



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA: INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

**ECOLOGÍA DE LA POLINIZACIÓN Y DISPERSIÓN DE FRUTOS EN LA ESPECIE
DE PALMA *Ceroxylon echinulatum* EN LA PROVINCIA DE NAPO, ECUADOR**

Tesis de investigación previo a la obtención de Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR: BRYAN MANUEL SIMBA TIPANLUISA

TUTOR: PhD. MARÍA CRISTINA PEÑUELA MORA

COTUTOR: PhD. SARA ÁLVAREZ SOLAS

Napo - Ecuador

2023

Declaración de derecho de autor, autenticidad y responsabilidad

Yo, Bryan Manuel Simba Tipanluisa con documento de identidad N° 1500975873, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título Ingeniería en Ecosistemas son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Tena, 29 de marzo de 2023

Firma:



Bryan Manuel Simba Tipanluisa

Certificado de dirección de trabajo de integración curricular

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: **“Ecología de la polinización y dispersión de frutos en la especie de palma Ceroxylon echinulatum en la provincia de Napo, Ecuador”**, en la modalidad de: tesis, fue realizado por: Bryan Manuel Simba Tipanluisa, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 29 de marzo de 2023

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**MARIA CRISTINA
PEÑUELA MORA**

María Cristina Peñuela Mora

C.I: 1756861496

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Bryan Manuel Simba Tipanluisa, con documento de identidad N° 1500975873, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: **“Ecología de la polinización y dispersión de frutos en la especie de palma Ceroxylon echinulatum en la provincia de Napo, Ecuador”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación superior.

Tena, 29 de marzo de 2023

Bryan Manuel Simba Tipanluisa
1500975873

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres por brindarme su apoyo durante toda la carrera y alcanzar mis objetivos.

A mi tutora María Cristina Peñuela por haberme apoyado en la elaboración de mi tesis y por todos los consejos que me dio, gracias a su dedicación y paciencia para que pueda aprender y entender cómo funcionan las cosas en este nuevo camino.

A mi cotutora Sara Álvarez porque de igual manera me enseñó nuevas cosas y fue muy paciente y amigable todo el tiempo. Gracias a ambas por permitirme ser parte de sus logros.

Al programa BIOGEEC por el financiamiento para la realización de esta investigación. A la Universidad Regional Amazónica Ikiam por el acceso a los laboratorios y permitirme obtener este título. A Bruno de Madeiros y Dagmara Zyla por las enseñanzas y la colaboración en la identificación de los visitantes florales.

A todos mis amigos que me han apoyado a lo largo de la carrera, gracias por todos esos recuerdos que se quedaron plasmados y recordados cada vez que tengamos la oportunidad de volver a vernos.

INDICE GENERAL

CARÁTULA

DERECHO DE AUTHOR.....	ii
CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Objetivos de la investigación (generales y específicos)	6
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	7
2.1 Sitio de estudio.....	7
2.2. Colecta y preparación de muestras: inflorescencias y visitantes florales....	8
2.3. Fenología de la floración y fructificación.....	9
2.4. Monitoreo de cámaras trampa.....	10
2.5 Análisis de datos.....	11
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS.....	12
3.1. Visitantes florales.....	12
3.2. Fenología reproductiva.....	14

3.3. Monitoreo de cámaras trampa.....	16
CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Visitantes florales.....	19
4.2. Fenología reproductiva.....	20
4.3. Monitoreo de cámaras trampa.....	20
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
REFERENCIAS	23
ANEXOS	30

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	Estudios realizados acerca de la biología y ecología de especies del género <i>Ceroxylon</i>	3
Tabla 2.	Correlación de Pearson de las partes reproductivas de <i>C. echinulatum</i> y las variables climáticas.....	15
Tabla 3.	Test de normalidad de Shapiro – Wilk.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de la zona de estudio y distribución de <i>Ceroxylon</i> según ocurrencias obtenidas en Global Biodiversity Information Facility - GBIF- [30].....	7
Figura 2.	Individuo femenino de <i>C. echinulatum</i> con inflorescencia (a) e individuo masculino con inflorescencia (b).....	9
Figura 3.	Estados fenológicos en inflorescencias de <i>C. echinulatum</i> los estados fenológicos: a) flor femenina abierta, b) flor masculina abierta, c) fruto en maduración (color verde) y d) fruto maduro (color naranja).....	10
Figura 4.	Morfotipos encontrados en inflorescencias masculinas de <i>C. echinulatum</i> . Insectos del orden Coleoptera: Chrysomelidae (1-22), Nitidulidae (23-30), Curculionidae (31-35), Staphylinidae (36-37), y otras ordenes: Hymenoptera (38-44), Diptera (45-50), Hemiptera (51), Thysanoptera (52), Astigmata (53-54), Blattodea (55), Dermistidae (56).....	13
Figura 5.	Especies de animales vertebrados con mayor número de visitas en palmas con frutos de <i>C. echinulatum</i> a) <i>Rattus</i> sp. b) <i>Hadroscurus igniventris</i> , c) <i>Aburria aburri</i> , d) <i>Dasyprocta fuliginosa</i> , e) <i>Didelphis pernigra</i>	17
Figura 6.	Monitoreo de especies asociadas a <i>C. echinulatum</i> , visitas mensuales en relación a las infrutescencias maduras	18

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Especies animales registradas con las cámaras trampa a) *Tremarctos ornatus*, b) *Puma concolor*, c) *Tamandua tetradactyla*, d) *Eira barbara*, e) *Nasuella olivacea*, f) *Leopardus tigrinus*, g) *Sylvilagus andinus*, h) *Leopardus wiedii*, i) *Catharus ustulatus*, j) *Zentrygon frenata*, k) *Thraupidae sp.*, l) *Zonotrichia capensis*, m) *Rupornis magnirostris*, n) *Turdus merula*
- Anexo 2.** Estatus de animales vertebradas registradas en cámaras trampa relacionadas a *Ceroxylon echinulatum*
- Anexo 3.** Visitantes florales de *Ceroxylon echinulatum*. Las abundancias están categorizadas como: *** muy abundantes, ** abundantes, * raras, + esporádicos y - ausente. Frecuencia: MF = muy frecuentes, F= frecuentes, OC= ocasionales y PC= poco frecuentes.
- Anexo 4.** Producción de inflorescencias masculinas, inflorescencias femeninas, infrutescencias verdes e infrutescencias maduras entre septiembre de 2021 a octubre de 2022
- Anexo 5.** Curva de acumulación de especies de visitantes florales en *Ceroxylon echinulatum*
- Anexo 6.** Variables climáticas precipitación y temperatura (promedio, máxima, mínima) obtenido del INAMHI, Estación Sierra Azul, cercana a la zona de estudio

RESUMEN

El género *Ceroxylon* o también llamado palmas de cera cuenta con 12 especies nativas de los bosques húmedos de los Andes de Sur América. Existen pocos estudios acerca de las especies de este género, por lo que este estudio se ha enfocado en la especie *Ceroxylon echinulatum* con el fin de conocer su (1) diversidad de visitantes florales usando el método de colecta con fundas plásticas, (2) biología reproductiva, donde se tomaron datos de fenología de 70 individuos entre septiembre de 2021 a octubre de 2022 en un bosque húmedo premontano en Napo, Ecuador, y (3) especies dispersoras de frutos con el uso de seis cámaras trampa modelo Bushnell Trophy Cam que fueron colocadas desde octubre de 2021 a octubre de 2022 con un esfuerzo de muestreo de 1705 trampas/noche. Encontramos que las inflorescencias masculinas y femeninas se producían de forma estacional durante los meses de septiembre hasta inicios de febrero cuando las precipitaciones fueron relativamente bajas con respecto a los demás meses del año y con temperaturas mayores a 20°C. En relación a los visitantes florales, encontramos 56 morfotipos de los cuales Chrysomelidae (orden Coleoptera) fue la familia con mayor número de especies. La producción de frutos se dio entre junio y julio, madurando entre septiembre y noviembre, lo que se correlaciona en parte con el mayor número de visitas encontrado en las cámaras trampa. Nuestros resultados mostraron registros de 7 especies de aves y 12 especies de mamíferos medianos y grandes, sin embargo, solo 6 especies son consideradas dispersoras. Estos datos suponen los primeros registros de polinizadores y nuevos dispersores para *C. echinulatum*, siendo esto importante ya que podemos conocer las especies que interactúan con la palma y brindan servicios ecosistémicos necesarios para el bienestar humano.

Palabras clave: *Ceroxylon echinulatum*, visitantes florales, fenología reproductiva, dispersores de frutos, cantarofilia

ABSTRACT

Ceroxylon genus, also known as wax palms, has 12 species native to the humid forests of the Andes of South America. There are very few studies of species of this genus, so this study has focused on the species *Ceroxylon echinulatum* in order to know its (1) diversity of floral visitors using the method of collection with plastic bags, (2) reproductive biology, where phenology data were collected from 70 individuals from September 2021 to October 2022 in a premontane rainforest in Napo, Ecuador, and (3) fruit-dispersing species using six Bushnell Trophy Cam traps that were placed from October 2021 to October 2022 with a sampling effort of 1705 traps/night. We found that male and female inflorescences were produced seasonally during the months of September until early February when rainfall was relatively low relative to the other months of the year, with temperatures above 20°C. In relation to the floral visitors, we found 56 morphotypes of which Chrysomelidae (order Coleoptera) was the family with the highest number of species. Fruit production occurred between June and July maturing between September and November, which correlates in part with the highest number of visits found in the camera traps. Our results showed records of 7 species of birds and 12 species of medium and large mammals, however, only 6 species are considered dispersers. These data represent the first records of pollinators and dispersers for *C. echinulatum*, this is important because we can learn about the species that interact with the palm and provide ecosystem services necessary for human well-being.

Key words: *Ceroxylon echinulatum*, floral visitors, reproductive phenology, fruit dispersers, cantarofilia

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

La flora de palmeras de Ecuador se destaca por su extraordinaria diversidad en relación con el tamaño del país, concentra 136 especies y 32 géneros de palmas nativas, siendo los géneros *Geonoma*, *Bactris*, *Wettinia* y *Aiphanes* los más diversos [1]. Las palmas en general, son claves para la supervivencia de varias poblaciones humanas porque les proveen de alimentos, medicinas y materia prima para la construcción de viviendas [2]. Adicionalmente, contribuyen generando recursos económicos en varias comunidades a través de la elaboración de artesanías para la venta y comercialización de frutos o palmito [2].

Las palmas del género *Ceroxylon* se localizan únicamente en los bosques nublados de los Andes tropicales entre 900 y 3500 m de altitud [3]. En Ecuador se encuentran presentes en las estribaciones andinas, en la parte occidental de Azuay, Bolívar, Cañar, Cotopaxi, El Oro, Imbabura, Pichincha y en las derivaciones orientales en Loja, Morona Santiago, Napo, Tungurahua y Zamora Chinchipe, reportadas en áreas afectadas por el cambio de uso del suelo como la agricultura y ganadería [1]. En los troncos muertos en pie de la palma anidan dos especies de aves en peligro crítico: *Ognorhynchus icterotis* (loro oreja-marillo) *Leptosittaca branickii* (perico paramuno) [4]. En Ecuador se concentran seis de las 12 especies reconocidas del género: *Ceroxylon echinulatum*, *C. vogelianum*, *C. ventricosum*, *C. parvum*, *C. parvifrons* y *C. amazonicum* (endémica) [4]. Estas especies cuentan con restricciones de cosecha debido a que se encuentran catalogadas como vulnerables por la UICN y desde el año 2008 se emitió en Ecuador la Resolución N° 050 que prohíbe el aprovechamiento y movilización de cuatro especies del género *Ceroxylon* [1]. Actualmente en Ecuador está prohibido el aprovechamiento de todas las especies de este género por su relación ecológica con las aves antes mencionadas [5].

Existen evidencias del uso de palmas de *Ceroxylon* desde la colonia, donde hubo centros de extracción, acopio y venta para consumo alimenticio, y elaboración de artesanías y construcción de viviendas [6]. Las partes más frecuentemente cosechadas de esta palma son: el tallo para la construcción de cercas, el cogollo para la obtención de palmito comestible, las hojas para la construcción de techos y elaboración de ramos en semana santa,

y los frutos para consumo humano o para el ganado [7].

A pesar de su importancia, las palmas del género *Ceroxylon* se encuentran amenazadas constantemente por la pérdida de hábitat debido a la tala de bosques, a la ganadería, la extensión de la frontera agrícola y la extracción indiscriminada de hojas para fiestas religiosas [3]. Adicionalmente, presentan una baja tasa de regeneración en zonas abiertas o pastizales y son de lento crecimiento [3]. Estudios en *C. alpinum*, por ejemplo, revelaron que esta especie requiere 80 años para iniciar su ciclo reproductivo y puede superar la edad de 200 años [1].

Algunos aspectos ecológicos de cada una de las 12 especies del género han sido estudiados (Tabla 1). En Colombia la polinización y fenología de *C. parvifrons*, *C. ventricosum*, *C. vogelianum*, que presentaron la cantarofilia como síndrome de polinización, es decir que, debido al color, fragancia, forma de la flor, entre otras características, los escarabajos tienen mayor preferencia y son los polinizadores más frecuentes de estas especies, y la dinámica poblacional de *C. quindiuense* [8,9]. Además, la interacción de varias especies animales con los frutos de *Ceroxylon* [10]. Mejía-Londoño (1999) reportó como especies dispersoras de semillas de *C. alpinum* varias aves y un mamífero, tales como *Chamaepetes goudotii* (pava maraquera) y *Artibeus jamaicensis* (murciélago frugívoro de Jamaica). Galeano y Bernal (2005) reportan aves dispersoras de frutos de *C. quindiuense*, de las cuales se mencionan al *Aulacorhynchus prasinus* (tucán esmeralda) y los loros (*Hapalopsitaca fuertesii*, *H. amazonina*), incluyendo a *Ognorrhynchus icterotis*.

C. echinulatum es una palmera solitaria, arborescente y dioica, es decir que tienen flores masculinas y femeninas en diferentes individuos, además puede crecer más de 30 metros de altura. Las inflorescencias masculinas crecen cerca del eje de la corona y se encuentran colgadas, las inflorescencias femeninas, en cambio, crecen por encima de la corona de las hojas y están erectas cuando son inmaduras [1]. Se distribuye en los Andes occidentales y orientales de Ecuador y los Andes nororientales de Perú. El tallo de esta especie está cubierto de una fina capa de cera blanca dándole su color particular, y en el mismo se encuentran cicatrices foliares en forma de anillo que son inserciones antiguas de las hojas [13]. Es un componente esencial dentro del paisaje debido a su densidad local, las múltiples interacciones que sostiene con polinizadores, dispersores y depredadores, además de su capacidad para alimentar los suelos con materia orgánica [13]. En Ecuador hay

estudios de la estructura de cuatro de las seis especies reportadas, pero ninguno en relación a los aspectos fenológicos, de polinización o interacción con especies con especies de vertebrados.

Tabla 1-3: Estudios realizados acerca de la biología y ecología de especies del género *Ceroxylon*

Especie	Lugar de estudio	Aspectos del estudio	Bibliografía
<i>C. alpinum</i>	Ecuador Colombia	Distribución, caracteres diferenciales, usos, dispersores de frutos	[3,11]
<i>C. amazonicum</i>	Ecuador	Distribución, caracteres diferenciales, usos	[3,11]
<i>C. ceriferum</i>	Venezuela Colombia	Estructura floral y organogénesis	[12]
<i>C. echinulatum</i>	Ecuador	Variación morfológica y taxonomía, efecto de la cosecha de hojas en el crecimiento, aislamiento histórico y flujo genético	[6,13,14]
<i>C. parvifrons</i>	Venezuela, Perú y Colombia	Ecología de la polinización, picos de floración, variación de estructuras reproductivas	[7,8]
<i>C. parvum</i>	Ecuador	Descripción de la especie, distribución y usos regulares	[3]
<i>C. peruvianum</i>	Perú	Variación morfológica y taxonomía, estimación de carbono en la biomasa de <i>C. peruvianum</i> , efectos de la escarificación y estratificación en la germinación de semillas.	[15–17]
<i>C. pityrophyllum</i>	Bolivia Perú	Estado poblacional, aprovechamiento y cadena de comercialización	[18]
<i>C. quin-diense</i>	Colombia	Fenología, patrón de crecimiento, plan de conservación y manejo, resiliencia juvenil, especies de <i>Mystropini</i> asociadas, dispersores de frutos	[8,10,11,19–21]
<i>C. sasaimae</i>	Colombia	Variación morfológica y taxonomía, manejo y conservación, estimación de la producción de combustibles gaseosos generados a partir de la pirólisis y de la gasificación del fruto	[22–24]
<i>C. ventricosum</i>	Colombia Ecuador	Ecología de la polinización con una diversidad de 38 especies de insectos, picos de floración, variación morfológica	[9]
<i>C. vogelianum</i>	Colombia Venezuela	Variación morfológica y taxonomía, ecología de la polinización.	[8,9]

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

1.2. Planteamiento del problema

Las especies del género *Ceroxylon* se han visto afectadas por la pérdida de hábitat natural como consecuencia de la deforestación, el cambio de uso del suelo para ganadería, cultivos y por la explotación excesiva de hojas, diezmando sus poblaciones a un nivel crítico [1]. Estas especies se encuentran en bosques maduros, secundarios y potreros, pero la presencia y número de individuos en diferentes grupos etarios es desequilibrada. En potreros, por ejemplo, no hay regeneración natural, dificultando su conservación y manejo [1]. Desde 1990 hasta la actualidad, se han deforestado cerca de 2.000 ha/año en la provincia de Napo debido a las actividades humanas. Esta deforestación ha alterado la ecología del área, afectando la estructura genética y dinámica poblacional de muchas especies [25,26].

El estado y la conservación de un ecosistema depende de la condición poblacional de las especies clave, las cuales tienen un alto impacto en el mantenimiento del ecosistema en el que se encuentran y su presencia o ausencia puede tener efectos significativos en el ecosistema en general [4]. Su uso inadecuado ha afectado y destruido las poblaciones no solo de *Ceroxylon*, también las especies de flora y fauna asociadas a la misma [27].

Las palmas del género *Ceroxylon* conforman poblaciones oligárquicas en los bosques andinos en nichos altitudinales específicos, es decir que crecen en grupos dominados por individuos grandes y maduros que tienen un impacto significativo en el crecimiento y la dinámica de la población en su entorno [15]. Los pueblos indígenas y campesinos, las utilizan como fuente de alimento y destacan en la economía de subsistencia [1].

Estas interacciones entre especies mantienen el funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, la conservación y estabilidad de las poblaciones de especies de plantas depende de la presencia y mantenimiento de los polinizadores que transfieren polen desde los órganos masculinos de las flores hacia los femeninos, lo que hace posible la formación de frutos y semillas para cultivos [28]. De la misma manera tienen interacciones con los dispersores, que permiten el mantenimiento y extensión de los rangos de distribución de las especies, además de que sus frutos son una fuente de alimento para muchos animales [1]. La información acerca de la fenología que estudia los patrones de los eventos estacionales en plantas y animales como la floración, fructificación y migración, los polinizadores

y dispersores es indispensable porque nos ayuda a comprender como las especies interactúan en su entorno y como puede verse afectadas por el cambio climático y otros factores ambientales. Además, con esta información se pueden elaborar planes de manejo necesarios para mantener los ecosistemas y las especies en relativo buen estado [20]. En Ecuador, pocos estudios en palmas aportan dicha información y, en *Ceroxylon*, ninguno.

1.3. Justificación de la investigación

En Ecuador, *Ceroxylon echinulatum* está presente en las estribaciones andinas en áreas húmedas premontanas y montanas bajas, entre los 1200 y 2200 m de altitud; son palmas arborescentes, dioicas y de lento crecimiento [1]. Según Vergara (2002), *C. alpinum* una especie cercana ecológicamente a *C. echinulatum*, requiere cerca de 80 años para alcanzar su etapa reproductiva. Por otra parte, se han observado grandes diferencias en la densidad de individuos de distintos grupos etarios de regeneración natural [33]. En los bosques secundarios hay una elevada densidad de plántulas, juveniles y adultos; sin embargo, en potreros se reporta una alta densidad de plántulas con ausencia total de juveniles, subadultos y moderadamente adultos, indicando un desbalance en la regeneración natural debido a la fragmentación del hábitat [29]. *C. echinulatum* forma poblaciones aisladas y fragmentadas, con restricción en bosques húmedos piemontanos y montanos bajos [29]. La especie al ser clave en el bosque andino proporciona hábitat y alimento para mamíferos y aves, lo que a su vez favorece la dispersión de los frutos [1]. Adicionalmente, *C. echinulatum* está clasificada como vulnerable debido a la degradación de su hábitat natural y la tala para la cosecha de sus hojas [1].

Las hojas jóvenes son utilizadas para la elaboración de artesanías (ramos) durante las celebraciones en semana santa. En esta época se venden las hojas en 0.50 USD del lugar donde se extrae y puede llegar a costar 24 USD cuando ya se la ha procesado para ser usada en estas ceremonias litúrgicas como ramos [16]. Se ha sugerido que la extracción de hojas durante este periodo podría ser el principal motivo de amenaza a la sobrevivencia de las especies de este género [1].

Debido a la importancia ecológica, limitada distribución y a que se desconocen aspectos pivotaes para el manejo de *C. echinulatum*, como son la fenología e interacciones con polinizadores y dispersores, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo es la fenología de la floración de *C. echinulatum* en la provincia de Napo, sector Cosanga, Ecuador?

¿Cuáles son los visitantes florales y polinizadores de *C. echinulatum* en la provincia de Napo, sector Cosanga, Ecuador?

¿Cuáles especies de animales se asocian a los frutos caídos de *C. echinulatum* y cómo se asocia a los picos de fructificación?

1.4. Objetivos de la investigación

General

Conocer la ecología referente a la polinización y de la dispersión de frutos de la palma *Ceroxylon echinulatum* en la provincia de Napo, sector Cosanga, Ecuador.

Específicos

- 1) Identificar los visitantes florales y el síndrome de polinización de *C. echinulatum* en la provincia de Napo, sector Cosanga, Ecuador.
- 2) Estudiar la fenología reproductiva de *C. echinulatum* en la provincia de Napo, sector Cosanga, Ecuador.
- 3) Identificar las especies animales vertebrados asociadas a los frutos caídos de *C. echinulatum* y su relación con los picos de fructificación en la provincia de Napo, sector Cosanga, Ecuador.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Sitio de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Napo situada en el centro norte de Ecuador (Figura 1). El área de estudio comprende una zona de 5 km² a lo largo de la vía que conduce de Baeza a Cosanga, en un ecosistema que se clasifica entre bosque siempre verde montano bajo y bosque de neblina montano [24].

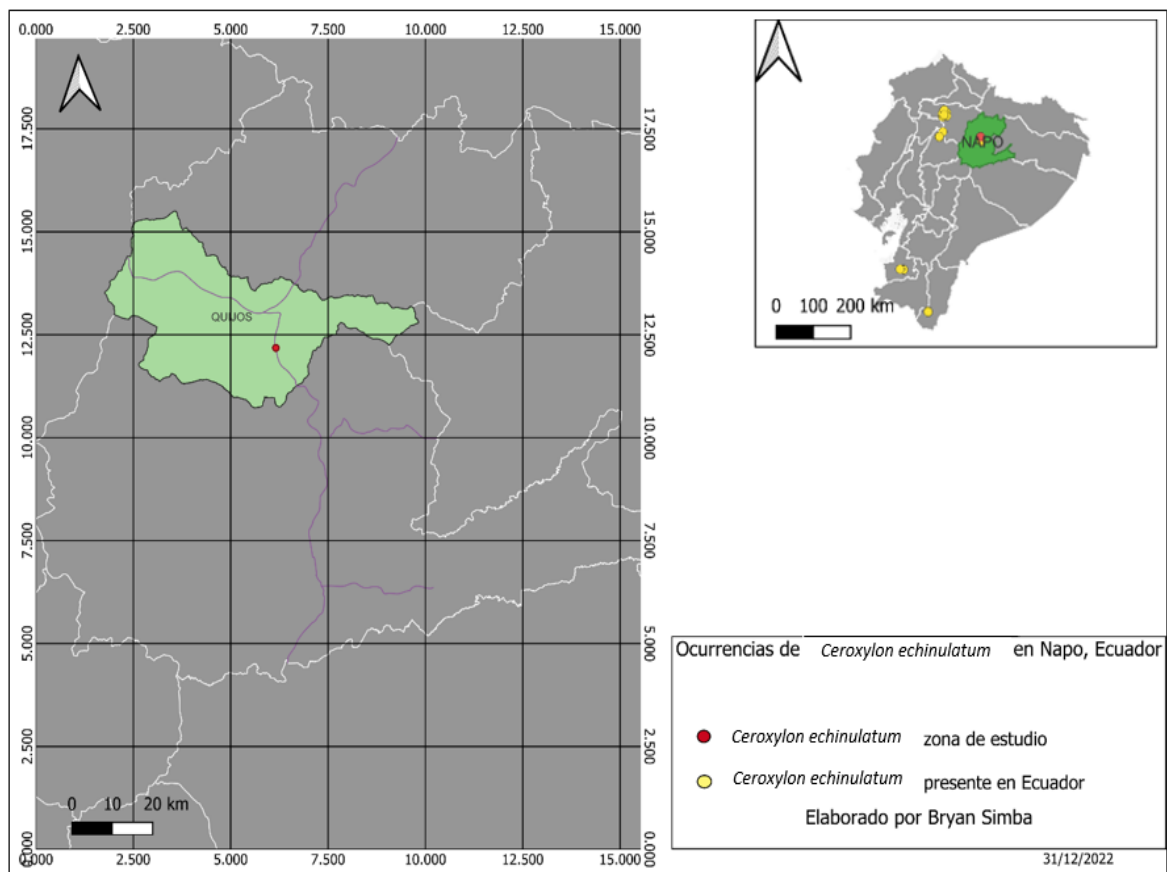


Figura No.1: Localización de la zona de estudio y distribución de *Ceroxylon* según ocurrencias obtenidas en Global Biodiversity Information Facility -GBIF- [30].

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

El estudio se desarrolló entre Cosanga y Baeza en el cantón Quijos (-0.53777; -77.87916). Para identificar el sitio de colecta se consideró: 1) las ocurrencias georreferenciadas encontradas en páginas web Global Biodiversity Information Facility -GBIF- [30] y artículos científicos [24], donde la información fue debidamente curada; 2) que la densidad de individuos fuera mayor de 100 individuos que consideramos abundante; 3) que el sitio fuera accesible tanto para la colecta de inflorescencias como para el monitoreo de fenología y de las cámaras trampa; 4) que obtuviéramos el permiso de los dueños del lugar (en este caso la familia de la Sra. Nancy Erazo). Todas las palmas monitoreadas para fenología y colecta de inflorescencias se localizaron exclusivamente en pastizales, mientras que las palmas monitoreadas con cámaras trampa se hallaron dentro de un bosque primario, siendo su densidad muy baja y, en su mayoría palmas femeninas en esta área.

2.2. Inflorescencias y visitantes florales

Entre septiembre y noviembre de 2021, se colectaron tres inflorescencias masculinas todas entre los 30 y 35 metros de altura. Aunque, idealmente se deben colectar las inflorescencias femeninas, la posición de estas en el centro y por encima de la vaina foliar y la corona de hojas, hace imposible su colecta sin destrucción, por lo que no se colectaron inflorescencias femeninas (Figura 2). Para la colecta se utilizó un equipo de escalada apropiado, que no causa daño a la palma, conocido como maquisapa (arnés de seguridad, pretales, dos líneas de vida y casco de seguridad), amarrándose y descendiendo cuidadosamente.



Figura No.2: Individuo femenino de *C. echinulatum* con inflorescencia (a) e individuo masculino con inflorescencia (b).

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

Cada inflorescencia se envolvió en una funda previamente embebida con alcohol al 96%, para evitar la desintegración del ADN de los insectos. Después de la colecta, las fundas eran transportadas al laboratorio BIOGECC donde 1) se separaron los insectos de las raquillas y flores con la ayuda de pinceles; 2) se colocaron en tubos plásticos falcon con alcohol al 96%; 3) se separaron en morfotipos según su color y forma para irlos diferenciando, esto con la ayuda de un estéreo-microscopio (Leica 3000), 4) se contaron para conocer la densidad de individuos por morfotipo y, por último, se comparó con revisiones taxonómicas y la ayuda de especialistas para conocer a que orden, familia o especies pertenecen los morfotipos [31–33]. La colecta de muestras de plantas y de insectos se desarrolló bajo el permiso de contrato marco de acceso a los recursos genéticos MAAE-ARSFC-2021-1365 otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

2.3. Fenología de la floración y fructificación

Para conocer la fenología de *Ceroxylon echinulatum* se seleccionó, marcó y monitoreó 70 individuos de los cuales 35 eran masculinos y 35 femeninos en la misma población. Las palmas fueron marcadas con placas de aluminio y piola a 1,50m del suelo y se georreferenció con un GPS Garmin 78sc, cada palma se encontraba a unos 10m de la otra. El monitoreo de las palmas se realizó quincenalmente, entre septiembre de 2021 y octubre

de 2022. Para la observación de las inflorescencias se usaron binoculares Bushnell (10x32). El registro de datos fenológicos se realizó considerando los estados fenológicos: a) flor femenina abierta, b) flor masculina abierta, c) fruto en maduración (color verde) y d) fruto maduro (color naranja) como se observa en la figura 3.



Figura No.3: Estados fenológicos en inflorescencias de *C. echinulatum* los estados fenológicos: a) flor femenina abierta, b) flor masculina abierta, c) fruto en maduración (color verde) y d) fruto maduro (color naranja).

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

2.4. Especies de animales dispersores de frutos de *C. echinulatum*

Para conocer las especies animales asociadas a los frutos se seleccionó, al azar, seis palmas hembra con frutos caídos o por caer entre 10 a 20m de distancia. Cerca de cada una, se colocó una cámara trampa, modelo Bushnell Trophy Cam, para un total de 6 cámaras. Las cámaras fueron colocadas entre 50 y 70 cm del suelo y a un metro al área donde se encontraban los frutos, con tres disparos por captura y asegurando el paso de fauna y su visibilidad ante la cámara. La revisión de las cámaras se realizó cada 15 días

entre octubre del 2021 a octubre de 2022. Las fotografías obtenidas fueron analizadas con el software Wild ID que administra y procesa grandes cantidades de datos obtenidos de cámaras trampa [34]. Con este software se revisó cada una de las fotografías y se generó una base

de datos de las especies animales que se encontraron cercanos o consumiendo los frutos de *C. echinulatum*, y que por tanto pueden ser posibles dispersores de sus frutos. Se considera como esfuerzo de muestreo al número de cámaras por el número de noches funcionales que se dejó la cámara que fueron 1705 trampas/noche [34].

2.5. Análisis de datos

Para determinar la abundancia de visitantes florales se utilizaron las categorías: a) muy abundantes***, cuando se sobrepasaba los 500 individuos, b) abundantes**, cuando estaban entre los 100-450 individuos, c) raro, cuando estaban entre 5-20 individuos, (d) esporádicos cuando se encontraban solo de 1-4 individuos y e) ausente, cuando no se encontraban [28]. Para evaluar la posible asociación entre los picos de fructificación encontrados durante la fenología, que se dieron contando el número de infrutescencias por mes y una mayor tasa de visitas de fauna, se utilizó un análisis de correlación de Pearson utilizando la función “cor” del Software R-studio, además de un análisis de series temporales con la función “forecast” que nos presenta datos de la prueba Dickey-Fuller que sirve para verificar si una serie temporal es estacionaria o no [35]. La tasa de visita fue definida como el número de eventos de fauna encontrados al mes, siendo un evento el conjunto de fotografías de una misma especie que se aleja, al menos, 30 minutos del siguiente conjunto de fotografías [36]. Además, se realizó la prueba estadística del Coeficiente de Pearson para analizar la correlación entre las variables de clima precipitación, temperatura y humedad relativa obtenidos de la estación meteorológica Sierra Azul del INAMHI y de floración inflorescencias masculinas, femeninas e infrutescencias maduras e inmaduras. Los valores que se obtuvieron de r en la correlación nos indica la fuerza de relación entre las variables, si los valores son positivos hay una relación directa, es decir que el incremento de una variable se asocia al incremento de otra variable y si son valores negativos la relación es inversa por lo que el incremento de una variable se asocia con la disminución de otra variable, esto nos sirve para interpretar los valores obtenidos de la Correlación de Pearson [37].

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

3.1. Inflorescencias y visitantes florales

Los individuos monitoreados presentaron de 2-5 inflorescencias masculinas y femeninas por individuo. Las inflorescencias masculinas presentan un pedúnculo floral de 130-170 cm de largo; raquis floral de 100-120 cm de largo y 70-100 ráquulas. Las flores son de color crema y miden de 3-5 mm de largo. Las inflorescencias masculinas de *C. echinulatum* fueron visitadas por 56 morfotipos de insectos y tres morfotipos en estado larvario. Los insectos del orden Coleoptera fueron los más diversos y la familia con el mayor número de morfotipos fueron: Chysomelidae (22 morfotipos), Nitidulidae (8 morfotipos), Curculionidae (5 morfotipos), Staphylinidae (2 morfotipos). Además, se encontró morfotipos de otros órdenes como: Hymenoptera (7 morfotipos), Diptera (6 morfotipos), Hemiptera (2 morfotipos), Astigmata (2 morfotipos), Blattodea (1 morfotipo)) e Isoptera (1 morfotipo) como se observa en la figura 4.



Figura No.4: Morfotipos encontrados en inflorescencias masculinas de *C. echinulatum*. Insectos del orden Coleoptera: Chrysomelidae (1-22), Nitidulidae (23-30), Curculionidae (31-35), Staphylinidae (36-37), y otras ordenes: Hymenoptera (38-44), Diptera (45-50), Hemiptera (51), Thysanoptera (52), Astigmata (53-54), Blattodea (55), Dermistidae (56).

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

3.2. Fenología reproductiva

La producción de flores estaminadas y pistiladas de *C. echinulatum* ocurrió entre finales de septiembre hasta inicios de diciembre de 2021. Se pudo observar también un pico de floración alto entre enero de 2022 y febrero de 2022, el cual decae totalmente hasta llegar a septiembre donde se observó nuevamente un pico alto de floración (Figura 5). La producción de inflorescencias ocurre en los meses con precipitaciones relativamente bajas y con temperaturas mayores a 20 °C. En la tabla 2 se observan los valores obtenidos por el coeficiente de correlación de Pearson para saber si las variables se encuentran asociadas entre sí que, donde se observa que las inflorescencias pistiladas (total de inflorescencias por mes) mostraron una correlación positiva fuerte con respecto a la temperatura máxima ($r = 0.75$) y las demás fases una correlación positiva intermedia ($r < 0.75$). Por el contrario, las inflorescencias estaminadas, pistiladas e infrutescencias inmaduras y maduras tienen una correlación negativa débil e intermedia entre la humedad relativa y la precipitación. Podemos observar en la tabla 4 que los valores obtenidos entre las variables climáticas y floración son estadísticamente significativos ($p = 0.05$), menos la variable de infrutescencias inmaduras. Mediante el análisis en R con la función “forecast” se obtuvo la prueba Dickey-Fuller = -3.5186; $p = 0.00613$, que nos indica que la serie temporal tiene una alta probabilidad de ser estacionaria.

Tabla 2-3: Correlación de Pearson de las partes reproductivas de *C. echinulatum* y las variables climáticas

Correlación de Pearson	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)
		Promedio	Máxima	Mínima	
Inflorescencias estaminadas	-0.40	-0.40	0.27	0.31	-0.42
Inflorescencias pistiladas	-0.60	0.54	0.75	0.54	-0.61
Infrutescencias inmaduras	0.17	0.28	0.28	-0.23	-0.13
Infrutescencias maduras	-0.07	0.43	0.43	0.43	-0.17
Coefficiente de determinación					
Inflorescencias estaminadas	0.16	0.16	0.07	0.10	0.17
Inflorescencias pistiladas	0.36	0.30	0.56	0.30	0.37
Infrutescencias inmaduras	0.03	0.08	0.08	0.05	0.02
Infrutescencias maduras	0.01	0.19	0.19	0.19	0.03

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

Tabla 3-3: Test de normalidad de Shapiro - Wilk

Variables climáticas/floración	Shapiro - Wilk	p-values
Inflorescencias estaminadas	0.71721	0.01437
Inflorescencias pistiladas	0.77193	0.04637
Infrutescencias inmaduras	0.84069	0.1668
Infrutescencias maduras	0.73327	0.02068

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

3.3. Monitoreo de cámaras trampa

El esfuerzo de muestreo de este estudio fue de 1705 trampas/noche que se interpreta como el número de cámaras por noches que estuvieron en funcionamiento. El mayor número de visitas de animales a las palmas (eventos en general) fue observado entre noviembre y diciembre de 2021. Se obtuvieron 11,099 fotografías y se identificaron 7 especies de aves y 12 especies de mamíferos medianos y grandes. Los animales vertebrados con mayor número de visitas fueron *Rattus sp.* (73 observaciones, roedor), *Hadrosaurus igniventris* (21 observaciones, ave), *Aburria aburri* (17 observaciones, ave), *Dasyprocta fuliginosa* (15 observaciones, roedor), *Didelphis pernigra* (7 observaciones, marsupial), que son clave para la dispersión de frutos [38–43] (Figura 5). Destaca la presencia de especies como *Puma concolor* y *Leopardus tigrinus*, *Eira barbara* y *Leopardus wiedii* (felinos) probablemente asociadas al consumo de dispersores de semillas. Adicionalmente, se obtuvieron tres eventos de visita de *Tremarctos ornatus* (úrsido), probablemente asociado al consumo de bromelias y cogollos de *C. echinulatum* en la zona. Además, se registró la presencia de *Sylvilagus andinus* (lagomorfo) que se encontraba consumiendo frutos de *C. echinulatum*. *Catharus ustulatus*, *Zentrygon frenata*, *Thraupidae sp.*, *Zonotrichia capensis*, *Turdus merula* son aves que fueron fotografiadas probablemente buscando alimento en este lugar. Se obtuvo también una correlación entre los picos de fructificación y la tasa de visitas, donde, $r = 0.42$, $p\text{-value} = 0.025$ nos muestra una correlación positiva y estadísticamente significativa entre ambas variables. Esta correlación no es tan elevada puesto que precisamente bastaría decir que hubo mayores tasas de visita en el periodo posterior a la fructificación ($r = 0.42$) (noviembre y diciembre) (Figura 6). Sería importante incorporar cámaras de dosel también para completar la información del consumo de frutos maduros antes de la caída. Se pueden encontrar las fotografías de los demás animales registrado en el anexo 1.



Figura No.5: Especies de animales vertebrados con mayor número de visitas en palmas con frutos de *C. echinulatum* a) *Rattus* sp. b) *Hadroskiurus igniventris*, c) *Aburria aburri*, d) *Dasyprocta fuliginosa*, e) *Didelphis pernigra*.

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

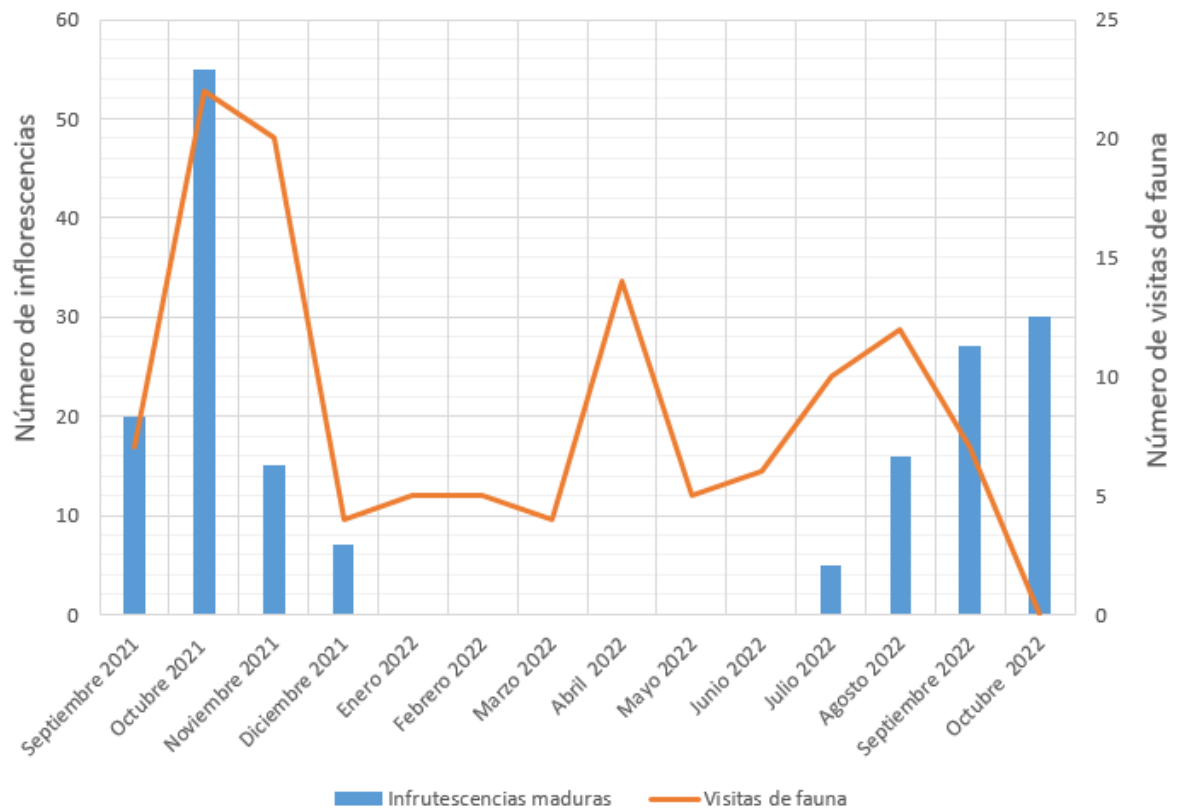


Figura No.6: Monitoreo de especies asociadas a *C. echinulatum*, visitas mensuales en relación a las infrutescencias maduras.

Realizado por: Simba, Bryan, 2022

CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

4.1. Visitantes florales

Los individuos de los órdenes Coleoptera, Hymenoptera y Diptera encontrados en inflorescencias de *C. echinulatum* son lo más comunes en la mayoría de especies de palmas [28,44–47]. La riqueza de visitantes florales fue mayor (56 morfotipos) comparada a otras especies del género como *C. ventricosum* con 38, *C. vogelianum* con 34, *C. parvifrons* con 35 visitantes reportado por Carreño en Colombia [9]. Chrysomelidae fue la familia con mayor número de especies (22) seguido por Nitidulidae (8), Apidae (Hymenoptera) (7) y Curculionidae (5). No se ha reportado a la familia Chrysomelidae como polinizador en palmas, pero sí como plaga en otras especies de palmas como *Chamaedorea elegans*. Sin embargo, debido a la baja abundancia de individuos en *C. echinulatum* no podría considerarse una plaga para esta especie, pero para estar seguro de si es en realidad una plaga o polinizador de *Ceroxylon echinulatum* es necesario continuar con otros estudios que nos permitan verificar esto. La especie más abundante fue *Mystrops pulchra* (Figura 4 (Individuo 29, coleóptero)) con 2886 individuos, con un promedio de ± 1000 individuos por inflorescencia, seguido por una especie de la familia Staphylinidae, subfamilia Aleocharinae (Figura 4 (Individuo 36, coleóptero)) con 1045 individuos colectados, con un promedio de ± 350 individuos por inflorescencia. *Mystrops* es considerado como principal polinizador en distintas especies de palmas, incluyendo al género *Ceroxylon* [9,48,49]. Especies de la familia Staphylinidae como *Athetini* sp. y *Paederini* sp. han sido reportadas en asociación con algunos taxones de Arecaceae, donde existen interacciones como la depredación, saprofagia ya que acceden a las inflorescencias en busca de alimento como presas vivas, polen o tejidos, también para copular y ovopositar [50–53]. A pesar de que existen varios reportes de esta familia, las interacciones han sido pobremente documentadas en los bosques neotropicales, pero podemos ver que *Ceroxylon* es una especie representativa por la cantidad de individuos, por lo que pueden estar relacionados con la oferta de sitios de cópula, desarrollo y alimentación, lo que lleva a cumplir funciones como la polinización, pudiendo de esta manera considerarse como polinizador de esta especie [53].

4.2. Fenología reproductiva

La fenología reproductiva de *C. echinulatum* presentó una variación en el tiempo de producción de inflorescencias masculinas, femeninas y frutos durante la fase de estudio. La producción de inflorescencias masculinas ocurrió entre septiembre 2021 y febrero 2022 casi de manera simultánea que las inflorescencias femeninas, alcanzando su pico de floración en noviembre de 2021. La producción de inflorescencias femeninas se extendió dos meses más que las masculinas, pero en baja producción. También se pudo observar que coinciden con los picos de floración de las inflorescencias masculinas y los frutos empiezan a crecer meses después de que la inflorescencia se abre permitiendo que durante los últimos meses del año exista la presencia de frutos (Figura 5). Carreño (2013) reporta una variación en los tiempos de producción de inflorescencias y frutos en *C. ventricosum*, *C. vogelianum* y *C. parvifrons*, pero éstas se manifiestan en distintos meses del año, siendo la más parecida *C. vogelianum* con picos de floración en los meses de septiembre-octubre y la producción de frutos nueve meses después de la primera floración en junio-julio [9]. En este caso los frutos tuvieron un pico entre septiembre-noviembre de 2021 (Figura 5).

El número de inflorescencias producidas fue variando por individuo, se observó de 2-5 inflorescencias en individuos masculinos y femeninos para *C. echinulatum*. Existe una variación en la producción de inflorescencias para las otras especies antes mencionadas donde *C. parvifrons* y *C. vogelianum* producen entre 4-5 inflorescencias, y *C. ventricosum* 10-12 inflorescencias [9]. La fenología reproductiva obtenida establece que *C. echinulatum* es una especie estacional al igual que las otras especies estudiadas de este género y tienen coincidencia de picos de floración, donde, en la etapa con altas temperaturas y bajas precipitaciones se obtuvo una mayor floración en comparación al resto del año. Esto puede deberse a que estas condiciones climáticas favorecen al desarrollo de estas especies de palmas, aumentando la producción de flores en una etapa específica.

4.3. Monitoreo de cámaras trampa

Este estudio proporcionó información acerca de los posibles dispersores de frutos de *C. echinulatum* donde las especies de vertebrados con mayor número de visitas fueron *Rattus* sp., *Hadrosclurus igniventris*, *Aburria aburri*, *Dasyprocta fuliginosa* y *Didelphis per-nigra* (Figura 7). Según la UICN *Aburria aburri* se encuentra casi amenazada debido a la

perdida de hábitat, caza y tráfico de animales, las demás especies de vertebrados se encuentran en preocupación menor, además según la BOWEB *Hadrosaurus igniventris* no presenta registros en la zona de estudio (Anexo 6). Estas mismas especies han sido reportadas como consumidores y dispersores de frutos de otros géneros de palmas como: *Oenocarpus*, *Astrocaryum*, *Mauritia*, *Socratea* e *Iriarteia* [1,3,38–43,54-56]. *Sylvilagus andinus* fue fotografiado consumiendo frutos de *C. echinulatum*, de esta especie no se ha reportado algún tipo de asociación con palmas antes. Tuvo un bajo registro de visitas, *Catharus ustulatus*, *Zentrygon frenata*, *Thraupidae sp.*, *Zonotrichia capensis*, *Turdus merula* que son aves que fueron captadas por las cámaras trampa (Anexo 1) y pueden ser considerados como visitantes, no consumidores, ya que consumen frutos con un diámetro menor a 1 cm y los frutos de *C. echinulatum* son de mayor tamaño (1.3-2.2 cm de diámetro). Es necesario realizar más estudios para ampliar la información y tener evidencia de si en realidad son consumidores o dispersores de frutos de esta especie. *Rupornis magnirostris* se alimenta de pequeños mamíferos, roedores específicamente, insectos y pichones de aves por lo que es considerado un carnívoro [57,58]. Debido a la presencia de roedores pequeños que fueron captados en cámara y la abundancia de insectos, el lugar es un sitio en el que esta ave puede cazar y alimentarse. *Nasuella olivacea* es una especie oportunista y su alimentación es variada, pero por lo general se alimenta de invertebrados y frutales como las moras silvestres, *Tamandua tetradactyla* son depredadores que se alimentan de termitas y hormigas por lo que no parecen estar asociados a esta especie de palma [59–61].

Las cámaras registraron la presencia de *Tremarctos ornatus*, probablemente se alimenta del palmito o cogollo, como ha sido reportado para otras especies como *C. ceriferum* en Venezuela. Además, trepa por los tallos de individuos pequeños de *C. echinulatum* para alcanzar la copa y usar las hojas para formar una especie de cama o colchón [3,61]. Depredadores como *Puma concolor*, *Eira barbara*, *Leopardus tigrinus*, *Leopardus wiedii* observados cerca a los tallos pueden estar relacionados con el consumo de los dispersores, ya que son importantes en su dieta con otros animales que se acercan a los frutos, algunos de los cuales pueden ser dispersores [62]. Tenemos además de que las especies: *Eira barbara*, *Tamandua tetradactyla*, *Leopardus tigrinus* y *Leopardus wiedii* no tienen registros en la zona de estudio según datos de la BOWEB (Anexo 2) [62–69]. Es importante conocer las relaciones entre plantas y especies responsables de su dispersión para el desarrollo de planes de manejo y conservación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este es el primer estudio desarrollado sobre visitantes florales y fauna vertebrada relacionada a *Ceroxylon echinulatum* en Ecuador. Se registraron 56 morfotipos de visitantes florales en las inflorescencias masculinas de *Ceroxylon echinulatum*. Los principales visitantes de *C. echinulatum* pertenecen al orden Coleoptera, familia Nitidulidae, especies del género *Mystrops* y familia Staphylinidae, especies de la subfamilia Aleocharinae. Las inflorescencias de *C. echinulatum* contienen recursos florales altos (polen, tejido vegetal), aroma floral fuerte que atrae a una gran cantidad de insectos visitantes, se puede decir que el síndrome de polinización es cantarofilia. En cuanto a la fenología de *C. echinulatum*, la producción de inflorescencias cuando las precipitaciones fueron relativamente bajas, con temperaturas mayores a 20°C, fue más abundante, encontrándose picos de floración durante los meses de septiembre hasta inicios de febrero. Con la información obtenida de las cámaras trampa destacamos que los principales dispersores de semillas de *C. echinulatum* parecen ser especies como *Rattus sp.*, *Hadrosciurus igniventris*, *Aburria aburri*, *Dasyprocta fuliginosa* y *Didelphis pernigra*, reportados por primera vez para esta especie. Se puede añadir también a *Sylvilagus andinus* como dispersor, aunque con menor frecuencia de visitas. Adicionalmente, otras especies de carnívoros podrían estar asociados de manera indirecta a la palma, por ser potenciales consumidores de estas especies dispersoras. El conocimiento adquirido en este estudio nos permite entender las estrategias de polinización y dispersión que se presentan por parte de las inflorescencias masculinas, reproducción y dispersión de frutos de *C. echinulatum*. Es importante continuar con el monitoreo de estas poblaciones para entender su evolución y cómo se relacionan con las especies que mantienen interacción, además de poder implementar estrategias de conservación a futuro, ya que se encuentran actualmente catalogadas en un estado vulnerable por la UICN.

REFERENCIAS

1. Valencia R, Montúfar R, Navarrete H, Balslev H. Palmas Ecuatorianas : biología y uso sostenible. Quito, Ecuador; 2013.
2. Moraes M, Zambrana NP, Cámara-Leret R, Balslev H, Macía MJ. Palmas útiles de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Cosech palmas en el noreste Sudamérica Las bases científicas para su manejo y Conserv. 2014; 1–19.
3. José Sanín M, Galeano G. PHYTOTAXA A revision of the Andean wax palms, *Ceroxylon* (Arecaceae). Phytotaxa. 2011. pp. 1–64. Available: www.mapress.com/phytotaxa/
4. León-Yáñez S, Valencia R, Pitman N, Endara L, Ulloa Ulloa Hugo Navarrete C, Edición S. LIBRO ROJO de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA. Quito; 2011.
5. Granizo, T., Pacheco, C., Ribadeneira, M. B., Guerrero, M., Suárez L (Eds.). LIBRO ROJO DE LAS AVES DEL ECUADOR. 2002; 452.
6. Espinoza S. Variación histórica y espacial de la estructura genética de las poblaciones de *Ceroxylon echinulatum* Galeano (palma de ramos, Arecaceae) bajo diferentes niveles de impacto humano en el occidente de la Provincia de Pichincha. 2010.
7. Macía MJ, Armesilla PJ, Cámara-Leret R, Paniagua-Zambrana N, Villalba S, Balslev H, et al. Palm Uses in Northwestern South America: A Quantitative Review. Botanical Review. 2011. pp. 462–570. doi:10.1007/s12229-011-9086-8
8. Hill SL, Paniagua-zambrana NY, Bussmann RW. Ethnobotany of the Andes. Ethnobotany of the Andes. 2020.
9. Carreño Barrera J. ECOLOGÍA DE LA POLINIZACIÓN DE TRES PALMAS DE CERA (*Ceroxylon parvifrons*, *C. ventricosum* y *C. vogelianum*) COEXISTENTES EN EL SUR DE LOS ANDES DE COLOMBIA. Universidad de los Andes. 2013.
10. Alvarez-Londoño JC, Ocampo LM, Molina J. Dinámica poblacional de *Ceroxylon quindiuense* (H.Karst.) H.Wendl. (Arecaceae) a partir de matrices de Leslie como herramienta de conservación. Salento, Colombia. Rev Biodivers Neotrop. 2013;3: 42. doi:10.18636/bioneotropical.v3i1.69
11. García N, Calderón E, Galeano G. Libro rojo de plantas de Colombia: palmas, frailejones y zamias. Ser Libr Rojos Especies Amenazadas Colomb. 2005;2: 445.
12. Balhara M, Stauffer FW, Balslev H, Barfod AS. Floral structure and organogenesis of the wax palm *Ceroxylon ceriferum* (Arecaceae; Ceroxyloideae). Am J Bot. 2013;100: 2132–2140. doi:10.3732/ajb.1300127

13. Trénel P, Hansen MM, Normand S, Borchsenius F. Landscape genetics, historical isolation and cross-Andean gene flow in the wax palm, *Ceroxylon echinulatum* (Arecaceae). *Mol Ecol.* 2008;17: 3528–3540. doi:10.1111/j.1365-294X.2008.03853.x
14. Duarte N, Montúfar R. Effect of leaf harvest on wax palm (*Ceroxylon echinulatum* Galeano) growth, and implications for sustainable management in Ecuador. *Mongabay.com Open Access Journal-Tropical Conserv Sci.* 2012;5: 340–351. Available: www.tropicalconservationscience.org
15. Maicelo Quintana JL. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN FUNCIÓN DEL SUELO Y RETENCIÓN DE CARBONO EN LA BIOMASA DE *Ceroxylon peruvianum* Galeano, Sanín & Mejía EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ. *Ecol Apl.* 2012;11: 33. doi:10.21704/rea.v11i1-2.423
16. Millones C, Pezo S, Vásquez E. Efectos de la escarificación y estratificación en la germinación de semillas de palmera pona. *Rev Indes.* 2013;1: 9–13. Available: https://www.researchgate.net/publication/324745652_Efectos_de_la_escarificacion_y_estratificacion_en_la_germinacion_de_semillas_de_palmera_pona_Ceroxylon_peruvianum_Galeano_Sanin_Mejia
17. Maicelo Quintana JL, Alegre Orihuela JC. Análisis del sistema de información y conocimiento respecto a los ecosistemas de las palmeras *Ceroxylon peruvianum* galeano, Sanín & Mejía en la cuenca media del río Utcubamba. *APORTE SANTIAGUINO.* 2011;4: 75. doi:10.32911/as.2011.v4.n1.531
18. Miguez S, Paniagua-Zambrana N, Moraes M. Estado poblacional, aprovechamiento y cadena de comercialización de la palma de ramo (*Ceroxylon pityrophyllum*, Arecaceae). *Ecol en Boliv.* 2020;55: 127–139.
19. Bernal R, Sanín MJ. The palm stands of *Ceroxylon quindiuense* (Arecaceae) in the Cocora Valley, Quindío: perspectives on an iconic Colombian landscape. 2013.
20. Bernal R, Sanín MJ, Galeano G. Plan de conservación, manejo y uso sostenible de la palma de cera del Quindío (*Ceroxylon Quindiuense*), árbol nacional de Colombia. 2015. pp. 80 páginas ;ilustraciones, datos numéricos. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12672>
21. Sanín MJ, Anthelme F, Pintaud JC, Galeano G, Bernal R. Juvenile Resilience and Adult Longevity Explain Residual Populations of the Andean Wax Palm *Ceroxylon quindiuense* after Deforestation. *PLoS One.* 2013;8. doi:10.1371/journal.pone.0074139
22. Camilo I, Avila A, Ariza GG. Gasificación térmica de la fibra de palma de cera *Ceroxylon sasaimae*. 2014.
23. Rojas JER. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR Dirección de Recursos Naturales DRN Grupo de Biodiversidad 2 " PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LA PALMA *Ceroxylon sasaimae* EN LA. 2018.

24. Galeano G. Novedades en el genero *Ceroxylon* (Palmae). *Caldasia*. 1995;17: 395–407.
25. Kay KM, Sargent RD. The role of animal pollination in plant speciation: Integrating ecology, geography, and genetics. *Annu Rev Ecol Evol Syst*. 2009;40: 637–656. doi:10.1146/annurev.ecolsys.110308.120310
26. Sierra R, Calva O, Guevara A. La Deforestación en el Ecuador, 1990 – 2018: Factores, Promotores y Tendencias Recientes. Minist Ambient y Agua del Ecuador, Minist Agric del Ecuador, en el marco la implementación del Programa Integr Amaz Conserv Bosques y Prod Sostenible Quito, Ecuador. 2021; 216. Available: https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2021/06/Deforestación_Ecuador_com2.pdf
27. Dolores Ledezma-Rentería E, Galeano G. Uses of palms in the Pacific lowlands of Colombia Etnobotánica. *Caldasia*. 2014. Available: <http://www.icn.unal.edu.co/>
28. Núñez-Avellaneda LA, Rojas-Robles R. Biología reproductiva y ecología de la polinización de la palma milpesos *Oenocarpus bataua* en los Andes Colombianos. *Caldasia*. 2008;30: 101–125. Available: www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm
29. Svenning J-C, Balslev H. The palm flora of the Maquipucuna montane forest reserve, Ecuador. *Principes*. 1998;42: 218–226.
30. J T, H S. Tropicos Specimen Data. Missouri Botanical Garden; 2022.
31. De Medeiros BAS, Núñez-Avellaneda LA, Hernandez AM, Farrell BD. Flower visitors of the licuri palm (*Syagrus coronata*): Brood pollinators coexist with a diverse community of antagonists and mutualists. *Biol J Linn Soc*. 2019;126: 666–687. doi:10.1093/biolinnean/blz008
32. Orlov I, Leschen RAB, Żyła D, Solodovnikov A. Total-evidence backbone phylogeny of Aleocharinae (Coleoptera: Staphylinidae). *Cladistics*. 2021;37: 343–374. doi:10.1111/cla.12444
33. Ervik F, Tollsten L, Knudsen JT. Floral scent chemistry and pollination ecology in phytelephantoid palms (Arecaceae). *Plant Syst Evol*. 1999;217: 279–297. doi:10.1007/BF00984371
34. Mandujano S, Morteo-Montiel O. **SUGERENCIAS PARA ORGANIZAR, ADMINISTRAR Y EXPORTAR DATOS DE FOTO-TRAMPEO CON EL PROGRAMAWILD.ID**. *Rev Mex Mastozool*. 2018;1: 31. doi:10.22201/ie.20074484e.2018.1.2.263
35. Kronthaler F, Zöllner S. Data Analysis with RStudio. *Data Analysis with RStudio*. 2021. doi:10.1007/978-3-662-62518-7
36. Gastelum-Mendoza FI, Arroyo-Ortega JP, León-López LI. Estimating the population abundance of wild

- fauna through the use of camera traps. *Agroproductividad*. 2014;7: 32–36. Available: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153002731>
37. Fiallos G. La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip*. 2021;5: 2491–2509. doi:10.37811/cl_rcm.v5i3.466
 38. Franco-Quimbay J, Rojas-Roble R. Frugivoría y dispersión de semillas de la palma *Oenocarpus bataua* en dos regiones con diferente estado de conservación. *Actual Biológicas*. 2014;37: 273–285.
 39. Andreazzi CS, Pires AS, Fernandez FAS. Mamíferos e palmeiras neotropicais: Interações em paisagens fragmentadas. *Oecologia Bras*. 2009;13: 554–574. doi:10.4257/oeco.2009.1304.02
 40. Mendieta-Aguilar G, Pacheco LF, Roldán AI. Dispersión de semillas de *mauritia flexuosa* (arecaceae) por frugívoros terrestres en Laguna azul, Beni, Bolivia. *Acta Amaz*. 2014;45: 45–56. doi:10.1590/1809-4392201400283
 41. Rojas-Robles R, Gary Stiles F, Muñoz-Saba Y. Frugivoría y dispersión de semillas de la palma *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en un bosque de los Andes colombianos. *Rev Biol Trop*. 2012;60: 1445–1461. doi:10.15517/rbt.v60i4.2054
 42. Ramirez Correal B. Dispersión de semillas de *Astrocaryum Chambira* Burret (Arecaceae) en dos bosques de tierra firme sometidos a diferente grado de intervención Antrópica en la comunidad indígena en Macedonia Amazonas, Colombia. 2004.
 43. Álvarez-Solas S, Peñuela-Mora MC, Ramis L. Asociación palma-animal: mamíferos dispersores de semillas asociados a *Socratea* spp. e *Iriarte* deltoidea en el piedemonte de la Reserva Biológica Colonso-Chalupas, Napo, Ecuador. *Mamm Aequat*. 2019;1: 9–14.
 44. Henderson A. A Review of Pollination Studies in the Palmae. *Source Bot Rev*. 2016;52: 221–259. Available: <http://www.jstor.org/stable/4354076>
 45. Scariot AO, Lleras E, Hay JD. Reproductive Biology of the Palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. *Biotropica*. 1991;23: 12. doi:10.2307/2388683
 46. Núñez Avellaneda LA, Carreño Barrera J. Biología reproductiva de *Mauritia flexuosa* en Casanare, Orinoquia Colombiana. *Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia (Colombia-Venezuela)*. 2013.
 47. Núñez LA, Bernal R, Knudsen JT. Diurnal palm pollination by mystropine beetles: Is it weather-related? *Plant Syst Evol*. 2005;254: 149–171. doi:10.1007/s00606-005-0340-6
 48. Kirejtshuk GA, Couturier G. Species of *Mystropini* (Coleoptera, Nitidulidae) associated with inflorescence of palm *Ceroxylon quindiuense* (KARST.) H. WENDL. (Arecaceae) from Peru. *Japanese J Syst Entomol*. 2009;15: 57–77.

49. Lara CE, Díez MC, Restrepo Z, Núñez LA, Moreno F. Fenología floral y visitantes florales de la palma macana *Wettinia kalbreyeri* (Arecaceae) en un bosque montano de los Andes. *Rev Mex Biodivers*. 2017;88: 106–112. doi:10.1016/j.rmb.2017.01.001
50. Niño-Pérez AE, Núñez-Avellaneda LA. Diversidad y especificidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) asociados con inflorescencias de palma silvestre en el Pacífico colombiano. *Rev Biodivers Neotrop*. 2018;8: 94–107.
51. Nuñez L, Izasa C, Galeano G. Patrones de asociación entre insectos polinizadores y palmas silvestres en Colombia con énfasis en palmas de importancia económica. *Biología tropical*. 2014. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75139>
52. Núñez LA, Carreño J. Análisis espacial de los visitantes florales y polinizadores del Moriche (*Mauritia flexuosa*: Arecaceae) en Colombia. Serie Recursos Hidrobiológicos Y Pesqueros Continentales De Colombia XIV Morichales, Canaguchales y otros palmares inundables de Suramérica Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. 2016. pp. 131–155.
53. Frank JH. Natural history of *Belonuchus Nordmann* spp. and allies (Coleoptera: Staphylinidae) in *Heliconia* L. (Zingiberales: Heliconiaceae) flower bracts J. *Nat Hist*. 2010.
54. Taylor P, Aguiar LM, Moro-rios RF, Silvestre T, Silva-pereira JE, Bilski R, et al. Studies on Neotropical Fauna and Environment Diet of brown-nosed coatis and crab-eating raccoons from a mosaic landscape with exotic plantations in southern Brazil. *Neotrop Fauna Environment*. 2011; 37–41.
55. Flóres Oliveros FJ, Vivas Serna C. Zarigüeyas (Chuchas Comunes) Marmosas y Colicortos en Colombia. 2020.
56. Sonomoro A De, Ethel N, Albuja L, Chulluncuy LDJ, Angie M, Caja I, et al. Identificación y clasificación científica de aves en la comunidad nativa San Introducción Las aves son organismos muy conocidos y Experimental Fundo La Génova en bosques Galbula. 2022;02: 47–65. doi:10.54288/yotantsipanko.v2i2.
57. Padilla M, Chinchilla C, Arias E, Flores I. Aves depredadoras diurnas y daño por ratas en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq .) en Honduras. 1995; 1–12.
58. Wendy Rojas Anticona. Digestibilidad aparente de la dieta para osos hormigueros amazónicos (*Tamandua tetradactyla*) mantenidos en el Parque Zoológico Huachipa. 2019.
59. Oyarzun SE, Crawshaw GJ, Valdes E V. Nutrition of the tamandua: I. Nutrient composition of termites (*Nasutitermes* spp.) and stomach contents from wild tamanduas (*Tamandua tetradactyla*). *Zoo Biol*. 1996;15: 509–524. doi:10.1002/(SICI)1098-2361(1996)15:5<509::AID-ZOO7>3.0.CO;2-F.

60. Baquero Vanegas DA. Efectos del enriquecimiento ambiental en el comportamiento del Coatí de montaña (*Nasuella olivacea*) bajo cuidado humano en el Bioparque Wakatá (Tocancipá, Cundinamarca). 2022; 112. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/8050>
61. Llamaza et al. Libro Rojo Flora Venezolana. 1998. Available: <http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
62. Hernández CGE. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la selva maya. Rev Mex Mastozoología (Nueva Epoca). 2008;12: 113. doi:10.22201/ie.20074484e.2008.12.1.48
63. Pereira RLA, Oliveira MAB de. Etograma do Eira barbara (Carnivora: Mustelidae) em cativeiro. Rev Etol. 2010;9: 45–57. Available: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-28052010000100006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
64. Tirelli Pereira F, Campos Trigo T, Dias Mazim F, Ochotorena de Freitas Thales R, Eizirik E. ANÁLISE DA DIETA DE LEOPARDUS TIGRINUS E L. GEOFFROYI NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre; 2006. p. 365.
65. Cinta-Magallón CC, Bonilla-Ruz CR, Alarcón-D I, Arroyo-Cabrales J. Dos nuevos registros de margay (*Leopardus wiedii*) en Oaxaca, México, con datos sobre hábitos alimentarios. UNED Res J. 2012;4: 33–40. doi:10.22458/urj.v4i1.131
66. Foreman D. La Importancia de Mantener Carnívoros en Áreas Silvestres. Biol Cent. 1998;2: v–413.
67. Tirira D. Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador. 2da. edición. 2011. Available: http://www.joi.isoss.net/PDFs/Vol-7-no-2-2021/03_J_ISOSS_7_2.pdf
68. Faustino TC, Machado CG. Frugivoria por aves em uma área de campo rupestre na Chapada Diamantina, BA. Rev Bras Ornitol. 2006;14: 137–143.
69. Camargo C, Vargas S. La relación dispersor-planta de aves frugívoras en zonas sucesionales tempranas como parte de la restauración natural del bosque subandino (Reserva Biológica Cachalú, Santander, Colombia). Memorias del I Simposio Internacional de Roble y Ecosistemas Asociados. 2006. p. 294.

Anexos



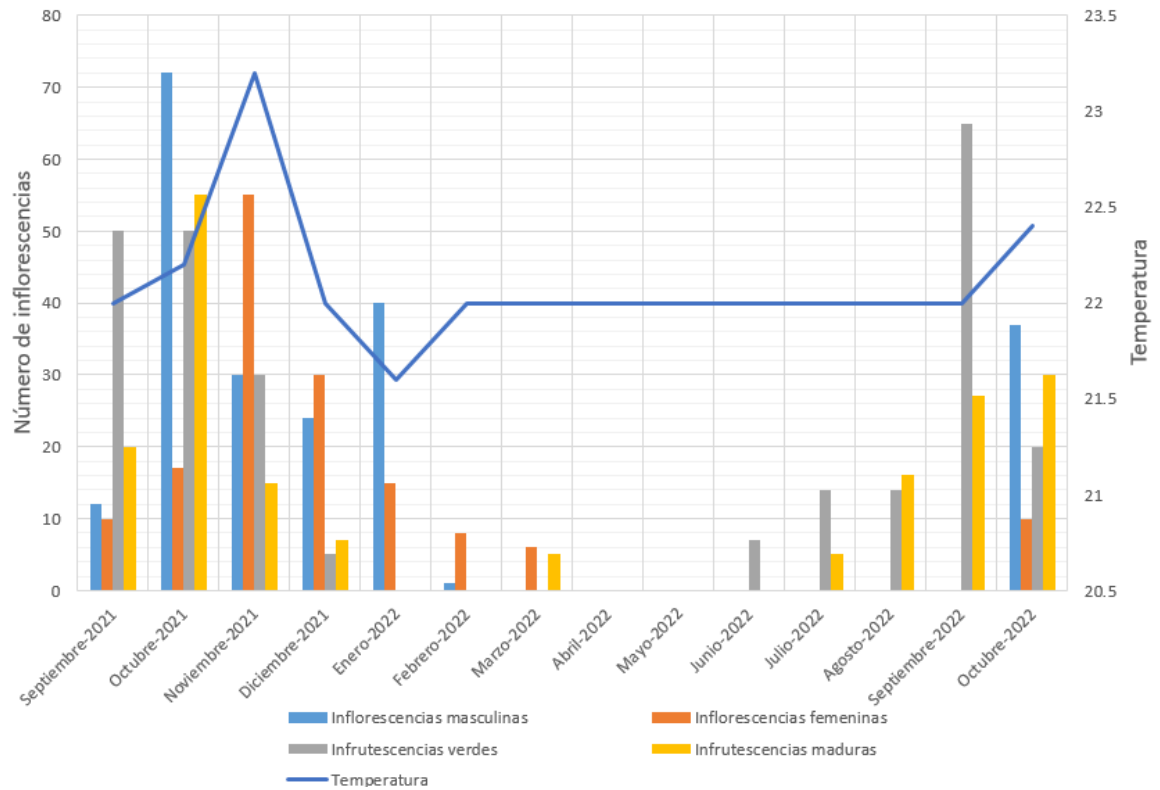




Anexo 1-6: Especies animales capturadas con las cámaras trampa a) *Tremarctos ornatus*, b) *Puma concolor*, c) *Tamandua tetradactyla*, d) *Eira barbara*, e) *Nasua olivacea*, f) *Leopardus tigrinus*, g) *Sylvilagus andinus*, h) *Leopardus wiedii*, i) *Catharus ustulatus*, j) *Zenaidura macroura*, k) *Thraupidae sp.*, l) *Zonotrichia capensis*, m) *Rupornis magnirostris*, n) *Turdus merula*.

Especie	Estatus IUCN	Registros en Napo (BIOWEB)
<i>Rattus sp.</i>	Preocupación menor	Si
<i>Hadrosciurus igniventris</i>	Preocupación menor	No
<i>Aburria aburri</i>	Casi amenazada	Si
<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	Preocupación menor	Si
<i>Didelphis pernigra</i>	Preocupación menor	Si
<i>Tremarctos ornatus</i>	Vulnerable	Si
<i>Puma concolor</i>	Preocupación menor	Si
<i>Tamandua tetradactyla</i>	Preocupación menor	No
<i>Eira barbara</i>	Preocupación menor	No
<i>Nasuella olivacea</i>	Casi amenazada	Si
<i>Leopardus tigrinus</i>	Vulnerable	No
<i>Sylvilagus andinus</i>	Datos insuficientes	Si
<i>Leopardus wiedii</i>	Casi amenazada	No
<i>Catharus ustulatus</i>	Preocupación menor	Si
<i>Zentrygon frenata</i>	Preocupación menor	Si
<i>Thraupidae sp.</i>	Preocupación menor	Si
<i>Zonotrichia capensis</i>	Preocupación menor	Si
<i>Rupornis magnirostris</i>	Preocupación menor	Si
<i>Turdus merula</i>	Preocupación menor	Si

Anexo 2-6: Estatus de especies animales vertebradas registradas en cámaras trampa relacionadas a *Ceroxylon echinulatum*.

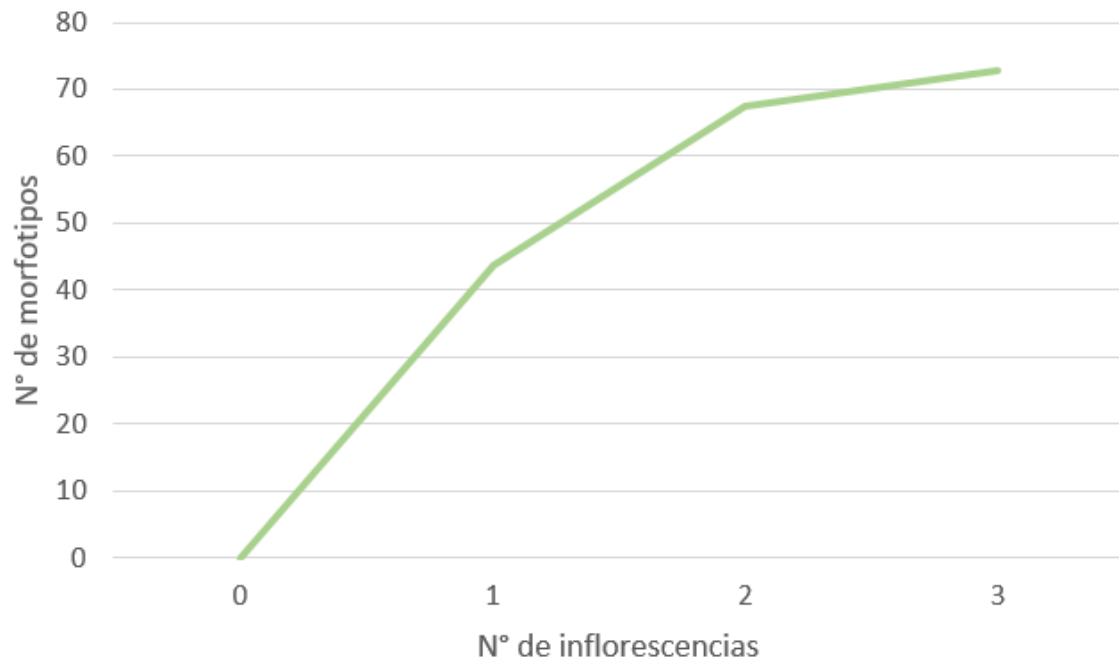


Anexo 3-6: Producción de inflorescencias masculinas, inflorescencias femeninas, infrutescencias verdes e infrutescencias maduras en relación con la temperatura entre septiembre de 2021 a octubre de 2022

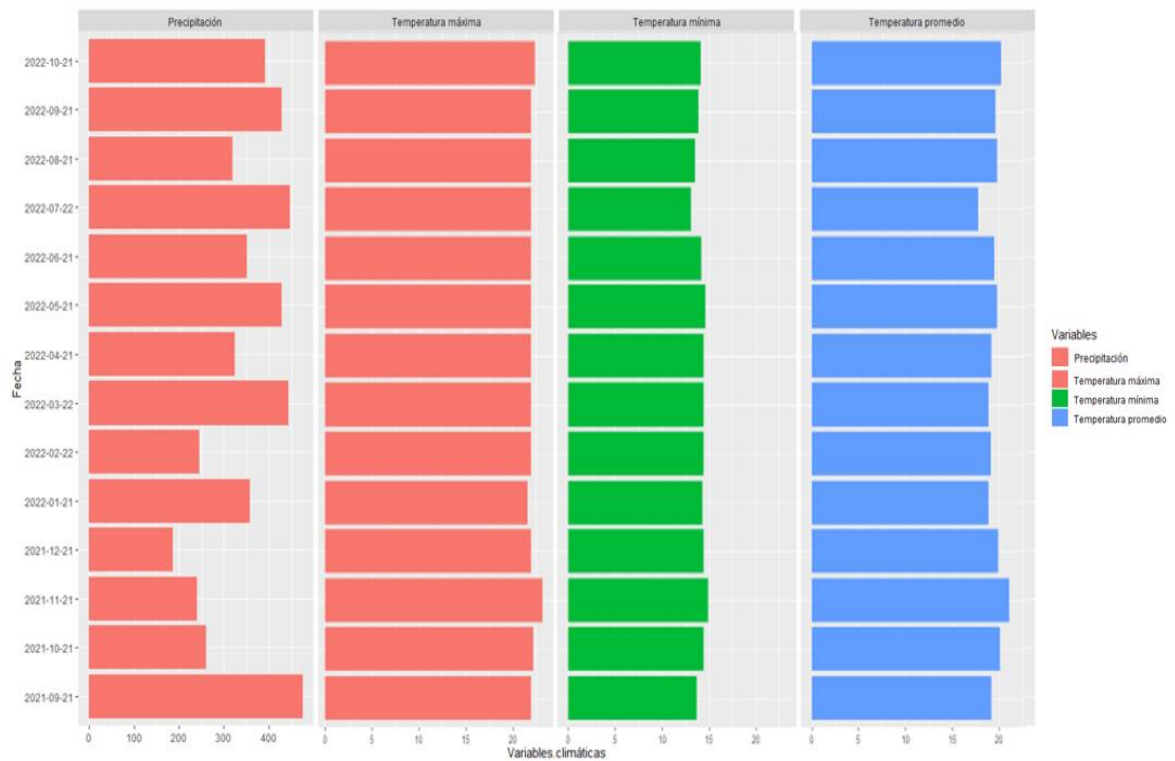
		<i>C. echinulatum</i>
Orden/familia/subfamilia/ Género	Fase masculina	Frecuencia
COLEOPTERA		
STAPHYLINIDAE		
Aleocharinae		
Gen 1. sp. 1	***	MF
Gen 2. sp. 1	*	PC
NITULIDAE		
Nitidulinae		
<i>Mystrops pulchra</i>	***	MF
<i>Mystrops sp. 2</i>	+	PF
<i>Mystrops sp. 3</i>	*	PF
<i>Mystrops sp. 4</i>	*	PF
<i>Mystrops sp. 5</i>	*	F
<i>Mystrops sp. 6</i>	**	F
<i>Mystrops sp. 7</i>	**	F
<i>Mystrops sp. 8</i>	***	MF
CURCULIONIDAE		
Gen 1. sp. 1	+	PF
Gen 1. sp. 2	*	PF
Gen 1. sp. 3	*	PF
Gen 1. sp. 4	*	PF
Gen 1. sp. 5	**	MF
CHRYSOMELIDAE		
Gen 1. sp. 1	*	PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
Gen 1. sp. 3	*	OC
Gen 1. sp. 4	+	PF
Gen 1. sp. 5	+	PF
Gen 1. sp. 6	*	PF
Gen 1. sp. 7	*	PF
Gen 1. sp. 8	+	PF
Gen 1. sp. 9	*	PF
Gen 1. sp. 10	*	PF
Gen 1. sp. 11	+	PF
Gen 1. sp. 12	*	PF
Gen 1. sp. 13	*	PF
Gen 1. sp. 14	*	PF
Gen 1. sp. 15	*	PF
Gen 1. sp. 16	*	PF

Gen 1. sp. 17	*	PF
Gen 1. sp. 18	+	PF
Gen 1. sp. 19	+	PF
Gen 1. sp. 20	*	PF
Gen 1. sp. 21	+	PF
Gen 1. sp. 22	*	PF
Dermestidae		
Gen 1. sp. 1	+	PF
HYMENOPTERA		
APIDAE		
Gen 1. sp. 1	+	PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
Gen 1. sp. 2		PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
DIPTERA		
DROSOPHILIDAE		
Gen 1. sp. 1	+	PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
Gen 1. sp. 3	+	PF
Gen 1. sp. 4	+	PF
Gen 1. sp. 5	+	PF
HEMIPTERA		
Gen 1. sp. 1	**	OC
Thysanoptera		
Phlaeothripidae		
Liothrips sp. 1	*	PF
Araneae		
Gen 1. sp. 1	+	PF
Gen 1. sp. 2	+	PF
Blattodea		
Termitidae		
Gen 1. sp. 1	+	PF
Odonata		
Gen 1. sp. 1	+	PF

Anexo 4-6: Visitantes florales de *Ceroxylon echinulatum*. Las abundancias están categorizadas como: *** muy abundantes, ** abundantes, * raras, + esporádicos y -ausente. Frecuencia: MF = muy frecuentes, F= frecuentes, OC= ocasionales y PC= poco frecuentes.



Anexo 5-6: Curva de acumulación de especies de *Ceroxylon echinulatum*



Anexo 6-6: Variables climáticas precipitación y temperatura (promedio, máxima, mínima) obtenido del INAMHI, Estación Sierra Azul, elevación 2240m, latitud 0G 40' 15.03"S, longitud 77G 55' 27.04".