



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Ambiental

Redes de interacciones ecológicas entre aves frugívoras-plantas en un gradiente de degradación del bosque estacionalmente seco de Zapotillo

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Jordy Lauro Maldonado Aguilar

DIRECTOR:

Ing. Christian Alberto Mendoza León Mg. Sc

Loja – Ecuador

2025



Universidad
Nacional
de Loja

**Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF**

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **MENDOZA LEON CHRISTIAN ALBERTO**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Redes de interacciones ecológicas entre aves frugívoras-plantas en un gradiente de degradación del bosque estacionalmente seco de Zapotillo**, perteneciente al estudiante **JORDY LAURO MALDONADO AGUILAR**, con cédula de identidad N° **1150840468**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 5 de Agosto de 2024



Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN ALBERTO
MENDOZA LEON**

F) _____

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-001938

1/1
Educamos para **Transformar**

Autoría

Yo, **Jordy Lauro Maldonado Aguilar**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula: 1150840468

Fecha: 11 de abril de 2025

Correo electrónico: jordy.maldonado@unl.edu.ec

Celular: 0999129071

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Jordy Lauro Maldonado Aguilar**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Redes de interacciones ecológicas entre aves frugívoras-plantas en un gradiente de degradación del bosque estacionalmente seco de Zapotillo**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Ambiental**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo De Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los once días del mes abril del dos mil veinticinco.

Firma:



Autor: Jordy Lauro Maldonado Aguilar

Cédula: 1150840468

Dirección: Ciudad Alegría, Loja, Ecuador

Correo electrónico: jordy.maldonado@unl.edu.ec

Teléfono: 0999129071

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Christian Alberto Mendoza León Mg. Sc

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre, Marisol, cuyo amor incondicional y su labor como docente han sido pilares fundamentales en mi vida. Su capacidad para combinar su papel de madre con su vocación profesional ha dejado una huella imborrable en mi desarrollo personal y académico. A mi difunto padre, Lauro, cuya ausencia sigue siendo una fuente de profundo dolor; recuerdo con tristeza el día en que, estando en clases, recibí la noticia de su fallecimiento. Este trabajo está dedicado a su memoria, en agradecimiento por todo lo que me enseñó y el amor que me brindó. A mis hermanos, Stefanie, Junior y Erick, por su constante apoyo y compañía en cada etapa de este recorrido. A mi cuñado Jonathan, por su respaldo incondicional, especialmente en los momentos más difíciles que atravesamos como familia. A mi abuela, Rosita, por su apoyo incondicional y sus consejos llenos de amor, que han sido una fuente de fortaleza. A mis sobrinos, Paulita, la mayor de todos, así como a Ander y Amelia, quienes, aunque aún son pequeños y acaban de llegar a este mundo, llenan nuestras vidas de alegría. Este logro es también para ustedes, como una prueba de que el esfuerzo y la dedicación abren caminos. Que crezcan sabiendo que no hay sueños demasiado grandes ni pasos demasiado pequeños cuando se camina con propósito. A mi novia Clarita, por su amor y apoyo constante, y por recordarme siempre que todo se puede cuando se deja en manos de Dios. Gracias por acompañarme en este viaje, por estar a mi lado en cada paso y hacer que cada desafío sea más llevadero. Y, por supuesto, a mis tíos Nelson, Carlos y Enrique, cuyo firme respaldo ha sido esencial a lo largo de mi trayectoria académica. Este apoyo ha sido un pilar fundamental para alcanzar este logro.

Jordy Lauro Maldonado Aguilar

Agradecimiento

"Cada uno debe mirar no solo por su propio interés, sino también por el interés de los demás" (Filipenses 2:4). En base a este versículo, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en el desarrollo de este Trabajo de Titulación. Primero, agradezco a Dios por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en cada etapa de este proceso. Extiendo mi gratitud al Ing. Christian Mendoza León, Mg.Sc., por su dedicación como director de tesis, por brindarme orientación precisa, por su paciencia y por todas las enseñanzas que me han enriquecido profesionalmente. Al equipo del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ), especialmente al Ing. Vinicio Escudero, Mg.Sc., Eco. Katusca Valarezo, Mg.Sc., Blga. Aurita Paucar, Ph.D., e Ing. Oscar Ordóñez, Mg.Sc., por su valioso respaldo durante el trabajo de campo y la apertura para el desarrollo de esta investigación. A la Universidad Nacional de Loja y al cuerpo docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental por transmitir no solo conocimientos técnicos, sino también valores y compromiso con la profesión. En especial, a la Ing. Marjorie Cristina Díaz López, Mg.Sc., quien, con su sinceridad y exigencia, me ayudó a reconocer y corregir errores que venía arrastrando, aportando significativamente a mi crecimiento académico. A mis compañeros Erick, Kelly, Claudia, Paulina, Jessenia, Diana, Alex, Heidy, Richard y Jessica, con quienes compartí no solo aulas y exámenes, sino también viajes, risas, desafíos y experiencias que fortalecieron nuestros lazos. Gracias por hacer de esta etapa un trayecto más llevadero y lleno de recuerdos inolvidables. A mis amigos de la vida Sebastián, Micaela, Dayanna, Dariana, Olguita, Silvana, Josselyn y Damián, por estar presentes con su cariño genuino, sus palabras de ánimo y por recordarme con su ejemplo la importancia de mantener firme la fe y la amistad en medio de cualquier circunstancia. En el transcurso de esta experiencia universitaria, nació un proyecto que marcó nuestra formación, un proyecto musical con Jhandry y Steven, con el cual fundamos Endémicos, una banda de música que nos permitió vivir momentos inolvidables dentro y fuera de la universidad, entre música, anécdotas y compañerismo. También expreso mi agradecimiento al Dr. Roosevelt Armijos Tituana, Mg.Sc., decano de la facultad, por confiar en nosotros y el respaldo necesario para impulsar este proyecto musical que nació del corazón de nuestra carrera. Así, culmino este agradecimiento con profunda gratitud por cada huella que han dejado en mí quienes formaron parte de este proceso.

Jordy Lauro Maldonado Aguilar.

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización.	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tabla	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	8
4.1. Redes de Interacción Ecológica	8
4.2. Papel del Mutualismo entre Aves y Plantas en los Ecosistemas de Bosques Secos	9
4.3. Análisis de redes mutualistas y matrices de interacciones	12
4.4. Análisis de redes mutualistas en R con bipartite	14
5. Metodología	15
5.1. Área de estudio.....	15
5.2. Registro de interacciones	17
5.3. Identificación de aves y especies botánicas	18
5.4. Análisis de la estructura de la red.....	18
5.4.1. Anidamiento.....	19

5.4.2.	Asimetría.....	19
5.4.3.	Conectancia.....	20
6.	Resultados.....	20
6.1.	Interacciones entre aves frugívoras y plantas en los estados de degradación de los BTES Zapotillo	20
6.2.	Red de aves frugívoras-planta por estado de degradación	23
7.	Discusión.....	28
8.	Conclusiones.....	33
9.	Recomendaciones.....	34
10.	Bibliografía	35
11.	Anexos	43

Índice de Tabla

Tabla 1. Matriz de interacciones cualitativa	13
Tabla 2. Matriz de interacciones cuantitativa	14
Tabla 3. Presencia o ausencia de interacciones entre especie de ave y planta.....	21
Tabla 4. Especies de plantas de las cuales se alimentan las aves en BTES zapotillo	22

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de una red unipartita y bipartita anidada.	13
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio y de los puntos de muestreo del bosque seco de Zapotillo.....	16
Figura 3. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación natural del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.	24
Figura 4. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación seminatural del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.....	25
Figura 5. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación simplificado del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.....	25
Figura 6. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación dominado por arbustos del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.....	26
Figura 7. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación tierra árida del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.	27

Índice de Anexos

Anexo 1. Hoja de campo	43
Anexo 2. Matriz de interacción cualitativa aves frugívora-planta (Presencia o ausencia de interacciones entre especie de ave y planta).	45
Anexo 3. Matriz de interacción cualitativa aves frugívora-planta (Número de interacciones registradas por especie de ave y planta).	46
Anexo 4. Índices de la red de interacción con respecto a los estados de degradación.	47
Anexo 5. Observación de interacciones entre aves frugívoras y plantas en diferentes zonas del bosque seco de Zapotillo.....	48
Anexo 6. Certificado de traducción del Abstract.....	52

1. Título

Redes de interacciones ecológicas entre aves frugívoras-plantas en un gradiente de degradación del bosque estacionalmente seco de Zapotillo

2. Resumen

Las redes de interacciones ecológicas son indicadoras del estado de salud actual de los ecosistemas, regulan el funcionamiento de sistemas megadiversos y proveen servicios ecosistémicos. Se clasifican en positivas (mutualismos) y negativas (antagonismos). Las interacciones entre aves frugívoras y plantas destacan por su relación mutualista, donde las aves cumplen el rol de agentes de restauración, promoviendo la colonización de las plantas y la regeneración de bosques de manera natural. En los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES) de Zapotillo, el disturbio crónico se ha identificado como un factor crucial en la erosión de la diversidad biológica, debido a las presiones antropogénicas. El estudio se centró en conocer y evaluar la estructura de las redes de interacción entre aves frugívoras y plantas en el gradiente de degradación de los BTES de Zapotillo. Para el registro de interacciones se establecieron nueve puntos de muestreo en los cinco estados de degradación: natural, seminatural, arbustivo, simplificado y tierra árida, donde se identificaron los árboles y arbustos con frutos carnosos como puntos de muestreo de las interacciones, ejecutados durante la temporada invernal. Se identificaron 23 especies de aves que interactuaron con seis especies de plantas que estuvieron presentes en los muestreos, también se calcularon tres índices de la red a lo largo del gradiente de degradación como anidamiento, asimetría y conectancia. El índice de anidamiento fue significativamente superior en el estado simplificado y dominado por arbustos (63,71), mientras que todos los estados mostraron asimetría negativa, en cuanto a la conectancia, el estado natural tuvo el valor más bajo (0,27). A pesar de que los índices no variaron ampliamente entre los estados de degradación, la diferencia se podría relacionar con la baja presencia de plantas en fructificación, destacándose especies como *Allophylus cf. Psilospermus*, *Coccoloba ruiziana*, *Citharexylum poeppigii*, *Cordia lutea*, *Bursera graveolens* y *Solanum sp.*

Palabras Clave: disturbio crónico, zoocoria, estados de degradación, aves frugívoras, interacciones mutualistas.

Abstract

Ecological interaction networks are indicators of the current health status of ecosystems, regulate the functioning of megadiverse systems and provide ecosystem services. They are classified into positive (mutualisms) and negative (antagonisms). The interactions between frugivorous birds and plants stand out for their mutualistic relationship, where birds play the role of restoration agents, promoting the colonization of plants and the regeneration of forests in a natural way. In the seasonally dry tropical forests (BTES) of Zapotillo, chronic disturbance has been identified as a crucial factor in the erosion of biological diversity due to anthropogenic pressures. The study focused on understanding and evaluating the structure of the interaction networks between frugivorous birds and plants in the degradation gradient of the Zapotillo BTES. For the record of interactions, nine sampling points were established in the five states of degradation: natural, semi-natural, shrubby, simplified and arid where trees and shrubs with fleshy fruits were identified as sampling points of the interactions, performed during the winter season. Twenty-three bird species were identified that interacted with six plant species present in the sampling, and three indices of the network along the degradation gradient as nesting, asymmetry and connectance were calculated. The nesting rate was significantly higher in the simplified and shrub-dominated state (63,71), while all states showed negative asymmetry, as for connectance, the natural state had the lowest value (0,27). Although the indices did not vary widely between the states of degradation, the difference could be related to the low presence of plants in fruiting, highlighting species such as *Allophylus cf. Psilospermus*, *Coccoloba ruiziana*, *Citharexylum poeppigii*, *Cordia lutea*, *Bursera graveolens* and *Solanum sp.*

Keywords: chronic disturbance, zoochore, states of degradation, frugivorous birds, mutualistic interactions.

3. Introducción

Las redes de interacciones ecológicas son sistemas complejos de relaciones entre organismos en un ecosistema dado (Bascompte y Jordano, 2007). Estas relaciones abarcan desde conexiones directas entre depredadores y presas hasta interacciones complejas entre organismos mutualistas (Fodor, 2018; Olf *et al.*, 2009). Las redes ecológicas permiten evaluar el estado de salud de los ecosistemas, y sus alteraciones ayudan a entender las transformaciones que estos han sufrido a lo largo del tiempo (Jordano *et al.*, 2009; Martínez-Falcón *et al.*, 2019). Este tipo de redes, que incluyen relaciones positivas (mutualismos) y negativas (antagonismos), regulan el funcionamiento de sistemas megadiversos y proporcionan servicios ecosistémicos esenciales (Bascompte y Jordano, 2007; Martínez, 2017).

Un ejemplo de mutualismo es la relación entre las aves frugívoras y las plantas que producen frutos carnosos. Las aves actúan como agentes de restauración en hábitats fragmentados (Levey *et al.*, 2002). Al consumir los frutos, las semillas son digeridas y escarificadas y luego depositadas, a través de las excretas, en sitios alejados de la planta parental (Traveset *et al.*, 2007), promoviendo la colonización de las plantas y la regeneración de bosques de manera natural (Raoelinjanakolona *et al.*, 2023).

Para mantener un ambiente equilibrado, es necesaria la interacción entre diversas comunidades de plantas, animales y microorganismos (Blüthgen *et al.*, 2008), donde cada especie cumple un rol ecológico específico (Martínez-Falcón *et al.*, 2019). Estas interacciones, fruto de relaciones evolutivas estrechas, se adaptan a condiciones climáticas extremas (Jaramillo-Castillo *et al.*, 2023; Martínez, 2017), y destacan la importancia de procesos como la polinización y la dispersión de semillas (Raoelinjanakolona *et al.*, 2023).

En los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES), las redes de interacción ecológica son especialmente dinámicas, variando en espacio y tiempo debido a la estacionalidad (Hagen *et al.*, 2012). Sin embargo, los BTES y sus interacciones ecológicas están gravemente amenazados por el cambio climático, la degradación del hábitat, la fragmentación, la erosión y desertificación, la tala de árboles y la expansión de la frontera agrícola-ganadera (Challenger, 1998; Jaramillo-Castillo *et al.*, 2023). Los bosques secos tropicales de Colombia, a través del análisis de redes ecológicas, se ha documentado que el anidamiento de las redes es menor (Acevedo-Quintero *et*

al., 2020), y, en Brasil, en regiones semiáridas, la conectancia también es baja (Santos y Ribeiro, 2023). Un menor anidamiento indica que las interacciones no siguen un orden adecuado entre especialistas y generalistas, lo cual puede hacer que la red de interacciones sea menos estructurada y potencialmente más vulnerable. Asimismo, una conectancia menor indica una red más dispersa y menos interconectada, lo que podría hacerla menos estable frente a la pérdida de especies (Tylianakis *et al.*, 2010).

En los bosques secos de México, Díaz-Infante *et al.* (2020) encontraron que las interacciones mutualistas entre plantas y aves sufren transformaciones importantes según el grado de perturbación del hábitat. Notaron que, en las áreas perturbadas por cambios en el uso del suelo, las redes ecológicas muestran mayor anidamiento y riqueza de especies, favoreciendo principalmente a aves generalistas que se adaptan fácilmente a estos ambientes alterados, a pesar de haber una menor disponibilidad de recursos en zonas perturbadas. Mientras que, las interacciones en áreas conservadas mantienen relaciones más especializadas y coevolucionadas. Por lo tanto, concluyeron que, aunque a primera vista parece que hay un mayor número de interacciones en zonas perturbadas, lo que realmente está ocurriendo es que se están perdiendo las relaciones especializadas entre especies nativas que han evolucionado juntas durante mucho tiempo, y los procesos ecológicos están volviéndose más simples y menos resistente.

Según Aguirre Mendoza y Geada-Lopez (2017) y Espinosa *et al.* (2012), los BTES ocupaban un 35 % del lado occidental de los Andes en Ecuador; sin embargo, entre el 60 % y 75 % de estas áreas han desaparecido debido a la falta de inclusión en planes de conservación. Esta situación se agrava porque los BTES del sur del Ecuador experimentan un disturbio crónico, generados por factores antrópicos como la tala selectiva y el pastoreo, que limitan la regeneración de árboles jóvenes y transforman el bosque hacia estados menos conservados, como el de tierras áridas, con mínima cobertura vegetal. En estos ecosistemas, la fructificación varía según la temporada, durante la estación lluviosa, se observa una mayor fructificación de las semillas zoocóricas, mientras que en temporada seca existen especies anemócoras que producen semillas (Jara-Guerrero *et al.*, 2011). Adicionalmente, la sequía extrema también favorece la degradación crónica al reducir la regeneración de especies (Jara-Guerrero *et al.*, 2019).

En este contexto, Jara-Guerrero *et al.* (2019) identificaron cinco estados de degradación en los BTES del sur de Ecuador; entre los ecosistemas registrados consta el bosque natural, seminatural, arbustivo, simplificado y tierra árida; todos ellos con características específicas relacionadas con la vegetación, las presiones humanas y los requisitos de restauración (Freitas *et al.*, 2023).

La modificación y/o pérdida de la estructura física, abundancia y riqueza de poblaciones vegetales afecta a la distribución y composición de las poblaciones de dispersores de semillas y sus diversas interacciones (Fahrig, 2017; Jaramillo-Castillo *et al.*, 2023; Ospina - López *et al.*, 2015). Por lo cual, las interacciones ecológicas entre aves frugívoras y comunidades de plantas que dan origen a las redes de interacción en los BTES se verían influenciados por la vegetación presente en cada uno de los estados de degradación del bosque (Aguirre Mendoza y Geada-Lopez, 2017). En este sentido, la vegetación controla los patrones topológicos en estas redes de interacción ecológica como la conectividad y modularidad (Freitas *et al.*, 2023).

En la provincia de Loja, León Hurtado (2015) ha llevado a cabo una investigación de redes de interacciones ecológicas en la localidad de EL Chilco del bosque seco de Zapotillo, estudiando el forrajeo, dispersión de semillas y polinización. Reconocieron la presencia de 45 especies de aves, destacando 16 especies insectívoras, cinco frugívoras-granívoras y cinco nectarívoras, las cuales son consideradas pioneras en las interacciones mutualistas en la zona de estudio. Asimismo, se registraron 27 especies de flora pertenecientes a 17 familias, destacando Bignoniaceae, Fabaceae, Combretaceae, Nyctaginaceae y Erythroxylaceae, por consiguiente, su presencia es considerada como importante para comprender las dinámicas del bosque.

En los BTES de la provincia de Loja, los estudios se han centrado en la caracterización florística (Herbario Loja *et al.*, 2001, 2003). Los vacíos de información sobre las interacciones ecológicas entre aves frugívoras y plantas se traducen en un problema alarmante de conservación, la escasez de información sobre interacciones entre aves frugívoras y plantas en este ecosistema complejo representa un desafío importante para la conservación y afecta las políticas y decisiones para equilibrar necesidades sociales y ambientales (Hobbs, 2016; Howe y Smallwood, 1982).

Este estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento de las redes de interacción entre aves y plantas en el gradiente de degradación del bosque estacionalmente seco de Zapotillo,

respondiendo a la pregunta: ¿Cómo se estructuran las redes de interacción entre aves frugívoras y plantas en los distintos niveles de degradación del bosque seco de Zapotillo? Para ello, se proponen dos objetivos específicos: (i) identificar las especies de aves frugívoras y las plantas con las que interactúan en diferentes niveles de degradación y (ii) analizar la estructura de las redes de interacción a lo largo del gradiente de degradación del bosque.

El estudio de las redes de interacción ecológica en los BTES permitirá comprender la relación entre plantas y animales que sobreviven a las condiciones de degradación y perturbación antrópica, y prever cómo la biodiversidad, funcionalidad y resiliencia de estos ecosistemas se verían afectadas sin medidas de conservación adecuadas (Martínez, 2017; Martínez-Falcón *et al.*, 2019).

4. Marco teórico

4.1. Redes de Interacción Ecológica

Las redes de interacción ecológica son sistemas complejos que abarcan una intrincada red de relaciones entre organismos dentro de un ecosistema (Bascompte y Jordano, 2007). Estas proporcionan un marco fundamental para entender la dinámica y la interconectividad del funcionamiento de las comunidades naturales (Fortin *et al.*, 2021), describiendo los posibles flujos de energía, nutrientes, biodiversidad, ensamblaje comunitario, nichos ecológicos y más información relevante sobre los ecosistemas (Fodor, 2018). En los bosques secos, donde la disponibilidad de agua es limitada y las condiciones ambientales son desafiantes, las interacciones ecológicas desempeñan un papel crucial en la formación de la estructura y resiliencia de especies claves (Villa-Galaviz *et al.*, 2012).

Entre los aspectos importantes de las redes ecológicas está su estructura, que puede ser simple o hasta altamente compleja según el número de especies involucradas y la fuerza y dirección de sus interacciones (Olf *et al.*, 2009). Las relaciones directas o indirectas que tienen las especies entre sí y entre factores abióticos se clasifican según los conflictos que existen entre depredadores y presa o en la cooperación mutualista de simbiosis (Fodor, 2018; Olf *et al.*, 2009). Específicamente, se han descrito estos dos tipos de interacciones, siendo el antagonismo una interacción negativa, y el mutualismo una interacción positiva (Bascompte y Jordano, 2007).

Las interacciones negativas desempeñan un papel crucial en la formación y estructura de las redes ecológicas al influir en la dinámica poblacional y en la composición comunitaria del ecosistema (Li *et al.*, 2021). Estas interacciones implican a un depredador consumiendo a su presa, lo que lo sitúa en la parte superior de la cadena alimentaria. Los efectos del depredador sobre las presas pueden ser directos, como las alteraciones comportamentales, la reducción de poblaciones e incluso la extinción, o indirectos, como el aumento en la abundancia de plantas o la alteración de la dinámica competitiva entre herbívoros, desencadenando procesos co-evolutivos donde depredadores y presas se adaptan continuamente a las estrategias del otro (Mora, 2018; Olf *et al.*, 2009).

Por otro lado, el mutualismo es un tipo de interacción ecológica clave para los ecosistemas, pero con participación y resultados beneficiosos que representan ventajas para las especies

involucradas, por lo que se considera una interacción positiva (Aslan *et al.*, 2013; Long, 2021). Las relaciones mutualistas pueden tomar diversas formas, como la polinización, la dispersión de semillas y la simbiosis mutualista (Michalska-Smith y Allesina, 2019).

El mutualismo de polinización implica la transferencia de polen entre las plantas con flores y polinizadores como insectos o aves, lo que facilita la reproducción de las plantas y asegura la diversidad genética dentro de las poblaciones de éstas (Hale *et al.*, 2020). El mutualismo de dispersión de semillas ocurre cuando los animales dispersan las semillas a cambio de recursos alimenticios o refugio proporcionados por las plantas, que por medio de este proceso pueden colonizar nuevos hábitats y mejorar la distribución de especies (Stachowicz, 2001). La simbiosis mutualista, implica una estrecha asociación entre diferentes especies que se benefician mutuamente como los hongos y las plantas, ya que los primeros mejoran la absorción de nutrientes para la planta mientras que ellas reciben compuestos de carbono a cambio (Sachs y Simms, 2006; Stachowicz, 2001).

4.2. Papel del Mutualismo entre Aves y Plantas en los Ecosistemas de Bosques Secos

Las aves son indicadores ecológicos en diversos ecosistemas, ya que gracias a su presencia, comportamiento y diversidad pueden proporcionar información precisa sobre la calidad y salud ambiental (Salas-Correa y Mancera-Rodríguez, 2020), ayudando a identificar las alteraciones y contaminantes que perturban los ciclos naturales, los hábitats y las interacciones dentro de la comunidad ecológica (Bhowmick, 2021). Las aves son sensibles a los cambios en el entorno natural y su abundancia puede reflejar directamente la disponibilidad de recursos como alimento, agua y refugio (Koskimies, 1989). Por lo tanto, un descenso en la población de aves puede ser un indicio del impacto negativo de las actividades antrópicas sobre la calidad de sus hábitats, lo que subraya la importancia de monitorear estas especies como un indicador clave de la salud ambiental (Haskell, 2022).

La presencia de aves endémicas que ocupan nichos ecológicos específicos en los bosques secos es un excelente indicador de la diversidad biológica de estos ecosistemas y de la salud de los mismos, proponiendo una poca intervención humana, la prevalencia de los recursos naturales y de sus dinámicas estacionales (Salas-Correa y Mancera-Rodríguez, 2020). Es de particular interés en los bosques secos, la relación mutualista entre aves y plantas (Howe y Smallwood, 1982). En este

caso, las aves actúan como polinizadores vitales o dispersores de semillas para diversas especies de plantas, al mismo tiempo que obtienen recursos alimenticios como néctar o frutas de estas plantas (Traveset *et al.*, 2007).

El mutualismo ave-planta en los bosques secos es esencial para mantener la biodiversidad y la estabilidad del ecosistema (Davis, 2023). Estas interacciones son evidentes debido a que las aves presentan una serie de adaptaciones físicas y conductuales que les permiten sobrevivir en condiciones de sequía y ante la disponibilidad de recursos de forma estacional, llegando a ser escasos la mayor parte del año (Salas-Correa y Mancera-Rodríguez, 2020).

En un estudio Almazán-Núñez *et al.* (2021) destaca que las aves frugívoras en los bosques secos presentan adaptaciones morfológicas, como picos especializados, para alimentarse de frutos de diferentes tamaños, lo que les permite seleccionar de manera eficiente los recursos alimenticios disponibles en estas zonas. Estas adaptaciones promueven la reproducción de las plantas al asegurar la dispersión hacia zonas alejadas de la planta parental (Traveset *et al.*, 2007). Este mutualismo, contribuye a la regeneración de las poblaciones de plantas y a la restauración de paisajes degradados por efectos del clima o por cambios del uso del suelo (Acevedo-Quintero *et al.*, 2023), y brinda a las aves recursos alimenticios vitales para la supervivencia en los bosques (Traveset *et al.*, 2007).

Las interacciones mutualistas entre aves y plantas en bosques secos reflejan una estrecha interdependencia y dinámicas de coevolución, donde la producción de frutos resalta el papel crucial de las plantas en la supervivencia de los frugívoros y la conservación de estas interacciones ecológicas (Silva *et al.*, 2020). En estos entornos áridos, las aves dependen de especies específicas de plantas para alimentarse, refugiarse e incluso para conseguir materiales de anidación, por ejemplo en el estudio de Acevedo-Quintero *et al.* (2023), se establece que los géneros *Miconia*, *Ficus*, *Cecropia*, *Bursera*, *Casearia* y *Trichilia*, son las plantas más importantes para la frugivoría en bosques secos de los trópicos, en especial las plantas que tienen pequeños y carnosos frutos rojos son las que tienen mayor potencial de dispersión de semillas. La información sobre estas plantas con incidencia en las redes de interacción es esencial para la recuperación de los BTES.

Las aves frugívoras desempeñan un papel clave en la dispersión de semillas en los bosques secos, favoreciendo la regeneración de especies vegetales adaptadas a estas condiciones extremas (Jara-Guerrero *et al.*, 2011). Entre las características que otorgan ventajas a las aves para sobrevivir y reproducirse con éxito, está la capacidad de volar largas distancias para encontrar frutos, la masa y tamaño corporal relativamente bajos, la especialización de los picos y la coloración de su plumaje (Salas-Correa y Mancera-Rodríguez, 2020). Garzón Santomaro *et al.* (2015), mencionan que algunas de las especies frugívoras registradas en BTES, pertenecen a la familia Psittacidae (pericos y loros) en dosel, la familia Thraupidae (tangaras) en dosel y subdosel, las familias Pipridae (saltarines) y Emberizidae en sotobosque.

Cabe recalcar que los psitácidos no tienen una buena perspectiva en la dispersión de semillas debido a su falta de habilidad en el manejo de semillas o frutos. Cuando se alimentan, tienden a ser depredadores de éstas, ya que suelen destrozarlas en lugar de dispersarlas. Sin embargo, las semillas que caen al suelo y no son destruidas por los psitácidos son aprovechadas por otras especies terrestres que tienen dificultades para acceder a la copa de los árboles (Yunes Gorri, 2005). Esto resulta en una dispersión efectiva de semillas por parte de estas especies, lo que cumple un importante rol ecológico. Además, la presencia de aves granívoras que complementan su dieta con frutos y flores, pertenecen a la familia de Emberizidae y Thraupidae, que suelen estar en sotobosque o en cultivos y pasturas cercanas a los bosques secos; finalmente, las aves omnívoras también contribuyen a la dispersión de semillas, aunque en menor frecuencia y distancia, se incluyen a especies de la familia Ramphastidae, Cadrinalidae, Thraupidae e Icteridae, en distintos estratos del bosque (Garzón *et al.*, 2015).

Las redes ave-planta, pueden construirse a través de matrices en donde se registre la interacción entre pares de ave-planta, concentrando los esfuerzos de muestreo en la cantidad de frutos consumidos por las aves. Con esta metodología, García (2016) pudo determinar tres patrones estructurales; el primero es que hay pocas especies muy interconectadas entre sí y muchas especies con limitadas interacciones, es decir, que las redes son muy heterogéneas. El siguiente patrón es que las aves especialistas interactúan con plantas a las que también acuden aves generalistas, y el tercer patrón se refiere a las interacciones ave-planta, mismas que pueden ser débiles y asimétricas.

Debido a que las redes ave-planta son modificadas por el espacio y tiempo, y que estas escalas son un desafío para las investigaciones, García (2016) sugiere que las investigaciones futuras sobre este mutualismo se enfoquen en evaluar patrones estructurales más específicos de las redes, en donde la ocurrencia y frecuencia de las interacciones se integren a la respuesta de las especies ante distintos gradientes de uso de suelo, para que el impacto antrópico sea evidenciado en las redes ecológicas. También se propone el análisis de redes mutualistas planta-frugívoro a una escala ecológica más amplia, es decir, que se involucren a otros mamíferos e insectos, que permitan corroborar, complementar y definir información verídica sobre el rol de las aves en las funciones ecológicas de los bosques secos.

Y finalmente, García (2016) menciona que el enfoque investigativo deberá girar en torno a demostrar la funcionalidad de las redes ecológicas, usando componentes cuantitativos y cualitativos para establecer los beneficios desde la perspectiva de aves (supervivencia y reproducción) y desde la perspectiva de plantas (zona de dispersión y viabilidad del destino). Las interacciones ave-planta, pueden ser utilizadas como información para aspectos de manejo y conservación de bosques secos, ya que el monitoreo de las poblaciones de aves evalúa a su vez, la calidad del hábitat en los bosques (Hernández Rodríguez, 2020).

4.3. Análisis de redes mutualistas y matrices de interacciones

La comprensión de las interacciones dentro de un ecosistema es fundamental para entender su estructura y funcionamiento. Una herramienta fundamental para representar estas interrelaciones es mediante la matriz de interacciones que pueden distinguirse de dos tipos de redes, unipartitas (o uni-modales), compuestas por nodos que pertenecen al mismo conjunto y donde los enlaces se establecen entre cualquier par de nodos (Figura 1) (Jordano *et al.*, 2009).

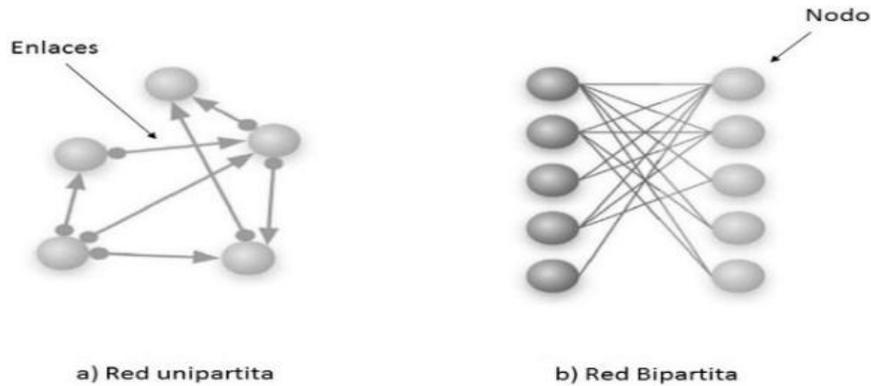


Figura 1. Diagrama de una red unipartita y bipartita anidada.

Fuente: Jordano *et al.* (2009).

En lo que confiere a la red bipartita (o bi-modales), implica dos conjuntos distintos de nodos y donde los enlaces solo pueden existir entre nodos de diferentes conjuntos, lo que permite visualizar las interacciones animal-planta. Con los nodos se divide en dos grupos (plantas y animales) y esta matriz puede ser cualitativa, donde se registra la presencia o ausencia de una especie frugívora (F) absorbiendo frutos o de tal manera interactuando con una especie de planta (P). Por otro lado, está la matriz cuantitativa que registra el número de interacciones ocurridas, lo que permite asignar valores numéricos a las interacciones (Jordano *et al.*, 2009).

Las interacciones entre aves frugívoras y plantas se registran en matrices, donde las columnas (P) representan las especies de plantas y las filas (F) las especies de aves. En la representación cualitativa (Tabla 1), se indica la presencia (1) o ausencia (0) de la interacción, mientras que en la cuantitativa se registra el número de interacciones (Tabla 2). Este mismo enfoque se aplica a las interacciones entre aves polinizadoras-frugívoras y plantas con flores-frutos (Jordano *et al.*, 2009).

Tabla 1. Matriz de interacciones cualitativa

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
F1	1	1	1	1	1	0	1
F2	1	1	0	1	1	1	0
F3	1	1	1	0	0	0	0
F4	0	1	1	0	0	0	0

Fuente: Jordano *et al.* (2009).

Tabla 2. Matriz de interacciones cuantitativa

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
F1	1	1	1	0	0	0	0
F2	0	1	3	0	0	0	0
F3	0	8	0	0	0	0	0
F4	0	2	0	0	0	0	16

Fuente: Jordano *et al.* (2009).

A través del tamaño de la matriz (S) se puede estimar el número de interacciones posibles al conocer la cantidad de especies tanto de aves como de plantas interactuantes. Por ejemplo, si el número total de especies que interactúan de $S=F+P = 11$, con $F=4$ y $P=7$, entonces las posibles interacciones (FxP) serían 28. Sin embargo, generalmente se observa solo una fracción del total de interacciones potenciales (Tabla 1) (Jordano *et al.*, 2009).

4.4. Análisis de redes mutualistas en R con bipartite

En el análisis de las redes mutualistas, es esencial emplear herramientas apropiadas para comprender su estructura y dinámica. Para ello, se recurre al uso del software estadístico R utilizando el paquete bipartite. Dormann *et al.* (2008), mencionan que el paquete de R bipartite ofrece funciones para la visualización y cálculo de índices comúnmente utilizados en el análisis de redes ecológicas, centrándose en redes de dos niveles tróficos como sistemas polinizador-planta y depredador-presa.

El paquete R bipartite ha sido desarrollado teniendo en cuenta la complejidad propia de las redes ecológicas, considerando tres tipos de redes bipartitas ecológicas como son los sistemas depredador-presa, polinizador-planta y sistemas dispersores de semillas, que es el enfoque principal de esta investigación. Estas redes se representan mediante matrices donde las columnas representan especies en el nivel trófico superior y las filas representan especies en el nivel trófico inferior, indicando los vínculos observados de manera cuantitativa o cualitativa (Dormann *et al.*, 2008).

Para evaluar y comprender la configuración de la red mutualista, se emplean indicadores específicos diseñados para describir redes bipartitas, incluyendo tanto el nivel trófico inferior como el superior. Entre estos parámetros se encuentran el anidamiento, la asimetría y la conectancia (Martínez-Falcón *et al.*, 2019).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en las localidades La Manga, Limones y Cochas, pertenecientes al cantón Zapotillo, ubicado en el extremo sur occidental de la provincia de Loja, Ecuador (Figura 2). El cantón abarca coordenadas geográficas que van desde los 04° 10' 00'' hasta los 04° 30' 00'' de Latitud Sur y desde los 80° 07' 00'' hasta los 79° 45' 00'' de Longitud Oeste (Ojeda Gaona, 2009). Presenta un rango altitudinal de 100 a 1 000 m s.n.m. (Ordóñez-Delgado *et al.*, 2016) y se caracteriza por una precipitación anual de 400 a 600 mm (ocurriendo principalmente entre febrero y abril) y una temperatura media anual de 24,9 °C (Webber, 2009).

Zapotillo presenta principalmente un ecosistema de bosque seco tropical, donde se han identificado diversas comunidades vegetales, que se distribuyen en los diferentes tipos de formaciones vegetales del bosque seco, y comprenden las tierras bajas, las estribaciones bajas occidentales de Los Andes y los valles secos interandinos del sur. Entre ellas destacan las siguientes comunidades: Matorral Espinoso Seco, Bosque seco deciduo ralo y Bosque de estribaciones bajas (Aguirre y Kvist, 2005). Además, la fenología de las plantas se ve influenciada por los cambios estacionales, evidenciándose la caída de las hojas durante la estación seca y en la presencia de hojas durante la estación lluviosa, como una adaptación a las variaciones del ambiente (Espinosa *et al.*, 2012). Por otro lado, Jara-Guerrero *et al.* (2011), indican que, durante la estación lluviosa, se observa una mayor fructificación de especies zoocóricas, que son dispersadas por animales.

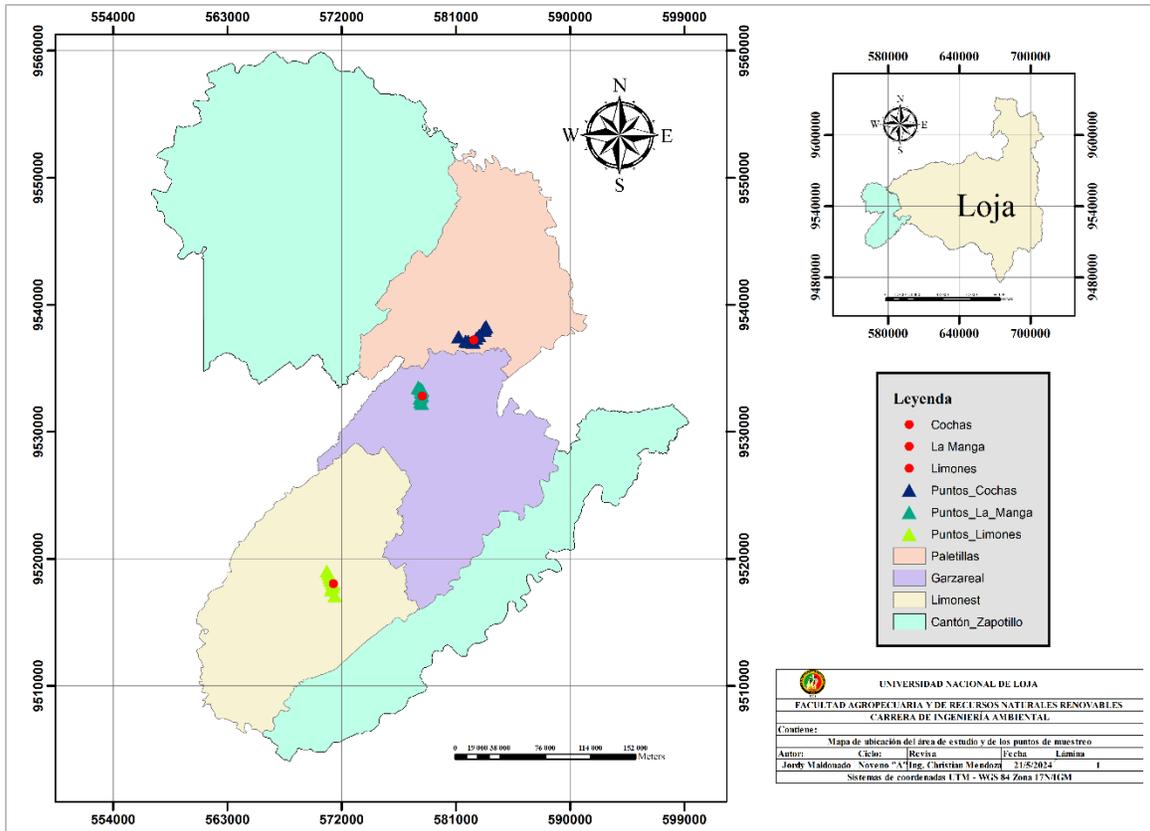


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio y de los puntos de muestreo del bosque seco de Zapotillo.

Fuente: Elaboración propia

En la investigación se aplicó el método inductivo, tratándose de una investigación descriptiva con enfoque cuantitativo. El diseño de la investigación se estableció considerando como referencia el diseño experimental de bloques al azar, tomando en cuenta la heterogeneidad de la zona de estudio y para minimizar posibles sesgos y garantizar la validez de los resultados. Cada localidad representó un bloque, y se analizaron cinco tratamientos que representan los estados de degradación del Bosque Tropical Estacionalmente Seco (BTES) de Zapotillo. En cada tratamiento se colocaron dos transectos, llevándose a cabo tres réplicas temporales durante el período de invierno. La unidad de muestreo fue el transecto ubicado en cada tratamiento, considerando como población todas las interacciones entre aves y plantas frugívoras en el bosque seco de Zapotillo.

5.2.Registro de interacciones

Se establecieron 9 puntos de muestreo en cada una de las localidades de Limones, La Manga y Cochas. Los puntos de muestreo se distribuyeron en los cinco estados de degradación existentes como es el bosque natural, bosque seminatural, bosque arbustivo, bosque simplificado y tierra árida, definidos por Jara-Guerrero *et al.* (2019).

En cada punto de muestreo se trazaron dos transectos de banda de 100 m de largo por 10 m de ancho, dando un total de 12 transectos para el estado natural, 14 transectos para el seminatural, 10 transectos para el simplificado, 14 transectos para el dominado por arbustos y 4 transectos para tierra árida. En los transectos, se identificaron los árboles y arbustos que presentaron frutos carnosos, los cuales fueron los puntos focales para la observación de las interacciones. La recolección de datos sobre las interacciones se efectuó durante la época invernal. Tras la identificación de los distintos árboles focales. Para la observación de las interacciones de frugivoría entre aves y plantas con frutos carnosos, se establecieron puntos de observación estratégicos que permitieron una visualización completa de la estructura arbórea, maximizando así el campo visual para el registro de todas las interacciones. Para lo cual se consideró muestrear durante una hora en cada transecto, usando el tiempo de manera homogénea según el número de árboles con frutos registrados en cada transecto. Este proceso de muestreo se llevó a cabo desde las 06:00 am hasta las 10:30 am. Para las observaciones se usaron binoculares 8x42. Además, se instalaron 4 cámaras trampa que fueron colocadas de manera aleatoria en los árboles con frutos de interés, durante 24 horas durante los días de monitoreo (Anexo 5).

En cada interacción registrada, se identificó la especie de ave, el sexo cuando fue posible, el comportamiento (vuelo [V], Salto [S], Perchado [P], Rebuscar [R], Rebuscar tronco [RT]); el tipo de interacción (frugivoría [Fr], Predación [Pr], Búsqueda activa [BA]); la altura en la que se encuentra el ave del suelo; la interacción (Hoja [H], Brote [B], Fruto [Fr], Flor [Fl], Tronco [Tr], Ramas [R]); la manipulación (Traga entero [TE], come arilo [CA], depreda la semilla [DS], tira al suelo intacto [TS], picotea [P]; no se observa [NV], traga la semilla [TS]); la cantidad de interacciones de frutos removidos, de igual manera el tiempo de manipulación y la especie de planta. Cada registro de observación contiene información detallada de la fecha, localidad, punto, transecto y hora de la observación (Anexo 1).

5.3. Identificación de aves y especies botánicas

Para la identificación de las especies de aves, se utilizó la guía de Aves del Ecuador de Freile y Restall (2018), así como la Bioweb (actualizada en febrero de 2021) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Además, se usó la aplicación Merlin Bird ID (The Cornell Lab of Ornithology, 2023), con el paquete de Aves del Sur del Ecuador.

Para la identificación botánica se utilizó la guía de Especies Forestales de los Bosques secos de Ecuador (Aguirre Mendoza, 2012). Adicionalmente las especies vegetales de difícil identificación fueron fotografiadas para corroborar su clasificación taxonómica con el personal del Herbario Reinaldo Espinosa.

5.4. Análisis de la estructura de la red

Para los registros, se consideró que cada manipulación de un fruto por parte de las aves representaba una interacción. Con los datos colectados, se construyeron subredes de interacción para cada estado de degradación, mediante dos matrices, la primera es la cualitativa entre aves frugívoras y plantas (Anexo 2), para observar la presencia (1) o ausencia (0) de las interacciones entre especies. Y la segunda matriz es la cuantitativa (Anexo 3), registra el número de veces que se produjo la interacción. La matriz consta de dos vectores: las filas representan las plantas, mientras que las columnas representan las aves frugívoras (Jordano *et al.*, 2009). En cada una de las subredes de los diferentes estados de degradación, se determinó el tamaño de la matriz (S), calculado como la suma de las especies de aves (F) y plantas (P), lo que permitió estimar el número máximo de interacciones potenciales (AxP) y registrar el número real de interacciones (L) identificadas, por lo tanto, esta metodología considera los principios establecidos por Jordano *et al.* (2009) y proporciona una visión detallada de como las aves y las plantas interactúan en los distintos estados ecológicos.

Se manejó el software estadístico R (R Core Team, 2022), junto con el paquete bipartite Dormann *et al.* (2008) que provee funciones para visualizar redes y calcular índices de interacción de anidamiento, asimetría y conectancia. En base a esto, el paquete bipartite en R proporciona herramientas específicas para construir, analizar y visualizar redes bipartitas. Estas redes se forman a partir de datos que describen las interacciones entre dos conjuntos de entidades. Para representar las redes en R se utiliza la función “plotweb” que dibuja un gráfico bipartito indicando las especies

y sus interacciones, mientras que para la matriz se emplea “viswev”, y para los índices se considera “networklever” que detalla la estructura y propiedades de la red (Dormann *et al.*, 2008). La estructura de las subredes se analizó mediante los siguientes índices:

5.4.1. Anidamiento

Se refiere a un patrón de interacción en el que organismos altamente especializados (especialistas) interactúan con un conjunto específico de las especies asociadas a organismos generalistas, indica una mayor conexión en las redes mutualistas, donde las interacciones son más específicas y estructuradas (Bascompte y Jordano, 2007). Almeida-Neto *et al.* (2008), menciona que los valores varían entre 0 y 100, donde N toma valores cercanos a 100 en matrices altamente anidadas, considerando que estos valores se ajustan entre 0 (no anidado) y 1 (perfectamente anidado). La Ecuación 1 representa este patrón (Bascompte y Jordano, 2007):

$$N = \frac{100 - T}{100} \quad [Ec. 1.]$$

Donde:

N = grado de anidamiento

T = temperatura o grado de desorden de la red

5.4.2. Asimetría

El índice de asimetría evalúa el desequilibrio en las interacciones entre niveles tróficos, como la relación entre dispersores y plantas, siendo fundamental para la estabilidad evolutiva y la persistencia de especies en las comunidades biológicas (Jordano *et al.*, 2009). García (2016), menciona que los valores negativos de este índice indican mayor especialización de plantas que de aves, ya que estas dependen más de plantas específicas, mientras que valores positivos enseñan mayor especialización de las aves consumidoras que dependen más de las plantas específicas. Este índice se calcula mediante la Ecuación 2 (Jordano *et al.*, 2009):

$$AS_{ij} = \frac{|d_{ij}^P - d_{ji}^A|}{\max(d_{ij}^P, d_{ji}^A)} \quad [Ec. 2.]$$

Donde:

AS_{ij} = Asimetría

| $d_{ij}^P - d_{ji}^A$ | = Dependencias

$\max(d_{ij}^P, d_{ji}^A)$ = Valor máximo de ambas

5.4.3. Conectancia

Indica la proporción de interacciones registradas en relación con el número total posible de interacciones en una comunidad y que ayuda a caracterizar su estructura, asimismo, los valores cercanos a uno indica que todas las especies se encuentran conectadas entre sí, mientras que los valores cercanos a cero muestran que hay menor conexión entre especies (Jordano *et al.*, 2009). Para realizar este cálculo, se emplea la Ecuación 3:

$$C = \frac{I}{P \times A} \quad [Ec. 3.]$$

Donde:

C = conectancia

I = número de interacciones observadas

P × A = riqueza de especies de una comunidad

6. Resultados

6.1. Interacciones entre aves frugívoras y plantas en los estados de degradación de los BTES Zapotillo

Se realizó un total de 113 horas de observación en la investigación, donde se registró un total de 23 especies de aves que interactuaron con 6 especies de plantas en temporada de fructificación (Tabla 3). Las 23 especies de aves se distribuyen en 3 órdenes (Columbiformes, Passeriformes, Trogoniformes), destacando los Passeriformes con 21 especies y se encuentran dispersas en 15 familias, siendo Tyrannidae la más representativa con 6 especies; además, son

consideras nueve especies endémicas reportadas en los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos (BTES) de la región tumbesina: *Cyanocorax mystacalis* (Sparre), *Myiodynastes bairdii* (Gambel), *Myiopagis subplacens* (P.L.Sclater), *Pachyramphus spodiurus* (P.L.Sclater), *Rhynchospiza stolzmanni* (Taczanowski), *Thamnophilus bernardi* (Lesson), *Turdus reevei* (Ridgway), *Tyrannus niveigularis* (Ridgway), *Trogon mesurus* (Ridgway) (Tabla 3).

Tabla 3. Especies observadas en los muestreos visuales clasificadas por familias y órdenes.

Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Endémica Región Tumbesina
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida meloda</i> (Tschudi)	Tórtola Melódica	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Cacicus cela</i> (Linnaeus)	Cacique Lomiamarillo	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck)	Tiranolete-Silbador Sureño	
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax mystacalis</i> (Sparre)	Urraca Coliblanca	Endémica
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia lanirostris</i> (d'Orbigny y Lafresnaye)	Eufonia Piquigruesa	
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis aequinoctialis</i> (J.F.Gmelin)	Antifacito Enmascarado	
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus longicaudatus</i> (Tschudi)	Sinsonte Colilargo	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes bairdii</i> (Gambel)	Mosquero de Baird	Endémica
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller)	Mosquero Rayado	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiopagis subplacens</i> (P.L.Sclater)	Elenita del Pacífico	Endémica
Passeriformes	Tityridae	<i>Pachyramphus spodiurus</i> (P.L.Sclater)	Cabezón Pizarroso	Endémica
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i> (Lesson)	Picogrueso Amarillo Sureño	
Passeriformes	Poliioptilidae	<i>Poliioptila plumbea</i> (Gmelin)	Perlita Tropical	

Passeriformes	Passerellidae	<i>Rhynchospiza stolzmanni</i> (Taczanowski)	Sabanero de Tumbes	Endémica
Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator striatipectus</i> (Lafresnaye)	Saltador Listado	
Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus bernardi</i> (Lesson)	Batará Collarejo	Endémica
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i> (Linnaeus)	Tangara Azuleja	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tolmomyias sulphureus</i> (Ridgway)	Picoancho Azufrado	
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus reevei</i> (Ridgway)	Mirlo Dorsiplomizo	Endémica
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus niveigularis</i> (Ridgway)	Tirano Goliníveo	Endémica
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo chivi</i> (Chubb)	Vireo Chiví	
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i> (Wilson)	Vireo Ojirrojo	
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon mesurus</i> (Ridgway)	Trogon ecuatoriano	Endémica

Nota: Las especies endémicas fueron reportadas por Ordóñez-Delgado *et al.* (2016).

En cuanto a las especies vegetales se registraron seis especies de plantas representadas en cinco órdenes distintos, de las cuales son consideradas tres especies endémicas reportadas en los bosques secos del Ecuador (Tabla 4). Dentro del orden Sapindales se identificaron dos especies pertenecientes a diferentes familias: *Allophylus* cf. *Psilospermus* (Radlk.) de la familia Sapindaceae y *Bursera graveolens* (Kunth) de la familia Burseraceae, mientras que las otras especies se agrupan en los órdenes Caryophyllales, Lamiales, Boraginales, y Solanales, representadas por *Coccoloba ruiziana* (Lindau) (Polygonaceae), *Citharexylum poeppigii* (Walp.) (Verbenaceae), *Cordia lutea* (Lam.) (Boraginaceae), y *Solanum* sp. (Solanaceae), respectivamente.

Tabla 4. Especies de plantas de las cuales se alimentan las aves en BTES Zapotillo

Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Endémicas del bosque seco
Sapindales	Sapindaceae	<i>Allophylus</i> cf. <i>Psilospermus</i> (Radlk.)	Arrayán	
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba ruiziana</i> (Lindau)	Añalque	

Lamiales	Verbenaceae	<i>Citharexylum poeppigii</i> (Walp.)	Café de campo	Endémica
Boraginales	Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i> (Lam.)	Overall	Endémica
Sapindales	Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth)	Palo santo	Endémica
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum</i> spp.	Tomatillo	

Nota: Las especies endémicas fueron reportadas por Aguirre Mendoza (2012).

6.2.Red de aves frugívoras-planta por estado de degradación

A nivel de subred del **estado natural** se observó un total de 13 especies de aves (Av; aves) que interactuaron con cuatro especies de plantas (P; plantas) para un tamaño de red de 17 especies (S; especies) (Figura 3). El número de interacciones máximas (Av x P) fue de 52 y el número de interacciones observada (L; interacciones observadas) fue de 14. Los índices de la red (Anexo 4), presenta un anidamiento (A; anidamiento) de 40,27 lo que indica una estructura moderadamente anidada, la asimetría (As; asimetría) es de -0,53 por lo tanto, sugiere que las aves dependen más de las plantas que viceversa, mientras que la conectancia (C; conectancia) es de 0,27 refleja un nivel moderado de conectividad entre las especies interactuantes. Entre las aves, se destaca *Euphonia laniirostris* con dos enlaces, mientras que por parte de plantas esta *Bursera graveolens* presentó siete enlaces.

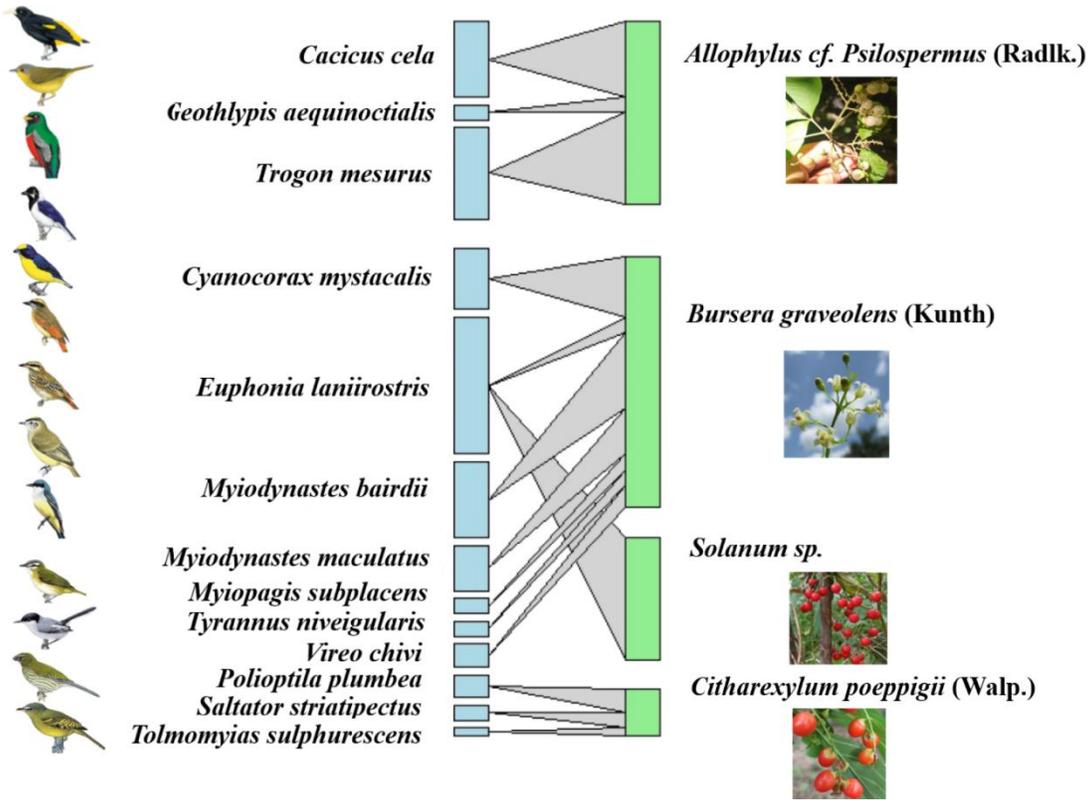


Figura 3. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación natural del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.

En la subred correspondiente al **estado seminatural** se registraron tres especies de aves (Av) que interactuaron con dos especies de plantas (P), resultando en una red que abarca cinco especies en total (S) (Figura 4). De las seis interacciones posibles (Av x P), se observaron tres interacciones ciertas (L). Los índices calculados (Anexo 4) revelaron un anidamiento (A) de 44,73, lo que sugiere una estructura con un nivel moderado de anidamiento. La asimetría (As) registrada en -0,20 sugiere que las aves dependen en mayor medida de las plantas, mientras que la conectancia (C) de 0,50 indica un grado moderado de conectividad entre las especies. Específicamente, *Myiodynastes bairdii*, *Pachyramphus spodiurus* y *Thamnophilus bernardi* mostraron un solo enlace cada una.

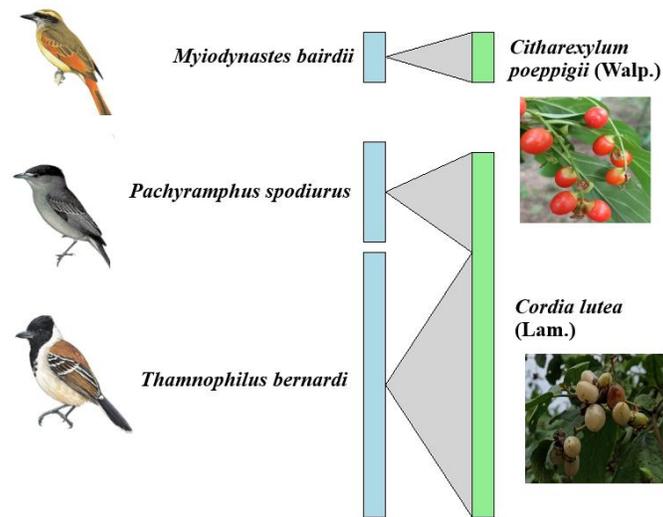


Figura 4. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación seminatural del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.

En el estado **simplificado**, la subred refleja la presencia de cuatro especies de aves (Av) interactuando con dos especies de plantas (P), lo que dio lugar a una red compuesta por seis especies (S) (Figura 5). Aunque podrían haberse dado hasta ocho interacciones posibles (Av x P), se documentaron cuatro interacciones efectivas (L). Los índices de la red (Anexo 4) indicaron un anidamiento (A) de 63,71, lo que también señala una estructura moderadamente anidada. La asimetría (As) de -0,33 indica que existe un moderado desequilibrio en favor de las plantas, y la conectancia (C) de 0,50 refleja un nivel intermedio de conectividad. Las especies de aves *Myiodynastes bairdii*, *Tolmomyias sulphurescens*, *Camptostoma obsoletum*, y *Turdus reevei* presentaron cada una un único enlace.

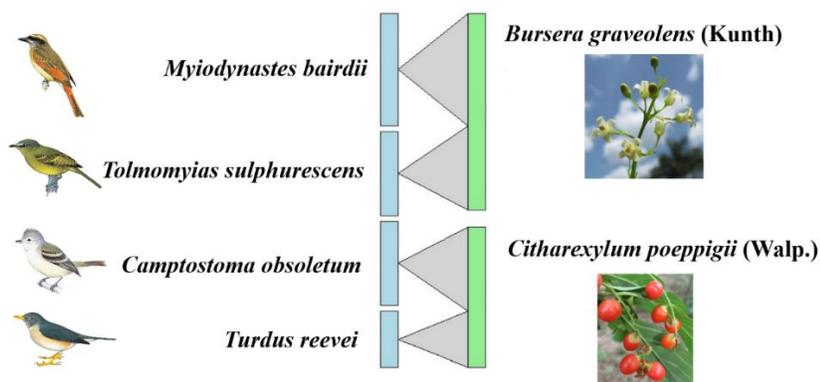


Figura 5. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación simplificado del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.

En la subred del **estado dominado por arbustos**, se encontraron cuatro especies de aves (Av) interactuando con dos especies de plantas (P), conformando una red de seis especies en total (S) (Figura 6). El análisis mostró que, de las ocho interacciones potenciales (Av x P), se observaron cuatro interacciones (L). Los índices de la red (Anexo 4) mostraron un anidamiento (A) de 63,71, reflejando una estructura moderadamente anidada. La asimetría (As) de -0,33 sugiere un moderado desequilibrio con un mayor efecto de las plantas en las interacciones, mientras que la conectancia (C) de 0,50 indica un nivel intermedio de conectividad. Las especies de aves *Myiodynastes bairdii*, *Zenaida meloda*, *Rhynchospiza stolzmanni* y *Thamnophilus bernardi* mostraron un único enlace cada una.

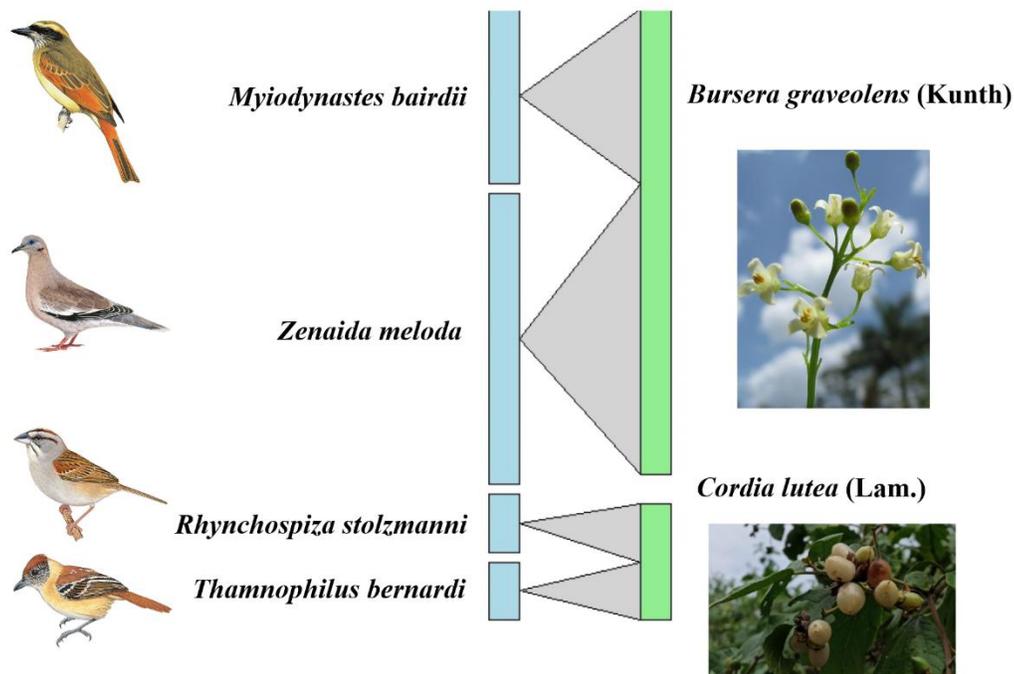


Figura 6. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación dominado por arbustos del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.

A nivel de subred al **estado árido**, se identificaron cinco especies de aves (Av) que interactuaron con dos especies de plantas (P), conformando una red de siete especies en total (S) (Figura 7). De las 10 interacciones posibles (Av x P), se observaron cinco interacciones efectivas (L). Los índices de la red (Anexo 4) mostraron un anidamiento (A) de 60,38, lo que sugiere una estructura moderadamente anidada. La asimetría (As) de -0,43 indica un desequilibrio moderado en favor de las plantas, y la conectancia (C) de 0,50 refleja una conectividad intermedia entre las

especies. Las especies de aves *Myiodynastes bairdii*, *Zenaida meloda*, *Rhynchospiza stolzmanni* y *Thamnophilus bernardi* presentaron un único enlace cada una. Mientras que, en el caso de las plantas, *Bursera graveolens* presentó tres enlaces.

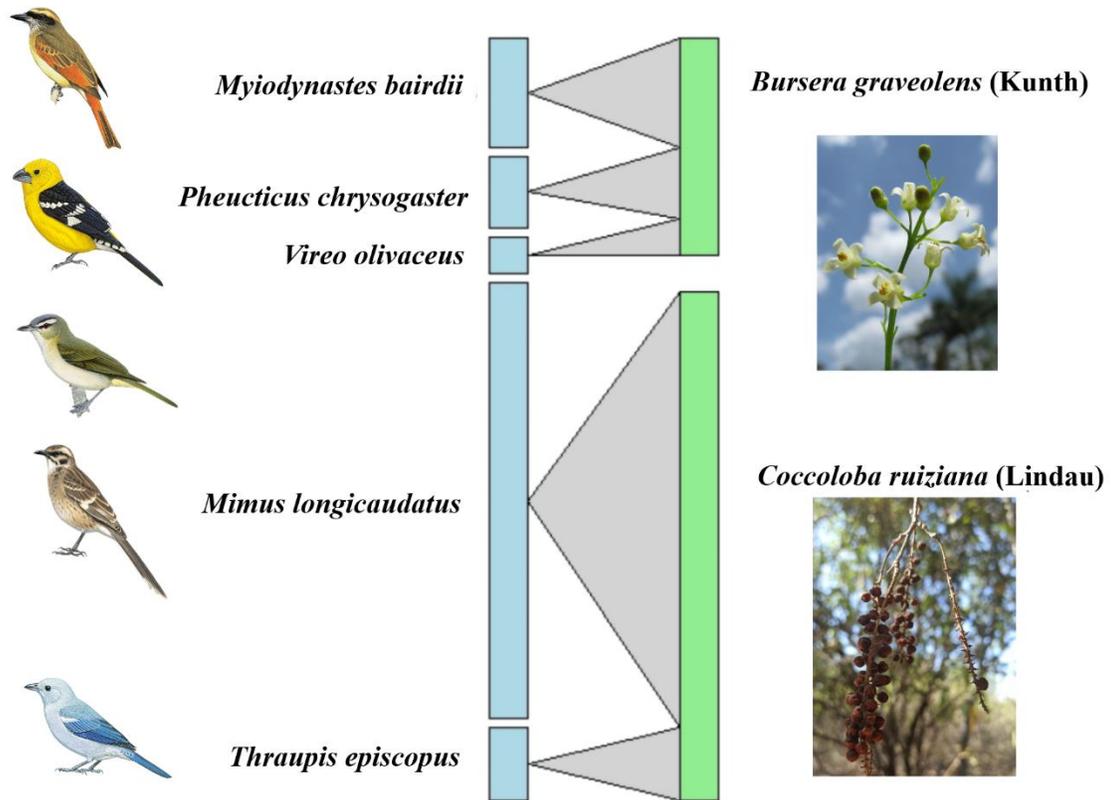


Figura 7. Red de interacción entre aves y plantas en el nivel de degradación tierra árida del bosque estacionalmente seco de Zapotillo.

7. Discusión

En ecosistemas vulnerables como los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES), las aves frugívoras desempeñan un papel determinante en la dispersión de semillas, promoviendo la restauración de hábitats fragmentados, la regeneración de los bosques secos de manera natural y mejorando los servicios ecosistémicos para el ser humano (Levey *et al.*, 2002; Raoelinjanakolona *et al.*, 2023). El presente estudio revela hallazgos significativos sobre la estructura de las redes ecológicas en diferentes estados de bosque. A lo largo de la gradiente de los estados conservados (natural y seminatural), hasta los estados no conservados (simplificado, arbustivo y árido), se evidenció que en los extremos (natural y árido) hay un mayor número de interacciones en comparación con los estados intermedios. Las áreas más conservadas y las más perturbadas promueven las interacciones mediante dos mecanismos por la abundancia de recursos o por adaptaciones necesarias para la supervivencia respectivamente (Almazán-Núñez *et al.*, 2018). Además, las redes en los estados más degradados muestran un mayor anidamiento que aquellas en estados mejor conservados. La conectancia de las redes es menor en el estado mejor conservado en comparación con los más degradados, por la presencia de especies especialistas, este patrón genera menos enlaces y reduce la conectividad (Olesen *et al.*, 2007). Finalmente, los resultados del presente estudio sugieren que la red de aves podría ser particularmente vulnerable a la extinción de especies de plantas.

Se registró un total de 146 interacciones entre las aves y plantas en los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES), abarcando cinco estados de degradación; donde, se observaron 23 especies de aves interactuando con 6 especies de plantas. Aunque este número de interacciones es considerable, resulta inferior a lo reportado en investigaciones similares realizadas en los BTES de Brasil (Santos y Ribeiro, 2023), donde se han registrado hasta 160 interacciones involucrando a 21 especies de aves y 11 especies de plantas; sin embargo, se debe considerar, que aquel estudio se realizó durante un año completo, lo que pudo haber influenciado, tanto en las interacciones como en el número de plantas encontradas.

Entre las familias de aves que se alimentan de frutos en BTES, destaca Tyrannidae por su notable dominancia. Esta familia también ha sido reportada en investigaciones llevadas a cabo en los bosques y sabanas del Cerrado, Brasil (Nunes-Purificação *et al.*, 2014). Dichos estudios

subrayan el papel crucial de los tiránidos como principales agentes dispersores de semillas en estos ecosistemas, resaltando así su importancia ecológica. Por ejemplo, *Myiodynastes bairdii* perteneciente a los tiránidos, registrada en todos los estados de degradación que tiene preferencia por *Brusera graveolens* excepto en el estado seminatural donde hay ausencia de árboles de *Brusera graveolens*, pero en su lugar el ave eligió a la especie *Citharexylum poeppigii*, que posee frutos rojos visualmente llamativos debido a sus características morfológicas, como el color (Steyn, 2008), adaptándose al estado de vegetación en el que se encuentra e interactuando con más especies de plantas, de manera similar a lo ocurrido con los frugívoros observados en Acevedo-Quintero *et al.* (2020) cuando se analizaron distintos estados de bosques secos.

Por otro lado, en los bosques húmedos-lluviosos tropicales estudiados en Kessler-Rios y Kattan (2012), Schleuning *et al.* (2012), Ramos-Robles *et al.* (2018), donde la disponibilidad de los recursos no se limita a las estaciones climáticas, estudios demuestran que al existir mayor diversidad y riqueza de especies en comparación a los BTES, las redes de interacción promueven una mayor complejidad, ya que existe gran cantidad de grupos de aves especialistas cuando hay disponibilidad de frutos durante todo el año. Así mismo en el estudio de Bascompte y Jordano (2007) y Schleuning *et al.* (2012), las plantas especialistas atraen aves con adaptaciones específicas para dispersar las semillas, lo que se traduce en sistemas asimétricos para especialistas y en redes de frugivoría más complejas y diversas por la variedad de frugívoros presentes, desde insectos hasta mamíferos (redes con mayor conectividad), y usualmente son interacciones muy difíciles de evaluar ya que el éxito de dispersión debe ser atribuido a la especie correcta (Antoniazzi *et al.*, 2019).

Los estados naturales y seminaturales se caracterizan por tener una mayor riqueza (Jara-Guerrero *et al.*, 2019); sin embargo, a pesar de estas características en el presente estudio, en el estado natural se encontró una conectancia baja en comparación con los otros estados, esto podría deberse a “enlaces prohibidos” como lo señala Angulo-Ortiz *et al.* (2024). Estos enlaces entre plantas y aves se desarrollan por múltiples factores interconectados, como la fenología de las plantas (que determina sus períodos de floración y fructificación), la morfología específica de los frutos, la forma del pico de las aves y la accesibilidad a los frutos (Jordano *et al.*, 2009). En los bosques secos tropicales (BSTs) de México, se ha reportado que el tamaño del fruto es determinante en la selección y dispersión de semillas por aves frugívoras. Como consecuencia,

algunas especies de aves no pueden alimentarse de ciertos frutos por la morfología como es el tamaño del fruto, lo que reduce la cantidad de interacciones registradas en comparación con las interacciones potenciales basadas en el total de especies identificadas, afectando así la conectividad y la estructura de anidación (Angulo-Ortiz *et al.*, 2024).

Por otro lado, a medida que los estados de degradación avanzan en los Bosques Tropicales Estacionales Secos (BTES) de Zapotillo, la morfología de los frutos va cambiando, manteniendo una constante dominancia de frutos pequeños en todos los estados de conservación, desde el ecosistema natural hasta las tierras áridas (Balcázar Bustamante y Mendoza León, 2024), en este contexto, el tamaño del fruto emerge como un factor determinante en la selección y remoción por parte de aves frugívoras, lo que explicaría variaciones en la conectividad superiores de 0,50 en el resto de estado, mientras que el estado natural de 0,27, facilitando que estas aves utilicen el recurso tanto para alimentación como para dispersión de semillas (Angulo-Ortiz *et al.*, 2024).

Por otra parte, en el presente estudio en todos los estados del bosque dominaron las especies especialistas para las aves. Los resultados reportados por Luzuriaga-Aveiga y Cisneros-Heredia (2022), concuerdan con los resultados del presente estudio, los bosques tumbesinos secos presenciaron mayor cantidad de especies especialistas de aves durante la época lluviosa, ya que las aves necesitan esta condición climática tanto para la recolección de frutos como para su temporada de reproducción, por lo que requieren de plantas específicas que proporcionen estos recursos, llegando a adaptarse al tipo de degradación del bosque en la región tumbesina lo que podría hacer pasar a ciertas aves como generalistas en la época seca. Bustamante-Castillo *et al.* (2020), sostienen que las redes de interacción están influenciadas por la estacionalidad climática y no precisamente por el uso del suelo.

En los estados del presente estudio: árido, dominado por arbustos y simplificado, se obtuvieron índices con el mayor anidamiento, esto se puede justificar debido a que las aves prefieren zonas con claros marcados, por lo que en los estados con pocas perturbaciones la competencia por recursos suele aumentar, por ende, estratos de bosques medianamente degradados resultan ser zonas que permiten que especies menos dominantes o competitivas puedan conseguir alimento y espacio adecuado (Almazán-Núñez *et al.*, 2018). Asimismo, el mayor anidamiento indica una mayor conexión en las redes mutualistas, donde las interacciones son más específicas

y estructurada en comparación con los estados naturales y seminaturales. En los resultados de Acevedo-Quintero *et al.* (2020), se describe que las especies de aves generalistas son las que más contribuyen al anidamiento de la estructura de la red mutualista entre frugívoros y plantas de un bosque seco colombiano, ya que al interactuar con muchas especies de plantas sirvieron como conectores entre y dentro de los módulos de la red mutualista, obteniendo índices altos tanto de anidamiento como de conectancia durante su estudio.

La asimetría de las redes es negativa para todos los estados de degradación, es decir, las aves actúan predominantemente como especialistas, ya que la mayoría interactúa con solo una especie de planta, mientras que las especies de plantas actúan como generalistas, con múltiples enlaces en los diferentes estados de los BETS de Zapotillo. En contraste, en estudios realizados en el bosque seco montano de Colombia compararon las interacciones de dispersión de semillas por aves entre un bosque restaurado y el de referencia, encontrando una asimetría positiva para ambos bosques (Ramírez y Parrado-Rosselli, 2021), concluyendo que las aves tienen una alta especialización en sus interacciones con ciertas especies de plantas, mientras que las plantas presentan una mayor generalización. Esto indica que las aves dependen de plantas específicas, reflejando una estructura en la que las aves interactúan con menos especies de plantas. Por consiguiente, estos resultados sugieren que, a diferencia del bosque seco montano de Colombia, en el bosque seco de Zapotillo al tener valores negativos, indica una menor estabilidad de la red, haciendo que la red sea más vulnerable a perturbaciones (Fortuna y Bascompte, 2006). Por el contrario, en el Bosque seco Montano de Colombia, los valores positivos de asimetría indican que las aves son más especializadas en sus interacciones con las plantas, lo que sugiere una red más estable, ya que las plantas pueden depender de múltiples especies de aves para la dispersión de semillas, haciendo la red más robusta frente a la pérdida de especies (García, 2016).

Los ecosistemas forestales tropicales se enfrentan a dos amenazas principales: la fragmentación de los bosques y las alteraciones locales ante el disturbio antropogénico crónico, exhibiendo una capacidad limitada de recuperación y bajas tasas de productividad (Casanova y Aranda-Pineda, 2020). Estos factores tienen un impacto significativo y variado tanto en las poblaciones de animales que se alimentan de frutos como en los procesos de dispersión de semillas mediados por la fauna (Menke *et al.*, 2012). Las presiones antropogénicas continuas, de baja intensidad y alta frecuencia, conocidas como disturbio crónico, ejercen una influencia significativa

en los BTES de Zapotillo. Este fenómeno altera las redes de interacciones ecológicas mediante la modificación en la disponibilidad de recursos y el incremento de la competencia entre especies (Espinosa *et al.*, 2023). Las especies identificadas durante esta investigación sirven de guía para establecer la dinámica actual en las estructuras de la red mutualista entre aves frugívoras y las plantas del bosque seco de esta región. Precisamente, al conocer la estructura de las redes en los estados de degradación árido, dominado por arbustos, natural, seminatural y simplificado, es posible establecer qué especies de aves y plantas son determinantes para el equilibrio ecológico, restaurar bosques, crear corredores biológicos, conectar fragmentos y mantener la diversidad, o cuáles son las más y menos afectadas ante los cambios en el uso del suelo y así incrementar esfuerzos de conservación precisos. El presente estudio es un aporte significativo para la comprensión y análisis de estas complejas estructuras mutualistas y su rol en los distintos estados de degradación del bosque.

8. Conclusiones

- Las redes de interacciones en los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos (BTES) de Zapotillo fueron más complejas en el estado natural, con 14 interacciones entre 13 especies de aves y cuatro de plantas. En los estados seminatural, simplificado, dominado por arbustos y árido, las redes fueron más simples, con menos interacciones (de cuatro a cinco). Estos hallazgos resaltan cómo la degradación del ecosistema reduce la conectividad de las redes ecológicas, subrayando la importancia de conservar los BTES en su estado natural.
- El estado natural de los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES) de Zapotillo, presenta el mayor número de interacciones entre aves frugívoras y plantas en fructificación. Sin embargo, es importante notar que, los estados más degradados presentaron una menor diversidad tanto de aves como de plantas, lo cual probablemente sea consecuencia del disturbio crónico que afecta a estos ecosistemas. Es relevante destacar el papel crucial de las especies vegetales que fructifican durante la época lluviosa, proporcionando recursos vitales para la comunidad de aves. Las especies *Allophylus cf. Psilospermus*, *Coccoloba ruiziana*, *Citharexylum poeppigii*, *Cordia lutea*, *Bursera graveolens* y *Solanum sp.* actúan como elementos clave en el mantenimiento de la red de interacciones ecológicas aves frugívoras-plantas, especialmente durante períodos invernal.
- Aunque los índices de las redes de interacción no muestran diferencias marcadas entre estados, se observa que los hábitats mejor conservados presentan menor índice de anidamiento, así mismo se observó que la conectancia fue menor en el estado mejor conservado siendo el natural. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la heterogeneidad del bosque seco en las estrategias de conservación, reconociendo el valor ecológico tanto de los hábitats bien conservados como de los estados en regeneración para mantener la integridad de las redes de interacción ave frugívora-planta en los bosques secos.

9. Recomendaciones

- Para futuros estudios sobre interacciones entre especies de aves frugívoras y plantas en el bosque seco, se debe poner especial atención a la estacionalidad, para lo cual se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo poniendo especial atención al inicio de la época de lluvias, lo que permitirá obtener datos más detallados sobre la fructificación.
- Realizar estudios permanentes de las interacciones entre aves y plantas, con el fin de evaluar de mejor manera la estructura de las redes de interacciones tróficas en el bosque seco de Zapotillo, considerando diferentes estados de degradación.
- El estado simplificado se caracteriza por la dominancia de una especie. En este estudio se enfocó en estados simplificados con baja presencia de especies de frutos carnosos. Sin embargo, existen también estados simplificados dominados por especies con frutos carnosos. Para una comprensión más completa del funcionamiento de estos ecosistemas, es importante que para futuros estudios se incluyan análisis de redes de interacciones ecológicas en ambos tipos de estados simplificados.
- *Myiodynastes bairdii* mostró mayor número de visitas a *Bursera graveolens* en todos los estados de degradación del bosque seco de Zapotillo, excepto en el estado seminatural, donde, ante la ausencia de *Bursera graveolens*, el ave prefirió a *Citharexylum poeppigii*. Por ello, se recomienda realizar estudios detallados sobre la distribución y abundancia de ambas plantas, así como su papel en las interacciones ecológicas, lo cual es crucial para desarrollar planes de reforestación y estrategias de conservación que aseguren la preservación de estas especies y la biodiversidad local.

10. Bibliografía

- Acevedo-Quintero, J. F., Zamora-Abrego, J. G., Chica-Vargas, J. P., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2023). Functional traits of fruits of particular importance for seed dispersers in the tropical dry forest. *Revista de Biología Tropical*, 71(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.52288>
- Acevedo-Quintero, J. F., Zamora-Abrego, J. G., & García, D. (2020). From structure to function in mutualistic interaction networks: Topologically important frugivores have greater potential as seed dispersers. *Journal of Animal Ecology*, 89(9), 2181–2191. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13273>
- Aguirre Mendoza, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador*. https://www.researchgate.net/publication/280625434_Especies_forestales_de_los_bosques_secos_d_el_Ecuador
- Aguirre Mendoza, Z., & Geada-Lopez, G. (2017). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 24(1). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24107>
- Aguirre, Z., & Kvist, L. P. (2005). *Floristic composition and conservation status of the dry forests in Ecuador*. <https://www.researchgate.net/publication/263889127>
- Almazán-Núñez, R. C., Alvarez-Alvarez, E. A., Sierra-Morales, P., & Rodríguez-Godínez, R. (2021). Fruit size and structure of zoochorous trees: Identifying drivers for the foraging preferences of fruit-eating birds in a mexican successional dry forest. *Animals*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/ani11123343>
- Almazán-Núñez, R. C., Charre, G. M., Pineda-López, R., Corcuera, P., Rodríguez-Godínez, R., Álvarez-Álvarez, E. A., & Bahena, A. M. (2018). Relationship Between Bird Diversity and Habitat along a Pine- Oak Successional Forest in Southern Mexico. In *New Perspectives in Forest Science* (pp. 185–201). InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72435>
- Almeida-Neto, M., Guimarães, P., Guimarães Jr, P. R., Loyola, R. D., Ulrich Almeida-Neto, W. M., Loyola, R. D., & Jr, G. (2008). A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, 117(8), 1227–1239. <https://doi.org/10.1111/j.2008.0030-1299.16644.x>
- Angulo-Ortiz, D., Becoche-Mosquera, J., & Gómez-Bernal, L. G. (2024). Structure of plant-frugivorous bird interaction networks in two high Andean forests of southwestern Colombia. *Global Ecology and Conservation*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03254>

- Antoniazzi, R., Garro, R. N. S. L., Dáttilo, W., Ribeiro, S. P., & Neves, F. S. (2019). Ant species richness and interactions in canopies of two distinct successional stages in a tropical dry forest. *Science of Nature*, 106(5–6). <https://doi.org/10.1007/s00114-019-1614-0>
- Aslan, C. E., Zavaleta, E. S., Tershy, B., & Croll, D. (2013). Mutualism Disruption Threatens Global Plant Biodiversity: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066993>
- Balcázar Bustamante, E. J., & Mendoza León, C. A. (2024). *Frutos zoocoros con importancia para dispersores de semillas en un gradiente de degradación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo* [“Tesis de grado,” Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/31311>
- Bascompte, J., & Jordano, P. (2007). Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38, 567–593. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818>
- Bhowmick, S. R. (2021). Biodiversity Assessment of Bird Species as Bioindicators and the Impact of Air Pollution on the Ecological Community. *International Journal of Pure and Applied Zoology*, 9(2), 18–25. <http://www.ijpaz.com>
- Blüthgen, N., Fründ, J., Vázquez, D., & Menzel, F. (2008). What do Interaction Network Metrics tell us about Specialization and Biological Traits. *Ecology*, 89(12), 3387–3399. <https://doi.org/10.1890/07-2121.1>
- Bustamante-Castillo, M., Hernández-Baños, B. E., & Arizmendi, M. del C. (2020). Hummingbird-plant visitation networks in agricultural and forested areas in a tropical dry forest region of Guatemala. *Journal of Ornithology*, 161(1), 189–201. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01712-4>
- Casanova, J. M., & Aranda-Pineda, J. A. (2020). Disturbio crónico en *Neolloydia conoidea*: algunas implicaciones demográficas. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 65(3), 68–79. https://web.ecologia.unam.mx/cactsucmex/csm2020_65_3.pdf
- Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro* (First edition). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología.
- de Freitas, É. V. D., Maracahipes, L., & Araújo, W. S. de. (2023). Plant richness and vegetation structure drive the topology of plant-herbivore networks in Neotropical savannas. *Acta Oecologica*, 121, 103961. <https://doi.org/10.1016/J.ACTAO.2023.103961>

- Díaz-Infante, S., Lara, C., & Arizmendi, M. del C. (2020). Land-Use Change in a Mexican Dry Forest Promotes Species Turnover and Increases Nestedness in Plant-Hummingbird Networks: Are Exotic Plants Taking Over? *Tropical Conservation Science*, 13, 1–15. <https://doi.org/10.1177/1940082920978952>
- Dormann, C. F., Gruber, B., & Fründ, J. (2008). *Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks* (Vol. 8, Issue 2). https://uni-goettingen.de/de/document/download/96729eb9d30a6f2dc4403df15854305c.pdf/Rnews2008,8_8-11_open.pdf
- Espinosa, C. I., De La Cruz, M., Luzuriaga, A. L., & Escudero, A. (2012). *Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación*. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=713>
- Espinosa, C. I., Jara-Guerrero, A., Castillo-Escobar, J., Cueva-Ortiz, J., Guzmán-Montalván, E., & Hildebrandt, P. (2023). Less berries and more pods: losers and winners of chronic disturbance in a tropical dry forest. *PREPRINT (Version 1) Available at Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3186450/v1>
- Fahrig, L. (2017). Ecological Responses to Habitat Fragmentation Per Se. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316>
- Fodor, E. (2018). Network Science and Forest Species Interactions. *MOJ Ecology & Environmental Sciences*, 3(1). <https://doi.org/10.15406/mojes.2018.03.00063>
- Fortin, M. J., Dale, M. R. T., & Brimacombe, C. (2021). Network ecology in dynamic landscapes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1949). <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1889>
- Fortuna, M. A., & Bascompte, J. (2006). Habitat loss and the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology Letters*, 9(3), 281–286. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00868.x>
- García, D. (2016). Birds in ecological networks: Insights from bird-plant mutualistic interactions. *Ardeola*, 63(1), 5–34. <https://doi.org/10.13157/arla.63.1.2016.rp7>
- Garzón Santomaro, C., Sánchez-Nivicela, J. C., Mena Valenzuela, P. R., González-Romero, D., & Mena Jaén, J. (2015). *Anfibios, Reptiles y Aves de la provincia de El Oro. Una guía para la identificación de especies del páramo al manglar: Vol. Miscelánea N° 7* (2nd ed.). Serie de Publicaciones GADPEO-

INABIO. <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2019/01/24/anfibios-reptiles-y-aves-de-la-provincia-del-oro-una-guia-para-ecosistemas-andino-costeros/>

Hagen, M., Kissling, W. D., Rasmussen, C., De Aguiar, M. A. M., Brown, L. E., Carstensen, D. W., Alves-Dos-Santos, I., Dupont, Y. L., Edwards, F. K., Genini, J., Guimarães, P. R., Jenkins, G. B., Jordano, P., Kaiser-Bunbury, C. N., Ledger, M. E., Maia, K. P., Marquitti, F. M. D., Mclaughlin, Ó., Morellato, L. P. C., ... Olesen, J. M. (2012). Biodiversity, Species Interactions and Ecological Networks in a Fragmented World. *Advances in Ecological Research*, 46, 89–210. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396992-7.00002-2>

Hale, K. R. S., Valdovinos, F. S., & Martinez, N. D. (2020). Mutualism increases diversity, stability, and function of multiplex networks that integrate pollinators into food webs. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15688-w>

Haskell, L. (2022). *Estado de Conservación de las Aves del Mundo 2022: Enfoques y soluciones para la crisis de la biodiversidad*. BirdLife International. https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2022/09/SOWB2022_ES_compressed.pdf

Hernández Rodríguez, J. S. (2020). *Patrones de actividad y ocupación de mamíferos y aves terrestres en bosques secos y húmedos en la cuenca del Río Magdalena*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/be02d703-cd84-470f-ae5c-a9024926b27d/content>

Hobbs, R. J. (2016). Degraded or just different? Perceptions and value judgements in restoration decisions. *Restoration Ecology*, 24(2), 153–158. <https://doi.org/10.1111/rec.12336>

Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982a). Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201–229. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>

Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982b). Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13(1), 201–229. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001221>

Jara-Guerrero, A., De la Cruz, M., & Méndez, M. (2011). Seed Dispersal Spectrum of Woody Species in South Ecuadorian Dry Forests: Environmental Correlates and the Effect of Considering Species Abundance. *Biotropica*, 43(6), 722–730. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00754.x>

Jara-Guerrero, A. K., Maldonado-Riofrío, D., Espinosa, C. I., & Duncan, D. H. (2019). Beyond the blame game: A restoration pathway reconciles ecologists' and local leaders' divergent models of seasonally dry tropical forest degradation. *Ecology and Society*, 24(4). <https://doi.org/10.5751/ES-11142-240422>

- Jaramillo-Castillo, D., Amarillo-Suárez, A., & Suarez-Guacaneme, J. (2023). Efecto de las áreas perturbadas y la precipitación en las redes ecológicas de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperoidea) y Angiospermas en Bosque Seco Tropical Colombiano. *Caldasia*. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n1.95320>
- Jordano, P., Vázquez, D., & Bascompte, J. (2009). Redes complejas de interacciones planta-animal. In *Ecología y Evolución de Interacciones Planta-Animal: Conceptos y aplicaciones* (Ed. Universitaria, pp. 17–41). <http://hdl.handle.net/10261/40617>
- Kessler-Rios, M. M., & Kattan, G. H. (2012). Fruits of Melastomataceae: Phenology in Andean forest and role as a food resource for birds. *Journal of Tropical Ecology*, 28(1), 11–21. <https://doi.org/10.1017/S0266467411000642>
- Koskimies, P. (1989). Birds as a tool in environmental monitoring. *Annales Zoologici Fennici*, 26(3), 153–166. <http://www.jstor.org/stable/23734578>
- León Hurtado, N. Y. (2015). *Evaluación de las interacciones ecológicas Ave-Planta del bosque seco en el sector el Chilco, Cantón Zapotillo y Modelación de Impactos Potenciales* [Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente., Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11117>
- Levey, D. J., Silva, W. R., & Galetti, M. (2002). *Seed Dispersal and Frugivory*. CABI Publishing. <https://mariomairal.com/wp-content/uploads/2021/01/Levey-D.-J.-al.-Eds-2002-Seed-Dispersal-and-Frugivory-Ecology-Evolution-and-Conservation.pdf>
- Li, H. D., Wu, X. W., & Xiao, Z. S. (2021). Assembly, ecosystem functions and stability in species interaction networks. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 45(6). <https://doi.org/10.17521/cjpe.2019.0159>
- Long, J. (2021). *Understanding Life on the Prairie through Ecological Networks*. Long, Jaclyn. <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2021/understanding-life-on-the-prairie-through-ecological-networks/>
- Luzuriaga-Aveiga, V. E., & Cisneros-Heredia, D. F. (2022). Seasonal turnover of avian community assembly in a highly fragmented Tumbesian dry forest of southwestern Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 8(1), 229–241. <https://doi.org/10.1080/23766808.2022.2076784>
- Martínez, C. (2017). *Enmarañada tela de interacciones ecológicas*.

- Martínez-Falcón, A. P., Martínez-Adriano, C. A., & Dáttilo, W. (2019). *Redes complejas como herramientas para estudiar la diversidad de las interacciones ecológicas* (pp. 265–283). <https://www.researchgate.net/publication/338557692>
- Menke, S., Böhning-Gaese, K., & Schleuning, M. (2012). Plant-frugivore networks are less specialized and more robust at forest-farmland edges than in the interior of a tropical forest. *Oikos*, *121*(10), 1553–1566. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.20210.x>
- Michalska-Smith, M. J., & Allesina, S. (2019). Telling ecological networks apart by their structure: A computational challenge. *PLoS Computational Biology*, *15*(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007076>
- Mora, F. (2018). A spatial framework for detecting anthropogenic impacts on predator-prey interactions that sustain ecological integrity in Mexico. *Ecological Processes*, *7*(1). <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0146-4>
- Nunes-Purificação, K., Pascotto, M. C., Pedroni, F., Nogueira-Pereira, J. M., & Alves-Lima, N. (2014). Interações entre aves frugívoras e plantas em formações savânicas e florestais do cerrado. *Biota Neotropica*, *14*(4). <https://doi.org/10.1590/1676-06032014006814>
- Ojeda Gaona, M. L. (2009). *Identificación de sistemas agroforestales tradicionales y selección de las mejores prácticas para enfrentar la desertificación en el cantón Zapotillo* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5860/1/Gaona%20Ojeda%20Mayra.pdf>
- Olesen, J., Bascompte, J., Dupont, Y., & Jordano, P. (2007). *The modularity of pollination networks*. *104*(50), 19891–19896. <https://doi.org/https://doi.org/10.1073/pnas.0706375104>
- Olf, H., Alonso, D., Berg, M. P., Eriksson, B. K., Loreau, M., Piersma, T., & Rooney, N. (2009). Parallel ecological networks in ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1524), 1755–1779. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0222>
- Ordóñez-Delgado, L., Tomás, G., Armijos-Ojeda, D., Jara-Guerrero, A., Cisneros, R., & Espinosa, C. I. (2016). New contributions to the knowledge of birds in Tumbesian region; conservation implications of the Dry Forest Biosphere Reserve, Zapotillo, Ecuador. *Ecosistemas*, *25*(2), 13–23. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.03>
- Ospina - López, L. A., Andrade - C., M. G., & Reinoso-Flórez, G. (2015). Diversidad de mariposas y su relación con el paisaje en la cuenca del río Lagunillas, Tolima, Colombia. *Revista de La Academia*

- Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(153), 455.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.215>
- Ramírez, A., & Parrado-Rosselli, Á. (2021). Evaluation of the restoration trajectory of an Andean forest through seed dispersal mutualistic networks. *Colombia Forestal*, 24(1), 108–122.
<https://doi.org/10.14483/2256201X.15618>
- Ramos-Robles, M., Andresen, E., & Díaz-Castelazo, C. (2018). Modularity and Robustness of a Plant-Frugivore Interaction Network in a Disturbed Tropical Forest. *Ecoscience*, 25(3), 209–222.
<https://doi.org/10.1080/11956860.2018.1446284>
- Raoelinjanakolona, N. N., Ramananjato, V., Andrianarimisa, A., Andrianiaina, A. F., Nantenaina, R. H., & Razafindratsima, O. H. (2023). Fragile plant-frugivore interaction networks in tropical forest edges. *Biological Conservation*, 277, 109822. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2022.109822>
- Sachs, J. L., & Simms, E. L. (2006). Pathways to mutualism breakdown. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(10), 585–592. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.06.018>
- Salas-Correa, Á. D., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2020). Aves como indicadores ecológicas de etapas sucesionales en un bosque secundario, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 23–39. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.34913>
- Santos, T. D., & Ribeiro, A. de S. (2023). Mutualistic interaction network structure between bird and plant species in a semi-arid Neotropical environment. *Acta Oecologica*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2023.103897>
- Schleuning, M., Fründ, J., Klein, A. M., Abrahamczyk, S., Alarcón, R., Albrecht, M., Andersson, G. K. S., Bazarian, S., Böhning-Gaese, K., Bommarco, R., Dalsgaard, B., Dehling, D. M., Gotlieb, A., Hagen, M., Hickler, T., Holzschuh, A., Kaiser-Bunbury, C. N., Kreft, H., Morris, R. J., ... Blüthgen, N. (2012). Specialization of mutualistic interaction networks decreases toward tropical latitudes. *Current Biology*, 22(20), 1925–1931. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.015>
- Silva, É. E. de M. e., Paixão, V. H. F., Torquato, J. L., Lunardi, D. G., & Lunardi, V. de O. (2020). Fruiting phenology and consumption of zoochoric fruits by wild vertebrates in a seasonally dry tropical forest in the Brazilian Caatinga. *Acta Oecologica*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103553>
- Stachowicz, J. J. (2001). Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities. *BioScience*, 51(3), 235–246. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0235:MFATSO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0235:MFATSO]2.0.CO;2)

- Steyn, W. J. (2008). Prevalence and Functions of Anthocyanins in Fruits. In *Anthocyanins* (pp. 86–105). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77335-3_4
- Traveset, A., Robertson, A. W., & Rodríguez-Pérez, J. (2007). A review on the role of endozoochory in seed germination. In *Seed Dispersal: Theory and its Application in a Changing World* (pp. 78–103). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781845931650.0078>
- Tylianakis, J. M., Laliberté, E., Nielsen, A., & Bascompte, J. (2010). Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation*, *143*(10), 2270–2279. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.004>
- Villa-Galaviz, E., Boege, K., & del-Val, E. (2012). Resilience in Plant-Herbivore Networks during Secondary Succession. *PLoS ONE*, *7*(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053009>

11. Anexos

Anexo 1. Hoja de campo

Interacciones entre aves frugívoras y plantas en un gradiente de degradación del bosque seco de Zapotillo.

Fecha	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> día mes año </div>		Hora de inicio:		Hora de fin:	
Área:			Temperatura:		Viento:	
			Nubes:		Lluvia:	
Código Árbol focal:			Observador			

Especie de ave	Sexo	Especie de planta/COD	Tipo interacción/actividad	Manipulación	Sitio	Cantidad	Comportamiento	Observaciones

Interacciones/actividad

H= Hoja (cuando la interacción se produce en la hoja), B= Brote (cuando la interacción se produce en el brote), F= Fruto (cuando la interacción se produce en el fruto), Fl= Flor (cuando la interacción se produce en la flor), T= Tronco (cuando la interacción se produce en el tronco), R= Ramas (cuando la interacción se produce en las ramas).

Manipulación

TE=Traga entero (cuando se traga el fruto entero), CA=Come arilo (cuando se come el arilo sin dañar la semilla), DS= Depreda semilla (cuando el ave rompe la semilla), TS=Tira al suelo intacto (cuando por el ramoneo el ave hace caer frutos intactos), P=Picotea (cuando picotea el fruto), NV=No se ve (cuando no se pueda observar la manipula fruto), TS=Traga semilla (cuando una se traga la semilla entera sin la pulpa)

Sitio

D= Dosel (es cuando el ave se alimenta en el dosel del árbol o arbusto), T= Tronco (es cuando el ave se alimenta en el tronco del árbol o arbusto), B= Base (es cuando el ave se alimenta en la base del árbol o arbusto)

Cantidad

Cantidad de insectos depredadores o cantidad de frutos removidos de acuerdo a manipulación, en búsqueda activa es 1.

Comportamiento

V= En vuelo (cuando el ave está volando a la hora de atrapar el recurso), S= Salto (cuando el ave atrape el recurso de un salto), P= Perchado (cuando el ave esté perchada a la hora de atrapar el recurso), R= Rebuscar (cuando el ave esté buscando activamente (rebuscando) entre el follaje a la hora de atrapar el recurso), RT= Rebuscar tronco (cuando el ave busca en el tronco o las ramas. Este comportamiento es típico de trepatroncos y pícidos)

Observaciones: Aquí se pone siempre la hora a la que se ve la interacción y si hay cualquier otra observación

NOTA: Si un grupo de aves con características específicas visitó el árbol y no se pudo observar el comportamiento individual simultáneamente, se enfocó en el individuo que era mejor visible. Si el comportamiento de individuos de diferentes especies no se pudo observar simultáneamente, se enfocó en la especie cuyas observaciones son más raras.

Anexo 2. Matriz de interacción cualitativa aves frugívora-planta (Presencia o ausencia de interacciones entre especie de ave y planta).

Aves	Plantas	<i>Allophylus cf. Psilospermus</i>	<i>Bursera graveolens</i>	<i>Citharexylum poeppigii</i>	<i>Coccoloba ruiziana</i>	<i>Cordia lutea</i>	<i>Solanum spp.</i>
<i>Cacicus cela</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Camptostoma obsoletum</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cyanocorax mystacalis</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Euphonia laniirostris</i>	0	1	0	0	0	0	1
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mimus longicaudatus</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Myiodynastes bairdii</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Myiodynastes maculatus</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Myiopagis subplacens</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Pachyramphus spodiurus</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pheucticus chrysogaster</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Polioptila plumbea</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Rhynchospiza stolzmanni</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Saltator striatipectus</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Thamnophilus bernardi</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Thraupis episcopus</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Trogon mesurus</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Turdus reevei</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Tyrannus niveigularis</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Vireo chivi</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Vireo olivaceus</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Zenaida meloda</i>	0	1	0	0	0	0	0

Anexo 3. Matriz de interacción cualitativa aves frugívora-planta (Número de interacciones registradas por especie de ave y planta).

Plantas Aves	<i>Allophylus cf.</i> <i>Psilospermus</i>	<i>Bursera</i> <i>graveolens</i>	<i>Citharexylum</i> <i>poeppigii</i>	<i>Coccoloba</i> <i>ruiziana</i>	<i>Cordia</i> <i>lutea</i>	<i>Solan</i> <i>um sp.</i>
<i>Cacicus cela</i>	10	0	0	0	0	0
<i>Camptostoma</i> <i>obsoletum</i>	0	0	3	0	0	0
<i>Cyanocorax</i> <i>mystacalis</i>	0	8	0	0	0	0
<i>Euphonia</i> <i>laniirostris</i>	0	2	0	0	0	16
<i>Geothlypis</i> <i>aequinotialis</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Mimus</i> <i>longicaudatus</i>	0	0	0	12	0	0
<i>Myiodynastes</i> <i>bairdii</i>	0	20	3	0	0	0
<i>Myiodynastes</i> <i>maculatus</i>	0	6	0	0	0	0
<i>Myiopagis</i> <i>subplacens</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Pachyramphus</i> <i>spodiurus</i>	0	0	0	0	6	0
<i>Pheucticus</i> <i>chrysogaster</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Polioptila</i> <i>plumbea</i>	0	0	3	0	0	0
<i>Rhynchospiza</i> <i>stolzmanni</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Saltator</i> <i>striatipectus</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Thamnophilus</i> <i>bernardi</i>	0	0	0	0	17	0
<i>Thraupis</i> <i>episcopus</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Tolmomyias</i> <i>sulphurescens</i>	0	3	1	0	0	0
<i>Trogon</i> <i>mesurus</i>	12	0	0	0	0	0
<i>Turdus reevei</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Tyrannus</i> <i>niveigularis</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Vireo chivi</i>	0	3	0	0	0	0
<i>Vireo olivaceus</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Zenaida</i> <i>meloda</i>	0	5	0	0	0	0

Anexo 4. Índices de la red de interacción con respecto a los estados de degradación.

Estados	Anidamiento	Asimetría	Conectancia
Natural	40,27	-0,53	0,27
Seminatural	44,73	-0,20	0,50
Simplificado	63,71	-0,33	0,50
Dominado por Arbusto	63,71	-0,33	0,50
Árido	60,38	-0,43	0,50

Anexo 5. Observación de interacciones entre aves frugívoras y plantas en diferentes zonas del bosque seco de Zapotillo



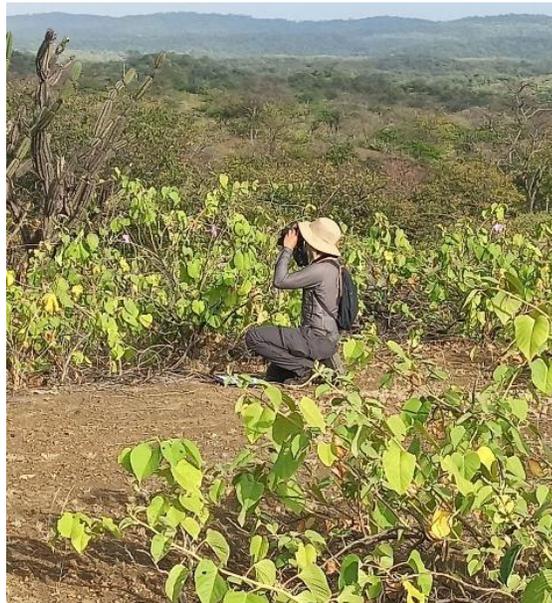
Observación de interacciones ecológicas en el estado natural del Bosque Tropical Estacionalmente Seco (BTES) de Zapotillo



Observación de interacciones en el estado seminatural del BTES de Zapotillo



Equipo de observación de aves realizando trabajo de campo en el estado simplificado del BTES de Zapotillo.



Registro de interacciones ecológicas en el estado arbustivo del BTES de Zapotillo



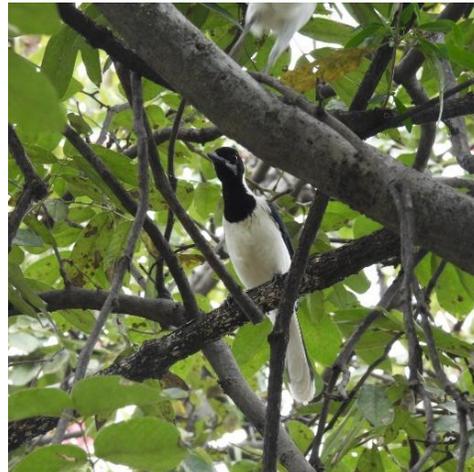
Equipo investigador durante monitoreo de avifauna en el estado árido del BTES de Zapotillo



Ejemplar de *Cyanocorax mystacalis* (Urraca Coliblanca) alimentándose de *Bursera graveolens* (Palo santo) en la localidad de Limones, en estado natural del ecosistema



Equipo técnico durante actividades de recolección y registro de datos en campo



Especies de aves registradas durante el proyecto: *Myiodynastes bairdii* (Mosquero de Baird), *Cyanocorax mystacalis* (Urraca Coliblanca) y *Thamnophilus bernardi* (Batará Collarejo).

Anexo 6. Certificado de traducción del Abstract

Loja, 11 de abril de 2025

Mgtr.

Edgar M. Castillo C.

**MAGÍSTER EN PEDAGOGÍA PARA LA ENSEÑANZA DEL IDIOMA INGLÉS
COMO LENGUA EXTRANJERA**

Certifica. -

Haber traducido de español a inglés el resumen del trabajo de integración curricular:

**Redes de interacciones ecológicas entre aves frugívoras-plantas en un gradiente de
degradación del bosque estacionalmente seco de Zapotillo**, de la autoría del estudiante Jordy

Lauro Maldonado Aguilar, C.I.: 1150840468.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso
del presente documento cuando lo considere conveniente.



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR MARIANO
CASTILLO CUESTA**

Edgar M. Castillo C.
EFL TEACHER

Nro. Reg. Senescyt: 1031-07-785748