



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Ambiental

Frutos zoocoros con importancia para dispersores de semillas en un gradiente de degradación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo

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

AUTOR:

Erick Jafet Balcázar Bustamante

DIRECTOR:

Ing. Christian Alberto Mendoza León, Mg.Sc

Loja – Ecuador

2024



UNL

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 **Frutos zoocoros con importancia para dispersores de semillas en un gradiente de degradación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo**, perteneciente al estudiante **ERICK JAFET BALCAZAR BUSTAMANTE**, con cédula de identidad N° **1727546416**.

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, 1 de Agosto de 2024



Almado electrónicamente por:
CHRISTIAN ALBERTO
MENDOZA LEON

F) _____

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-001638

1/1
Educamos para Transformar

Autoría

Yo, **Erick Jafet Balcázar Bustamante**, 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: 1727546416

Fecha: 6 de noviembre de 2024

Correo electrónico: erick.balcazar@unl.edu.ec

Teléfono: 0968318476

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, **Erick Jafet Balcázar Bustamante**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Frutos zoocoros con importancia para dispersores de semillas en un gradiente de degradación del bosque tropical 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 seis días del mes noviembre de dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Erick Jafet Balcázar Bustamante

Cédula: 1727546416

Dirección: Clodoveo Jaramillo, Loja, Ecuador

Correo electrónico: erick.balcazar@unl.edu.ec

Teléfono: 0968318476

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

Con gratitud a todos los que han hecho posible este trabajo.

Erick Jafet Balcázar Bustamante

Agradecimiento

Con profunda gratitud, reconozco el apoyo incondicional de mis padres, Carlos y Beatriz, así como de mis hermanos Jhoel, Alejandro y David. A mis amigos Jordy, Claudia, Kelly y Paulina, por formar parte importante de mi etapa universitaria. Expreso mi sincero agradecimiento al Ing. Christian Mendoza, cuya dirección y orientación fueron fundamentales en este trabajo. Asimismo, extiendo mi reconocimiento al equipo del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ), especialmente al Ing. Vinicio Escudero, Ecol. Katusca Valarezo, Ing. Oscar Ordoñez y Blga. Aurita Paucar, por su paciencia y consejos.

Erick Jafet Balcázar Bustamante

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. Redes de interacción	7
4.1.1. Interacciones Antagónicas.....	7
4.1.2. Interacciones Mutualistas	8
4.1.3. Dispersión de semillas.....	8
4.1.4. Síndromes de dispersión.....	9
4.2. Plantas con frutos zoocoros	10
4.2.1. Cambios en la disponibilidad de los frutos zoocoros	11
4.2.2. Cambios en las características de los frutos zoocoros.....	11
4.3. Bosques tropicales estacionalmente secos.....	12
4.3.1. Estado de conservación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo 13	
4.3.2. Factores que afectan la conservación de los bosques	13

5. Metodología	15
5.1. Área de estudio	15
5.2. Diseño de la investigación	16
5.3. Puntos de muestreo	17
5.4. Identificación de especies vegetales	17
5.5. Caracterización de los frutos zoocoros	17
5.6. Conteo de frutos.....	18
5.7. Análisis estadístico	19
6. Resultados	21
6.1. Caracterización de los frutos zoocoros	21
6.1.1. Especies vegetales con frutos	21
6.1.2. Color de los frutos	22
6.1.3. Tipo de fruto.....	23
6.1.4. Cantidad de semillas.....	23
6.1.5. Tamaño del fruto	24
6.1.6. Peso de los frutos.....	25
6.2. Conteo de frutos.....	26
6.2.1. Abundancia de los frutos.....	26
6.2.2. Índice de abundancia de fructificación.....	27
6.2.3. Relación entre el número de frutos y el estado de degradación del bosque.....	28
7. Discusión	30
8. Conclusiones	36
9. Recomendaciones	37
10. Bibliografía	38
11. Anexos	48

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los frutos a ser consideradas y medidas en la presente investigación	17
Tabla 2. Categorías semilogarítmicas del índice de tamaño de la producción de frutos.....	19
Tabla 3. Modelo evaluado con GLMM.....	20
Tabla 4. Clasificación de las especies vegetales, familias y órdenes en función del estado del bosque seco	21
Tabla 5. Modelos lineales entre los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo con el número de frutos y riqueza de especies vegetales zoocoras.....	29

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de la ubicación de las localidades de Cochas, La Manga y Limones donde se realizó el estudio.....	16
Figura 2. Distribución del color de frutos zoocoros en los cinco estados del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo. B: color blanco; N: color negro; Na: color naranja; R: color rojo; V: color verde	23
Figura 3. Distribución del color de frutos en los cinco estados del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo.....	23
Figura 4. Cantidad de semillas en función del estado de degradación.....	24
Figura 5. Clasificación del diámetro ecuatorial de los frutos de acuerdo a los diferentes estados, mediano: (16 - 30 mm); pequeño (6 - 15 mm); muy pequeño (< 6 mm).....	24
Figura 6. Clasificación del diámetro polar de los frutos de acuerdo a los diferentes estados. Mediano: (16 - 30 mm); pequeño (6 - 15 mm); muy pequeño (< 6 mm).....	25
Figura 7. Variación de las medias del diámetro polar y diámetro ecuatorial en los distintos estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo, cuadros media líneas CV 95 %. A: variación del diámetro polar; B: variación del diámetro ecuatorial	25
Figura 8. Variación del peso en los diferentes estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo, cuadros media líneas CV 95 %	26
Figura 9. Peso promedio medido de los frutos (n = 10 por especie) del bosque estacionalmente seco de Zapotillo	26
Figura 10. Disponibilidad de frutos en cada estado del bosque estacionalmente seco de Zapotillo	27
Figura 11. Índice de abundancia de fructificación para los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo	27
Figura 12. Relación entre las variables. A: relación entre el número de frutos y los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo; B: relación entre la Riqueza de especies vegetales zoocoras y los estados del bosque seco; Al: estado de tierra árida; Sd: estado dominado por arbustos; S: estado simplificado; sN: estado seminatural; N: estado natural	28

Índice de Anexos

Anexo 1. Ubicación de los puntos de muestreo distribuidos en los estados del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo.....	48
Anexo 2. Proceso para trazar los transectos.....	49
Anexo 3. Recolección de frutos zoocoros.....	50
Anexo 4. Caracterización de los frutos zoocoros.....	51
Anexo 5. Ficha para el conteo de frutos zoocoros para cada punto de muestreo	52
Anexo 6. Conteo de frutos zoocoros.....	53
Anexo 7. Certificado de traducción del Abstract.....	54

1. Título

Frutos zoocoros con importancia para dispersores de semillas en un gradiente de degradación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo

2. Resumen

En las interacciones mutualistas, los rasgos de las plantas evolucionan en respuesta tanto a factores ambientales como a los agentes dispersores. Estas adaptaciones incluyen mecanismos para la dispersión de semillas por agua, viento o por medio animales frugívoros. En la zoocoria, los frutos carnosos cuentan con diversas características que atraen a los dispersores. Los bosques tropicales estacionalmente secos de Zapotillos, caracterizados por una marcada estacionalidad, sufren disturbios crónicos, ocasionados por el sobrepastoreo, extracción de leña y tala selectiva. Estas actividades continuas, de baja intensidad y alta frecuencia, provocan cambios en la estructura y composición de especies vegetales, transformando progresivamente el bosque desde su estado natural a seminatural, simplificado, arbustivo hasta llegar a tierra árida. Esta investigación evalúa las características y disponibilidad de frutos zoocoros carnosos, aportando información clave que permiten comprender el proceso de dispersión de semillas en este ecosistema. Comprender estos procesos es crucial para planificar estrategias de conservación y restauración efectivas. Caracterizamos los atributos claves de los frutos zoocoros (como disponibilidad, el color, tipo de fruto, cantidad de semillas, tamaño y peso) en tres localidades: Cochas, La Manga y Limones. Para ello, establecimos transectos de 100 por 10 m en los cinco estados del bosque. Utilizamos modelos estadísticos para relacionar la abundancia de frutos y la riqueza de especies con los estados de conservación del bosque. Los resultados revelaron mayor variación en las características de los frutos en áreas mejor conservadas, mientras que las especies con frutos carnosos mostraron mejor adaptación a entornos degradados. Aunque no se halló una relación estadísticamente significativa, sí observamos variaciones relevantes, los estados más conservados presentaron una mayor disponibilidad de frutos y riqueza de especies zoocoras en comparación con los estados más degradados. Esto destaca la relevancia de las especies zoocoras en ecosistemas que mantienen los recursos necesarios para sostener interacciones ecológicas.

Palabras clave: bosque seco, interacciones ecológicas, disponibilidad de frutos, zoocoria, disturbio crónico.

Abstract

In mutualistic interactions, plant traits evolve in response to both environmental factors and dispersant agents. These adaptations include mechanisms for the dispersion of seeds by water, wind or frugivorous animals. In Zoochory, fleshy fruits have several characteristics that attract dispersants. The seasonally dry tropical forests of Zapotillos, characterized by a noticeable seasonal nature, are subject to chronic disturbances caused by overgrazing, firewood extraction and selective logging. These continuous activities, of low intensity and high frequency, cause changes in the structure and composition of plant species, transforming progressively the forest from its natural state to semi-natural, simplified, shrubby until it reaches arid land. This research evaluates the characteristics and availability of fleshy zoochorous fruits, providing key information that allows to understand the process of seed dispersal in this ecosystem. Understanding these processes is crucial for planning effective conservation and restoration strategies. We characterize the key attributes of the zoochorous fruits (such as availability, color, type of fruit, number of seeds, size and weight) in three locations: Cochas, La Manga and Limones. In order to carry out this, we set up transects of 100 by 10 m in the five forest states. We use statistical models to relate the abundance of fruits and species richness with forest conservation states. The results revealed greater variation in fruit characteristics in better preserved areas, while species with fleshy fruits showed better adaptation to degraded environments. Although no statistically significant relationship was found, we did observe relevant variations, the most conserved states showed a greater availability of fruits and richness of zoochorous species compared to the more degraded states. This highlights the relevance of zoochorous species in ecosystems that maintain resources necessary to sustain ecological interactions.

Keywords: dry forest, ecological interactions, fruit availability, zoochore, chronic disturbance.

3. Introducción

La sobrepoblación y el consumo excesivo de recursos naturales han causado la pérdida notable de biodiversidad y servicios ecosistémicos (Ehrlich y Ehrlich, 2013). El cambio global provoca efectos en cadena en los ecosistemas, que erosionan la diversidad y simplifica tanto su estructura como función, lo que puede iniciar cascadas de extinción en los ecosistemas (Sage, 2020). No solo la riqueza y abundancia de plantas y animales se ven impactadas por los cambios en el ambiente, sino también las interacciones entre ellas (Valiente-Banuet et al., 2014). Estas interacciones, que forma complejas redes ecológicas, son importantes para la distribución de las comunidades y dinámica de los ecosistemas (García et al., 2011).

La estructura de las redes ecológicas y la estabilidad de las especies dependen de si la interacción es antagónica o mutualista (Sauve et al., 2014). Las interacciones antagonistas suponen una afectación negativa para al menos uno de los involucrados en la interacción, mientras que el mutualismo mejora la competitividad y promueve la coexistencia (Zhang et al., 2020). Ejemplos de estas interacciones mutualistas incluyen la polinización y dispersión de semillas, fundamentales para mantener la biodiversidad y los ecosistemas (Bascompte et al., 2006). El proceso de dispersión de semillas es común en bosques tropicales, donde las especies arbóreas dependen de él, en un rango que va del 70 % y el 94 %, mientras que, en los bosques tropicales secos, esta dependencia oscila entre el 50 % y el 70 % (Jordano, 2014).

En las interacciones mutualistas, las plantas que presentan patrones estacionales de floración y fructificación complementarios atraen una fauna más diversa (García et al., 2014). Las plantas exhiben rasgos específicos que contribuyen al éxito en la dispersión, desarrollando ciertos rasgos como respuesta a su hábitat particular; estos rasgos pueden ser adaptaciones de los frutos al flujo de sus semillas por medio del agua o viento, o el desarrollo de una pulpa carnosa (Corenblit et al., 2015). Algunas plantas han desarrollado frutos carnosos con una gran diversidad de formas, aromas, texturas y colores, adaptándose a las capacidades sensoriales y morfológicas de los animales frugívoros (Valenta y Nevo, 2020). Se conoce que rasgos como la forma y tipo de los frutos influyen en la selección y consumo del fruto por parte de los animales dispersores de semillas (Bovo et al., 2018). En los bosques secos tropicales (BSTs) de México, el tamaño del fruto es un factor crucial en la selección y remoción de frutos por parte de aves frugívoras (Almazán-Núñez et al., 2021).

Los procesos de degradación y fragmentación pueden alterar los rasgos de las plantas (Aizen et al., 2016). Espinosa et al. (2023) evaluaron los efectos del disturbio crónico en los

bosques tropicales estacionalmente secos (BTES) de Zapotillo, Macará y Celica, Ecuador. Encontraron que los frutos más comunes fueron vainas (18,25 %), cápsulas (15,21 %), drupas (13,17 %) y bayas (11,15 %), mientras los colores más comunes fueron marrones (36,50 %), amarillos (10,14 %) y verdes (9,14 %). Y concluyeron que el disturbio crónico reduce la riqueza y abundancia de especies de frutos carnosos, principalmente a elevaciones bajas.

La abundancia y diversidad de especies frugívoras están estrechamente ligadas a la disponibilidad de frutos, en este contexto, los bosques bien conservados desempeñan un papel fundamental al proporcionar recursos alimenticios para los frugívoros (Cortés-Flores et al., 2019; Kuhlmann y Ribeiro, 2016). Asimismo, los gradientes latitudinales y la variabilidad temporal influyen en las interacciones planta-animal (García-García y Renjifo-Martínez, 2020), afectando la disponibilidad de recursos a lo largo del tiempo y espacio, lo que determina la composición y estructura de las comunidades vegetales (Jordano, 2014). En los bosques húmedos atlánticos de Brasil, las plantas producen frutos zoocoros todo el año, además, la mayor producción de frutas se concentra en unas pocas especies (Staggemeier et al., 2017). Mientras que en los bosques tropicales estacionalmente secos de Brasil la mayor proporción de especies zoocoras fructifican durante la temporada de lluvias, con los máximos picos de fructificación entre abril y marzo (Silva et al., 2020).

Entender la morfología y disponibilidad de los frutos proporciona una mejor comprensión de las interacciones entre animales y plantas, lo que permite elaborar medidas efectivas de conservación (Howe, 2016). Morelos-Juárez et al. (2015) realizaron un estudio en la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas del Chocó ecuatoriano, con el objetivo de preservar al mono araña de cabeza marrón (*Ateles fusciceps fusciceps*). Estimaron la disponibilidad de recursos frutales de la reserva y encontraron como especies importantes a *Brosimum utile*, *Calyptranthes plicata* y *Virola dixonii*, que proveen frutos durante todo el año, recomendando la declaración de estas zonas como áreas de protección permanente.

Los ecosistemas secos son especialmente vulnerables al disturbio antropogénico crónico debido a su baja resiliencia y tienen bajas tasas de productividad. Los disturbios crónicos hacen referencia a las actividades que se realizan de manera continua con baja intensidad, pero con alta frecuencia, pudiendo obstaculizar en el éxito reproductivo de las plantas (Casanova y Aranda-Pineda, 2020). En el contexto de los BTES de Zapotillo, los disturbios crónicos generados por actividades humanas, como la tala selectiva y el pastoreo, dan como resultado una disminución de la diversidad de especies de plantas leñosas (Jara-Guerrero et al., 2021). Estas

transformaciones han provocado cambios estructurales y en la composición de especies vegetales, identificándose cinco estados forestales distintos: bosque natural (N), bosque seminatural (sN), bosque arbustivo (Sd), bosque simplificado (S) y tierra árida (Al) (Jara-Guerrero et al., 2019). En los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES), la fenología de la comunidad arbórea está condicionada principalmente por la estacionalidad y la intensidad de las lluvias (Luna-Nieves et al., 2017), esto ha influenciado que la dispersión zoocórica represente el 54 % en los BTES de Zapotillo, por los frutos producidos por las especies vegetales zoocoras son importantes en la regeneración de la vegetación y el mantenimiento de la biodiversidad (Jara-Guerrero et al., 2011).

Los BTES representan un reservorio único de biodiversidad y de múltiples servicios ecosistémicos para el desarrollo humano (Balvanera et al., 2011). A pesar de su importancia, los BTES de Zapotillo están expuestos a una degradación crónica (Jara-Guerrero et al., 2021). A pesar de los esfuerzos de investigación, la comprensión de la ecología de los biomas de zonas secas, especialmente en áreas degradadas, sigue siendo limitada (James et al., 2013). Esto se suma la menor atención que reciben las plantas en generación de información en las investigaciones (Thorpe et al., 2011). Por ello, interesa conocer, ¿cuál es la relación entre los diferentes estados de degradación de los bosques estacionalmente secos de Zapotillo y la disponibilidad de frutos zoocoros?, generando información crucial sobre la disponibilidad y características de los frutos zoocoros en los bosques tropicales estacionalmente secos del sur de Ecuador que permitan comprender mejor las relaciones mutualistas entre plantas y dispersores, e identificar especies vegetales clave para la dieta de los dispersores. Estos hallazgos tendrán un impacto significativo en la conservación de la biodiversidad, el manejo efectivo de ecosistemas y el avance del conocimiento científico en la región.

La generación de información sobre los procesos de frugivoría y dispersión son importante para diseñar acciones específicas destinadas a la conservación y restauración de los BTES. Por ello, se plantea como objetivo general de conocer la disponibilidad de los frutos zoocoros en los diferentes estados del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo. Además, para contribuir con información sobre la disponibilidad de frutos se establecen los siguientes objetivos específicos, (i) Caracterizar frutos zoocoros a lo largo de un gradiente de degradación en el bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo, (ii) Identificar la variación en la disponibilidad de frutos zoocoros en cinco niveles de degradación presentes en el bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo.

4. Marco teórico

4.1. Redes de interacción

Las redes de interacción desempeñan un papel crucial en la promoción y sustentación de la biodiversidad, ya que regulan las poblaciones y las relaciones entre especies, contribuyendo así a la estabilidad y funcionalidad de los ecosistemas (Valiente-Banuet et al., 2014). Entre las interacciones interespecíficas fundamentales que impulsan cambios en la abundancia y composición de las especies; se destacan las interacciones mutualistas y antagonistas (Bronstein et al., 2003).

Las interacciones entre plantas y animales son ubicuas y de suma importancia debido al impacto significativo que ejercen en la evolución de ambos grupos; estas interacciones generan un efecto sustancial en la trayectoria evolutiva de las plantas y los animales, moldeando sus adaptaciones, comportamientos y rasgos a lo largo del tiempo (Simms, 2013). Las plantas son esenciales al proveer recursos, como frutos, para la fauna local, lo que aumenta las interacciones entre plantas y animales y, en consecuencia, fortalece el proceso de restauración natural (García et al., 2014).

Según Marques-Dracxler y Kissling (2022), en las interacciones entre frugívoros y plantas, se reconoce que los frugívoros pueden comportarse como depredadores de semillas cuando se alimentan directamente de éstas y no sobreviven, lo que constituye una interacción de tipo antagónica. Mientras que, se considera mutualismo cuando el consumo de frutas por parte de los frugívoros resulta en la dispersión efectiva de las semillas. En un estudio realizado por los autores mencionados, recopilaron información acerca de las interacciones entre frugívoros y palmas en la región Neotropical. Se identificaron si estas interacciones eran positivas, negativas o duales (es decir, tanto positivas como negativas, al mismo tiempo) en las especies de frugívoros que se alimentaban de frutos, pulpa y semillas. Hallaron que el 50 % de las interacciones fueron positivas, mientras que 21 % fueron negativas y el 29 % fueron duales. Además, se observó que la mayoría (58 %) de los frugívoros identificados eran aves. En cuanto al tipo de interacción alimentaria, se halló que el consumo de frutas representaba el 52 %, el consumo de semillas representaba el 37 % y el consumo de pulpa 11 %.

4.1.1. Interacciones Antagónicas

Las interacciones antagonistas se definen por el impacto negativo o perjudicial que al menos una especie experimenta debido a la presencia o acción de otra especie, estas relaciones pueden manifestarse de distintas maneras, como la competencia (por recursos), depredación

(cuando un organismo se alimenta de otro) o parasitismo (donde un organismo obtiene beneficios viviendo dentro o sobre otro, causándole daño) (Zeng y Wiens, 2021). No obstante, estas interacciones no son siempre perjudiciales. Por ejemplo, la interacción de depredación desempeña un papel crucial al controlar las poblaciones de organismos invertebrados y vertebrados que podrían convertirse en plagas para los cultivos o representar un riesgo para la salud humana (Maglianesi-Sandoz y Jones-Román, 2016).

4.1.2. Interacciones Mutualistas

El mutualismo es una asociación biológica entre dos especies diferentes en la que ambas obtienen beneficios significativos; en este tipo de relación simbiótica, ambas especies involucradas se benefician mutuamente (Boucher, 2016). Las asociaciones mutualistas pueden ser frágiles debido a la especialización, aunque generan fascinantes equilibrios evolutivos y ecológicos; esta especialización conlleva riesgos de extinción si una especie asociada desaparece, afectando la relación y la reproducción en interacciones (Simms, 2013). Generalmente, las interacciones entre las plantas y animales son altamente especializadas y mutuamente beneficiosas. La polinización y la dispersión de semillas representan interacciones mutualistas fundamentales en las comunidades ecológicas, con la capacidad de alterar las funciones y los servicios proporcionados por los ecosistemas (Maglianesi-Sandoz y Jones-Román, 2016).

4.1.3. Dispersión de semillas

La dispersión de semillas desempeña un papel funcional clave en los procesos ecosistémicos. Esta actividad facilita la propagación y distribución de las plantas, contribuyendo a la diversidad y regeneración de los ecosistemas (Dehling et al., 2016). Las interacciones entre plantas y animales permiten comprender cómo los ecosistemas proveen bienes y servicios, siendo la movilidad de las semillas el principal servicio que las plantas reciben de los animales, ya que la mayoría de ellas necesitan a los animales para el transporte de polen y semillas (Simms, 2013). Así la pérdida especies podría tener consecuencias importantes para la reproducción de las plantas y afectar la distribución espacial de las semillas (Anderson et al., 2021).

Kimmel et al. (2010) evaluaron la recuperación de áreas degradadas en Brasil, midiendo la integridad de las interacciones planta-animal en bosques secundarios. Su estudio se centró en la dispersión de semillas y polinización. Los resultados revelaron que el 89.8% de los modos de dispersión en estos bosques secundarios coincidían con los de bosques primarios, y el

porcentaje de especies dispersadas por animales era similar. La dispersión de semillas se realizaba principalmente por roedores y murciélagos. Además, la mayoría de los modos de polinización característicos de los bosques de la región también estaban presentes en los bosques secundarios. Los hallazgos subrayan la importancia de los procesos de polinización y dispersión de semillas en la recuperación de estos bosques secundarios.

4.1.4. Síndromes de dispersión

Según Van der Pijl (1969), los síndromes de dispersión son un conjunto de adaptaciones morfológicas que las plantas han desarrollado para facilitar la reproducción de sus semillas a través de vectores bióticos y abióticos. Estudiar estos síndromes es importante porque nos permite sacar conclusiones sobre los patrones de dispersión de semillas, comparar diferentes hábitats y taxones, comprender las contribuciones de otros dispersores en la dinámica forestal y proporcionar generalizaciones sobre los efectos de estos dispersantes en la estructura y composición de la vegetación (Buitrón-Jurado y Ramírez, 2014)

Jara-Guerrero et al. (2011) llevaron a cabo un estudio en los bosques secos de las provincias de Loja y El Oro, en Ecuador, con el objetivo de comprender el proceso de dispersión de semillas en este ecosistema. Se basaron en los síndromes generales de dispersión de semillas propuestos por Van der Pijl (1969), que incluyen la autocoria (expulsión mecánica de semillas por la planta madre), anemocoria (dispersión de semillas por el viento), zoocoria (dispersión de semillas por animales) y policoria (dispersión de semillas por múltiples medios). El síndrome de dispersión dominante fue zoocoria (54 %), seguido de anemocoria (28 %), autocoria (15 %) y policoría (3 %). Las especies zoocoras que dominaron fueron divididas en cuatro subcategorías (Van der Pijl, 1969) para su mejor comprensión:

- Epizoocoria, que se refiere al transporte pasivo mediante la adherencia de diásporas a plumas o pelo de animales.
- Sinzoocoria, que incluye diásporas recolectadas y almacenadas en escondites por roedores, además de diásporas transportadas activamente por animales que se alimentan de ellas, pero no ingieren las semillas.
- Endozoocoria, que ocurre cuando la diáspora es activamente ingerida y las semillas suelen ser evacuadas intactas.
- Mirmecocoria, que está relacionada con diásporas que tienen elaiosomas o que son transportadas activamente por las hormigas.

Del estudio previamente mencionado, se destacó que las especies anemócoras presentaron su pico de fructificación durante la estación seca, mientras que en las especies zoocóricas este pico se observó en la estación lluviosa. Durante la estación seca, la caída de hojas en la mayoría de las especies permite una mayor circulación del viento, lo que facilita la anemocoria. Por otro lado, la temporada de lluvias se vincula con la estacionalidad en la temperatura y la disponibilidad de agua, factores que desempeñan un papel vital en la dispersión de semillas. Además, en estos ecosistemas, los agentes dispersores animales muestran mayor actividad durante la temporada de lluvias.

4.2. Plantas con frutos zoocoros

La selección de las plantas realizada por los dispersores ha impulsado la evolución de numerosas características en las plantas (Kuhlmann y Ribeiro, 2016). La interacción entre estas características y la capacidad competitiva de las plantas desempeña un papel esencial en la conformación de las comunidades bióticas, esta adaptabilidad tiene un impacto considerable en la diversidad y estructura de los ecosistemas (Simms, 2013). Las transformaciones evolutivas han generado frutos que presentan atributos tanto intrínsecos, como compuestos secundarios, contenido nutricional, tipo de pulpa y color (Levey y Martínez del Rio, 2001), así como atributos extrínsecos, tales como tamaño, peso y consistencia (Saldaña-Vázquez, 2014).

Las especies zoocoras desempeñan un papel crucial en los ecosistemas, su importancia radica en que proporcionan recursos alimenticios para la fauna dispersora de semillas durante todo el año, esto es fundamental para mantener las poblaciones de animales frugívoros, además, el patrón de fructificación, resultado de procesos coevolutivos, optimiza la eficacia de la dispersión de semillas, contribuyendo así a la regeneración y diversidad del bosque (Silva et al., 2020).

En una investigación realizada por Acevedo-Quintero et al., (2023) se exploraron los atributos de los frutos (como color, tipo de pulpa, tamaño y posición en el dosel) más relevantes para las especies frugívoras, como las aves, en los bosques secos tropicales del departamento de Córdoba (Colombia). Observaron que cada planta establece interacciones específicas con diversas especies de frugívoros, ofreciendo una recompensa alimenticia a cambio del servicio de dispersión de semillas. Se destacó que, para las aves, los frutos rojos fueron más elegidos en términos de color, también mostraron una mayor selección de frutos con pulpas carnosas. Además, se observó que los frutos de mayor tamaño interactuaban menos con las aves, que

parecían elegir aquellos de menor tamaño. La posición en el dosel no parecía ser un factor determinante en estas interacciones.

4.2.1. Cambios en la disponibilidad de los frutos zoocoros

Las plantas se ajustan con precisión a la estacionalidad de su entorno, los cambios en su actividad vegetal; como la floración y fructificación (fenología), se ven influenciados por diversos factores, como las estaciones, las variaciones de temperatura y precipitación (Cleland et al., 2007). Estos eventos afectan los recursos de frutos disponibles para aves y mamíferos, provocando variaciones temporales en la disponibilidad de frutos; en regiones tropicales y subtropicales; fenómenos climáticos como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) pueden causar restricciones en la producción y disponibilidad de frutos (Butt et al., 2015). Las especies zoocoras en bosques secos tropicales fructifican principalmente durante la temporada de lluvias y con menor producción en la estación seca, este patrón, resultado de procesos coevolutivos, optimiza la dispersión de semillas y mantiene recursos para frugívoros todo el año (Silva et al., 2020).

En un estudio llevado a cabo por Cortés-Flores et al. (2019) en un bosque seco neotropical en Michoacán, México, se observó que las especies endozoocoras presentaban una distribución bimodal en la fructificación, con picos notables entre noviembre y abril-mayo, correspondientes al inicio y a la mitad de la época seca. Por otro lado, Zárate-Cuevas et al. (2022) expresaron que, en el bosque mesófilo de montaña en Jalisco, México, la fructificación alcanza su máxima riqueza de especies de febrero a julio, coincidiendo con gran parte de la temporada seca y el comienzo de la temporada de lluvias.

4.2.2. Cambios en las características de los frutos zoocoros

La interacción planta-frugívoro beneficia mutuamente a ambas especies, reduciendo la competencia por dispersores, la importancia funcional de las plantas en los procesos ecológicos se determina por los animales que atraen como dispersores efectivos (Chen et al., 2016). Las características morfológicas de los frutos, como color, tamaño, forma, tipo de pulpa y posición vertical, actúan como señales atractivas para los animales, influyendo en la diversidad y tipo de frugívoros consumidores y, por ende, en la relevancia funcional de las especies vegetales (Acevedo-Quintero et al., 2023).

García-García y Renjifo-Martínez (2020) realizaron una investigación en el bosque húmedo subtropical colombiano, para evaluar las variaciones en la diversidad de características funcionales de frutos carnosos consumidos por vertebrados; en tres estados sucesionales luego

de ser regenerados de procesos explotación forestales y uso ganadero. Es así que identificaron bosque secundario joven (15-20 años de regeneración), bosque secundario avanzado (30-40 años de regeneración) y bosque natural maduro (>80 años). Se analizaron características funcionales como la biomasa húmeda, la longitud y el diámetro de los frutos, la biomasa de semillas y el tamaño de cosecha. Encontraron que las características funcionales varían con el tiempo de desarrollo del bosque: en los bosques secundarios jóvenes hallaron frutos de menor peso, longitud y diámetro, mientras que los bosques maduros los frutos estas características eran mayores. Las características como el número de semillas, la relación pulpa/semilla y el número de frutos disponibles fueron mayores en los bosques secundarios jóvenes. El bosque secundario avanzado presento características intermedias entre el bosque secundario joven y el bosque maduro. Observaron que existe una tendencia a la reducción en el tamaño promedio de los frutos con la altitud.

4.3. Bosques tropicales estacionalmente secos

Los bosques tropicales estacionalmente secos ecuatorianos, forman parte de la zona de endemismo Tumbesino, albergan una importante diversidad florística y faunística (Aguirre-Mendoza et al., 2021; Ordóñez-Delgado et al., 2016). Estos ecosistemas, considerados estratégicos para la conservación, presentan una flora adaptada a condiciones extremas, desarrollándose con escasa disponibilidad hídrica (Aguirre-Padilla et al., 2018). Reconocidos entre los ecosistemas más amenazados globalmente, los bosques secos han sufrido una acelerada pérdida de cobertura vegetal, quedando actualmente restringidos a una pequeña fracción de su distribución histórica (Espinosa et al., 2012).

En la zona del Pacífico Ecuatorial, el 21 % de las especies leñosas registradas son endémicas de los bosques secos (Linares-Palomino et al., 2010). Las perturbaciones crónicas se reconocen ampliamente como uno de los principales desencadenantes de la pérdida de diversidad en los bosques tropicales estacionalmente secos (Jara-Guerrero et al., 2011). La comprensión de cómo la degradación del bosque seco afecta la cantidad y diversidad de frutos carnosos disponibles es fundamental para evaluar el estado de la biodiversidad y la salud del ecosistema (Koleff et al., 2012). Actividades como la agricultura y la cría de ganado bovino y caprino en los BTES de Zapotillo han generado modificaciones en el uso del suelo, impactando la estructura, funcionalidad y dinámica del ecosistema (Aguirre-Mendoza, 2012).

4.3.1. Estado de conservación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo

Jara-Guerrero et al. (2021) determinaron que en los BTES de Zapotillo el disturbio crónico derivado de las actividades antropogénicas de baja intensidad, como la tala selectiva y el pastoreo extensivo, están provocando la pérdida de la riqueza de especies leñosas. Esto implica que, el disturbio crónico está generando modificaciones ambientales con la disminución de árboles de gran tamaño, favoreciendo así el establecimiento de un pequeño grupo de especies que toleran mejor la sequía. En el estudio realizado por Jara-Guerrero et al. (2019) se identificaron cinco estados forestales en los BTES de Zapotillo. Este análisis se fundamentó en las características estructurales y la composición de especies vegetales con el objetivo de comprender los diversos escenarios de degradación presentes en la zona. Se identificaron los siguientes estados forestales:

- Estado natural o de referencia: Bosque con alta diversidad estructural, densidad considerable de árboles y una amplia variedad de especies de plantas leñosas.
- Estado de bosque seminatural: Presenta densidad y riqueza de especies de plantas menores en comparación con el estado natural, con árboles de menor altura.
- Estado dominado por arbustos: Caracterizado por disminución en la riqueza de especies y densidad de árboles, y un cambio hacia la dominancia de estratos arbustivos y herbáceos, donde los árboles adultos podrían ser escasos o aislados.
- Estado simplificado: Representa áreas dominadas por una especie específica y se caracteriza por una baja uniformidad de especies.
- Estado de tierra árida: Se caracteriza por baja riqueza de especies de plantas y una densidad de árboles significativamente reducida, con predominio de arbustos bajos en la cobertura del suelo.

4.3.2. Factores que afectan la conservación de los bosques

La pérdida de biodiversidad, que afecta tanto a la flora como a la fauna, está estrechamente vinculada a la transformación de los hábitats y al cambio climático (Hoffmann et al., 2019). Esta fragmentación resultante disminuye la eficiencia en la preservación de la diversidad biológica, afecta el funcionamiento de los ecosistemas, provoca la pérdida gradual de hábitats y la pérdida de la capacidad de las redes ecológicas para mantener metapoblaciones (Gonzalez et al., 2011). Una variedad de procesos está vinculada a la fragmentación, que se ven influenciados por factores como el tamaño del parche, el aislamiento y los efectos de borde, afectando la conectividad entre hábitats, la distribución de especies y la dinámica poblacional (Arasa-Gisbert et al., 2021).

La fragmentación del bosque y el efecto borde pueden impactar en la abundancia de plantas frutales y aves frugívoras, alterando así el proceso mutualista de frugivoría y dispersión de semillas (Galetti et al., 2003). Pessoa et al. (2017) llevaron a cabo una investigación en el estado de Bahía, en Brasil, para evaluar la influencia de la cubierta forestal a escala de paisaje en la riqueza y abundancia de especies, así como en la disponibilidad de biomasa. En esta comparación entre fragmentos de bosque nativo y fragmentos sometidos a efectos de borde, evidenciaron que la pérdida de hábitat en paisajes antropogénicos afecta negativamente la diversidad de especies de árboles zoocóricos, especialmente aquellas tolerantes a la sombra. Esta disminución en la diversidad impacta la producción de biomasa frutal, alterando la disponibilidad de recursos y hábitat para los frugívoros.

Las alteraciones del hábitat ejercen un impacto sobre la biodiversidad, afectando de manera desproporcionada a ciertas especies y grupos funcionales, esta selectividad en el impacto puede desencadenar la pérdida o degradación de procesos ecológicos cruciales, como la dispersión de semillas (Bovo et al., 2018). La fragmentación forestal, en particular, no solo modifica la composición de las comunidades arbóreas, sino que también altera sus atributos funcionales, lo cual repercute directamente en el funcionamiento integral del ecosistema (Magnago et al., 2014).

En la Mata Atlántica brasileña, Bovo et al. (2018) evaluaron los efectos de la reducción en el tamaño de las parcelas forestales de bosque húmedo en la composición de rasgos morfológicos y la riqueza funcional de aves frugívoras. Los resultados indican que la estructura de las comunidades de estas aves se vio afectada por la disminución del tamaño de los parches; a medida que los fragmentos de bosque son más pequeños, es más frecuente encontrar aves de menor tamaño. Esto tiene consecuencias adversas significativas para las especies de plantas que dependen de los dispersores de semillas, ya que las aves frugívoras más pequeñas tienden a ingerir frutos y semillas más pequeñas, lo que dificulta la dispersión de semillas de mayor tamaño y, por ende, la restauración de estos ecosistemas boscosos se ve afectada.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en las localidades de Cochas, La Manga y Limones del cantón Zapotillo, provincia de Loja, al sur de Ecuador. La zona de estudio abarca altitudes que van desde 100 hasta 1000 m s.n.m. (Ordóñez-Delgado et al., 2016) e incluye bosques caducifolios y semicaducifolios en áreas tropicales con una marcada estacionalidad climática (Espinosa et al., 2012). La región experimenta una estación seca de mayo a noviembre y una estación lluviosa de diciembre a abril (Aguirre-Padilla et al., 2018), con un clima seco, caracterizado por una temperatura promedio de 24 °C y precipitaciones que varían entre 400 y 600 mm/año (Aguirre-Mendoza et al., 2021).

La estacionalidad climática influye significativamente en la fenología de las plantas, manifestándose tanto en la caída de las hojas durante la estación seca (Espinosa et al., 2012), y una alta sincronía en la producción de frutos zoocoros durante la época lluviosa (Jara-Guerrero et al., 2011). Se han registrado 106 especies vegetales (Aguirre-Mendoza, 2012), donde las más notables son: *Tabebuia chrysantha*, *T. billbergii* (Bignoniaceae), *Cynophalla mollis* (Capparaceae), *Erythroxylum glaucum* (Erythroxylaceae), *Eriotheca ruizii* (Malvaceae), *Leucaena trichodes*, *Chloroleucon mangense* (Fabaceae), y *Cochlospermum vitifolium* (Bixaceae) (Jara-Guerrero et al., 2018).

En los BTES de Zapotillo se ha identificado a la tala selectiva y el pastoreo extensivo de ganado caprino como actividades que generan disturbios crónicos (Jara-Guerrero et al., 2021). Evaluando los efectos de este disturbio se han definido cinco estados forestales, cada uno distinguido por sus características estructurales y la composición de la vegetación, estos estados han sido designados como: bosque natural (N), bosque seminatural (sN), bosque simplificado (S), bosque arbustivo o dominado por arbustos (Sd) y tierra árida (Al) (Jara-Guerrero et al., 2019).

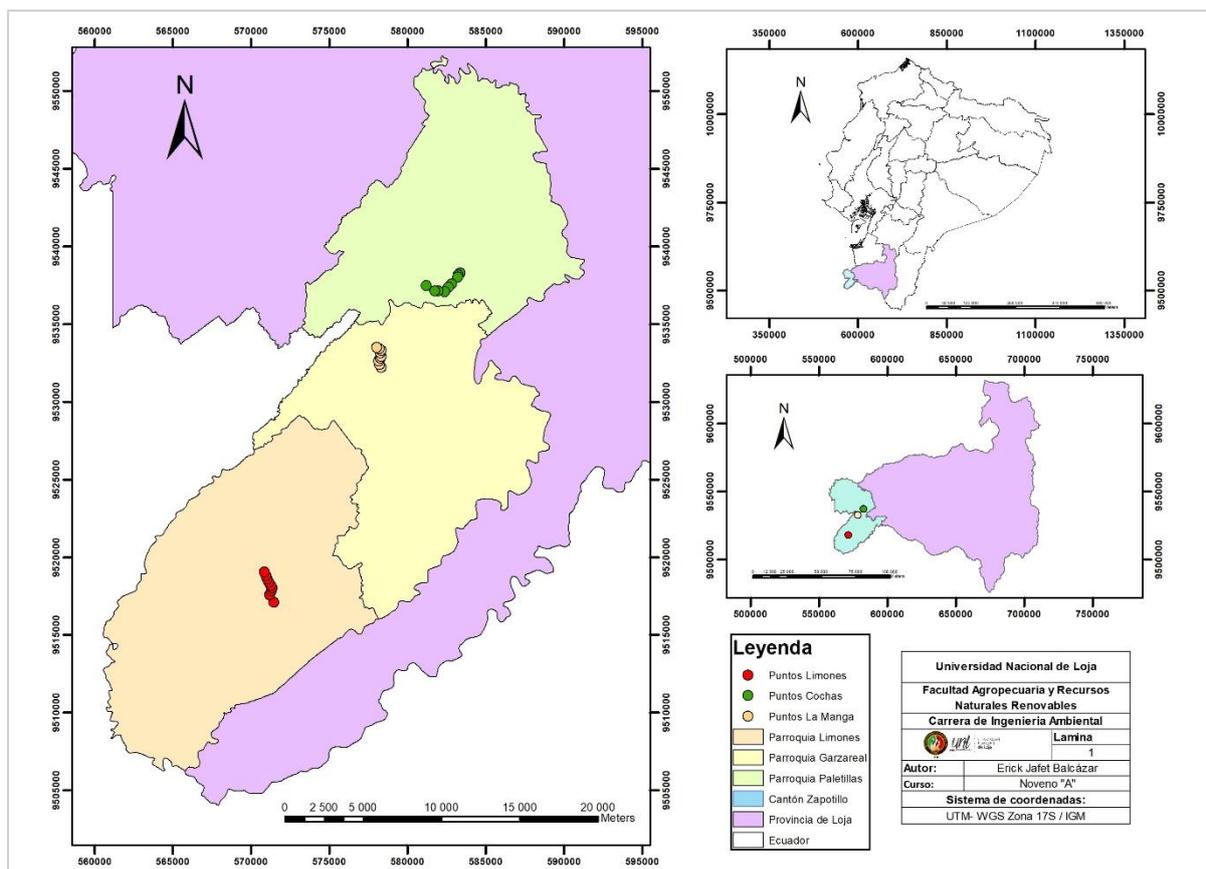


Figura 1. Mapa de la ubicación de las localidades de Cochas, La Manga y Limones donde se realizó el estudio

Fuente: Elaboración propia

5.2. Diseño de la investigación

En el marco de la presente investigación sobre frutos zoocoros con importancia para dispersores de semillas en un gradiente de degradación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo, se empleó un método de estudio inductivo.

Se planteó una investigación de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo, permitiendo así una detallada observación y caracterización de los frutos zoocoros a lo largo de un gradiente de degradación del bosque seco. 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. Para asegurar la representatividad de los datos, se consideró las localidades como bloques y los estados de degradación de bosque como tratamientos. En cada tratamiento se llevó a cabo tres muestreos temporales (réplicas) al final del período invernal, lo que permitió registrar la visión estacional en la presencia de frutos zoocoros.

5.3. Puntos de muestreo

Para las tres localidades: Limones, La Manga y Cochas se establecieron 9 puntos de muestreo, distribuidos de manera que abarcaron los 5 estados de degradación del bosque definidos por Jara-Guerrero et al. (2019): bosque natural, seminatural, simplificado, dominado por arbustos y tierra árida (Anexo 1). En cada uno de estos puntos de muestreo, se trazaron 2 transectos de banda de 100 m de largo y 10 m de ancho, tomando en cuenta la topografía y geografía del terreno para maximizar la cobertura y facilitar el acceso a las áreas de muestreo (Anexo 2). De esta forma se consideraron 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. Se garantizó la ausencia de superposición entre los transectos, trazándolos en puntos adyacentes.

5.4. Identificación de especies vegetales

En cada transecto, se identificó a las especies vegetales que presentaban frutos con pulpa carnosa (frutos zoocoros), utilizando la Guía Dendrológica de las Especies Forestales de los Bosques Secos del Ecuador (Aguirre-Mendoza, 2012). De aquellas especies de difícil identificación en campo, se tomaron registros fotográficos para confirmar su clasificación con el personal del Herbario "Reinaldo Espinosa" de la Universidad Nacional de Loja.

5.5. Caracterización de los frutos zoocoros

En los transectos trazados, se identificaron las especies provistas de frutos zoocoros y sus individuos fueron marcados con etiquetas codificadas. De cada individuo se colectaron 10 frutos al azar, que se colocaron en frascos debidamente etiquetados (Anexo 3). Para la caracterización de los frutos zoocoros se tomó como base la metodología propuesta por Acevedo-Quintero et al. (2023) con algunas modificaciones, cuyos atributos clave se especifican en la Tabla 1. El color, tamaño y masa fueron medidos el mismo día de la colecta para evitar la alteración de los datos debido a la pérdida de humedad. Posterior a ello se procedió a colocar los frutos en alcohol al 90 % para luego establecer el tipo de fruto y contabilización del número de semillas (Anexo 4).

Tabla 1. Características de los frutos a ser consideradas y medidas en la presente investigación

Parámetro	Categoría	Descripción para el muestreo
Color	i. morado-negro,	Bajo luz solar directa, se comparó visualmente el color dominante de la cáscara de los frutos seleccionados con las muestras de color de la tabla Munsell.
	ii. marrón-gris,	
	iii. verde,	
	iv. naranja-amarillo,	
	v. rojo,	

	vi.	blanco	
Tipo de fruto	i.	baya,	<p>Para la identificación se usó la descripción indicada por Invernón et al. (2012), así como Muñoz y Parrado-Rosselli (2019):</p> <p>Baya: Fruto de capa externa delgada y capas internas jugosas, generalmente de colores llamativos. Puede formarse de uno o varios carpelos unidos. Ejemplo: tomate.</p> <p>Drupa: Fruto de un solo carpelo con ovario superior, que contiene un hueso formado por el endocarpo endurecido. Este hueso alberga la semilla en su interior. Ejemplo: almendro.</p> <p>Pomo: Fruto de varios carpelos fusionados, originado de un ovario inferior, es carnoso y no se abre al madurar. Su forma es redonda o similar a una pera. Ejemplos: manzana, pera.</p> <p>Sicono: Agrupación de frutos con receptáculo hueco que madura en forma de pera o esfera. Tiene una abertura superior cubierta por pequeñas hojas. En su interior se desarrollan flores y luego pequeños frutos secos. Ejemplos: higos, brevas.</p> <p>Cápsula: Fruto de varios carpelos unidos, que pueden estar abiertos o cerrados. Puede tener una o varias cavidades internas. Su forma de abrirse varía mucho. Ejemplos: estramonio, amapola.</p>
	ii.	drupa,	
	iii.	pomo,	
	iv.	sicono,	
	v.	cápsula	
Cantidad de semillas	Número de	semillas	<p>(unidades)</p> <p>Los frutos se cortaron longitudinalmente con una cuchilla tipo cutter, realizando el corte por la mitad de cada fruto para exponer las cavidades internas con las semillas. Luego, se procedió al conteo directo de las semillas. De ser necesario, se empleó un estereomicroscopio para contar todas las semillas visibles del fruto.</p>
Tamaño	Diámetro del	fruto	<p>(milímetros)</p> <p>Se utilizó un calibrador vernier con una precisión de 0,01 mm. Se registraron los datos del diámetro en la zona ecuatorial (eje x) y zona polar (eje y) en milímetros para cada fruto. Luego se realizó una clasificación del tamaño del fruto en una de las cuatro categorías indicadas por Muñoz y Parrado-Rosselli (2019):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muy Pequeño: Si el tamaño del fruto es menor que 6 mm. • Pequeño: Si el tamaño del fruto es mayor o igual a 6 mm y menor o igual a 15 mm. • Mediano: Si el tamaño del fruto es mayor a 15 mm y menor o igual a 30 mm. • Grande: Si el tamaño del fruto es mayor a 30 mm.
Masa	Peso del fruto	(gramos)	<p>Los 10 frutos recolectados fueron pesados utilizando una báscula de resorte de 30 g, cuya precisión fue de 0,01 g. La información correspondiente se registró en gramos.</p>

Fuente: Acevedo-Quintero et al. (2023)

5.6. Conteo de frutos

La disponibilidad de frutos carnosos fue estimada al final del período de invierno, coincidiendo con la fructificación sincronizada asociada a los BTES. En cada transecto, se contabilizaron los frutos producidos por los individuos marcados.

La cuantificación de los frutos se realizó siguiendo la metodología propuesta por Chamba-Romero y Eras-Guamán (2014), que sugiere contar el número de frutos en cada rama (Anexo 5). Para ello se llevó a cabo el conteo directo en cuatro ramas seleccionadas. Posteriormente, se calculó el promedio de la cantidad de frutos obtenida en estas cuatro ramas y se multiplicó por el total de ramas fructíferas (Anexo 6). En los casos donde no se visualizaron las ramas, se aplicó el método propuesto por Pessoa et al. (2017), que consiste en un enfoque directo utilizando binoculares. Se seleccionaron cuatro ramas que permitieron una visualización óptima de los frutos y se contabilizaron todos los frutos presentes en estas ramas.

Para evaluar el tamaño de la producción de frutos se utilizó la metodología propuesta por Saracco et al. (2004) y Garcia et al. (2010). Se aplicó un índice de abundancia de fructificación (FAI por sus siglas en inglés) que consta de seis categorías semilogarítmicas: 0 (sin frutos), 1 (1-10 frutos), 2 (11-100), 3 (101-1 000), 4 (1 001-10 000), y 5 (>10 000). La abundancia de frutos por estado de degradación se calculó como el número de frutos por metro cuadrado, dividiendo la suma de los FAI (convertidos a valores promedio de intervalo, excepto en el sexto intervalo, donde se asignó arbitrariamente un valor de 25 000) de los estados de degradación por la superficie muestreada (Tabla 2). Es importante destacar que los frutos cuantificados en el primer paso se utilizaron para contribuir al cálculo del índice FAI.

Tabla 2. Categorías semilogarítmicas del índice de tamaño de la producción de frutos

Categorías	No. de frutos	Promedio intervalo
0	Sin frutos	-
1	1-10	5,50
2	11-100	55,50
3	101-1 000	550,50
4	1 001-10 000	5 500,50
5	>10 000	25 000

Fuente: Saracco et al. (2004)

5.7. Análisis estadístico

Se empleó un Modelo Lineal Generalizado Mixto (GLMM) con una distribución de Poisson, que es ampliamente utilizada para modelar recuentos de conteos, como el número de frutos zoocoros y sus variables asociadas. Estos modelos son particularmente adecuados para datos de conteo, ya que describen eventos raros que ocurren de manera independiente y constante en un intervalo de tiempo o espacio fijo, lo que resulta adecuado para fenómenos donde se registran ocurrencias.

En este estudio se consideraron las variables de número de frutos y riqueza de especies de plantas encontradas. El diseño en bloque involucra las localidades como bloques y los cinco estados de degradación del bosque como tratamientos. El modelo propuesto evalúa la relación entre los estados del bosque, las variables mencionadas y las localidades, considerando esta última como un factor aleatorio.

Tabla 3. Modelo evaluado con GLMM

Modelo evaluado	
Estados del BTES	
Modelo	Estados del bosque ~ N_frutos + S + (1 Localidad)
Nota: N_frutos: número de frutos en el estado del bosque; S: riqueza de las especies de plantas	

6. Resultados

6.1. Caracterización de los frutos zoocoros

6.1.1. Especies vegetales con frutos

En los cinco estados de degradación de los BTES de Zapotillo, se identificaron 16 especies de plantas repartidas en 9 órdenes y 14 familias. El orden con mayor número de especies registradas fue Rosales ($n = 4$), con *Celtis iguanaea* como la especie más abundante. La familia más representativa fue Rubiaceae. Se destacaron las especies de *Randia aurantiaca* (Standl.) (Gentianales) y *Cordia lutea* (Lam.) (Boraginales) por su alta abundancia en el área de estudio.

Los estados natural y simplificado presentaron el mayor número de órdenes ($n = 7$), incluyendo a los órdenes Gentianales y Lamiales, respectivamente. En el estado seminatural se registró seis órdenes, el más relevante fue Gentianales. Para el estado dominado por arbustos se registró cinco órdenes, destacando Boraginales. Finalmente, en estado de tierra árida se presentaron únicamente dos órdenes Sapindales y Caryophyllales.

El estado natural, registró mayor abundancia de individuos de *Citharexylum poeppigii* (Walp.) y *Randia aurantiaca* (Standl.). Los estados seminatural y simplificado estuvieron dominados por *Randia aurantiaca* (Standl.) y *Cordia lutea* (Lam.). El estado dominado por arbustos se caracterizó por la dominancia de *Cordia lutea* (Lam.). Finalmente, en el estado de tierra árida, se encontraron principalmente *Bursera graveolens* (Kunth) y *Coccoloba ruiziana* (Lindau) (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación de las especies vegetales, familias y órdenes en función del estado del bosque seco

Estado	Nombre científico	Orden	Familia	Número de individuos
Tierra árida	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth)	Sapindales	Burseraceae	2
	<i>Coccoloba ruiziana</i> (Lindau)	Caryophyllales	Polygonaceae	2
Dominado por arbustos	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth)	Sapindales	Burseraceae	2
	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Rosales	Cannabaceae	1
	<i>Coccoloba ruiziana</i> (Lindau)	Caryophyllales	Polygonaceae	9
	<i>Cordia lutea</i> (Lam.)	Boraginales	Boraginaceae	22
	<i>Randia aurantiaca</i> (Standl.)	Gentianales	Rubiaceae	8
	<i>Sphinctanthus aurantiacus</i> (Standl.) Fagerl.	Gentianales	Rubiaceae	1
Simplificado	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth)	Sapindales	Burseraceae	1
	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Rosales	Cannabaceae	3
	<i>Citharexylum poeppigii</i> (Walp.)	Lamiales	Verbenaceae	4

	<i>Coccoloba ruiziana</i> (Lindau)	Caryophyllales	Polygonaceae	2
	<i>Cordia lutea</i> (Lam.)	Boraginales	Boraginaceae	5
	<i>Ficus citrifolia</i> (Mill.)	Rosales	Moraceae	1
	<i>Randia aurantiaca</i> (Standl.)	Gentianales	Rubiaceae	6
	<i>Sambucus</i> sp.	Dipsacales	Adoxaceae	1
	<i>Sphinctanthus aurantiacus</i> (Standl.) Fagerl.	Gentianales	Rubiaceae	1
Seminatural	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Rosales	Cannabaceae	2
	<i>Citharexylum poeppigii</i> (Walp.)	Lamiales	Verbenaceae	7
	<i>Coccoloba ruiziana</i> (Lindau)	Caryophyllales	Polygonaceae	5
	<i>Cordia lutea</i> (Lam.)	Boraginales	Boraginaceae	27
	<i>Ficus citrifolia</i> (Mill.)	Rosales	Moraceae	1
	<i>Maytenus</i> sp.	Celastrales	Celastraceae	1
	<i>Randia aurantiaca</i> (Standl.)	Gentianales	Rubiaceae	30
	<i>Rauwolfia littoralis</i> (Rusby)	Gentianales	Apocynaceae	5
	<i>Sp. 1</i>			1
	<i>Sphinctanthus aurantiacus</i> (Standl.) Fagerl.	Gentianales	Rubiaceae	2
<i>Ziziphus thyriflora</i> (Benth.)	Rosales	Rhamnaceae	1	
Natural	<i>Allophylus cf. psilospermus</i> (Radlk.)	Sapindales	Sapindaceae	7
	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth)	Sapindales	Burseraceae	2
	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Rosales	Cannabaceae	10
	<i>Citharexylum poeppigii</i> (Walp.)	Lamiales	Verbenaceae	23
	<i>Cordia lutea</i> (Lam.)	Boraginales	Boraginaceae	1
	<i>Ficus jacobii</i> (Vázq. Avila)	Rosales	Moraceae	2
	<i>Maytenus</i> sp.	Celastrales	Celastraceae	1
	<i>Randia aurantiaca</i> (Standl.)	Gentianales	Rubiaceae	23
	<i>Rauwolfia littoralis</i> (Rusby)	Gentianales	Apocynaceae	4
	<i>Solanum</i> sp.	Solanales	Solanaceae	2
	<i>Sphinctanthus aurantiacus</i> (Standl.) Fagerl.	Gentianales	Rubiaceae	2
<i>Zanthoxylum</i> sp.	Sapindales	Rutaceae	1	

6.1.2. Color de los frutos

En cuanto al color, los frutos zoocoros presentan cinco colores (Figura 2). La mayor diversidad de colores se registró en los estados natural y seminatural. En los estados natural y seminatural dominan los frutos de color verde, mientras que los de colores naranjas son menos frecuentes. En el estado simplificado se observó frutos de color verde y menos usuales los de color negro. En el estado dominado por arbustos se registró mayor cantidad de frutos de color blanco y en menor cantidad frutos verdes y negros. Y, en el estado de tierra árida se presentan frutos de colores verde y negro.

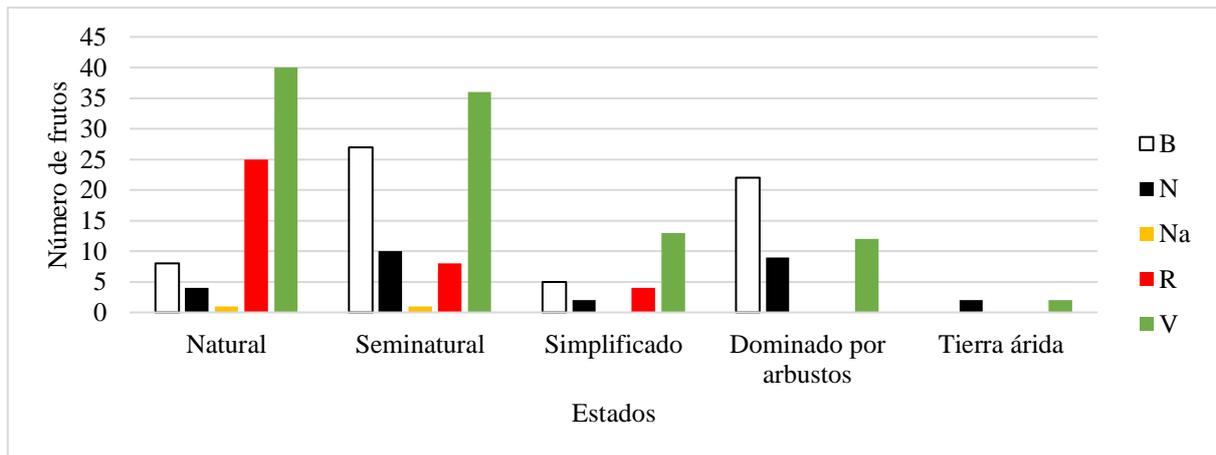


Figura 2. Distribución del color de frutos zoocoros en los cinco estados del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo. B: color blanco; N: color negro; Na: color naranja; R: color rojo; V: color verde

6.1.3. Tipo de fruto

Se registró cinco tipos de los frutos zoocoros (Figura 3). En el estado natural, dominan las bayas y drupas, mientras que los siconos y pomos fueron los menos comunes. En el estado seminatural, se encuentran principalmente drupas y cápsulas, y en menor proporción siconos y pomos. En el estado simplificado, se observaron mayor cantidad de drupas, con una en menor presencia bayas y siconos. En el estado dominado por arbustos, las drupas son las más comunes, y las cápsulas se presentan en menor número. Finalmente, en el estado de tierra árida se hallaron únicamente drupas.

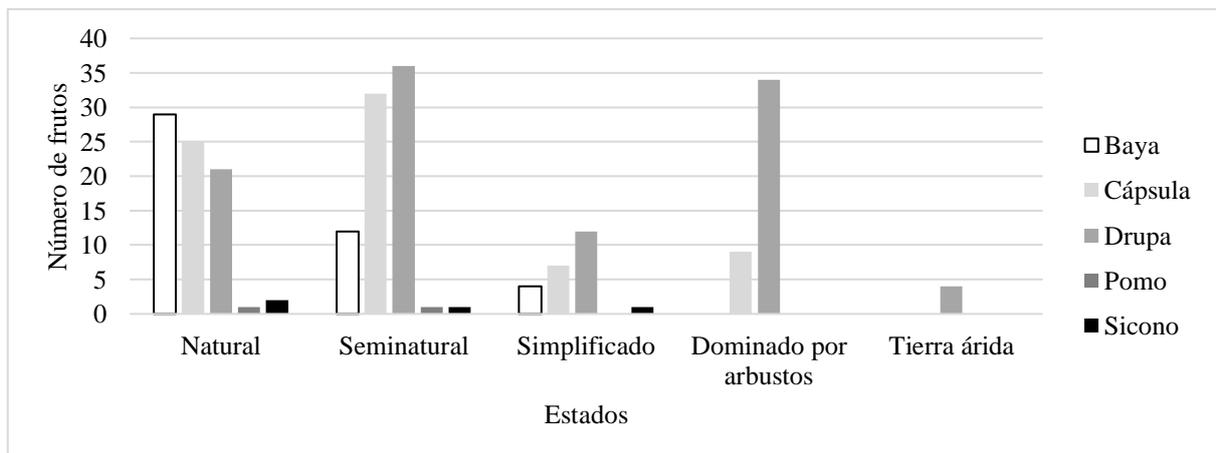


Figura 3. Distribución del color de frutos en los cinco estados del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo

6.1.4. Cantidad de semillas

Se observó que, en el estado Natural, el mayor porcentaje de semillas corresponde a *Ficus jacobii* (Vázq.Avila), mientras que para los estados seminatural y simplificado dominaron las semillas de *Ficus citrifolia* (Mill.). En el estado dominado por arbustos se encontró mayor

porcentaje de semillas de *Randia aurantiaca* (Standl.). Finalmente, en el estado de tierra árida, el porcentaje más significativo corresponde a *Coccoloba ruiziana* (Lindau).

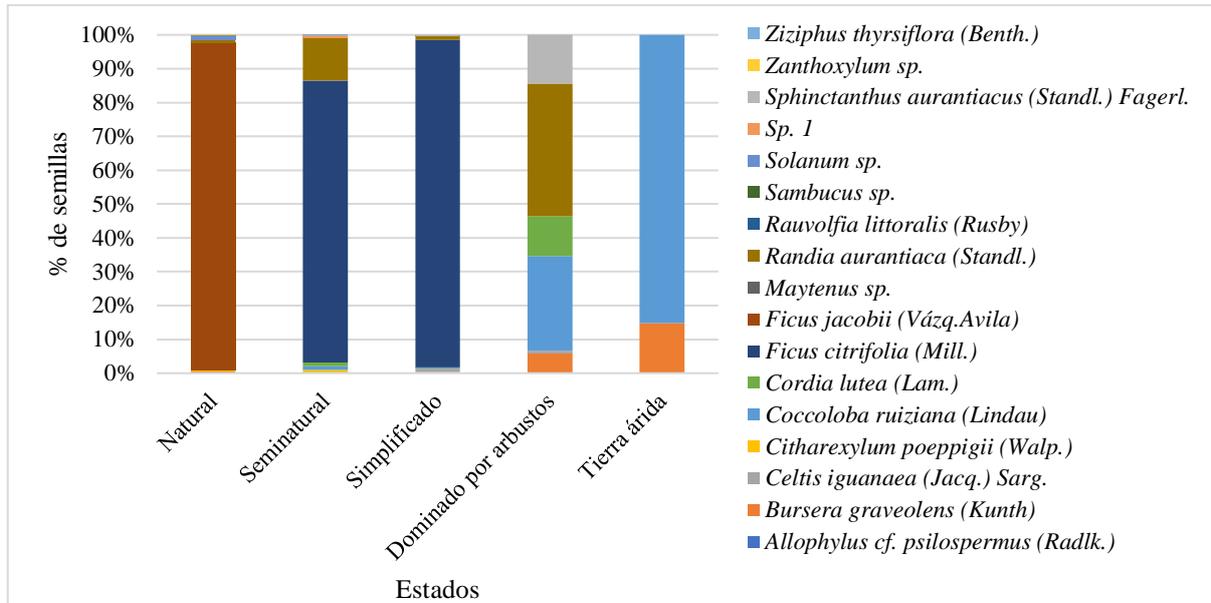


Figura 4. Cantidad de semillas en función del estado de degradación

6.1.5. Tamaño del fruto

En los diferentes estados se registraron tres tamaños, tanto el diámetro ecuatorial (Figura 5) como el diámetro polar (Figura 6) presentaron una similitud en el tamaño de los frutos. En el estado natural, se observó un mayor número de frutos pequeños y en menor cantidad frutos medianos. En el estado seminatural y dominado por arbustos, se reportó especialmente frutos pequeños, y fueron menos comunes frutos medianos. Para el estado simplificado dominan frutos pequeños y en menor proporción frutos muy pequeños. Finalmente, en el estado de tierra árida se encontró que son más comunes frutos pequeños.

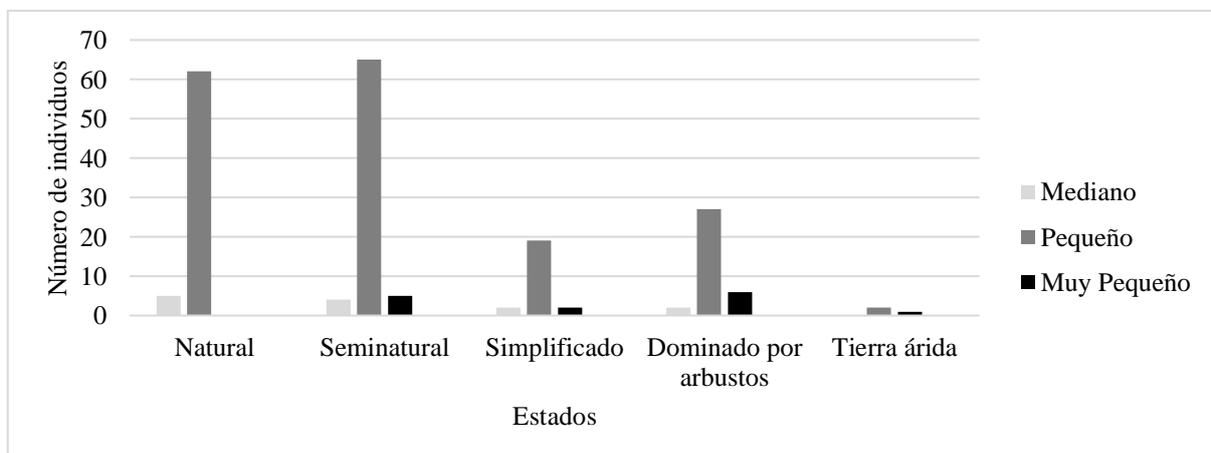


Figura 5. Clasificación del diámetro ecuatorial de los frutos de acuerdo a los diferentes estados, mediano: (16 - 30 mm); pequeño (6 - 15 mm); muy pequeño (< 6 mm)

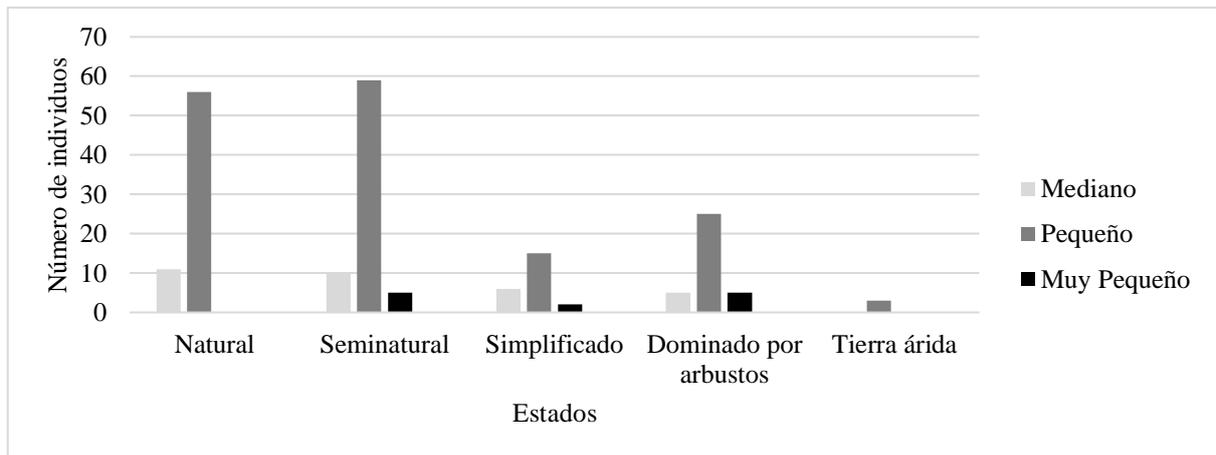


Figura 6. Clasificación del diámetro polar de los frutos de acuerdo a los diferentes estados. Mediano: (16 - 30 mm); pequeño (6 - 15 mm); muy pequeño (< 6 mm)

El valor de la media de los diámetros polares es mayor en comparación al valor de la media de los diámetros ecuatoriales. Ambos diámetros mostraron una mayor variabilidad en el estado de tierra árida. En contraste, en los estados natural y seminatural, ambos presentaron una menor variabilidad.

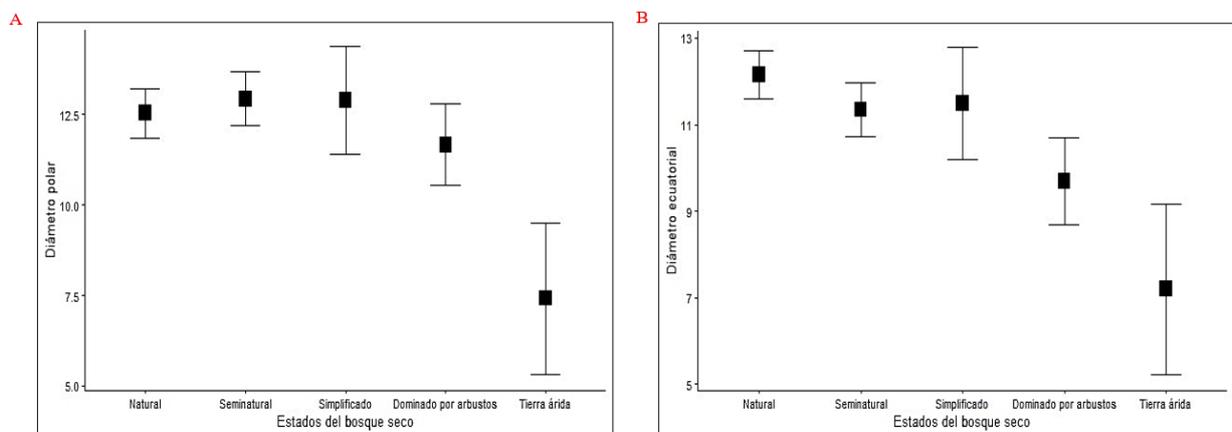


Figura 7. Variación de las medias del diámetro polar y diámetro ecuatorial en los distintos estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo, cuadros media líneas CV 95 %. A: variación del diámetro polar; B: variación del diámetro ecuatorial

6.1.6. *Peso de los frutos*

Se observó que el peso muestra una mayor dispersión de datos en los estados simplificado, dominado por arbustos y tierra árida. En contraste, los estados natural y seminatural presentaron menores variaciones. La media de los pesos de los estados natural, seminatural y simplificado es muy similar, y corresponde a los más altos registrados. Por otro lado, la media de los pesos más bajos se encontró en el estado tierra árida.

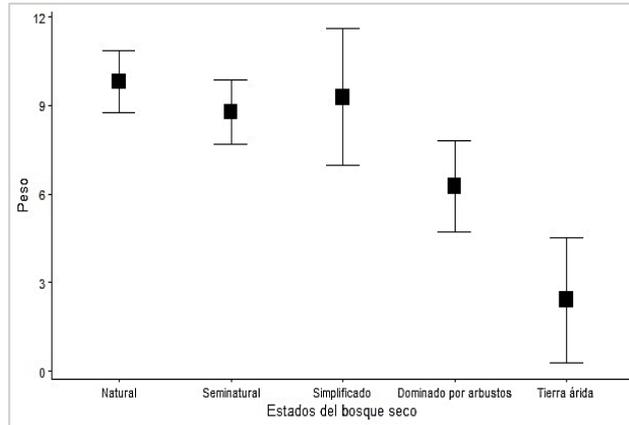


Figura 8. Variación del peso en los diferentes estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo, cuadros media líneas CV 95 %

Se encontró que los frutos que presentan los mayores pesos corresponden a las especies de *Sphinctanthus aurantiacus* (Standl.) Fagerl., mientras que los frutos que presentaron menor peso fueron los de *Coccoloba ruiziana* (Lindau).

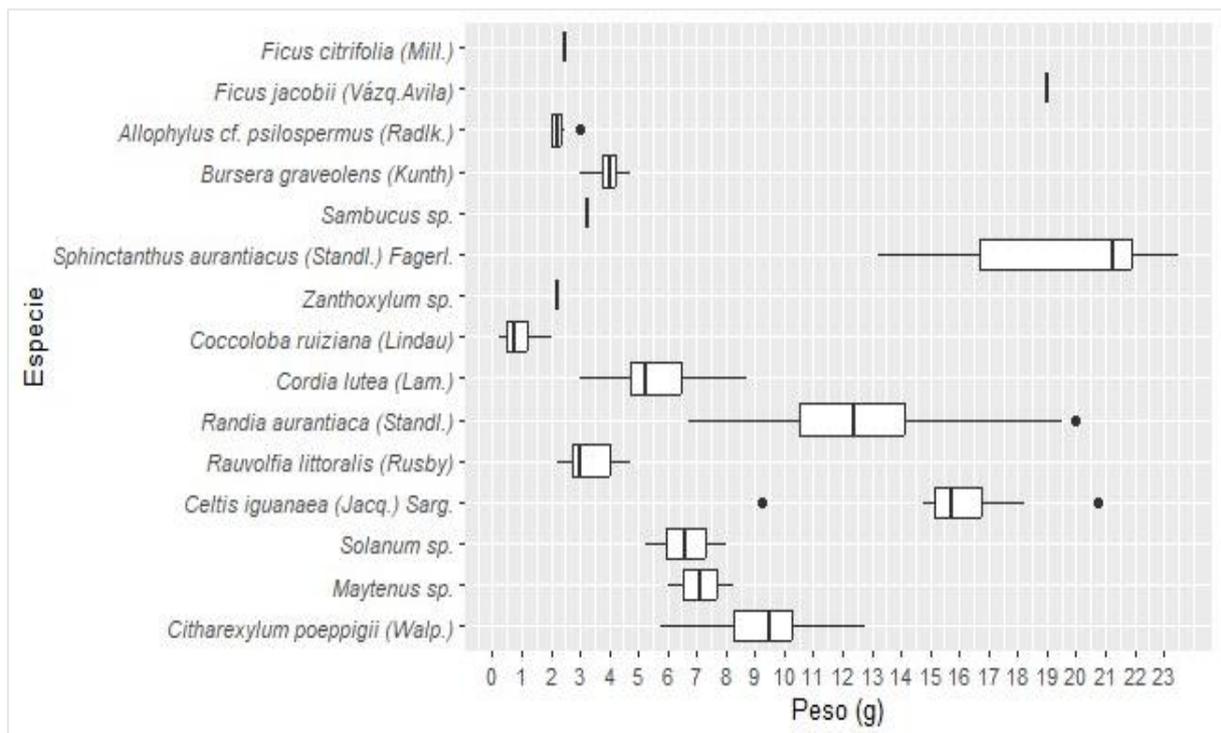


Figura 9. Peso promedio medido de los frutos (n = 10 por especie) del bosque estacionalmente seco de Zapotillo

6.2. Cuento de frutos

6.2.1. Abundancia de los frutos

La estimación de la disponibilidad de frutos en las especies vegetales se muestra en la figura 10. Se encontró que la mayor cantidad de frutos (n = 78 688) estuvo en el estado natural,

seguido del dominado por arbustos ($n = 74\ 854$). En tercer lugar, se ubicó el estado seminatural ($n = 66\ 880$), mientras que los estados con menor disponibilidad de frutos fueron simplificado ($n = 18\ 401$) y tierra árida ($16\ 690$).

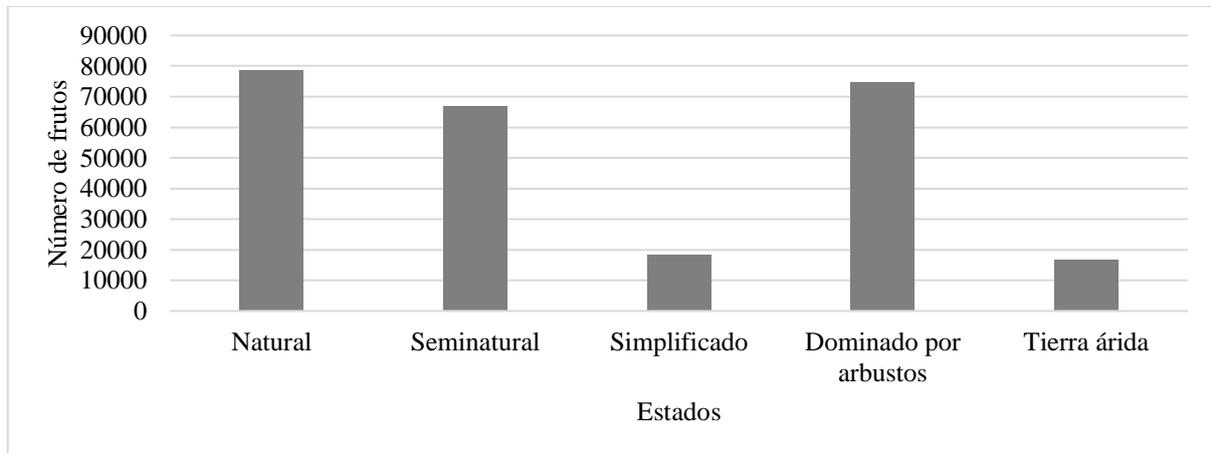


Figura 10. Disponibilidad de frutos en cada estado del bosque estacionalmente seco de Zapotillo

6.2.2. Índice de abundancia de fructificación

El índice de abundancia de fructificación (FAI) indica que existe una mayor cantidad de frutos por metro cuadrado en el estado natural con un valor de $10,89$ frutos/ m^2 . Posterior a ello se registró el estado dominado por arbustos con $9,71$ frutos/ m^2 , así como al estado seminatural ($8,31$ frutos/ m^2); y, con los valores más bajos se reporta el estado de tierra árida ($4,26$ frutos/ m^2) y al estado simplificado ($2,81$ frutos/ m^2).

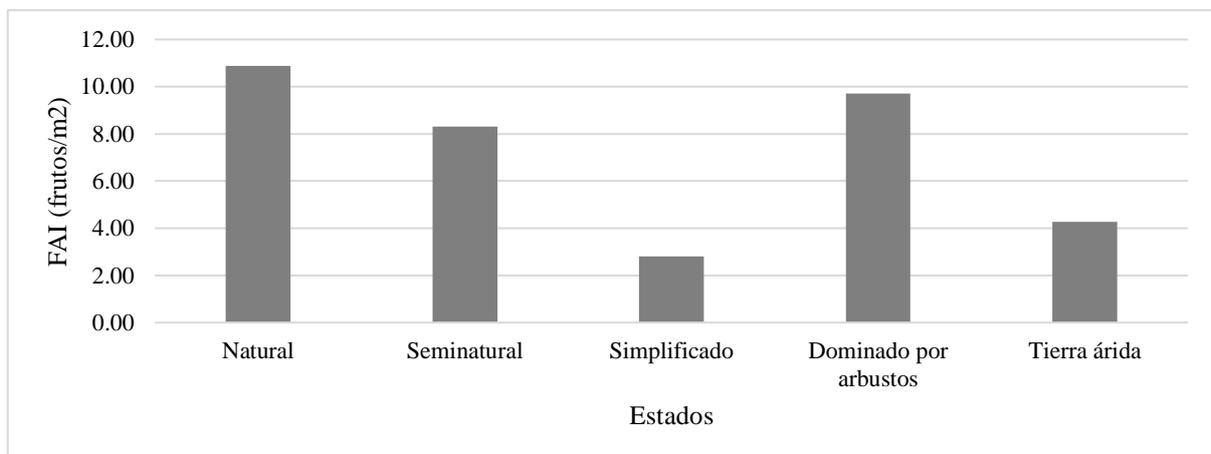


Figura 11. Índice de abundancia de fructificación para los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo

6.2.3. Relación entre el número de frutos y el estado de degradación del bosque

Los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo (Figura 12B) no muestran una relación clara o evidente con las variables. Para la relación entre el número de frutos con respecto con los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo como se muestra en la figura 12A, tampoco muestra una tendencia clara lo que indicaría que el estado del bosque parece no estar relacionado con en el número de frutos. Así, a pesar de que la riqueza es baja, se encuentra una abundancia de frutos considerable en los distintos estados.

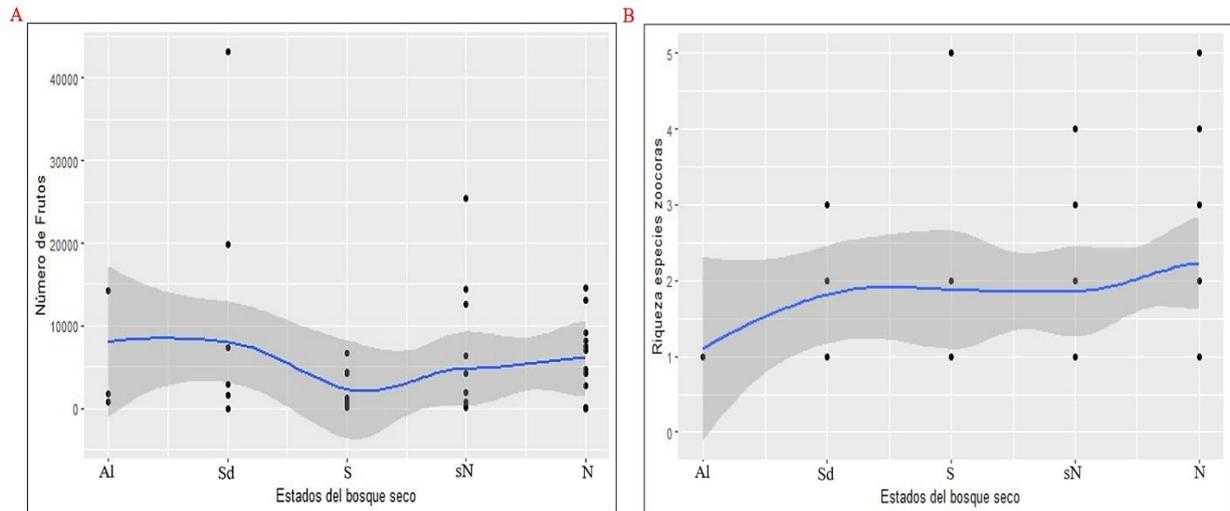


Figura 12. Relación entre las variables. A: relación entre el número de frutos y los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo; B: relación entre la Riqueza de especies vegetales zoocoras y los estados del bosque seco; Al: estado de tierra árida; Sd: estado dominado por arbustos; S: estado simplificado; sN: estado seminatural; N: estado natural

En el modelo que relaciona al estado de degradación del bosque con el número de frutos, se obtuvo un p valor de 0,494. Asimismo, la relación entre el estado de degradación del bosque con la riqueza de especies vegetales proporcionó como resultado un p valor de 0,302. En ambos casos, los valores no reflejan una significancia estadística, lo que indica que los estados del bosque no condicionan el número de frutos ni la riqueza de especies vegetales en el bosque estacionalmente seco de Zapotillo.

Por otro lado, se observó una relación negativa (Tabla 5) entre el estado del bosque y el número de frutos, lo que indica que el estado del bosque no influye en el número de frutos. Sin embargo, hay una relación positiva (Tabla 5) entre el estado del bosque y la riqueza de especies con frutos zoocoros, lo que sugiere que mientras mejor conservado se encuentre el bosque habrá una mayor riqueza de especies de plantas con frutos zoocoros.

Tabla 5. Modelos lineales entre los estados del bosque estacionalmente seco de Zapotillo con el número de frutos y riqueza de especies vegetales zoocoras

Efectos	Estimate	Std. Error	z value	p-values
Estados del bosque seco				
Intercepto	1,1852e+00	1,628e-01	7,280	3,35e-13
Número de frutos	-7,220e-06	7,056e-05	-0,684	0,494
Riqueza	7,447e-02	7,213e-02	1,032	0,302

Nota: Indicadores de significancia: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

7. Discusión

Los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES) son especialmente vulnerables a la pérdida de biodiversidad y funciones ecosistémicas (Allen et al., 2017). Se ha demostrado que el disturbio antropogénico crónico conduce a alteraciones leves pero continuas de la estructura, composición y funcionamiento de estos ecosistemas (Antongiovanni et al., 2020). En el presente estudio, no se encontró una relación entre el estado de degradación del bosque estacionalmente seco de Zapotillo y el número de frutos disponibles. Sin embargo, los estados más conservados del bosque tropical estacionalmente seco mantienen una mayor riqueza de especies de plantas zoocoras. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Espinosa et al. (2023), quien indica que el disturbio crónico en los BTES de Zapotillo está filtrando especies con altos requerimientos hídricos y nutricionales, afectando negativamente la presencia de especies de plantas que producen bayas, cápsulas, sámaras y siconos, y favoreciendo a especies con mayor tolerancia al estrés, principalmente aquellas con vainas, una estrategia de dispersión autóctona más resistente a la sequía.

Los modelos estadísticos revelaron que el estado del bosque no condiciona significativamente el número de frutos en el bosque estacionalmente seco de Zapotillo. Se identificó una relación negativa, entre el estado del bosque y el número de frutos, sugiriendo una ligera tendencia hacia una menor producción de frutos en estados más degradados.

Por otro lado, se evidenció una relación positiva entre el estado del bosque y la riqueza de especies vegetales que presentan frutos zoocoros, aunque esta relación tampoco alcanzó significancia estadística, lo que sugiere una tendencia hacia una mayor riqueza de vegetación en fructificación en los bosques mejor conservados. Estos hallazgos contrastan con estudios en los bosques tropicales de la Bahía de Brasil; donde, mediante modelos lineales mixtos evaluaron el impacto de la cobertura forestal sobre la riqueza y abundancia de especies zoocoras, encontrando que el aumento de la cobertura forestal se asocia con una disminución en la riqueza y abundancia de especies zoocoras (Pessoa et al., 2017). Este fenómeno podría explicarse por el aumento en la competencia por recursos, lo cual puede limitar el crecimiento y la presencia de ciertas especies de plantas que proveen frutos zoocoros (Forrester y Bauhus, 2016). Sin embargo, es crucial considerar las diferencias entre los ecosistemas estudiados; los bosques tropicales de la Bahía de Brasil se caracterizan por la ausencia de un período seco definido, a diferencia del presente estudio donde domina la época seca.

La abundancia y riqueza de especies zoocoras varían notablemente según el estado de degradación del bosque. Los estados natural y seminatural muestran un mayor grado de conservación, mientras que los estados simplificados, dominados por arbustos y tierra árida, muestran un mayor grado de degradación debido a la presencia de disturbios antropogénicos crónicos, como el sobrepastoreo y la tala selectiva (Espinosa et al., 2023; Jara-Guerrero et al., 2021). En el presente estudio se identificaron 16 especies con frutos zoocoros durante un período de muestreo de tres meses (marzo, abril y mayo). Esta diversidad, aunque significativa, es menor que la documentada en investigaciones previas realizadas en los BTES de Zapotillo, Celica y Macará, donde se han identificado hasta 26 especies con frutos carnosos (Espinosa et al., 2023).

En el estado natural del bosque se registró la mayor abundancia de frutos, con el índice de abundancia de fructificación (FAI) más alto, lo cual indica que las áreas menos perturbadas mantienen una mayor capacidad de producción de frutos. La mayor riqueza de especies también se observó en el estado natural en general el estado natural cuenta con una mayor densidad de árboles de gran tamaño y suelos fértiles, lo que le permite una alta riqueza de plantas y abundancia de regeneración natural (Jara-Guerrero et al. 2019). Estos resultados coinciden con los obtenidos en el bosque de la ecorregión del Cerrado del Distrito Federal de Brasil (Kuhlmann y Ribeiro, 2016); donde, en los bosques conservados el 78 % de especies son frutales, a diferencia de otros ecosistemas menos conservados como la sabana (38 %) y el pastizal (36 %) que poseen menos especies que proporcionan frutos.

Es notable que el estado dominado por arbustos presentó la segunda mayor abundancia de frutos e índice de abundancia de fructificación (FAI), superando incluso al estado seminatural. Este hallazgo sugiere que ciertas especies arbustivas desempeñan un papel crucial en la producción de frutos en el ecosistema estudiado, posiblemente debido a su rápido crecimiento y alta capacidad de adaptación a condiciones de perturbación (Tabarelli et al., 2008). En este estado dominan *Cordia lutea* (Lam.) y *Coccoloba ruiziana* (Lindau), especies que se destacan por su abundante fructificación. En los bosques secos de Zapotillo, Paltas y Macará, Aguirre et al. (2024) observó que las cabras, se alimentan de una gran diversidad de plantas, pero consumen *Cordia lutea* y *Coccoloba ruiziana* en pequeñas cantidades, ya que su ingesta excesiva puede causar problemas de salud en los animales. Este pastoreo selectivo podría explicar la mayor abundancia de frutos de estas especies en el estado dominado por arbustos.

El estado seminatural mostró una disminución en la abundancia frutal en comparación con los estados natural y arbustivo, pero presentó una mayor disponibilidad de frutos que el estado simplificado y tierra árida. Un estudio en bosques atlánticos de Brasil comparó la fructificación entre un bosque de referencia (con alto grado de conservación) y bosques en diferentes etapas de regeneración: 55 años, 23 años (considerado de edad intermedia) y 12 años de proceso de restauración (García et al., 2014). Los hallazgos de aquel estudio difieren del presente, donde el bosque de edad intermedia (23 años) muestra la mayor producción de frutos, mientras que el bosque de referencia, el de 12 años y el de 55 años muestran una producción de frutos similar, pero menor que el bosque de 23 años. Aunque el bosque de 12 años presentó el mayor número de individuos, esto no se tradujo en una mayor producción de frutos. De manera similar, en el presente estudio, el estado seminatural presentó el mayor número de individuos con frutos zoocoros, pero esto tampoco significa un mayor número de frutos. Los bosques secundarios desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad forestal, principalmente en el establecimiento y la composición de las especies de plantas (Chazdon et al., 2009).

En contraste, los estados simplificados y tierra árida mostraron una oferta de frutos drásticamente reducida reflejada en los índices de abundancia de frutos (FAI), notablemente bajos. Investigaciones en fragmentos de bosque atlántico, han revelado variaciones similares en la presencia de plantas con frutos carnosos, dependiendo del tamaño del área forestal, donde Tabarelli et al. (1999) observaron que en fragmentos pequeños y con mayor degradación, la presencia de frutos se redujo drásticamente, representando solo el 15,4 % de las especies vegetales.

La reducción de la disponibilidad de frutos, especialmente en el estado simplificado, puede explicarse por la dominancia de ciertas especies con mejores características adaptativas al ecosistema y que no producen frutos, lo que podría estar afectando la presencia y regeneración de las especies productoras de frutos zoocoros (Jara-Guerrero et al., 2019). Esto sugiere que las áreas de bosque menos conservadas presentan una disminución significativa en la diversidad de plantas que producen frutos para los frugívoros, lo que podría tener consecuencias negativas para el ecosistema. La disminución de estos recursos podría impactar negativamente la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema (Espejo y Morales, 2019).

En cuanto a las características de los frutos zoocoros, se encontró una mayor diversidad de color en los estados natural y seminatural. Sin embargo, esta diversidad es menor en

comparación con lo reportado por Jara-Guerrero et al. (2011), quien identificó nueve colores de frutos zoocoros, incluyendo café, azul, púrpura y amarillo. El estado simplificado, dominado por arbustos y tierra árida, muestra una diversidad de colores reducida. Es notable la dominancia de frutos verdes en los estados natural, seminatural y simplificado del BTES de Zapotillo. Mientras que el estado dominado por arbustos presenta un patrón distintivo con la prevalencia de frutos blancos, atribuible principalmente a la abundancia de *Cordia lutea* (Lam.). Esta especificidad sugiere una posible adaptación a dispersores particulares o una estrategia de supervivencia en condiciones de perturbación (Aguirre et al., 2024). Estos hallazgos difieren parcialmente de Espinosa et al. (2023), quienes reportaron mayor frecuencia de frutos rojos, blancos, amarillos y negros en zonas menos perturbadas, y frutos verdes y anaranjados en áreas más alteradas, indicando posibles adaptaciones para facilitar la detección por dispersores (Schaefer et al., 2007).

La cantidad de semillas por fruto ha sido asociada con el tipo de fruto (Romero-Saritama y Pérez-Ruiz, 2016a). Los estados natural y seminatural exhibieron una mayor diversidad en tipos de frutos, dominando las bayas, cápsulas y drupas. Esto concuerda con lo reportado por Jara-Guerrero et al. (2011) en los BTES de Zapotillo, donde los frutos con pulpa carnosa son más comunes y dentro de ellos se encuentran las drupas y bayas, con 42 % y 30 %, respectivamente. Además, en ecosistemas como las mesetas de arenisca amazónicas, Arbeláez y Parrado-Rosselli (2005) señalan que las cápsulas tienen una mayor importancia ya que suelen proteger mejor las semillas en ambientes más estresantes. Romero-Saritama y Pérez-Ruiz (2016b) indican que las especies que presentan más de 26 semillas representan menos del 10 % de las especies del bosque seco. Esta producción elevada de semillas evidencia una estrategia reproductiva, pues una mayor cantidad de semillas aumenta la probabilidad de que alguna se establezca en sitios favorables para su germinación y crecimiento (Ayala-Cordero et al., 2004). En los resultados del presente estudio, se observó que en el estado natural domina las semillas de *Ficus jacobii* (Vázq.Avila), mientras que en los estados seminatural y simplificado dominan las semillas de *Ficus citrifolia* (Mill.). Estas especies presentaron un número elevado de semillas, a pesar de contar con una abundancia de individuos muy reducida.

En los estados más perturbados (simplificado, dominado por arbustos y tierra árida), se observa una clara dominancia de drupas, siendo particularmente notable su presencia exclusiva en el estado de tierra árida. Esto sugiere que las especies con este tipo de fruto son las más resilientes a condiciones de mayor degradación, destacándose especies como *Bursera graveolens* (Kunth), *Coccoloba ruiziana* (Lindau) y *Cordia lutea* (Lam.). Romero-Saritama y

Pérez-Ruiz (2016a) señalan que el 55 % de frutos del bosque seco presentan entre 1 a 10 semillas, lo que resulta en concentrar el mayor gasto de energía en la producción de una sola o pocas semillas para aumentar la probabilidad de tolerancia a las condiciones de aridez y supervivencia (Conserva et al., 2013). Esta tendencia es coherente con los hallazgos del presente estudio, en los estados con mayor grado de degradación, como los dominados por arbustos y tierra árida, donde se encontró un mayor porcentaje de frutos de *Randia aurantiaca* (Standl.) y *Coccoloba ruiziana* (Lindau), especies que presentaron un bajo número de semillas.

Los resultados indicaron una dominancia de frutos pequeños en todos los estados de degradación del bosque. El tamaño del fruto juega un papel crucial en la selección del dispersor, por lo que la dominancia de frutos pequeños en el área de estudio sugiere que los frugívoros pueden consumir una mayor cantidad de frutas y transportar semillas a distancias más largas (Almazán-Núñez et al., 2021). Además, se ha reportado que frutos con diámetros de hasta 10 mm son principalmente dispersados por aves y murciélagos (Kuhlmann y Ribeiro, 2016). En contraste con resultados previos, los hallazgos de este estudio difieren de lo reportado en el bosque seco tropical de Colombia, donde el 50 % de los frutos son grandes (>31 mm) y el 44 % medianos (16-30 mm). Esta distribución de tamaños refleja la dependencia de las plantas a dispersores de gran tamaño corporal como monos o aves de mayor tamaño (Muñoz y Parrado-Rosselli, 2019). No obstante, es importante señalar que el estudio previamente mencionado también abarcó frutos con otros mecanismos de dispersión, incluyendo anemocoria, autocoria e hidrocoria; estos tipos de dispersión representaban menos del 40 % del total de frutos encontrados en dicha investigación. La dependencia de dispersores de mayor tamaño hace que estos ecosistemas sean más vulnerables a la conversión forestal (Almazán-Núñez et al., 2021).

Es importante destacar que la naturaleza heterogénea del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo imposibilitó una distribución uniforme de los transectos de muestreo que, pero dentro de nuestra muestra se incluye la diversidad estructural de estados de degradación, abarcando desde bosque natural y seminatural hasta bosques simplificados, dominados por arbustos y tierra árida. Adaptando la distribución de unidades de muestreo para cubrir todos los estados de degradación, resultando en un número desigual de transectos para cada tipo de estado, influyendo en el FAI, que considera la superficie muestreada. Esta disparidad podría estar influyendo en los resultados observados y merece ser tomada en cuenta en la interpretación de los datos.

La relación entre el estado de degradación con abundancia de frutos y riqueza de especies zoocoras sugiere la importancia de la conservación de estos ecosistemas para mantener los recursos necesarios para sostener las interacciones entre planta y animal. Además, estos hallazgos resaltan la importancia de la conservación y manejo adecuado de los bosques para mantener la funcionalidad del ecosistema, particularmente en lo que respecta a la disponibilidad de alimento para la fauna frugívora. Asimismo, subrayan el potencial de las áreas arbustivas como importantes fuentes de recursos frutales, lo que podría ser relevante para estrategias de restauración y conservación. Futuros estudios podrían enfocarse en identificar las especies vegetales clave en la producción de frutos en cada estado de degradación, así como en evaluar la calidad nutricional de los frutos producidos en diferentes condiciones. Esto proporcionaría información valiosa para comprender mejor la dinámica de las interacciones planta-animal en estos ecosistemas y para diseñar estrategias de manejo más efectivas.

8. Conclusiones

- Los estados mejor conservados del bosque presentaron una mayor diversidad y un mayor número de especies vegetales en fructificación en comparación con los estados más degradados. Notablemente, especies como *Randia aurantiaca* (Gentianales) y *Cordia lutea* (Boraginales) destacaron por su alta abundancia en toda el área de estudio, sugiriendo que permanecen en el ecosistema a pesar de los diversos niveles de perturbación.
- La mayor diversidad de atributos claves de los frutos zoocoros se evidenció en los estados del bosque mejor conservados. En contraste, en los estados más afectados por el disturbio crónico, se encontraron especies vegetales zoocoras con características adaptadas a estas condiciones, estas características incluyen el desarrollo de frutos tipo drupas y cápsulas con menor número de semillas, así como frutos más pequeños y menor peso. Dichas características aumentan las probabilidades de supervivencia de estas especies en estos entornos más degradados.
- Aunque no se encontró una relación estadísticamente significativa entre el estado del bosque y la abundancia de frutos, se observaron patrones interesantes. Los bosques en estados natural y seminatural mostraron una tendencia hacia una mayor riqueza de especies frutales. Inesperadamente, las áreas dominadas por arbustos presentaron una abundancia de frutos alta. Especies como *Cordia lutea* (Lam.), *Bursera graveolens* (Kunth), *Coccoloba ruiziana* (Lindau) y *Randia aurantiaca* (Standl.) destacaron por su adaptabilidad, proporcionando recursos frutales significativos incluso en zonas alteradas. Estos hallazgos sugieren la resiliencia de ciertas especies y la importancia de considerar diversos estados del bosque en las estrategias de conservación.

9. Recomendaciones

- Adoptar un enfoque de muestreo estratificado diseñado que represente más equitativamente de los diferentes estados de degradación del bosque (natural, seminatural, simplificado, dominado por arbustos y tierra árida). Al asignar un esfuerzo de muestreo adicional y más equitativo a cada tipo de hábitat, se obtendría una visión más precisa de la disponibilidad y características de los frutos en todo el ecosistema. Este enfoque facilitaría, comparaciones más precisas entre los diferentes estados del bosque.
- Para futuras investigaciones, se recomienda incluir en el diseño experimental un estado simplificado del ecosistema donde la especie dominante sea una productora de frutos. Esta adición permitiría evaluar con mayor precisión la influencia de la fructificación en la dinámica de las interacciones planta-animal y en los procesos de dispersión de semillas.
- Se recomienda extender el período de estudio más allá de los tres meses iniciales para obtener una visión más completa de la estacionalidad del bosque tropical estacionalmente seco. Dado que la fructificación está estrechamente relacionada con la estacionalidad de estos ecosistemas, es crucial ampliar el marco temporal de la investigación. Para este enfoque, es necesario prestar especial atención al inicio del período de lluvias, lo que permitirá recolectar una mayor cantidad de datos sobre la fructificación.

10. Bibliografía

- Acevedo-Quintero, J. F., Zamora-Abrego, J. G., Chica-Vargas, J. P., y 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/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.52288>
- Aguirre, E. L., Ullaguari, V. T., Alvarado, V., Aguirre, Z., y Viñan, H. (2024). Shrubby and Arboreal Species Diet Preferences of Creole Goat in Extensive Husbandry During Dry Season at Different Altitude Levels of Dry Forest in Southern Ecuador. *Livestock Research for Rural Development*, 36(3). <http://www.lrrd.org/lrrd36/3/3630edga.html>
- Aguirre-Mendoza, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización*. MAE y FAO. https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/21/14042335632720/especies_forestales_bosques_secos_del_ecuador.pdf
- Aguirre-Mendoza, Z., Aponte-Córdova, C., y Quizhpe Coronel, W. (2021). Bosque seco de la parroquia Mangahurco, Zapotillo, Loja, estudio de su composición florística, estructura y endemismo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 7162–7182. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.838
- Aguirre-Padilla, N., Alvarado-Espejo, J., y Granda-Pardo, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 118–130. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/499>
- Aizen, M. A., Gleiser, G., Sabatino, M., Gilarranz, L. J., Bascompte, J., y Verdú, M. (2016). The phylogenetic structure of plant-pollinator networks increases with habitat size and isolation. *Ecology Letters*, 19(1), 29–36. <https://doi.org/10.1111/ele.12539>
- Allen, K., Dupuy, J. M., Gei, M. G., Hulshof, C., Medvigy, D., Pizano, C., Salgado-Negret, B., Smith, C. M., Trierweiler, A., Van Bloem, S. J., Waring, B. G., Xu, X., y Powers, J. S. (2017). Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? *Environmental Research Letters*, 12(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5968>
- Almazán-Núñez, R. C., Alvarez-Alvarez, E. A., Sierra-Morales, P., y 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>
- Anderson, S. H., Ladley, J. J., Robertson, A. W., y Kelly, D. (2021). Effects of changes in bird community composition and species abundance on plant reproduction, through pollination and seed dispersal. *Ibis*, 163(3), 875–889. <https://doi.org/10.1111/ibi.12938>
- Antongiovanni, M., Venticinque, E. M., Matsumoto, M., y Fonseca, C. R. (2020). Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. *Journal of Applied Ecology*, 57(10), 2064–2074. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13686>
- Arasa-Gisbert, R., Arroyo-Rodríguez, V., y Andresen, E. (2021). El debate sobre los efectos de la fragmentación del hábitat: causas y consecuencias. *Ecosistemas*, 30(3). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2156>
- Arbeláez, M. V., y Parrado-Rosselli, A. (2005). Seed Dispersal Modes of the Sandstone Plateau Vegetation of the Middle Caqueta River Region, Colombian Amazonia. *Biotropica*, 37(1), 64–72. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.03077.x>
- Ayala-Cordero, G., Terrazas, T., López-Mata, L., y Trejo, C. (2004). Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia*, 29(12), 692–697. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33909907>
- Balvanera, P., Castillo, A., y Martínez-Harms, M. J. (2011). Ecosystem Services in Seasonally Dry Tropical Forests. *Seasonally Dry Tropical Forests*, 259–277. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_15
- Bascompte, J., Jordano, P., y Olesen, J. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science*, 312, 431–433. <https://doi.org/10.1126/science.1123412>
- Boucher, D. (2016). Mutualism . *Integrative and Comparative Biology*, 56(2), 365–367. <https://doi.org/10.1093/icb/icw071>
- Bovo, A. A. A., Ferraz, K. M. P. M. B., Magioli, M., Alexandrino, E. R., Hasui, É., Ribeiro, M. C., y Tobias, J. A. (2018). Habitat fragmentation narrows the distribution of avian functional traits associated with seed dispersal in tropical forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(2), 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.03.004>

- Bronstein, J. L., Wilson, W. G., y Morris, W. F. (2003). Ecological Dynamics of Mutualist/Antagonist Communities. *The American Naturalist*, 162(S4), S24-S39. <https://doi.org/10.1086/378645>
- Buitrón-Jurado, G., & Ramírez, N. (2014). Dispersal spectra, diaspore size and the importance of endozoochory in the equatorial Andean montane forests. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(7), 299–311. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.03.009>
- Butt, N., Seabrook, L., Maron, M., Law, B. S., Dawson, T. P., Syktus, J., y Mcalpine, C. A. (2015). Cascading effects of climate extremes on vertebrate fauna through changes to low-latitude tree flowering and fruiting phenology. *Global Change Biology*, 21(9), 3267–3277. <https://doi.org/10.1111/gcb.12869>
- Casanova, J., y Aranda-Pineda, J. (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
- Chamba-Romero, P., y Eras-Guamán, V. (2014). *Estudio Fenológico y Análisis de Calidad de Semillas de tres Especies Forestales Nativas, Promisorias del Bosque Seco, Provincia de Loja* [Tesis de grado, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL
- Chazdon, R. L., Peres, C. A., Dent, D., Sheil, D., Lugo, A. E., Lamb, D., Stork, N. E., y Miller, S. E. (2009). The potential for species conservation in tropical secondary forests. *Conservation Biology*, 23(6), 1406–1417. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01338.x>
- Chen, S. C., Cornwell, W. K., Zhang, H. X., y Moles, A. T. (2016). Plants show more flesh in the tropics: variation in fruit type along latitudinal and climatic gradients. *Ecography*, 40(4), 1–8. <https://doi.org/10.1111/ecog.02010>
- Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H. A., y Schwartz, M. D. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(7), 357–365. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.003>
- Conserva, A. D. S., Santana, D. G., y Fernandez-Piedade, M. T. (2013). Seed features of important timber species from the floodplain várzea forest: implications for ex situ

- conservation programs in the Amazon. *Scientific Magazine UAKARI*, 9(2), 7–19.
<https://doi.org/10.31420/uakari.v9i2.148>
- Corenblit, D., Baas, A., Balke, T., Bouma, T., Fromard, F., Garófano-Gómez, V., González, E., Gurnell, A. M., Hortobágyi, B., Julien, F., Kim, D., Lambs, L., Stallins, J. A., Steiger, J., Tabacchi, E., y Walcker, R. (2015). Engineer pioneer plants respond to and affect geomorphic constraints similarly along water-terrestrial interfaces world-wide. *Global Ecology and Biogeography*, 24(12), 1363–1376. <https://doi.org/10.1111/geb.12373>
- Cortés-Flores, J., Cornejo-Tenorio, G., Urrea-Galeano, L. A., Andresen, E., González-Rodríguez, A., y Ibarra-Manríquez, G. (2019). Phylogeny, fruit traits, and ecological correlates of fruiting phenology in a Neotropical dry forest. *Oecologia*, 189, 159–169. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4295-z>
- Dehling, D. M., Jordano, P., Schaefer, H. M., Böhning-Gaese, K., y Schleuning, M. (2016). Morphology predicts species' functional roles and their degree of specialization in plant–Frugivore interactions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1823). <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2444>
- Ehrlich, P. R., y Ehrlich, A. H. (2013). Can a collapse of global civilization be avoided? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1754). <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2845>
- Espejo, N., y Morales, N. (2019). Variation of the taxonomic and functional avian diversity in a dry tropical forest (DTF) at different successional stages in the south of magdalena valley, Huila, Colombia. *Caldasia*, 41(1), 108–123. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71272>
- Espinosa, C. I., De La Cruz, M., Luzuriaga, A. L., y Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*, 21(2), 167–179. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=713>
- Espinosa, C. I., Jara-Guerrero, A., Castillo-Escobar, J., Cueva-Ortiz, J., Gusmán-Montalván, E., y 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>

- Forrester, D. I., y Bauhus, J. (2016). A Review of Processes Behind Diversity-Productivity Relationships in Forests. *Current Forestry Reports*, 2(1), 45–61. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0031-2>
- Galetti, M., Alves-Costa, C. P., y Cazetta, E. (2003). Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation*, 111(2), 269–273. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00299-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00299-9)
- García, D., Zamora, R., y Amico, G. (2011). The spatial scale of plant-animal interactions: effects of resource availability and habitat structure. *Ecological Society of America*, 81(1), 103–121. <https://doi.org/10.1890/10-0470.1>
- García, D., Zamora, R., y Amico, G. C. (2010). Birds as suppliers of seed dispersal in temperate ecosystems: Conservation guidelines from real-world landscapes. *Conservation Biology*, 24(4), 1070–1079. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01440.x>
- García, L. C., Hobbs, R. J., Mães dos Santos, F. A., y Rodrigues, R. R. (2014). Flower and Fruit Availability along a Forest Restoration Gradient. *Biotropica*, 46(1), 114–123. <https://doi.org/10.1111/btp.12080>
- García-García, D., y Renjifo-Martínez, L. (2020). *Estructura vegetal y diversidad de rasgos funcionales de frutos carnosos en un gradiente de regeneración de la cordillera Central de Colombia* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional-Pontificia Universidad Javeriana
- Gonzalez, A., Rayfield, B., y Lindo, Z. (2011). The disentangled bank: How loss of habitat fragments and disassembles ecological networks. *American Journal of Botany*, 98(3), 503–516. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000424>
- Hoffmann, A. A., Rymer, P. D., Byrne, M., Ruthrof, K. X., Whinam, J., McGeoch, M., Bergstrom, D. M., Guerin, G. R., Sparrow, B., Joseph, L., Hill, S. J., Andrew, N. R., Camac, J., Bell, N., Riegler, M., Gardner, J. L., y Williams, S. E. (2019). Impacts of recent climate change on terrestrial flora and fauna: Some emerging Australian examples. *Austral Ecology*, 44(1), 3–27. <https://doi.org/10.1111/aec.12674>
- Howe, H. F. (2016). Making dispersal syndromes and networks useful in tropical conservation and restoration. *Global Ecology and Conservation*, 6, 152–178. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.03.002>

- Invernón, V., de la Estrella-González, M., López-Nieto, E., Arnelas-Seco, I., y Devesa-Alcaraz, J. (2012). Manual de laboratorio de Botánica. El fruto. *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 5(2), 1–14. <https://www.uco.es/organiza/departamentos/botanica/images/documentos/material-docente/manual-fruto.pdf>
- James, J. J., Sheley, R. L., Erickson, T., Rollins, K. S., Taylor, M. H., y Dixon, K. W. (2013). A systems approach to restoring degraded drylands. *Journal of Applied Ecology*, 50(3), 730–739. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12090>
- Jara-Guerrero, A., De la Cruz, M., y 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., Escribano-Avila, G., Espinosa, C. I., De la Cruz, M., y Méndez, M. (2018). White-tailed deer as the last megafauna dispersing seeds in Neotropical dry forests: the role of fruit and seed traits. *Biotropica*, 50(1), 169–177. <https://doi.org/10.1111/btp.12507>
- Jara-Guerrero, A., González-Sánchez, D., Escudero, A., y Espinosa, C. I. (2021). Chronic Disturbance in a Tropical Dry Forest: Disentangling Direct and Indirect Pathways Behind the Loss of Plant Richness. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 1–9. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.723985>
- Jara-Guerrero, A. K., Maldonado-Riofrío, D., Espinosa, C. I., y 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>
- Jordano, P. (2014). Fruits and frugivory. En R. S. Gallagher (Ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (pp. 18–61). CAB International. <https://doi.org/10.1079/9781780641836.0018>
- Kimmel, T. M., do Nascimento, L. M., Piechowski, D., Sampaio, E. V. S. B., Nogueira-Rodal, M. J., y Gottsberger, G. (2010). Pollination and seed dispersal modes of woody species of 12-year-old secondary forest in the Atlantic forest region of Pernambuco, NE Brazil. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205(8), 540–547. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.022>

- Koleff, P., Urquiza-Haas, T., y Contreras, B. (2012). Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas*, 21(1–2), 6–20. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/8>
- Kuhlmann, M., y Ribeiro, J. F. (2016). Fruits and frugivores of the Brazilian cerrado: Ecological and phylogenetic considerations. *Acta Botanica Brasilica*, 30(3), 495–507. <https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0192>
- Levey, D. J., y Martínez del Río, C. (2001). Perspectives in Ornithology it Takes Guts (And More) to eat fruit: Lessons from Avian Nutritional Ecology. *The Auk A Quarterly Journal of Ornithology*, 118(4), 819–831. <https://doi.org/10.1093/auk/118.4.819>
- Linares-Palomino, R., Kvist, L. P., Aguirre-Mendoza, Z., y Gonzales-Inca, C. (2010). Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*, 19(1), 169–185. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9713-4>
- Luna-Nieves, A. L., Meave, J. A., Morellato, L. P. C., y Ibarra-Manríquez, G. (2017). Reproductive phenology of useful Seasonally Dry Tropical Forest trees: Guiding patterns for seed collection and plant propagation in nurseries. *Forest Ecology and Management*, 393, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.014>
- Maglianesi-Sandoz, M., y Jones-Román, G. (2016). Efecto del cambio climático sobre las interacciones planta-animal y sus consecuencias sobre los ecosistemas. *Biocenosis. Revista Ambiental. Centro de Educación Ambiental- UNED*, 30(1–2), 70–79. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1430>
- Magnago, L. F. S., Edwards, D. P., Edwards, F. A., Magrach, A., Martins, S. V., y Laurance, W. F. (2014). Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. *Journal of Ecology*, 102(2), 475–485. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12206>
- Marques-Dracxler, C., y Kissling, W. D. (2022). The mutualism–antagonism continuum in Neotropical palm–frugivore interactions: from interaction outcomes to ecosystem dynamics. *Biological Reviews*, 97(2), 527–553. <https://doi.org/10.1111/brv.12809>
- Morelos-Juárez, C., Tapia, A., Conde, G., y Peck, M. (2015). Diet of the critically endangered brown-headed spider monkey (*Ateles fusciceps fusciceps*) in the Ecuadorian Chocó:

- Conflict between primates and loggers over fruiting tree species Diet of the critically endangered. *PeerJ PrePrints*, 3, 1–16. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1574v1>
- Muñoz, C., y Parrado-Rosselli, A. (2019). Frutos y semillas del bosque seco. *Biodiversidad*, 92. <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2019/cap1/102/#seccion1>
- Ordóñez-Delgado, L., Tomás, G., Armijos-Ojeda, D., Jara-Guerrero, A., Cisneros, R., y 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>
- Pessoa, M. S., Rocha-Santos, L., Talora, D. C., Faria, D., Mariano-Neto, E., Hambuckers, A., y Cazetta, E. (2017). Fruit biomass availability along a forest cover gradient. *Biotropica*, 49(1), 45–55. <https://doi.org/10.1111/btp.12359>
- Romero-Saritama, J. M., y Pérez-Rúiz, C. (2016a). Rasgos morfológicos regenerativos en una comunidad de especies leñosas en un bosque seco tropical tumbesino. *Revisa de Biología Tropical*, 64(2), 859–873. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i2.20090>
- Romero-Saritama, J., y Pérez-Ruiz, C. (2016b). Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación ex situ de especies leñosas en los bosques secos Tumbesinos. *Ecosistemas*, 25(2), 59–65. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.07>
- Sage, R. F. (2020). Global change biology: A primer. *Global Change Biology*, 26, 3–30. <https://doi.org/10.1111/gcb.14893>
- Saldaña-Vázquez, R. A. (2014). Intrinsic and extrinsic factors affecting dietary specialization in Neotropical frugivorous bats. In *Mammal Review* (Vol. 44, Issues 3–4, pp. 215–224). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/mam.12024>
- Saracco, J. F., Collazo, J. A., y Groom, M. J. (2004). How do frugivores track resources? Insights from spatial analyses of bird foraging in a tropical forest. *Oecologia*, 139(2), 235–245. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1493-7>
- Sauve, A., Fontaine, C., y Thébault, E. (2014). Structure-stability relationships in networks combining mutualistic and antagonistic interactions. *Oikos*, 123(3), 378–384. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00743.x>

- Schaefer, H. M., Schaefer, V., y Vorobyev, M. (2007). Are fruit colors adapted to consumer vision and birds equally efficient in detecting colorful signals? *American Naturalist*, *169*(1), 159–169. <https://doi.org/10.1086/510097>
- Silva, É. E. de M. e., Paixão, V. H. F., Torquato, J. L., Lunardi, D. G., y 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*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103553>
- Simms, E. L. (2013). Plant-Animal Interactions. En S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition* (pp. 39–55). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00109-X>
- Staggemeier, V. G., Cazetta, E., y Cerdeira-Morellato, L. P. (2017). Hyperdominance in fruit production in the Brazilian Atlantic rain forest: the functional role of plants in sustaining frugivores. *Biotropica*, *49*(1), 71–82. <https://doi.org/10.1111/btp.12358>
- Tabarelli, M., Lopes, A. V., y Peres, C. A. (2008). Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. *Biotropica*, *40*(6), 657–661. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00454.x>
- Tabarelli, M., Mantovani, W., y Peres, C. A. (1999). Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation*, *91*(2–3), 119–127. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00085-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00085-3)
- Thorpe, A. S., Aschehoug, E. T., Atwater, D. Z., y Callaway, R. M. (2011). Interactions among plants and evolution. *Journal of Ecology*, *99*(3), 729–740. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01802.x>
- Valenta, K., y Nevo, O. (2020). The dispersal syndrome hypothesis: How animals shaped fruit traits, and how they did not. *Functional Ecology*, *34*(6), 1158–1169. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13564>
- Valiente-Banuet, A., Aizen, M. A., Alcántara, J. M., Arroyo, J., Cocucci, A., Galetti, M., García, M. B., García, D., Gómez, J. M., Jordano, P., Medel, R., Navarro, L., Obeso, J. R., Oviedo, R., Ramírez, N., Rey, P. J., Traveset, A., Verdú, M., y Zamora, R. (2014). Beyond species loss: The extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*, *29*(3), 299–307. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12356>

- Van der Pijl, L. (1969). *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-00799-0>
- Zárate-Cuevas, L., Núñez-López, N., Cuevas-Guzmán, R., Morales-Arias, J. G., Sánchez-Rodríguez, E., Guzmán-Hernández, L., y Solís-Magallanes, J. A. (2022). Fenología reproductiva de árboles en una zona montañosa del occidente de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(69), 154–175. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.1176>
- Zeng, Y., y Wiens, J. J. (2021). Do mutualistic interactions last longer than antagonistic interactions? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1958). <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1457>
- Zhang, Z., Yan, C., y Zhang, H. (2020). Mutualism between antagonists: its ecological and evolutionary implications. *Integrative Zoology* 0,1–13. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12487>

11. Anexos

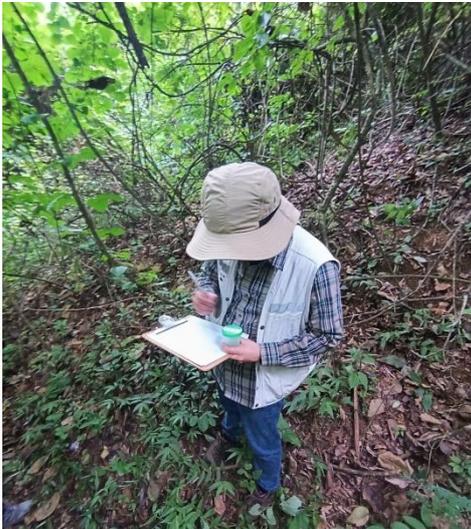
Anexo 1. Ubicación de los puntos de muestreo distribuidos en los estados del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo

Localidad	Punto	Estado	Coordenadas UTM Zona 17 M	
			Este	Norte
Cochas	9	Natural	583382.14	9538287.06
	8	Natural	583258.60	9538162.76
	7	Natural	583232.28	9538029.60
	6	Seminatural	582834.40	9537585.67
	5	Seminatural	582609.22	9537369.01
	4	Simplificado	582386.19	9537083.89
	3	Dominado por arbustos	581966.90	9537136.06
	2	Simplificado	581763.72	9537154.24
	1	Dominado por arbustos	581211.31	9537491.34
Limonés	1	Árido	571470.85	9517102.65
	2	Dominado por arbustos	571205.29	9517581.74
	3	Dominado por arbustos	571298.60	9517829.08
	4	Seminatural	571360.58	9518035.94
	5	Dominado por arbustos	571280.37	9518182.62
	6	Seminatural	571158.15	9518391.51
	7	Simplificado	571055.47	9518598.66
	8	Seminatural	570962.89	9518813.19
	9	Natural	570852.33	9519034.47
La Manga	1	Natural	578320.94	9532221.99
	2	Seminatural	578231.76	9532399.68
	3	Natural	578179.83	9532649.18
	4	Seminatural	578274.98	9532818.01
	5	Simplificado	578321.57	9532919.09
	6	Simplificado	578283.05	9533151.51
	7	Dominado por arbustos	578336.13	9533308.00
	8	Dominado por arbustos	578192.06	9533411.99
	9	Árido	578039.00	9533514.99

Anexo 2. Proceso para trazar los transectos



Anexo 3. Recolección de frutos zoocoros



Anexo 4. Caracterización de los frutos zoocoros

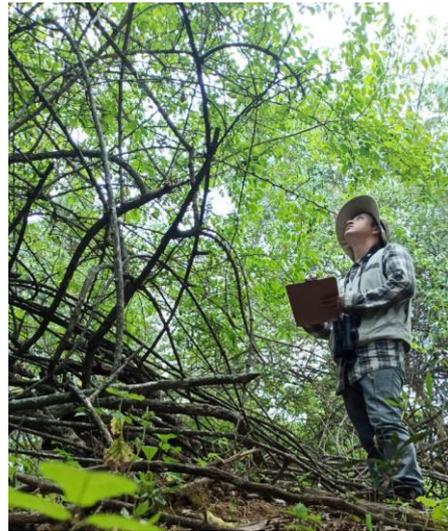


Anexo 5. Ficha para el conteo de frutos zoocoros para cada punto de muestreo

Conteo de frutos zoocoros									
Fecha									
Localidad	Cochas			Transecto N°					
	Limones								
	La Manga			Estado Forestal					
Observador									
Especie			Parámetros de conteo						
Código	Nombre común	Nombre científico	N° de frutos por rama				Promedio N° fruto por rama	N° de ramas con frutos	N° de frutos
			Rama 1	Rama 2	Rama 3	Rama 4			

Estado Forestal: Bosque natural (N), bosque seminatural (sN), bosque arbustivo (Sd), bosque simplificado (S) y tierra árida (Al)

Anexo 6. Conteo de frutos zoocoros



Anexo 7. Certificado de traducción del Abstract

Loja, 29 de octubre de 2024

Mgr.

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:
**Frutos zoocoros con importancia para dispersores de semillas en un gradiente de
degradación del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo**, de la autoría del
estudiante Erick Jafet Balcázar Bustamante, C.I.: 1727546416.

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