su índice de abundancia es mayor ($P= 0.0073$, 13.41% de explicación).

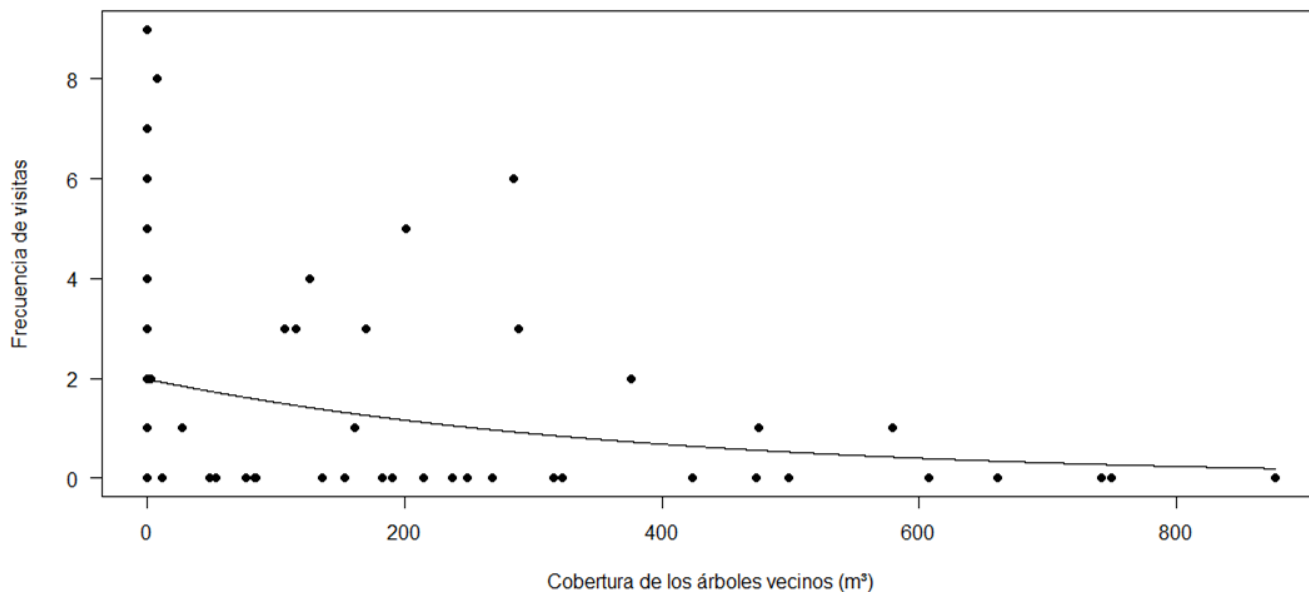


Figura 11. Relación de la frecuencia de visitas en árboles focales (*B. linanoe*) en función de la sumatoria de las coberturas de los árboles vecinos que tienen. En este gráfico se muestra que la frecuencia de aves disminuye cuando hay una mayor cobertura de árboles vecinos ($P = 0.0373$, 8.89% de explicación).

Cuadro 6. Listado de variables sin efecto ($P > 0.05$), así como su fuente de variación.

Variable de respuesta	Variable explicativa	Valor de P	Fuente de variación de la variable explicativa*
Índice de abundancia de frutos y Frecuencia de visitas	Altura de los árboles (m)	$P > 0.05$	6.85 ± 1.80
	Cobertura de los árboles (m^3)		391.42 ± 249.93
Frecuencia de visitas	Temperatura ($^{\circ}C$) Humedad		27.18 ± 3.16 67.91 ± 13.08
Tasa de remoción de frutos (min)	Cobertura de los árboles vecinos (m^3)		107.97 ± 152.81
Tiempo de visita	Índice de abundancia de frutos		15.15 ± 11.71
Número de semillas en mantillo			
Número de frutos removidos	Tiempo de visita (segundos)		69.70 ± 106.01
	Hábito de consumo	----Variable categórica----	

* Promedio \pm desviación estándar

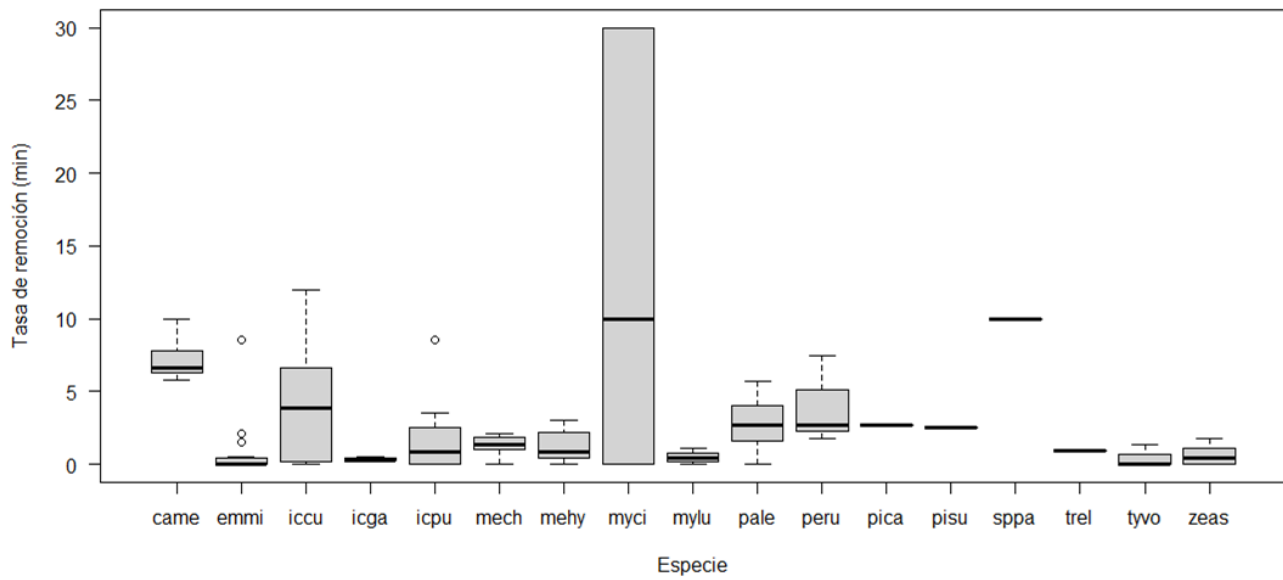


Figura 12. Tasa de remoción por especie de ave removedora de frutos de *B. linanoe*. Se observa que *Myiarchus cinerascens* es la especie más importante, así como *Icterus cucullatus*. Para la revisión de los nombres de las especies ver acrónimos en Cuadro 4.

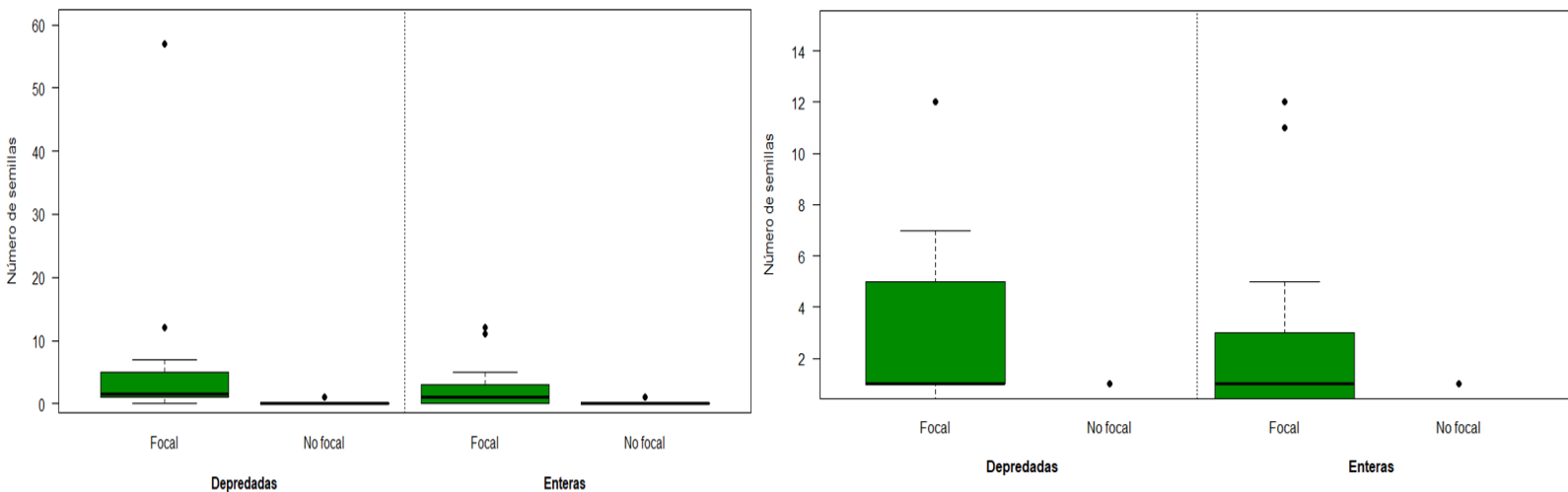


Figura 13. Número de semillas encontradas en el mantillo en diferente condición, bajo la copa de *B. linanoe* (Focal), y bajo la copa de otra especie de árbol (No focal) en dos estados; depredadas y enteras. La gráfica a la izquierda muestra el dato atípico, la gráfica a la derecha sin el dato atípico.

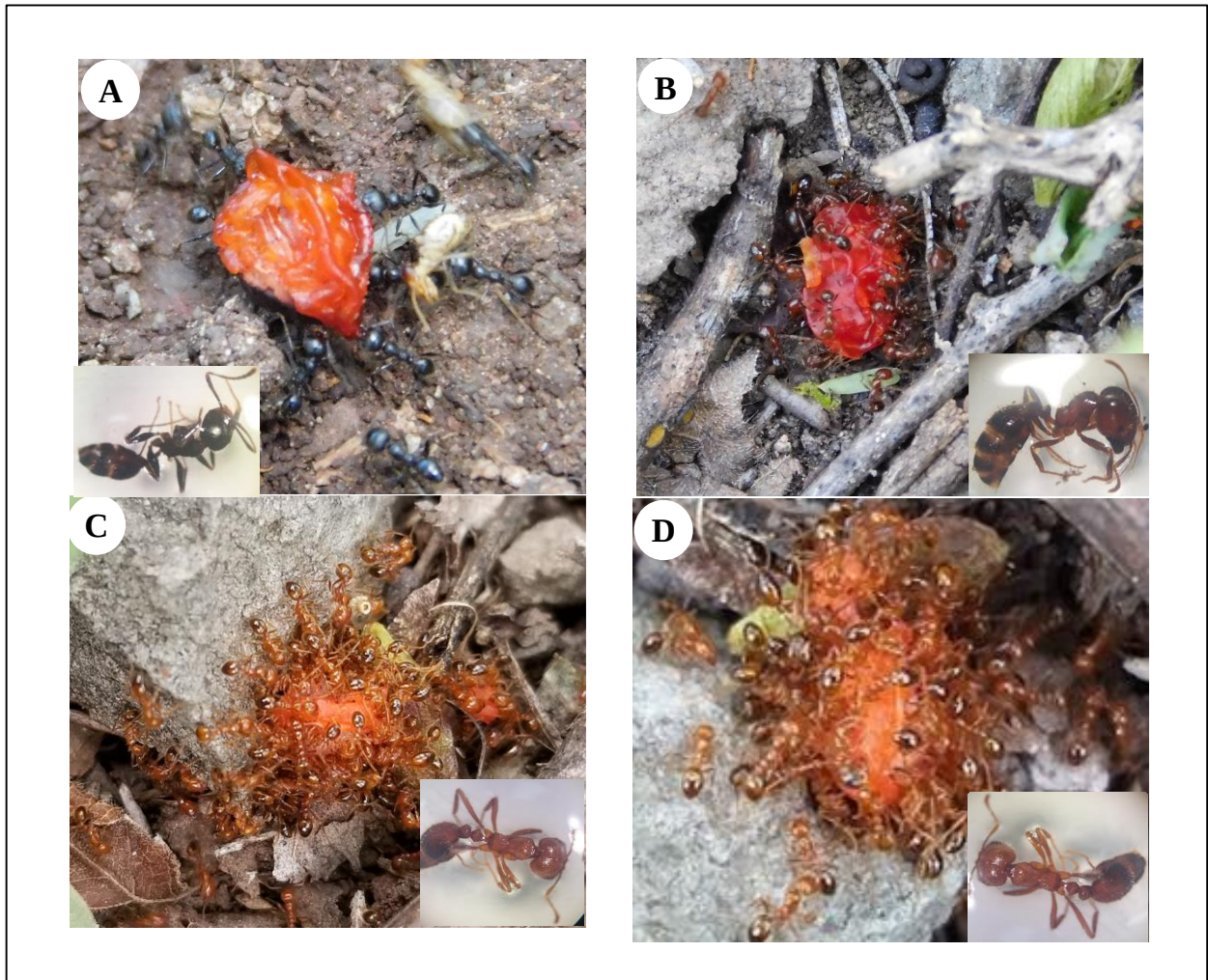


Figura 14. Especies de hormigas removiendo frutos caídos de *B. linanoe*. A corresponde a *Pheidole* sp1, B corresponde a *Pheidole* sp2, C y D es *Sonelopsis geminata*.

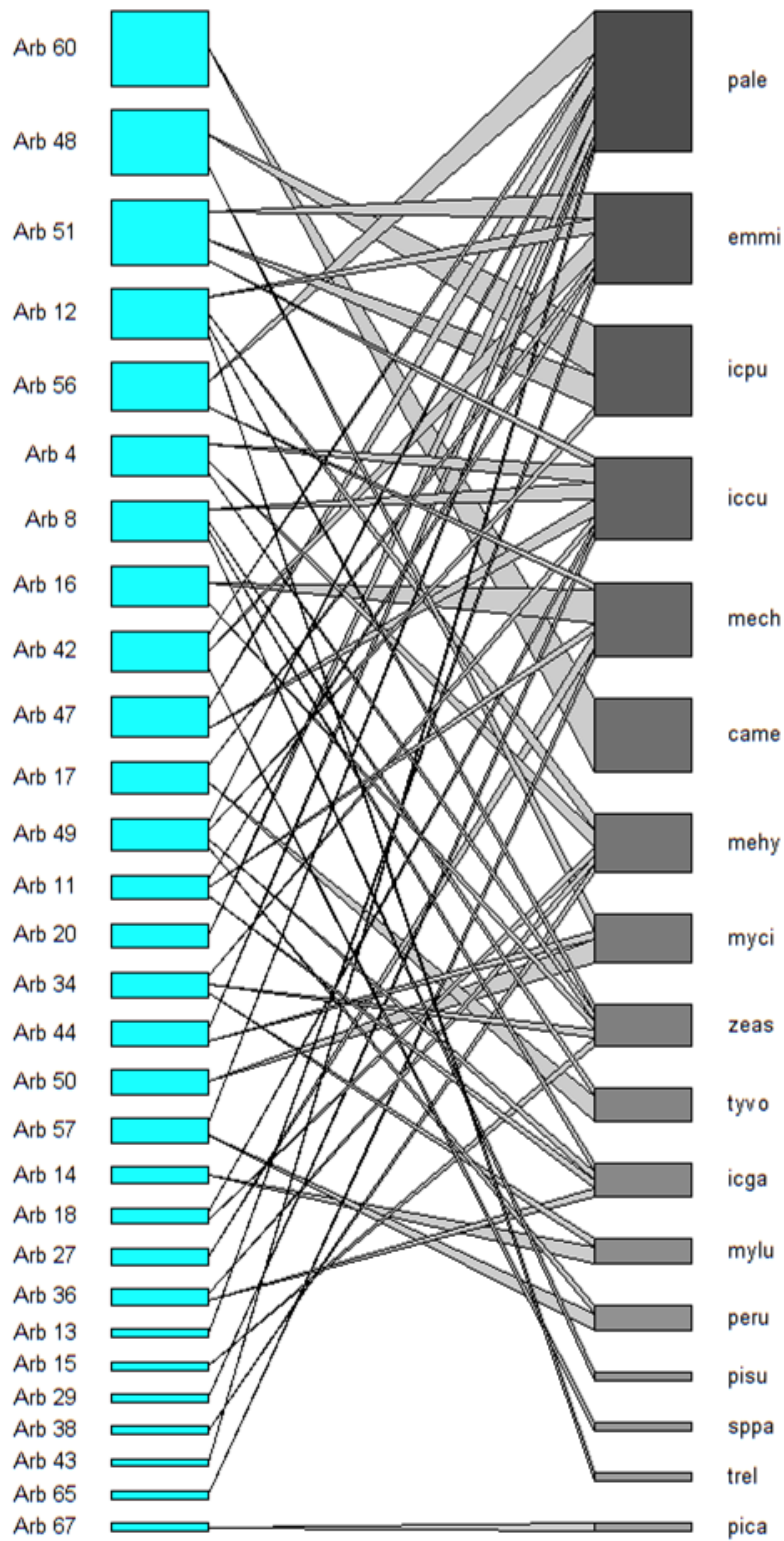


Figura 15. Red intrapoblacional de individuos de *B. linanoe* y las especies de aves removedoras de frutos. Los nodos grises indican las especies representadas por sus acrónimos asignados, los nodos azules ilustran el árbol focal; los tamaños de los nodos y los enlaces representan la frecuencia de visitas de cada especie de ave.

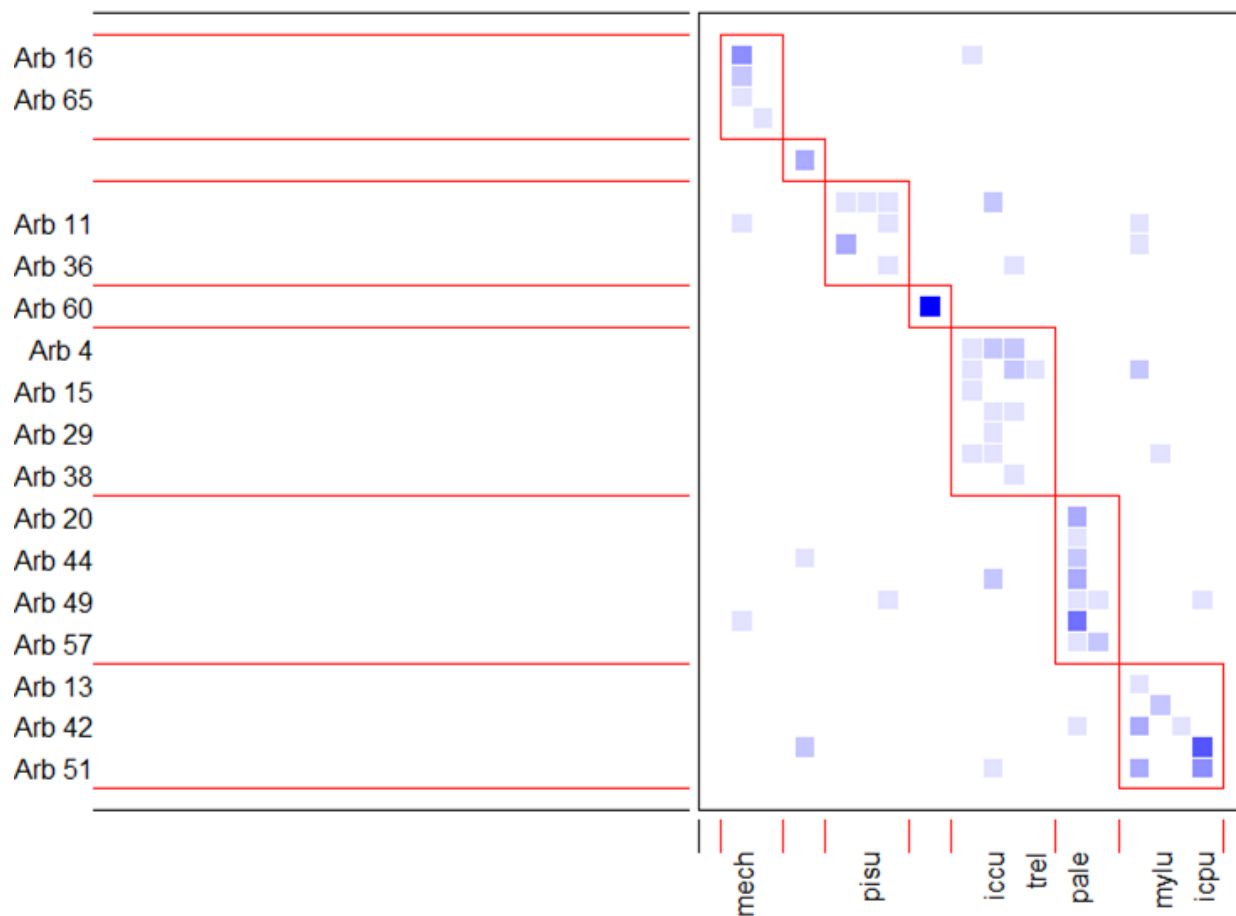


Figura 16. Matriz modular de especies de aves removedoras de frutos de *B. linanoe*. Existen siete módulos formados entre árboles y especies de aves; las especies están representadas por sus acrónimos.

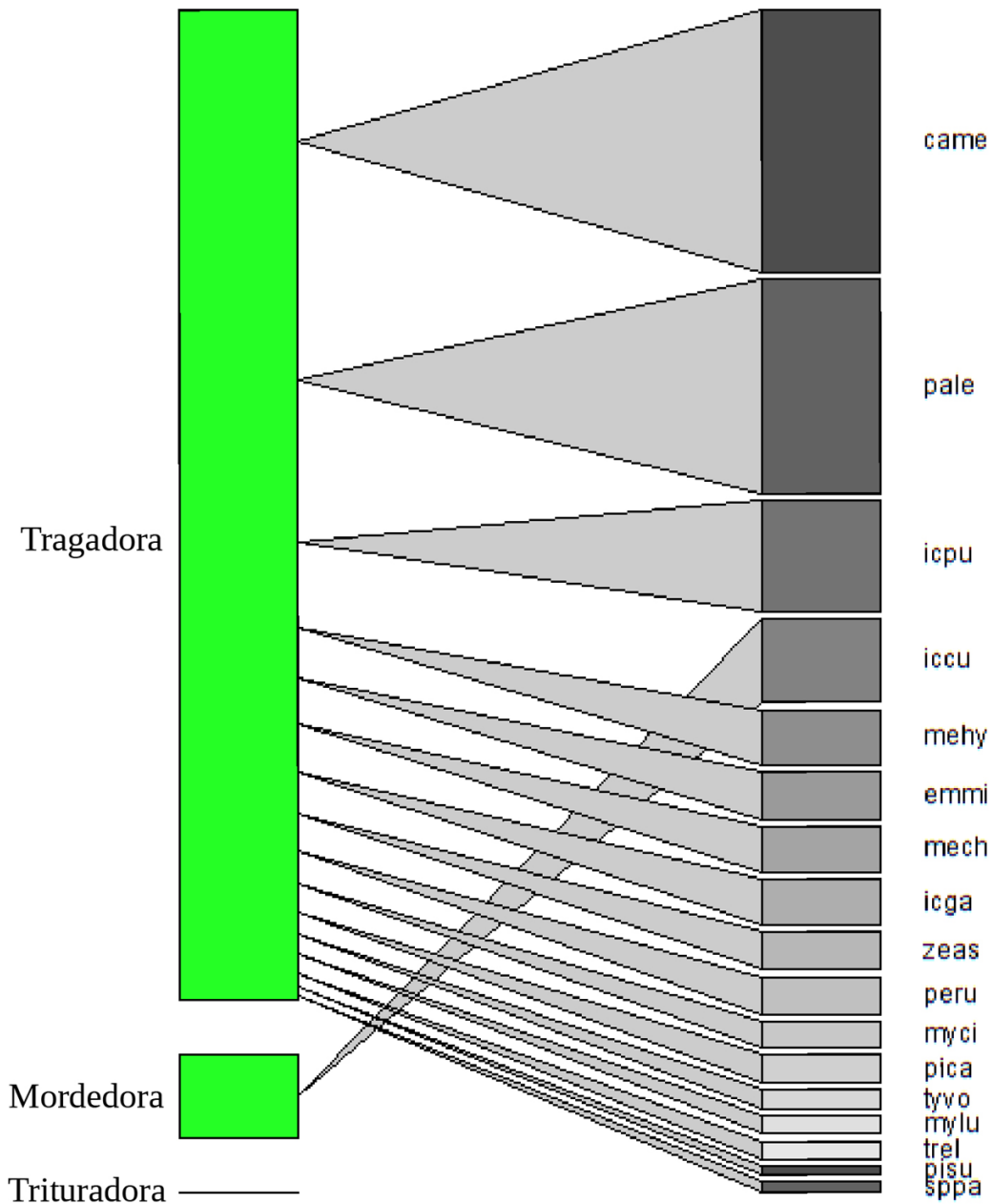


Figura 17. Red de interacción de especies de aves y el hábito de consumo de frutos de *B. linanoe*. El tamaño de las cajas y de las líneas representa la frecuencia de especies de aves. Para la construcción de la red, generé una matriz, las filas representan el hábito de consumo, las columnas representan las especies de aves y las celdas indican la frecuencia de especies.

Cuadro 7. Valores de devianza y porcentaje de la variación explicada, resultado del modelo lineal generalizado de la frecuencia de visitas en función del índice de abundancia de frutos de *B. linanoe*.

Término	gl	x^2	<i>P</i>	%
Índice de abundancia	1	9.2617	0.0059	23.27
Error	27	30.531		
Total	28	39.793		

Cuadro 8. Valores de devianza y porcentaje de la variación explicada, resultado del modelo lineal generalizado del número de frutos removidos en función de su índice de abundancia.

Término	gl	x^2	<i>P</i>	%
Índice de abundancia	1	42.937	0.0073	13.41
Error	68	277.16		
Total	69	320.09		

Cuadro 9. Valores de devianza y porcentaje de la variación explicada, resultado del modelo lineal generalizado de la frecuencia de visitas en árboles de *B. linanoe* en función de la sumatoria de las coberturas de los árboles vecinos.

Término	gl	x^2	<i>P</i>	%
Cobertura de vecinos	1	19.197	0.0373	8.89
Error	68	196.51		
Total	69	215.71		

Cuadro 10. Valores de devianza y porcentaje de la variación explicada, resultado del modelo lineal generalizado de la tasa de remoción de frutos de *B. linanoe* en función de la especie de ave.

Término	gl	x^2	<i>P</i>	%
Especie	16	4.5879	0.001	49.47
Error	85	4.6850		
Total	101	9.2728		

Cuadro 11. Valores de devianza y porcentaje de la variación explicada, resultado del modelo lineal generalizado del número de semillas de *B. linanoe* encontradas en diferente estado (entera o depredada) y bajo diferente condición (focal y no focal).

Término	gl	x^2	<i>P</i>	%
Condición	1	176.577	0.001	32.36
Estado	1	31.168	0.001	5.39
Condición: estado	1	0.300		
Error	76	360.20		
Total	79	578.24		



Figura 18. Ardilla *Sciurus aureogaster* depredando frutos de *B. linanoe*.

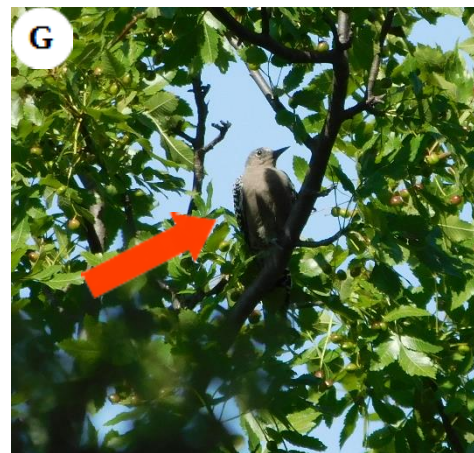
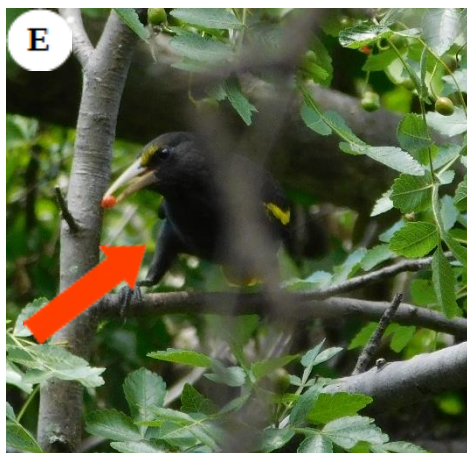
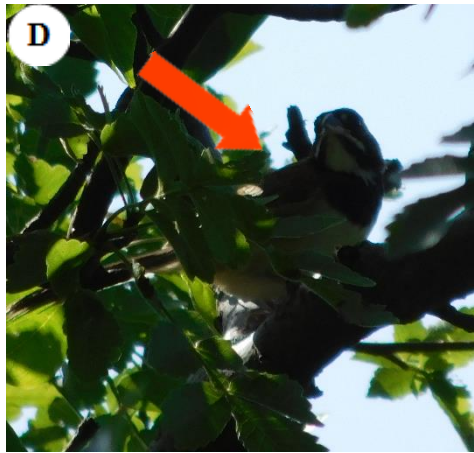
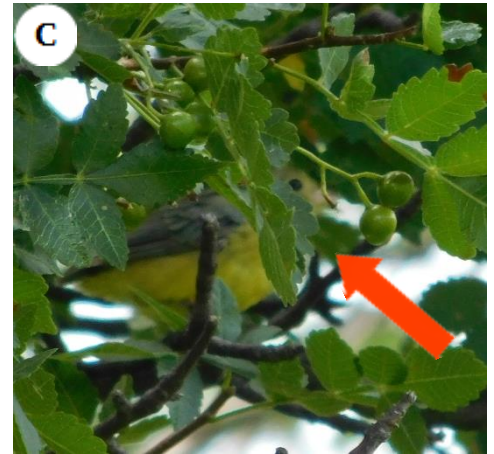
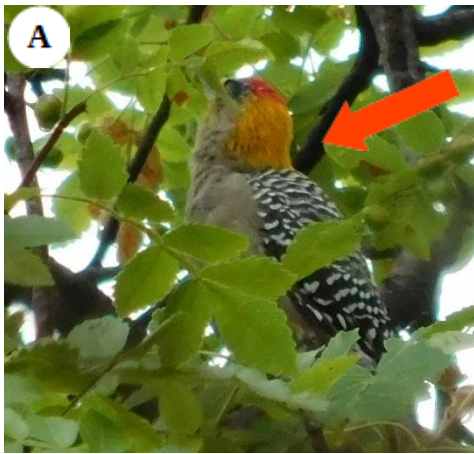


Figura 19. Especies de aves removiendo frutos de *B. linanoe*. A: *Melanerpes chrysogenys*, B: *Icterus pustulatus*, C: *Passerina leclancherii*, D: *Peucaea humeralis*, E: *Cassiculus melanicterus*, F: *Icterus galbula*, G: *M. hypopilius*, H: *Haemorhous mexicanus*, I: *Vireo huttoni*.