



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFFECTO DE LA ENDOZOOCORIA POR IGUANA NEGRA (*Ctenosaura pectinata*) SOBRE LA GERMINACIÓN, VIABILIDAD DE SEMILLAS Y POSGERMINACIÓN EN SEIS ESPECIES ARBÓREAS DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS: MANEJO DE FAUNA SILVESTRE

PRESENTA

Ing. Forestal Osman Obed Reyes Rojas

DIRECTOR

Dr. Juan Manuel Villa Hernández

CO-DIRECTOR

Dr. Roberto López Pozos

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, 2025

DEDICATORIA

Principalmente, dedico este logro a la vida por brindarme el tiempo y el espacio necesarios para alcanzar un nuevo objetivo, permitiéndome crecer en el ámbito personal y académico. A Dios Jehová, por su infinita misericordia y por concederme un instante dentro de su inconmensurable creación. Gracias por otorgarme la salud y la sabiduría necesarias para lograr este objetivo.

A mis padres, quienes con su amor, sacrificio y dedicación han sido el pilar fundamental en mi formación. En especial a mi madre, que siempre ha estado en el momento preciso y correcto, ofreciéndome su apoyo incondicional. A mi abuelo[†], cuyo ejemplo de integridad personal durante su vida permanece como una guía y una inspiración constante para mí. Sus enseñanzas y valores siguen vivos en mi memoria, motivándome a actuar con rectitud y responsabilidad en cada decisión que debo tomar.

Finalmente, dedico este trabajo a todos los que han influido de manera significativa en mi vida y contribuyeron a que este objetivo académico se hiciera realidad.

"La ciencia nos enseña, en efecto, a someter nuestra razón a la verdad y a conocer y a juzgar las cosas tal como son, es decir, como ellas mismas eligen ser y no como quisiéramos que fueran".

Miguel de Unamuno

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Juan Manuel Villa Hernández, por creer en mí y brindarme todas las facilidades necesarias para desarrollar esta investigación bajo su dirección.

Asimismo, agradezco al Dr. José Luis Arcos García por su paciencia, las valiosas sugerencias y observaciones que contribuyeron significativamente a mejorar este trabajo.

De igual manera, agradezco al Dr. Roberto López Pozos por sus pertinentes aportaciones y recomendaciones en el transcurso de la investigación.

Al Dr. Celestino Sandoval García y al Dr. Héctor Santiago Romero (revisores) por sus observaciones y tiempo dedicado a enriquecer este trabajo.

Mi gratitud a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada, con número de CVU 1324750.

A mis compañeros de grupo, gracias por coincidir en el momento adecuado y por sus contribuciones, consejos y sugerencias oportunas a lo largo del proceso.

También, agradezco a la Universidad Mar Campus Puerto Escondido, por las facilidades otorgadas para desarrollar las actividades de la investigación dentro de sus instalaciones.

Finalmente, extiendo mi reconocimiento a los profesores del núcleo académico de la Maestría en Manejo de Fauna Silvestre de la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, por las enseñanzas y orientación recibidas durante toda mi estancia académica.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXO DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 Endozoocoria	3
2.2 Dispersión de semillas por saurocoria	4
2.3 Hábitat y función ecológica de <i>Ctenosaura pectinata</i>	5
2.4 Aparato digestivo de <i>Ctenosaura pectinata</i>	6
2.5 Dieta de <i>Ctenosaura pectinata</i>	6
2.6 Composición y diversidad arbórea en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido, de la Universidad del Mar	7
III. JUSTIFICACIÓN	9
IV. HIPÓTESIS	10
V. OBJETIVOS.....	10
5.1 Objetivo general	10
5.2 Objetivos particulares.....	10
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
6.1 Área de estudio	11

6.1.1 Ubicación del área experimental.....	11
6.1.2 Área de recolecta de frutos.....	11
6.1.3 Área de almacenamiento de frutos, caracterización de las semillas y análisis de la viabilidad.....	13
6.1.4 Área de evaluación del establecimiento de plantas.....	14
6.2 Recolecta de frutos y proceso de endozoocoria.....	14
6.2.1 Selección de especies arbóreas, recolecta y almacenamiento de frutos.....	14
6.2.2 Proceso de endozoocoria por <i>Ctenosaura pectinata</i>	15
6.2.2.1 Características de las jaulas.....	15
6.2.2.2 Ejemplares utilizados.....	15
6.2.2.3 Alimentación de las iguanas.....	15
6.2.2.4 Recuperación de semillas.....	16
6.3 Distribución de tratamientos.....	16
6.4 Evaluación del peso inicial y caracterización morfológica de las semillas.....	17
6.4.1 Evaluación del peso inicial de las semillas.....	17
6.4.2 Caracterización morfológica de las semillas mediante microscopía óptica.....	18
6.5 Evaluación de parámetros de germinación y viabilidad de las semillas..	18
6.5.1 Evaluación de los parámetros de germinación.....	18
6.5.2 Determinación de la viabilidad.....	21
6.6 Evaluación de las variables de la postgerminación de las semillas.....	21
6.6.1 Evaluación del crecimiento radicular.....	21
6.6.2 Evaluación del establecimiento de planta.....	21
6.6.3 Determinación del peso de la planta.....	22

6.7 Análisis estadístico	22
VII. RESULTADOS	23
7.1 Peso inicial y caracterización morfológica de las semillas	23
7.1.1 Peso inicial de las semillas	23
7.1.2 Efecto de la endozoocoria en las estructuras externas de las semillas	23
7.1.2.1 <i>Diospyros salicifolia</i>	23
7.1.2.2 <i>Pithecellobium dulce</i>	24
7.1.2.3 <i>Ceiba parvifolia</i>	24
7.1.2.4 <i>Spondias purpurea</i>	25
7.1.2.5 <i>Vachellia farnesiana</i>	25
7.2 Parámetros de germinación y viabilidad de las semillas.....	25
7.2.1 Parámetros de germinación	25
7.2.1.1 Germinación final (%).....	25
7.2.1.2 Tiempo promedio de germinación	26
7.2.1.3 Tasa media de germinación.....	27
7.2.1.4 Coeficiente de velocidad de germinación	27
7.2.1.5 Índice tasa de germinación	28
7.2.1.6 Índice de germinación Timson.....	28
7.2.2 Viabilidad de las semillas	29
7.3.1 Crecimiento radicular	29
7.3.1.1 Longitud de radícula.....	29
7.3.1.2 Diámetro de radícula	30
7.3.2 Establecimiento de la planta	30
7.3.3 Peso de la planta	31
7.3.3.1 Peso fresco y seco de la planta.....	31
VIII. DISCUSIÓN	32
8.1 Peso inicial de las semillas	32

8.2 Caracterización morfológica de las semillas	33
8.3 Parámetros de germinación	35
8.4 Viabilidad de las semillas	39
8.5 Variables postgerminación de las semillas.....	40
8.5.1 Crecimiento radicular	40
8.5.2 Establecimiento de la planta	41
8.5.3 Peso fresco y seco de la planta	42
IX. CONCLUSIONES	44
X. ANEXO DE RESULTADOS	45
XI. ANEXO DE FIGURAS	63
XII. REFERENCIAS	70

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro I. Composición y diversidad arbórea en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido, en comparación con la dieta de <i>C. pectinata</i> en vida libre.....	8
Cuadro II. Distribución de tratamientos.....	17
Cuadro III. Parámetros de germinación.....	20
Cuadro IV. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el peso inicial (g) de las semillas consumidas por <i>C. pectinata</i>	45
Cuadro V. Efecto de la endozoocoria por <i>C. pectinata</i> sobre las variables morfológicas de las semillas de <i>Diospyros salicifolia</i>	46
Cuadro VI. Efecto de la endozoocoria por <i>C. pectinata</i> sobre las variables morfológicas de las semillas de <i>Pithecellobium dulce</i>	47
Cuadro VII. Efecto de la endozoocoria por <i>C. pectinata</i> sobre las variables morfológicas de las semillas de <i>Ceiba parvifolia</i>	48
Cuadro VIII. Efecto de la endozoocoria por <i>C. pectinata</i> sobre las variables morfológicas de las semillas de <i>Spondias purpurea</i>	49
Cuadro IX. Efecto de la endozoocoria por <i>C. pectinata</i> sobre las variables morfológicas de las semillas de <i>Vachellia farnesiana</i>	50
Cuadro X. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre la germinación final (%) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	51
Cuadro XI. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el tiempo promedio de germinación (días) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	52
Cuadro XII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre la tasa media de germinación (dia ⁻¹) de especies	

consumidas por <i>C. pectinata</i>	53
Cuadro XIII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el coeficiente de velocidad de germinación (%) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	54
Cuadro XIV. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el índice de tasa de germinación (% día ⁻¹) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	55
Cuadro XV. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el índice de tasa de Timson (% día ⁻¹) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	56
Cuadro XVI. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, en la viabilidad de las semillas (%) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	57
Cuadro XVII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre la longitud de radícula (mm) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	58
Cuadro XVIII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el diámetro de la radícula (mm) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	59
Cuadro XIX. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, en el establecimiento de la planta (n) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	60
Cuadro XX. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el peso fresco (g) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	61
Cuadro XXI. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el peso seco (g) de especies consumidas por <i>C. pectinata</i>	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sitio de recolección de frutos de las especies arbóreas, en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido, Oaxaca.....	12
Figura 2. Sitio de recolección de frutos de <i>Pithecellobium dulce</i> , en el Fraccionamiento Bacocho, Puerto Escondido, Oaxaca.....	13

ÍNDICE DE ANEXO DE FIGURAS

	Pág.
Anexo 1. Recolecta de frutos de <i>Diospyros salicifolia</i>	63
Anexo 2. Frutos de <i>Guazuma ulmifolia</i>	63
Anexo 3. Almacenamiento de frutos de <i>Vachellia farnesiana</i>	63
Anexo 4. Recolecta de frutos de <i>Guazuma ulmifolia</i>	63
Anexo 5. Almacenamiento de frutos de <i>Pithecellobium dulce</i>	64
Anexo 6. Almacenamiento de frutos de <i>Diospyros salicifolia</i>	64
Anexo 7. Frutos de <i>Pithecellobium dulce</i> en la dieta de iguana negra.....	64
Anexo 8. Iguana negra consumiendo frutos de <i>Pithecellobium dulce</i>	64
Anexo 9. Semillas de <i>Diospyros salicifolia</i> en las excretas de iguana negra.....	65
Anexo 10. Semillas de <i>Pithecellobium dulce</i> en las excreta de iguana negra.....	65
Anexo 11. Germinación de <i>Pithecellobium dulce</i>	65
Anexo 12. Establecimiento de <i>Pithecellobium dulce</i> en vivero.....	65
Anexo 13. Establecimiento de <i>Ceiba parvifolia</i> en vivero.....	65
Anexo 14. Semillas de <i>Diospyros salicifolia</i> sin endozoocoria.....	66
Anexo 15. Semillas de <i>Diospyros salicifolia</i> con endozoocoria.....	66
Anexo 16. Semillas de <i>Pithecellobium dulce</i> sin endozoocoria.....	66
Anexo 17. Semillas de <i>Pithecellobium dulce</i> con endozoocoria	67
Anexo 18. Semillas de <i>Ceiba parvifolia</i> sin endozoocoria.....	67
Anexo 19. Semillas de <i>Ceiba parvifolia</i> con endozoocoria.....	67
Anexo 20. Semillas de <i>Spondias purpurea</i> sin endozoocoria.....	68
Anexo 21. Semillas de <i>Spondias purpurea</i> con endozoocoria.....	68
Anexo 22. Semillas de <i>Vachellia farnesiana</i> sin endozoocoria.....	68
Anexo 23. Semillas de <i>Vachellia farnesiana</i> con endozoocoria.....	69

RESUMEN

La selva baja caducifolia (SBC) es uno de los ecosistemas más amenazados, principalmente por la expansión de asentamientos humanos. En consecuencia, ha generado procesos de deforestación, fragmentación y degradación. En este sentido, la iguana negra juega un papel importante en la dispersión de semillas, particularmente a través del proceso de endozoocoria, lo que podría representar una alternativa de mantenimiento, recuperación y regeneración del estrato arbóreo en la SBC de la costa de Oaxaca. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la endozoocoria por *Ctenosaura pectinata* en la germinación, viabilidad de las semillas y desarrollo postgerminación de las semillas de *Diospyros salicifolia*, *Guazuma ulmifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Ceiba parvifolia*, *Spondias purpurea* y *Vachellia farnesiana*, en la SBC de la costa de Oaxaca. Se utilizaron 66 ejemplares adultos de iguana negra de ambos sexos bajo cuidado humano, a los cuales se ofrecieron frutos de las especies mencionadas. En la evaluación del peso inicial de las semillas y los parámetros de germinación se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial dos por cinco (10 tratamientos); asimismo, las variables morfológicas de las semillas se analizaron mediante una prueba de *t*-Student para datos no pareados ($p < 0.05$). Las semillas con endozoocoria presentaron una disminución del peso inicial, atribuidas principalmente por la fermentación en la región ceco-cólica. Además, en la caracterización morfológica de las semillas se observaron alteraciones en la estructura tridimensional y escarificación de las capas protectoras. Sin embargo, las modificaciones no afectaron positivamente la germinación, viabilidad de las semillas y el desarrollo postgerminación de las semillas, excepto en el parámetro velocidad germinativa de *Pithecellobium dulce* ($p < 0.05$). Los resultados indican que *Ctenosaura pectinata* actúa como dispersor de semillas de especies arbóreas de la SBC con efectos diferentes, determinados por las características estructurales y fisiológicas de cada especie de semilla.

Palabras claves: Endozoocoria, semillas de especies arbóreas, *Ctenosaura pectinata*, germinación, viabilidad, postgerminación, Selva Baja Caducifolia.

ABSTRACT

The tropical dry deciduous forest (TDF) is one of the most threatened ecosystems, mainly due to the expansion of human settlements. Consequently, this has generated processes of deforestation, fragmentation, and degradation. In this context, the black iguana plays an important role in seed dispersal, particularly through the process of endozoochory (seed dispersal by animals that eat the fruit). This could represent an alternative for the maintenance, recovery, and regeneration of the arboreal stratum (tree layer) in the TDF on the coast of Oaxaca. This study aimed to evaluate the effect of endozoochory by *Ctenosaura pectinata* on the germination, seed viability, and post-germination development of the seeds of *Diospyros salicifolia*, *Guazuma ulmifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Ceiba parvifolia*, *Spondias purpurea*, and *Vachellia farnesiana* in the TDF on the coast of Oaxaca. Sixty-six adult specimens of the black iguana of both sexes were used under human care, to which fruits of the mentioned species were offered. A completely randomized experimental design with a two-by-five factorial arrangement (10 treatments) was used to evaluate the initial seed weight and the germination parameters. Likewise, the morphological variables of the seeds were analyzed using an unpaired t-Student test ($p < 0.05$). The seeds that underwent endozoochory showed a decrease in initial weight, attributed mainly to fermentation in the ceco-colic region (part of the iguana's digestive tract). Furthermore, in the morphological characterization of the seeds, alterations in the three-dimensional structure and scarification (scratching/abrasion) of the protective layers were observed. However, the modifications did not positively affect the germination, seed viability, or post-germination development of the seeds, except for the germination speed parameter of *Pithecellobium dulce* ($p < 0.05$). The results indicate that *Ctenosaura pectinata* acts as a seed disperser for arboreal species of the TDF with different effects, which are determined by the structural and physiological characteristics of each seed species.

Keywords: Endozoochory, arboreal species seeds, *Ctenosaura pectinata*, germination, viability, post-germination, tropical dry deciduous forest.

I. INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia (SBC) es la vegetación con mayor distribución en México; se establece en la vertiente del Pacífico, con proyección hacia el centro del país por la cuenca del río Balsas, hasta llegar al estado de Chiapas. También se registran remanentes en la península de Baja California, el Golfo de México y la península de Yucatán (Ceballos *et al.* 2010). Además, es uno de los ecosistemas más amenazados, debido a la expansión de los asentamientos humanos lo que ha generado procesos de deforestación, fragmentación y degradación (Ortega-Baranda *et al.* 2020). Estas perturbaciones han confinado la vegetación primaria a pequeños manchones, y han generado la creación de grandes áreas de vegetación secundaria (Salas *et al.* 2003).

La SBC se ha considerado como un sistema resiliente, porque muestra alta tasa de recuperación de la riqueza específica posterior a los eventos de alteración natural (Gillespie *et al.* 2000, Powers *et al.* 2008, Ruiz & Fandiño 2010). La presencia del banco de semillas y de plántulas en el sotobosque (debajo del dosel arbóreo), así como la llegada de semillas provenientes de áreas de vegetación adyacente ligada a los eventos de dispersión de semillas asistida por animales, ya sea por ornitocoria (aves), mirmecoria (insectos), mamiferocoria (mamíferos) y saurocoria (reptiles) (Rodríguez 2021), contribuyen al mantenimiento, dinámica de recuperación y regeneración de la SBC (Gillespie *et al.* 2000, Powers *et al.* 2008, Martínez-Orea *et al.* 2009, Pennington *et al.* 2009). Existe poca información acerca de la participación de la saurocoria en los procesos ecológicos implicados en la regeneración de la vegetación (Gómez-Mora *et al.* 2012). En este sentido, existen algunos reportes sobre la participación de dispersión de semillas, por medio de epizoocoria y endozoocoria en la familia Iguanidae (Lasso & Santiago 2015, Vásquez-Contreras & Ariano-Sánchez 2016).

México ocupa el segundo lugar en diversidad de reptiles, con 885 especies descritas, de las cuales 417 corresponden al suborden de los saurios (Flores-Villela & García-Vázquez 2014, SEMARNAT 2015). Dentro de este suborden se encuentra el género *Ctenosaura*, perteneciente a la familia Iguanidae. Este género lo conforman 13 especies: *Ctenosaura acanthura*, *C. alfredschmidti*, *C. barkeri*, *C. clarki*, *C. defensor*, *C. flavidorsalis*, *C. hemilopa*, *C. melanosterna*, *C. oedirhina*, *C. pelearis*, *C. pectinata*, *C. quinquecarinata* y *C. similis* (Alvarado & Suazo 1996, Mendoza-Quijano *et al.* 2003).

No se han realizado estudios del efecto en el proceso de endozoocoria en reptiles, en relación con la germinación de la semillas y desarrollo postgerminativo de la planta en la SBC de la Costa de Oaxaca. El presente trabajo, evaluó el proceso de endozoocoria por *C. pectinata*, mediante los parámetros de germinación, viabilidad de semillas, crecimiento y establecimiento de plantas de especies arbóreas en la SBC de la costa de Oaxaca.

II. ANTECEDENTES

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas espermatofitas, su función es multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen; además, es uno de los elementos más eficaces para dispersarse en el tiempo y espacio. La etapa de semilla es la única fase móvil de una planta, constituye el mecanismo de perennización por el cual las plantas perduran generación tras generación (Doria 2010).

La dispersión de semillas forma parte de un complejo ciclo integrado por la sucesión de procesos ecológicos que conectan generaciones sucesivas de plantas. Este proceso influye en la germinación de semillas y reclutamiento de la planta, lo que contribuye en la distribución y la estructura espacial de la siguiente generación (Wang & Smith 2002). La llegada de semillas provenientes de áreas de vegetación adyacente ligada a los eventos de dispersión asistida por animales favorece al mantenimiento, dinámica de recuperación y regeneración de la SBC (Gillespie *et al.* 2000, Powers *et al.* 2008, Martínez-Orea *et al.* 2009, Pennington *et al.* 2009, Gómez-Mora *et al.* 2012).

2.1 Endozoocoria

La interacción planta-animal engloba una gran variedad de vínculos biológicos, como las interacciones mutualistas, donde las especies que interactúan resultan beneficiadas. El proceso de dispersión de semillas por animales se conoce como zoocoria, que influye en la germinación y distribución de las plantas; además, constituye una fuente de alimentación y nutrientes para los consumidores (Jordano *et al.* 2011). Los animales se convierten en potenciales dispersores al consumir frutos y semillas, los cuales pasan por el tracto digestivo y son excretadas a través de las heces. A este proceso se le denomina endozoocoria (Revilla & Encinas 2015).

Lo anterior provoca la escarificación de la testa de las semillas, causando una reducción en el tiempo de germinación; sin embargo, puede ocurrir lo contrario que las semillas no germinen por el daño al embrión, debido a la pérdida de las capas que protegen a las semillas (Howe & Estabrook 1977, Janzen *et al.* 1985).

Se ha documentado la dispersión de semillas por reptiles (saurocoria), específicamente de las familias Iguanidae y Tropiduridae (Celedón *et al.* 2005, Godínez-Álvarez 2004, Vásquez-Contreras & Ariano-Sánchez 2016) a través de la endozoocoria, de distintas especies de plantas (Lieberman & Lieberman 1986). Valido & Nogales (1994), en la isla de Tenerife, perteneciente a las Islas Canarias, reportaron un incremento en el porcentaje de germinación de las semillas de *Withania aristata* que pasaron a través del tracto digestivo de *Gallotia galloti* (Lacertidae).

2.2 Dispersión de semillas por saucooria

Celedón *et al.* (2005) realizaron un estudio, en el Parque Nacional Laguna del Laja, Chile, determinaron la preferencia del consumo de distintas especies de plantas ingeridas por *Phymaturus flagellifer*, a través de las semillas excretadas y observaron el efecto del paso por el tracto digestivo. Reportaron el porcentaje de germinación y viabilidad de las semillas de *Berberis empetrifolia*, *Rumex acetosella* y *Calandrinia* sp. Concluyeron que *Phymaturus flagellifer* puede movilizar las semillas localmente e influir en la estructura y diversidad de la flora del área.

Por otro lado, Lasso & Santiago (2015) presentaron la primera evidencia de epizoocoria en *Iguana iguana*, en el bosque seco de la Tatacoa, ubicado en la parte norte del departamento de Huila, Colombia. Evaluaron durante 40 días la germinación de semillas de *Melocactus curvispinusen* adheridas al hocico de las iguanas, en comparación con las semillas ingeridas y excretadas, y el grupo control

(no ingeridas ni adheridas). Concluyeron que las semillas transportadas externamente germinan en mayor número y más rápido, en contraste con las semillas ingeridas y excretadas, lo que indica que las iguanas podrían considerarse depredadoras y dispersoras de semillas, dependiendo del mecanismo de transporte.

Vásquez-Contreras & Ariano-Sánchez (2016), en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua (RNH), Guatemala, evaluaron el efecto de la endozoocoria por *Ctenosaura palearis* en la germinación de semillas de *Stenocereus pruinosus*. Los resultados mostraron que la escarificación de *S. pruinosus* producida en la endozoocoria por *C. palearis* incrementó el porcentaje de germinación. Inferieron que la microbiota intestinal de esta iguana está compuesto por microorganismos que promueven la germinación de semillas, lo que sugirieron que *C. palearis* podría considerarse un dispersor eficaz de semillas.

2.3 Hábitat y función ecológica de *Ctenosaura pectinata*

En relación con *C. pectinata*, esta especie es terrestre y arborícola, y se adapta a lugares perturbados por el hombre (Villegas & Vásquez 2001). El hábitat idóneo de la iguana negra se encuentra en sitios secos, rocosos, barrancas y orillas de carreteras poco transitadas. Asimismo, aprovecha las brechas como refugios, cava madrigueras en el suelo y en los sistemas radiculares de árboles (Valenzuela 1981, Suazo & Alvarado 1994, Cruz & Saldaña 2003). Desde un punto de vista ecológico, las iguanas desempeñan un papel importante en los ecosistemas que habitan, ya que forman parte de la cadena alimenticia, actúan como controladoras de plagas y contribuyen en la regeneración de la vegetación mediante la dispersión de semillas (Traveset 1990, Benítez-Malvido *et al.* 2003, Gómez-Mora *et al.* 2012).

2.4 Aparato digestivo de *Ctenosaura pectinata*

Las iguanas en etapa adulta consumen hojas, cortando trozos triangulares o doblan las hojas con la lengua para después tragarlas (Cobos 1998), de esta manera el alimento se deposita en el estómago sin ser triturado. En *C. pectinata* el esófago es largo, espaciado de superficie lisa (Parson & Cameron 1977), su función principal es transportar el alimento de la boca al estómago (Robbins 1993). El estómago es un saco musculoso con superficie lisa, que se contrae para mezclar el alimento consumido con los jugos digestivos (Eckert 1990), las principales funciones del estómago son almacenar y digerir el alimento (Cobos *et al.* 1999). Posteriormente, el alimento abandona el estómago y pasa al intestino delgado mediante el esfínter pilórico, el cual se relaja cuando los movimientos peristálticos del estómago comprimen el contenido ácido en el segmento inicial del intestino delgado (Eckert 1990), donde se realiza la digestión enzimática. La función del ciego e intestino grueso incluye la fermentación del alimento y del material endógeno, absorción de agua y nutrientes solubles en agua (electrolitos, amonio, ácidos grasos volátiles y aminoácidos) y la síntesis de vitaminas bacterianas (Robbins 1993). Por último, en la apertura ventral y transversal de la cloaca, pasan los desechos fecales y urinarios hacia el exterior (Oldham & Smith 1975).

2.5 Dieta de *Ctenosaura pectinata*

La alimentación de *C. pectinata* en vida libre se diferencia de acuerdo con la edad. En la etapa de crías consumen principalmente insectos; mientras que, en la etapa juvenil los insectos constituyen parte de la dieta, aunque aumenta el consumo de hojas. En adultos, las hojas y frutos son los componentes principales en la dieta, aunque los insectos son consumidos ocasionalmente (Casas 1982, Cooper & Lemos 2001, Durtsche 2004). En este sentido, existe una recopilación de la

composición de la dieta de individuos adultos de *C. pectinata* en vida libre, con base en el consumo de vegetales en las que se citan especies arbóreas: *Vachellia farnesiana*, *Acacia* sp., *Capparis indica*, *Ceiba aesculifolia*, *Couepia polyandra*, *Ficus mexicana*, *Ficus padifolia*, *Ficus radula*, *Guazuma ulmifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Spondias purpurea*, *Tabebuia* sp. y *Erythrina* sp. (Arcos & López 2009) (Cuadro I).

2.6 Composición y diversidad arbórea en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido, de la Universidad del Mar

Ortega-Baranda *et al.* (2020), en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido, en el municipio de San Pedro Mixtepec, evaluaron la composición y diversidad de la vegetación arbórea en la SBC. Los autores, determinaron el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual jerarquiza la dominancia de especies en rodales mezclados y revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal (Carreón-Santos & Valdez-Hernández 2014), mediante la determinación de la dominancia, densidad y frecuencia relativa. Los valores reportados fueron: *Ceiba parvifolia* (49.36), *Amphipterygium adstringens* (37.74), *Cochlospermum vitifolium* (31.82), *Dalbergia congestiflora* (29.91), *Heliocarpus donnell-smithii* (26.35), *Acacia farnesiana* (14.43), *Comocladia engleriana* (11.05), *Tabebuia chrysantha* (10.82), *Guapira macrocarpa* (10.81) y *Bunchosia* sp. (10.38) (Cuadro I).

Cuadro I. Composición y diversidad arbórea en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido, en comparación con la dieta de *C. pectinata* en vida libre.

Composición y diversidad arbórea en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido	Dieta de <i>Ctenosaura pectinata</i> en vida libre
<i>Vachellia farnesiana</i>	<i>Vachellia farnesiana</i>
<i>Ceiba parvifolia</i>	<i>Ceiba aesculifolia</i>
<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Tabebuia</i> sp.
<i>Amphipterygium adstringens</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	<i>Couepia polyandra</i>
<i>Comocladia engleriana</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>
<i>Dalbergia congestiflora</i>	<i>Spondias purpurea</i>
<i>Guapira macrocarpa</i>	<i>Capparis indica</i>
<i>Heliocarpus donnell-smithii</i>	<i>Erythrina</i> sp.
<i>Bunchosia</i> sp.	<i>Acacia</i> sp.
	<i>Ficus mexicana</i>
	<i>Ficus padifolia</i>
	<i>Ficus radula</i>

(Arcos & López 2009, Ortega-Baranda *et al.* 2020).

III. JUSTIFICACIÓN

Las SBC son de los ecosistemas más afectados principalmente por prácticas agrícolas y la expansión demográfica. En consecuencia, se ha modificado la composición y estructura de la vegetación, generando grandes extensiones de vegetación secundaria (Ortega-Baranda *et al.* 2020). Sin embargo, los procesos ecológicos como la dispersión de semillas contribuyen a la regeneración natural y el establecimiento de la vegetación colonizando nuevas áreas (Traveset *et al.* 2012). Por lo tanto, la regeneración asistida por animales influye en la estructura, composición y sostenibilidad de la vegetación a largo plazo.

En este sentido, agentes dispersores participan en la regeneración natural, a través del consumo de frutos y semillas que transitan en el tracto digestivo y son excretadas en las heces (endozoocoria) (Revilla & Encinas 2015). Por lo tanto, los líquidos digestivos y movimientos gástricos pueden generar escarificación de las capas protectoras de las semillas. Aumentando la permeabilidad al agua y gases, modificando los parámetros de germinación y viabilidad (Galindo-González 1998, Yagihashi *et al.* 1999, Rodríguez-Pérez *et al.* 2005, Buckley *et al.* 2006).

Las iguanas presentan un papel importante en los ambientes que habitan, ya que participan en la regeneración de la vegetación a través de la dispersión de semillas (Traveset 1990, Benítez-Malvido *et al.* 2003). Bajo tal contexto, el proceso de endozoocoria por *C. pectinata* podría ser una alternativa de mantenimiento, dinámica de recuperación y regeneración del estrato arbóreo de la SBC de la costa de Oaxaca, mediante el establecimiento de nuevas plantas (Costea *et al.* 2019).

IV. HIPÓTESIS

El proceso de endozoocoria por iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) modifica la germinación, viabilidad de las semillas y el desarrollo postgerminación de algunas especies arbóreas en la SBC, en comparación con las semillas sin el proceso.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de endozoocoria por iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) sobre la germinación, viabilidad de las semillas y el desarrollo postgerminación de seis especies arbóreas en la SBC de la Costa de Oaxaca.

5.2 Objetivos particulares

- Caracterizar el proceso de endozoocoria en semillas de especies arbóreas presentes en la SBC.
- Evaluar los parámetros de germinación y viabilidad de las semillas por el efecto de endozoocoria.
- Analizar el desarrollo postgerminación, considerando el crecimiento radicular, el establecimiento y peso de las plantas provenientes de semillas consumidas por *Ctenosaura pectinata*.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

6.1.1 Ubicación del área experimental

La presente investigación se realizó en el Centro de Conservación y Reproducción de Iguanas de la Universidad del Mar (CECOREI-UMAR), ubicado en el campo experimental en la localidad de Bajos de Chila. Se localiza sobre la Carretera Federal No. 200 Acapulco (Guerrero) – Puerto Escondido (Oaxaca), en el km 128.1 delimitado a 15° 55' 34'' N y 97° 09' 03'' W, con altitud de 12 msnm (Pinacho *et al.* 2010).

6.1.2 Área de recolecta de frutos

La recolecta de frutos de las especies arbóreas *Diospyros salicifolia* (nanche silvestre), *Ceiba parvifolia* (ceiba), *Vachellia farnesiana* (huizache), *Spondias purpurea* (ciruela) y *Guazuma ulmifolia* (guácimo) se realizó en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido que pertenece a la Universidad del Mar (15°54'52''N y 97°04'42''W), con altitud entre 70 a 160 msnm. Se localiza en el municipio de San Pedro Mixtepec, Región Costa de Oaxaca, en el km 244 de la carretera estatal 131 Sola de Vega-Puerto Escondido, cuenta con una extensión de 16.7 ha (De Labra-Hernández 2022) (Figura 1). En cambio, la recolecta de frutos de *Pithecellobium dulce* (guamúchil) se realizó en el Fraccionamiento Bacocho, Puerto Escondido, Oaxaca (15°52'05''N y 97°04'54'' W), con elevación de 70 msnm (Figura 2).

Las áreas de recolecta de frutos presentan clima cálido subhúmedo, con temporada de sequía de noviembre a mayo y temporada de lluvias durante el resto del año, con precipitaciones que varían entre 300 y 1800 mm. La temperatura promedio anual es de 28 °C, y oscila entre los 15 y 42 °C (Salas *et al.* 2003).

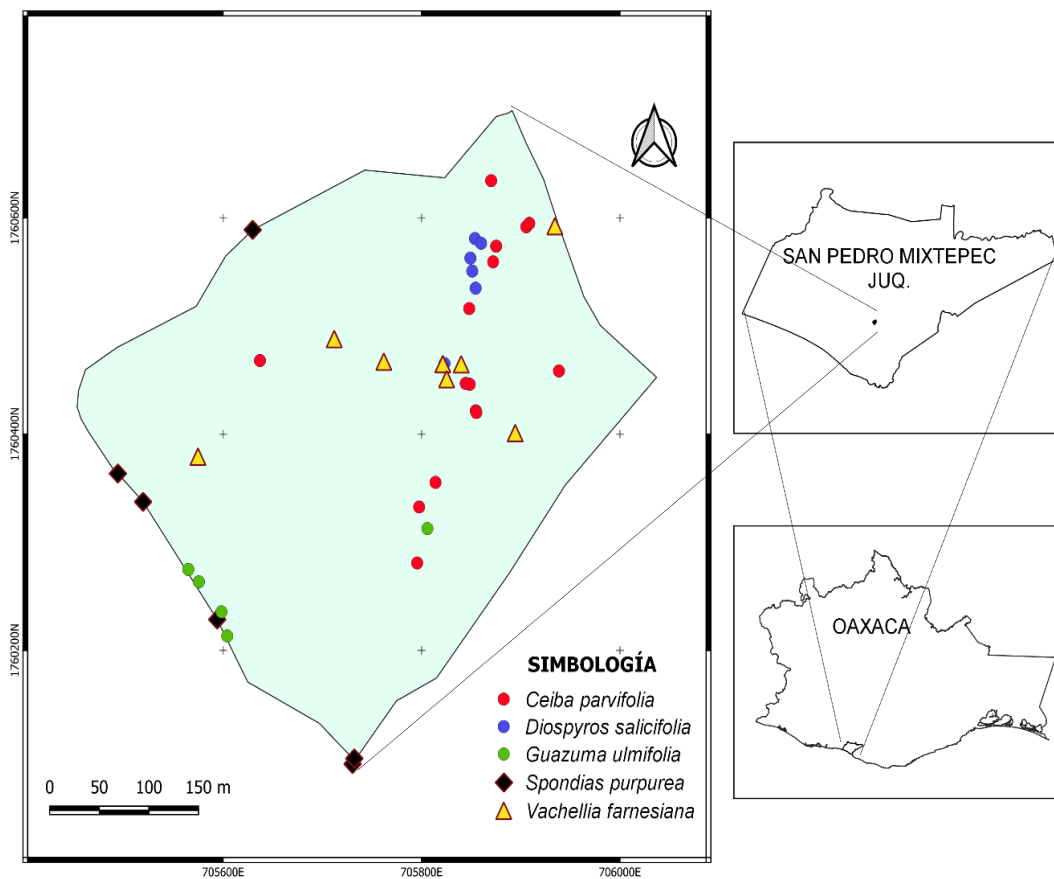


Figura 1. Sitio de recolección de frutos de las especies arbóreas, en el Jardín Botánico Campus Puerto Escondido, Oaxaca.

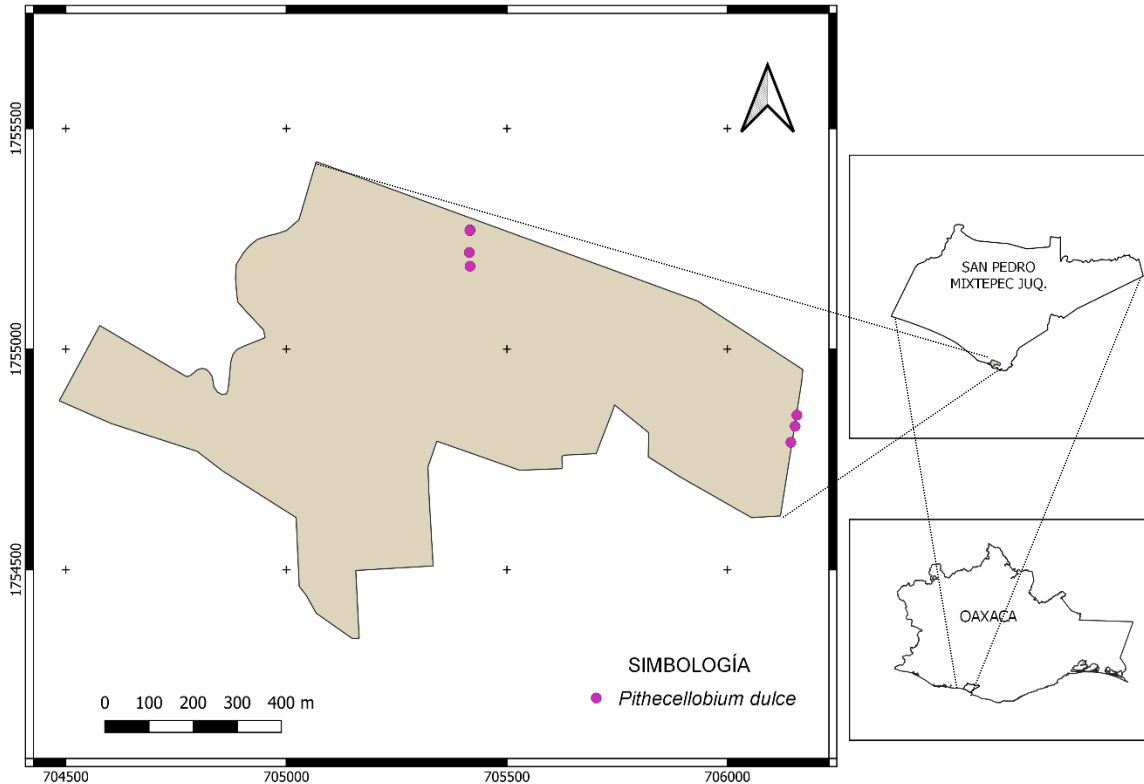


Figura 2. Sitio de recolección de frutos de *Pithecellobium dulce*, en el Fraccionamiento Bacocho, Puerto Escondido, Oaxaca.

6.1.3 Área de almacenamiento de frutos, caracterización de las semillas y análisis de la viabilidad

El almacenamiento de frutos, la caracterización de las semillas y análisis de la viabilidad se realizó en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido (15° 53' 21.1'' N y 97° 04' 29.7'' W).

6.1.4 Área de evaluación del establecimiento de plantas

La evaluación del establecimiento de planta se realizó en el Vivero-Forestal, localizado en el Campo Experimental de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido (15° 55' 31.6'' N y 97° 08' 58.6'' W) y, elevación de 12 msnm.

6.2 Recolecta de frutos y proceso de endozoocoria

6.2.1 Selección de especies arbóreas, recolecta y almacenamiento de frutos

Se recolectaron frutos maduros para obtener semillas de las especies arbóreas: *Diospyros salicifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Ceiba parvifolia*, *Spondias purpurea*, *Vachellia farnesiana* y *Guazuma ulmifolia*, seleccionadas con base a la dieta en vida libre de *C. pectinata* reportado por Arcos & López (2009), así como en la composición y diversidad de la vegetación arbórea en la SBC (Ortega-Baranda *et al.* 2020).

La recolecta de frutos se realizó manualmente utilizando tijeras de jardinería, pértiga y guantes de carnaza (Jara 1997). La ubicación geográfica y la altitud en la cual se encontraron las especies arbóreas se determinó con un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin Etrex (Cruz 2015, Burgos *et al.* 2016). Los frutos se almacenaron en frasco de vidrio durante dos meses, en intervalos de siete días, a una temperatura de 18 ± 2 °C para retrasar su envejecimiento. El almacenamiento se realizó en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Posteriormente, los frutos fueron trasladados al CECOREI-UMAR para su consumo por los ejemplares de iguana negra.

6.2.2 Proceso de endozoocoria por *Ctenosaura pectinata*

6.2.2.1 Características de las jaulas

Se emplearon tres jaulas, cada una con dimensiones de 5 x 6 m y altura central de 3 m. Las paredes de las jaulas son de lámina galvanizada a 1.0 m de altura; la pared y el techo están cubiertos con malla de criba, y el piso es de cemento (Pinacho-Santana *et al.* 2010).

6.2.2.2 Ejemplares utilizados

Se utilizaron 66 individuos adultos de *C. pectinata* de ambos sexos (machos y hembras) bajo cuidado humano, distribuidos en tres jaulas. Los individuos presentaron un peso de 0.94 ± 0.2 kg, longitud hocico-cloaca de 31.12 ± 2.57 cm, longitud de la cabeza 6.82 ± 0.57 cm, ancho de la cabeza 4.13 ± 0.11 cm, longitud del hocico 3.10 ± 0.36 cm, longitud de la pierna 4.55 ± 0.47 cm y poros femorales 0.51 ± 0.08 cm.

6.2.2.3 Alimentación de las iguanas

Las iguanas se alimentaron con la dieta establecida por Pinacho-Santana *et al.* (2010). Adicionalmente, los frutos y semillas a evaluar se ofrecieron diariamente a libre acceso en comederos de plástico a las 8:00 am, durante un periodo de adaptación de 15 días.

6.2.2.4 Recuperación de semillas

Posteriormente al periodo de adaptación, los ejemplares de *C. pectinata* se monitorearon a las 90 h para la colecta de excretas (Stevens 1977). Las excretas se colectaron y se trasladaron en hieleras de unicel al Laboratorio de Semillas Forestales de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Las semillas se recuperaron manualmente de las excretas utilizando guantes de látex y se enjuagaron con hipoclorito de sodio al 1% (v/v), para eliminar residuos fecales (Pérez-Flores *et al.* 2021). Es importante señalar que no se recuperaron las semillas de *Guazuma ulmifolia* de las excretas; por lo tanto, esta especie únicamente fue considerada en la variable de peso inicial.

6.3 Distribución de tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron las cinco especies arbóreas y el proceso con y sin endozoocoria, obteniendo 10 tratamientos con cinco repeticiones cada uno (Cuadro II).

Cuadro II. Distribución de tratamientos.

Especies arbóreas	Proceso de endozoocoria	Tratamientos
<i>Diospyros salicifolia</i>	Con	T1
	Sin	T2
<i>Pithecellobium dulce</i>	Con	T3
	Sin	T4
<i>Ceiba parvifolia</i>	Con	T5
	Sin	T6
<i>Spondias purpurea</i>	Con	T7
	Sin	T8
<i>Vachellia farnesiana</i>	Con	T9
	Sin	T10

6.4 Evaluación del peso inicial y caracterización morfológica de las semillas

6.4.1 Evaluación del peso inicial de las semillas

Se pesaron las semillas de las especies *Diospyros salicifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Ceiba parvifolia*, *Vachellia farnesiana* y *Spondias purpurea*. Como se mencionó anteriormente, de *Guazuma ulmifolia* no se recuperaron semillas con endozoocoria, por lo que únicamente se evaluó el peso inicial de las semillas sin el proceso. Para las mediciones se utilizó una balanza analítica (OHAUS AX423/E ADVENTURER, con una precisión de ± 0.001 g).

6.4.2 Caracterización morfológica de las semillas mediante microscopía óptica

Se evaluaron las estructuras morfológicas de las semillas con y sin endozoocoria en las especies recuperadas, de las excretas de iguana negra. Las mediciones se realizaron a través de microscopía óptica utilizando un microscopio digital LCD-USB (aumento de 50–1000x, pantalla LCD HD de 4.3 in). Las estructuras morfológicas se midieron con la aplicación hiView, con una amplificación de 640 x 480. La calibración se ejecutó en función del tamaño de las semillas. Las variables evaluadas fueron: rafe o línea fisural, micrópilo, hilo, ancho, grosor y longitud de las semillas.

6.5 Evaluación de parámetros de germinación y viabilidad de las semillas

6.5.1 Evaluación de los parámetros de germinación

Las semillas de *Diospyros salicifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Ceiba parvifolia*, *Spondias purpurea* y *Vachellia farnesiana* con y sin endozoocoria, se mantuvieron en el área de evaluación a una temperatura de 24 ± 2 °C. En cada unidad experimental se evaluaron 20 semillas, colocadas sobre papel germinador previamente humedecido con 25 ml día⁻¹ de agua destilada. Las semillas se distribuyeron en hileras a distancias de 1.0-2.5 cm, en función de su tamaño. Posteriormente, las semillas se cubrieron con hojas de papel germinador humedecido. Se incubaron dentro de bolsas de polietileno para identificar el tratamiento y número de repetición al momento de la evaluación (García-López *et al.* 2016). Se monitoreo, cuidando que no existiera agua en exceso.

Se efectuó el conteo del número de semillas germinadas diariamente; se consideró como semilla germinada aquella cuya radícula alcanzó una longitud de 2

mm (González-Vélez *et al.* 2020). De acuerdo con lo establecido por Flores & Méndez (2021), se evaluaron los parámetros de germinación (Cuadro III).

Cuadro III. Parámetros de germinación

Parámetro	Fórmula	Variables
Germinación final (%)	$GF = \frac{nf}{n} * 100$	nf = Número de semillas germinadas al finalizar el ensayo n = Número de semillas al inicio del ensayo
Tiempo promedio de germinación (días)	$TPG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$	n_i = Número de semillas germinadas en el día i t_i = Número de días después de la siembra
Tasa media de germinación (días ⁻¹)	$TMG = \frac{1}{TPG}$	TPG =Tiempo promedio de germinación
Coefficiente de velocidad de germinación (%)	$CVG = \frac{\sum n_i}{\sum n_i t_i} * 100$	n_i = Número de semillas germinadas en el día i t_i = Número de días después de la siembra
Índice tasa de germinación (% día ⁻¹)	$ITG = \frac{\sum g_i}{\sum t_i}$	g_i = Porcentaje de germinación en el día i t_i = Número de días después de la siembra
Índice de germinación Timson (% día ⁻¹)	$ITG = \frac{\sum g_i}{T}$	g_i =Porcentaje de germinación en el día i T = Tiempo total de germinación

(Flores & Méndez 2021).

6.5.2 Determinación de la viabilidad

Las semillas que no germinaron se incubaron en una solución acuosa al 1 % (p/v) de cloruro de 2,3,5 - trifenil - tetrazolio, pH 7 (ISTA 2014). A cada semilla se realizó un corte longitudinal para favorecer la absorción del reactivo, posteriormente, se incubó a 16 ± 2 °C durante 24 h. Este método permitió determinar la viabilidad en las semillas, con base en el patrón de tinción del embrión y la intensidad de coloración (Salazar-Mercado *et al.* 2020, Reyes *et al.* 2024).

6.6 Evaluación de las variables de la postgerminación de las semillas

6.6.1 Evaluación del crecimiento radicular

La medición del crecimiento radicular se realizó determinando la longitud (mm) y el diámetro de la radícula (mm) con un vernier digital electrónico de fibra de carbono 150mm/100mm (Keil 2020, Mamani *et al.* 2023).

6.6.2 Evaluación del establecimiento de planta

Al finalizar la medición del crecimiento radicular de cada especie, las plántulas fueron hidratadas con agua destilada y colocadas en hielera de unicel para su traslado al vivero forestal del Campo Experimental de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Posteriormente, las plántulas se establecieron en charolas de germinación de polietileno, se utilizó como sustrato una mezcla de 75 % suelo de monte y 25 % arena, se humedeció a capacidad de campo para el trasplante (Lazcano-Bello *et al.* 2021). El trasplante y seguimiento de las plántulas

se realizó de acuerdo con Rodríguez (2010). Una vez observadas las primeras hojas verdaderas, se cuantificó como planta establecida.

6.6.3 Determinación del peso de la planta

Las plantas que sobrevivieron fueron extraídas de las charolas de germinación, para ser cuantificadas en peso húmedo. Posteriormente, se introdujeron en una estufa de secado convencional con estructura de madera, de dimensiones 0.7 x 0.85 x 1.20 m, la fuente de calor consistió en seis focos incandescentes de 75 W, 110–130 V, durante 24 h con la finalidad de determinar el peso seco. Las plantas en base húmeda y base seca se pesaron en una balanza analítica (OHAUS AX423/E ADVENTURER, con precisión de ± 0.001 g).

6.7 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x5, con diez tratamientos y cinco repeticiones. El criterio de un factor fue la especie arbórea (*Diospyros salicifolia*, *Pithecellobium dulce*, *Ceiba parvifolia*, *Spondias purpurea* y *Vachellia farnesiana*) y el otro factor fue el proceso de endozoocoria (con o sin). La evaluación de las variables morfológicas de las semillas se realizó mediante un análisis de *t*-Student para datos no pareados ($p < 0.05$) (SAS 2010).

VII. RESULTADOS

7.1 Peso inicial y caracterización morfológica de las semillas

7.1.1 Peso inicial de las semillas

El peso inicial (g) de las semillas, posterior al proceso de endozoocoria y previo a la determinación de la viabilidad, mostraron diferencias significativas entre especies arbóreas ($F_{5,48} = 3,752.48$, $p < 0.0001$). *S. purpurea* presentó el mayor peso ($p < 0.001$) con un valor de 1.0670 g, mientras que *G. ulmifolia* registró el menor valor 0.0015 g. Asimismo, el proceso de endozoocoria redujo significativamente el peso de las semillas ($F_{1,48} = 61.20$, $p < 0.0001$) en comparación con las semillas sin el proceso. Sin embargo, existe interacción especie-endozoocoria ($F_{4,48} = 21.11$; $p < 0.0001$), lo que indica que los efectos no son independientes y que existen factores confundidos. Esto sugiere que tanto la especie vegetal como el proceso de endozoocoria pueden potenciar o inhibir el proceso de escarificación de las semillas. En el caso de las semillas de *G. ulmifolia*, con endozoocoria se asignó un valor de 0.00 g, al no encontrarse en las excretas (Cuadro IV).

7.1.2 Efecto de la endozoocoria en las estructuras externas de las semillas

7.1.2.1 *Diospyros salicifolia*

En *D. salicifolia* se observó un efecto significativo ($p < 0.01$) en el ancho del rafe, las semillas con endozoocoria presentaron mayor abertura con una diferencia del 82.52 %, en comparación con aquellas que no pasaron por el tracto digestivo de las

iguanas de la especie *C. pectinata*. Con respecto a la longitud y ancho del hilo, las semillas con endozoocoria presentaron valores superiores, en contraste sin endozoocoria ($p < 0.01$). En el ancho de las semillas hubo efecto ($p < 0.01$), el valor con endozoocoria fue de 5.95 ± 0.14 mm, en cambio las semillas sin endozoocoria presentaron un valor de 6.79 ± 0.11 mm. El grosor de las semillas mostró diferencias ($p < 0.01$), el valor con endozoocoria fue menor en comparación sin endozoocoria con una reducción del 9.05 %, lo cual se podría atribuirse al desgaste de las capas protectoras de las semillas (Cuadro V).

7.1.2.2 *Pithecellobium dulce*

Las semillas de *P. dulce* presentaron solo un efecto en el ancho de la línea fisural ($p < 0.01$); las semillas con endozoocoria mostraron una mayor abertura (0.21 ± 0.02 mm), en contraste sin endozoocoria (0.06 ± 0.001 mm) (Cuadro VI).

7.1.2.3 *Ceiba parvifolia*

En la evaluación de las semillas de *C. parvifolia* se observaron diferencias en el ancho del hilo ($p < 0.01$), las semillas con endozoocoria presentaron una diferencia del 78.35 %, con respecto a las semillas sin el proceso. Además, en la longitud del hilo existieron diferencias ($p < 0.05$), las semillas con endozoocoria presentaron una menor longitud, en comparación sin el proceso. En relación al ancho del micrópilo, las semillas con endozoocoria mostraron un valor significativamente mayor ($p < 0.01$), con una diferencia del 73.65 %, en contraste con las semillas sin endozoocoria. Finalmente, en la longitud del micrópilo hubo diferencias ($p < 0.01$), las semillas con endozoocoria fue mayor (1.78 ± 0.084 mm), en comparación sin el proceso (0.69 ± 0.041 mm) (Cuadro VII).

7.1.2.4 *Spondias purpurea*

En *S. purpurea* hubo diferencias en el ancho y grosor de las semillas ($p < 0.01$). En el ancho de las semillas con endozoocoria presentaron un valor de 13.24 ± 0.16 mm, sin embargo, sin endozoocoria el valor fue mayor 14.16 ± 0.25 mm. De igual manera, el grosor de las semillas con endozoocoria fue menor (12.14 ± 0.22), en comparación sin el proceso (13.55 ± 0.22) (Cuadro VIII).

7.1.2.5 *Vachellia farnesiana*

En la evaluación de *V. farnesiana* hubo diferencias ($p < 0.01$), en el ancho del rafe fue 25.00 % mayor en las semillas con endozoocoria, en contraste sin el proceso. Además, la longitud de las semillas mostró diferencias ($p < 0.01$), por lo tanto, con endozoocoria presentaron un valor de 3.74 ± 0.09 mm, mientras que sin el proceso el valor fue mayor 4.29 ± 0.09 mm. En relación al ancho de las semillas presentaron efecto ($p < 0.05$), es decir, con endozoocoria fue 17.41 % menor en comparación a las semillas sin endozoocoria (Cuadro IX).

7.2 Parámetros de germinación y viabilidad de las semillas

7.2.1 Parámetros de germinación

7.2.1.1 Germinación final (%)

En la germinación final (%) existieron diferencias ($F_{4,40} = 213.00$, $p < 0.0001$), entre las especies arbóreas evaluadas. *D. salicifolia* presentó el mayor porcentaje de

germinación (68.5 %), mientras que *S. purpurea* y *V. farnesiana* la germinación fue del 2.00 % respectivamente. En el factor endozoocoria hubo diferencias ($F_{1,40}=344.01$, $p<0.0001$) el porcentaje de germinación con endozoocoria fue del 16.80 %, por el contrario, las semillas sin endozoocoria presentaron el 51.4 %, por lo tanto, las semillas con endozoocoria germinaron en menor porcentaje como consecuencia del paso por el tubo digestivo de *C. pectinata*. A pesar de lo anterior, existe interacción especie-endozoocoria ($F_{4,40}=94.36$, $p<0.0001$); por consiguiente, el efecto de especie e interacción quedan confundidos, es necesario especificar el efecto por la combinación de factores. En particular, *C. parvifolia* sin endozoocoria presentaron el mayor porcentaje de germinación ($p<0.05$), en comparación con las semillas que pasaron por el tracto digestivo. Por otra parte, *S. purpurea* y *V. farnesiana* no presentaron diferencias ($p>0.05$) entre tratamientos (Cuadro X).

7.2.1.2 Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación presentaron diferencias ($F_{4,40}=9.57$, $p<0.0001$) en el factor especie arbórea. Las semillas de *P. dulce* germinaron en menor tiempo (2.95 días), mientras que las semillas de *D. salicifolia* mostraron el mayor tiempo de germinación (11.48 días), derivado de las características fisiológicas propias de cada especie. En relación al factor endozoocoria hubo efecto ($F_{1,40}=4.82$, $p<0.0339$), observando un incremento de 2.21 días en el tiempo de germinación en semillas con endozoocoria. Por consiguiente, existe interacción especie-endozoocoria ($F_{4,40}=5.25$, $p<0.0017$) lo que indica que el efecto combinado entre factores influye en el tiempo de germinación y no únicamente cada factor por separado. En este sentido, *S. purpurea* y *V. farnesiana* presentaron diferencias entre tratamientos ($p<0.05$) (Cuadro XI).

7.2.1.3 Tasa media de germinación

En la tasa media de germinación existieron diferencias entre las especies evaluadas ($F_{4,40}=78.48$, $p<0.0001$). *P. dulce* presentó la mayor tasa (0.364 días^{-1}), mientras que *C. parvifolia* registró el menor valor (0.189 días^{-1}). El factor endozoocoria tuvo efecto ($F_{1,40}=12.62$, $p<0.0010$), las semillas con endozoocoria mostraron una mayor tasa media de germinación (0.16 días^{-1}), en comparación a las semillas sin el proceso (0.11 días^{-1}). Asimismo, la interacción especie-endozoocoria se observaron diferencias significativas ($F_{4,40}=3.79$, $p<0.0105$). En el caso de *P. dulce* presentó una diferencia de 0.154 días^{-1} entre tratamientos ($p<0.05$) (Cuadro XII).

7.2.1.4 Coeficiente de velocidad de germinación

El coeficiente de velocidad de germinación presentó diferencias significativas entre especies ($F_{4,40}=78.50$, $p<0.0001$). *P. dulce* obtuvo el mayor valor (36.47 %), en contraste con *V. farnesiana* que mostró el menor valor (2.40 %). En el factor endozoocoria existieron diferencias ($F_{1,40}=12.59$, $p<0.0010$), el porcentaje fue mayor con endozoocoria, en comparación con las semillas sin el proceso; es decir, el incremento en la velocidad de germinación podría deberse a las modificaciones en las estructuras de las semillas antes mencionadas, durante el paso por el tracto digestivo de la iguana negra, lo cual podría favorecer a la velocidad de germinación. En la interacción especie-endozoocoria se observaron diferencias ($F_{4,40}=3.79$, $p<0.0105$), por lo que es necesario analizar el efecto por tratamientos en la combinación de factores. *P. dulce* presentó un coeficiente de velocidad de germinación mayor con endozoocoria 44.17 % ($p<0.05$). Por otro lado, *V. farnesiana* con endozoocoria mostró un valor de 4.81 % (Cuadro XIII).

7.2.1.5 Índice tasa de germinación

El índice tasa de germinación presentó diferencias ($F_{4,40}=73.68$, $p<0.0001$), en el factor especie arbórea. *P. dulce* ($7.85\% \text{ día}^{-1}$) y *C. parvifolia* ($7.47\% \text{ día}^{-1}$) registraron valores más altos, mientras que *V. farnesiana* ($0.15\% \text{ día}^{-1}$) y *S. purpurea* ($0.09\% \text{ día}^{-1}$) mostraron los valores más bajos. En relación con el proceso de endozoocoria existieron diferencias ($F_{1,40}=92.02$, $p<0.0001$), el índice fue menor en semillas con endozoocoria ($2.00\% \text{ día}^{-1}$), en contraste con aquellas sin el proceso ($5.77\% \text{ día}^{-1}$), lo que indica que el paso por el tracto digestivo pudo retrasar el porcentaje diario de germinación. Sin embargo, existen diferencias en la interacción especie-endozoocoria ($F_{4,40}=33.06$, $p<0.0001$), por lo tanto, es necesario analizar los efectos por tratamientos. En este sentido, *P. dulce* con endozoocoria presentó $4.50\% \text{ día}^{-1}$, en comparación sin endozoocoria $11.19\% \text{ día}^{-1}$. Un comportamiento similar mostró *C. parvifolia* con una diferencia de $11.24\% \text{ día}^{-1}$ entre tratamientos ($p<0.05$) (Cuadro XIV).

7.2.1.6 Índice de germinación Timson

El índice de germinación Timson presentaron diferencias entre especies ($F_{4,40}=250.70$, $p<0.0001$). *C. parvifolia* mostró el valor más alto ($6.59\% \text{ día}^{-1}$), en cambio *S. purpurea* obtuvo el valor menor ($0.07\% \text{ día}^{-1}$). En el factor endozoocoria existieron diferencias ($F_{1,40}=502.39$, $p<0.0001$), con un valor menor en semillas con endozoocoria ($1.09\% \text{ día}^{-1}$), en comparación sin el proceso ($3.54\% \text{ día}^{-1}$). Asimismo, en la interacción especie-endozoocoria hubo diferencias ($F_{4,40}=172.06$, $p<0.0001$), por consiguiente, es necesario describir el efecto por tratamiento. En este sentido, en las especies *D. salicifolia*, *P. dulce* y *C. parvifolia* presentaron valores menores con endozoocoria, en comparación, sin el proceso ($p<0.05$) (Cuadro XV).

7.2.2 Viabilidad de las semillas

Con respecto a la viabilidad de las semillas, los resultados mostraron diferencias entre las especies arbóreas ($F_{4,32}=32.16$, $p<0.0001$). *C. parvifolia* presentó el mayor porcentaje de viabilidad (90.43 %), por otro lado, *V. farnesiana* obtuvo el menor porcentaje (23.00 %). En el factor endozoocoria hubo efecto significativo ($F_{1,36}=6.82$, $p<0.0130$), las semillas con endozoocoria presentaron menor viabilidad (43.01 %), en comparación sin endozoocoria (56.08 %). Aunque el paso por el tubo digestivo de iguana negra no destruyó el embrión de las semillas, disminuyó el porcentaje de semillas viables. En consecuencia, en la interacción especie-endozoocoria presentaron efecto ($F_{3,36}=12.13$, $p<0.0001$), por tal razón es necesario describir los efectos por tratamientos. En el caso de *P. dulce* el porcentaje de viabilidad con endozoocoria fue de 19.49 %, en contraste con 75.00 % en las semillas sin el proceso ($p<0.05$) (Cuadro XVI).

7.3 Variables postgerminación de las semillas

7.3.1 Crecimiento radicular

7.3.1.1 Longitud de radícula

En la longitud de radícula se observaron diferencias ($F_{4,32}=3.47$, $p<0.0182$), entre especies. *P. dulce* presentó el mayor crecimiento radicular (20.96 mm), mientras que *S. purpurea* mostró el menor crecimiento (9.39 mm). Sin embargo, en el factor endozoocoria no hubo diferencias ($F_{1,32}=0.29$, $p>0.5948$), lo cual indica que el paso de las semillas por el tracto digestivo de la iguana negra no influyó en el crecimiento de la longitud de la radícula (Cuadro XVII).

7.3.1.2 Diámetro de radícula

En el diámetro de radícula no mostraron diferencias entre las especies arbóreas ($F_{4,32}=1.12$, $p>0.3635$). Además, en el proceso de endozoocoria no existieron diferencias ($F_{1,32}=0.08$, $p>0.7837$). Por lo tanto, la especie arbórea ni el proceso de endozoocoria influyeron en la robustez de la radícula (Cuadro XVIII).

7.3.2 Establecimiento de la planta

En el establecimiento de planta existieron diferencias ($F_{4,32}=11.26$, $p<0.0001$), en el factor especie. *C. parvifolia* registró el mayor número de plantas establecidas (9.3), mientras que *V. farnesiana* y *S. purpurea* presentaron los valores más bajos (0.8 y 0.6). Además, el factor endozoocoria hubo diferencias ($F_{1,32}=142.72$, $p<0.0001$) se establecieron un mayor número las plantas provenientes sin endozoocoria, con una diferencia del 72.88 % en comparación con endozoocoria. No obstante, en la interacción especie-endozoocoria presentaron diferencias ($F_{2,32}=61.33$, $p<0.0001$), por lo tanto, es necesario describir el efecto por la combinación de factores. En el caso de *C. parvifolia* con endozoocoria se establecieron 1.2 plantas, en cambio las plantas provenientes de las semillas sin endozoocoria se establecieron 17.4 plantas ($p<0.05$). Sin embargo, en *P. dulce* no se observaron diferencias entre tratamientos ($p>0.05$) (Cuadro XIX).

7.3.3 Peso de la planta

7.3.3.1 Peso fresco y seco de la planta

En el peso fresco de las plantas establecidas, se observaron diferencias entre especies ($F_{4,32}=3.25$, $p<0.0241$). *V. farnesiana* obtuvo el menor valor (0.13 g) en comparación con las demás especies. Por otro lado, el factor endozoocoria no presentó diferencias ($F_{1,32}=0.21$, $p>0.6503$) (Cuadro XX). Respecto al peso seco de las plantas establecidas, hubo efecto en el factor especie ($F_{4,32}=4.20$, $p<0.0076$). *S. purpurea* presentó el mayor valor (0.161 g), mientras que *C. parvifolia* y *V. farnesiana* mostraron los valores más bajos (0.044 y 0.035 g). Sin embargo, en el proceso de endozoocoria no hubo diferencias ($F_{1,32}=0.56$, $p>0.4592$). Lo cual indica que el paso por el tracto digestivo de la iguana negra no afecta el peso fresco y seco de las plantas (Cuadro XXI).

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Peso inicial de las semillas

Los resultados obtenidos evidencian que el peso de las semillas varía entre especies arbóreas, principalmente por la heterogeneidad morfológica y fisiológica (Ayala *et al.* 2004, Romero-Saritama & Pérez-Ruiz 2016). En este sentido, las semillas que pasaron por el tracto digestivo de *C. pectinata* presentaron una disminución de 15.00 % en su peso inicial. Lo anterior podría atribuirse a las modificaciones en las semillas principalmente de la testa, provocada por la acción de los líquidos digestivos y al proceso de fermentación en la región ceco-cólica de iguana negra, lo cual presenta un pH de 7.45 (ligeramente alcalino) (Vélez-Hernández *et al.* 2012).

Las modificaciones en el peso de las semillas pueden tener efectos positivos o negativos en la germinación y viabilidad, con relación al grado de escarificación por el tiempo del tránsito en el tracto digestivo (Portuguez-García *et al.* 2020). Fenner & Thompson (2005), reportaron que la reducción del peso en las semillas ingeridas podría afectar negativamente la viabilidad y germinación, en función de la variabilidad de las estructuras protectoras y la composición de los tejidos de reserva. En el caso de los lagartos con una dieta principalmente de materia vegetal, el tiempo del tránsito del alimento es más prolongado; lo cual permite una mayor degradación y asimilación de los tejidos vegetales (Karasov 1986, Waldschmidt *et al.* 1986, Zimmerman & Tracy 1989, Van Marken Lichtenbelt 1992). Estudios realizados han reportado que el grado de escarificación de las semillas está relacionado con el tiempo de retención en el sistema digestivo (Traveset 1998, Traveset *et al.* 2001). Al respecto, Stevens (1977) menciona que el tiempo de retención del alimento en el tubo digestivo de la iguana negra es hasta 90 h después de la ingesta. En el caso de *Ficus* spp. se conoce que el tránsito de semillas en *Iguana iguana* es de 72 h

(Domínguez-Domínguez 2005); mientras que, en la lagartija *Podarcis pityusensis* el intervalo es de 48 a 96 h (Celedón *et al.* 2008). Esto indica que la permanencia prolongada de las semillas en el sistema digestivo de la iguana negra podría modificar sus características físicas y morfológicas, en consecuencia, en su desempeño germinativo.

Las semillas de *Guazuma ulmifolia* presentaron el menor peso entre las especies evaluadas, y fueron las que no se recuperaron en las excretas de *C. pectinata*, lo que indica una degradación total provocada por el proceso digestivo. Esta desintegración total podría atribuirse probablemente al tamaño de la semilla y a la ausencia de estructuras anatómicas resistentes (Sánchez *et al.* 2023), por lo cual son vulnerables a los efectos mecánicos y químicos del tracto gastrointestinal de la iguana negra. En relación con el efecto de endozoocoria por la iguana negra en las semillas de *Spondias purpurea*, los resultados concuerdan con lo reportado por Rodríguez-Pérez *et al.* (2005), quienes observaron que las semillas de especies arbóreas *Crataegus monogyna*, *Juniperus phoenicea* y *Pistacia lentiscus* con endozoocoria presentaron degradación.

8.2 Caracterización morfológica de las semillas

En la caracterización de las semillas a través de microscopía óptica, se observaron diferencias en las variables morfológicas entre los tratamientos con y sin endozoocoria. Estas diferencias permiten identificar modificaciones específicas de cada especie, tales como la abertura o cierre de estructuras, modificaciones en su estructura tridimensional (largo, ancho y grueso) y escarificación de la testa, lo cual facilita la identificación de aquellas semillas que presentan una mayor resistencia estructural o mayor sensibilidad a los ácidos gástricos (Cruz-Cortes *et al.* 2017).

Desde una perspectiva ecológica, *C. pectinata* desempeña un papel clave en la dinámica de los ecosistemas tropicales como dispersor de semillas (Gómez-Mora *et al.* 2012). Sin embargo, no se conoce con precisión las modificaciones que experimentan las semillas durante el proceso de endozoocoria. Por lo tanto, es importante identificar y describir los cambios morfológicos que presentan las semillas una vez del tránsito por el tracto digestivo (Ríos *et al.* 2012). Este conocimiento podría ser útil para proponer alternativas de dispersión de semillas asistida por *C. pectinata*, lo cual contribuiría al diseño de estrategias orientadas a la conservación, restauración y mantenimiento, especialmente en ecosistemas degradados como la SBC (Godínez-Álvarez *et al.* 2004, Bewley *et al.* 2013).

Los resultados de las semillas con endozoocoria por iguana negra concuerdan con lo reportado por Celedón *et al.* (2008), quienes señalan que las semillas ingeridas por lagartos sufren abrasión en respuesta a los prolongados periodos de retención del alimento. Estas modificaciones morfológicas se relacionan con la disminución del peso de las semillas posterior al tránsito digestivo, atribuidas principalmente a la escarificación de la testa (Howe & Estabrook 1977, Janzen *et al.* 1985). Tales modificaciones morfológicas constituyen un elemento clave para interpretar las variaciones en la germinación, la viabilidad y desarrollo postgerminativo de la planta.

En las semillas de *D. salicifolia* se observó un aumento en ancho del hilo y ancho del rafe tras el proceso de endozoocoria por iguana negra. En el caso de *C. parvifolia* existieron modificaciones en el hilo y micrópilo después del tránsito por el tracto digestivo de *C. pectinata*. Por su parte, *S. purpurea* presentó una reducción en ancho y grosor de las semillas, lo que podría estar relacionado con la pérdida de peso inicial posterior al proceso de endozoocoria por iguana negra. Sin embargo, las modificaciones morfológicas descritas, no mejoraron los parámetros de germinación, la viabilidad de las semillas ni el desarrollo postgerminativo.

En *V. farnesiana* se ha reportado que la latencia de las semillas puede eliminarse tras el paso por el tracto digestivo de los animales, principalmente por fracturas que favorecen en la ruptura de la cubierta seminal (Illescas-Gallegos *et al.* 2021). En el presente estudio, aunque se observaron modificaciones en el ancho de la línea fisural de las semillas de *V. farnesiana* tras el paso por el tracto digestivo de la iguana negra, no mejoró los parámetros de germinación, la viabilidad de las semillas ni el desarrollo postgerminativo.

Las semillas de *P. dulce* presentaron un aumento en la velocidad de germinación, posiblemente asociado a las modificaciones morfológicas causadas por el tránsito digestivo, específicamente por una mayor abertura en el ancho de la línea fisural. Esta alteración habría facilitado la imbibición de agua y permeabilidad a gases (Traveset 1998, Fenner & Thompson 2005), en consecuencia, aceleró el proceso germinativo.

8.3 Parámetros de germinación

En relación con los parámetros de germinación, diversos estudios han demostrado que el consumo de frutos por lagartos puede generar efectos positivos, neutros y negativos sobre la germinación de las semillas (Godínez-Álvarez 2004). Respecto al parámetro porcentaje de germinación, Iverson (1985) reportó un efecto positivo en las especies arbóreas *Coccoloba uvifera* y *Casasia clusiaefolia*, con la endozoocoria por *Cyclura rileyi* y *C. carinata* (Iguanidae), en comparación sin el proceso. Asimismo, Benítez-Malvido *et al.* (2003) evaluaron la endozoocoria por *Ctenosaura pectinata* e *Iguana iguana* bajo condiciones controladas de laboratorio y encontraron un mayor porcentaje de germinación en las semillas de *Prosopis juliflora*, *Cordia alba*, *Pithecellobium dulce* y *Lycopersicon esculentum*. Sin embargo, en las semillas de *Momordica charantia* ninguna germinó, independientemente del paso o no por el tracto digestivo, lo que sugiere que ciertos factores fisiológicos o

estructurales de esta especie limitan su germinación, incluso después del paso por el tracto digestivo (Dueñas-Florian 2020). Lo anterior se relaciona con los porcentajes de germinación final observados en la endozoocoria por la iguana negra en *V. farnesiana* y *S. purpurea*, cuyas semillas tras el tránsito digestivo no lograron romper la latencia que presentan (Illescas-Gallegos *et al.* 2021), lo cual se reflejó en bajos porcentajes de germinación.

De manera similar, Vásquez-Conteras & Ariano-Sánchez (2016) observaron que las semillas de *Stenocereus pruinosus* consumidas por *Ctenosaura palearis* presentaron un mayor porcentaje de germinación, en comparación con aquellas que no fueron ingeridas. No obstante, no se encontraron diferencias en el grado de escarificación entre tratamientos, lo que evidencia que el incremento en la germinación no está asociada a la ruptura mecánica del endocarpio durante el tránsito digestivo. En contraste, en el presente estudio la endozoocoria por *C. pectinata* provocó escarificación en la testa de las semillas y abertura en las estructuras morfológicas de las semillas evaluadas, excepto en *S. purpurea*; sin embargo, no aumentó el porcentaje final de germinación en ninguna de las especies evaluadas.

Asimismo, el proceso de endozoocoria por *C. pectinata* no tuvo efecto en la germinación final de *S. purpurea* y *V. farnesiana*. Estos resultados coinciden con Castilla (2000), quien no observó un efecto en el proceso con endozoocoria por *Podarcis lilfordi* sobre la germinación de *Withania frutescens*; se infirió que la retención prolongada en el tracto digestivo de las semillas no mejoró el rendimiento germinativo. Asimismo, Varela & Bucher (2002), no detectaron efecto en la germinación de semillas de *Ziziphus mistol*, tras el paso por el tubo digestivo de *Teius teyou*. Además, Celedón *et al.* (2005) observaron un efecto similar con y sin endozoocoria por *Phymaturus flagellifer* en la germinación de *Berberis empetrifolia* y *Calandrinia* sp.

La endozoocoria por la iguana negra sobre las especies arbóreas estudiadas de la SBC disminuyó el porcentaje final de germinación en un 67.32 %, en comparación sin el proceso. En este contexto, las semillas de *D. salicifolia*, *P. dulce* y *C. parvifolia* germinaron en menor porcentaje, a pesar del proceso de escarificación en la testa. Esta respuesta podría atribuirse a una mayor sensibilidad de las semillas a los jugos gástricos de la iguana negra. En este sentido, Burgos *et al.* (2016) señalaron que la endozoocoria por *Iguana iguana* en semillas de *Peltophorum pterocarpum* y *Pterocarpus* spp. redujo el porcentaje de germinación en comparación con las semillas no sometidas al proceso bajo condiciones naturales. Cabe señalar, que las especies arbóreas evaluadas no eran nativas de la zona de estudio. Además, Celedón *et al.* (2005) evaluaron la endozoocoria por *Phymaturus flagellifer* y observaron un menor porcentaje de germinación en la especie herbácea *Rumex acetosella* tras el paso por el tracto digestivo, lo que evidencia un efecto negativo de este proceso.

En relación con el tiempo promedio de germinación, Rodríguez *et al.* (2005) reportaron que la endozoocoria por *Podarcis pityusensis* aceleró la germinación de las semillas de *Rubia peregrina*, *Rubus ulmifolius* y *Solanum nigrum* bajo condiciones de campo y laboratorio. De manera similar, Burgos *et al.* (2016) observaron que la endozoocoria por *Iguana iguana*, las semillas de las especies arbóreas no nativas *Peltophorum pterocarpum* y *Pterocarpus* spp. presentaron un menor tiempo promedio de germinación en ausencia de endozoocoria, en comparación con aquellas que pasaron por el tracto digestivo. Por el contrario, Liu *et al.* (2004) reportaron que la endozoocoria por *Terrapene carolina baurii* en frutos carnosos de *Byrsonima lucida* y *Thrinax morrisii* resultó en una germinación más tardía en comparación con las semillas no ingeridas. En el presente estudio, la endozoocoria por *C. pectinata* de especies arbóreas de la SBC provocó un retraso en la germinación, con una diferencia promedio de 2.21 días respecto a las semillas sin endozoocoria; es decir, el paso por el tracto digestivo prolongó el tiempo requerido para la germinación en un mayor número de días. En este sentido, se ha

señalado que las semillas que germinan más rápido producen plántulas más vigorosas, con un sistema radicular que alcanzan capas más profundas del suelo húmedo antes del inicio de la escasez de agua, lo que incrementa la probabilidad de supervivencia, en comparación con el establecimiento tardío (Sarukhán *et al.* 1984, Lasso & Santiago 2015).

El coeficiente de velocidad de germinación es un indicador del vigor germinativo de las semillas (Marcos-Filho 2015). En este estudio, el proceso de endozoocoria por la iguana negra presentó el mayor vigor germinativo en algunas especies, esto podría deberse al grado de ablandamiento de la cubierta seminal durante el paso por el tracto digestivo (Azcón & Talón 2008). En la especie *P. dulce* con endozoocoria registró un coeficiente de velocidad de germinación superior, en comparación sin el proceso. Se ha reportado que *P. dulce* presenta problemas de germinación a causa de la dureza de su tegumento, por tal motivo, para superar esta condición se necesita métodos de escarificación (Cervantes *et al.* 1996, Razz & Clavero 1996). Además, una germinación más rápida implica una menor exposición de las semillas a depredadores, lo cual podría reducir la mortalidad y favorecer el establecimiento de plántulas en ciertas especies (Traveset *et al.* 2001).

El índice de tasa de germinación, permite determinar si la germinación ocurre de manera concentrada en pocos días o de forma gradual (Aparecida & García 2006). En este sentido, las semillas con endozoocoria analizadas en este estudio presentaron una tasa de germinación menor. En *C. parvifolia* y *P. dulce* se observó un menor valor con el proceso, esto indica que la germinación fue lenta y asincrónica. De acuerdo con Mckey (1975), cuando las semillas permanecen demasiado tiempo en el tracto digestivo, existe el riesgo de que sufran daños excesivos. Este efecto podría depender del tamaño y la dureza de la testa (Morales-Santos *et al.* 2017), mientras que algunas especies pueden verse afectadas negativamente por el tránsito prolongado, otras podrían beneficiarse si el tiempo de

permanencia resulta óptimo para favorecer la germinación (Domínguez-Domínguez *et al.* 2006).

El índice de germinación Timson, corresponde al porcentaje de germinación acumulado diariamente entre el tiempo total del ensayo; de esta manera, valores más altos reflejan una mayor proporción de semillas germinadas en menor tiempo (Ramos-Font *et al.* 2015). En la presente investigación, la endozoocoria por *C. pectinata*, contrastó con lo reportado en la literatura que comúnmente señalan efectos positivos sobre la germinación de semillas dispersadas por fauna silvestre (Traveset 1998, Hernández-Ladrón de Guevara *et al.* 2012, Urrea-Galeano *et al.* 2018, Rubalcava-Castillo *et al.* 2021). Sin embargo, esta reducción observada en este parámetro, podría ser a causa de daños mecánicos o químicos provocados por tracto digestivo (Vásquez-Contreras & Ariano-Sánchez 2016). Particularmente, *D. salicifolia*, *P. dulce* y *C. parvifolia* presentaron valores menores en el índice Timson con endozoocoria, lo que indica que el proceso digestivo de la iguana negra podría afectar negativamente el porcentaje acumulado y la velocidad de germinación.

8.4 Viabilidad de las semillas

El efecto de endozoocoria por la iguana negra sobre el porcentaje de viabilidad fue menor, en comparación sin endozoocoria con una diferencia del 23.31 %. Esto evidencia el efecto negativo por *C. pectinata* en la viabilidad de las semillas de especies arbóreas de la SBC. A pesar de que, el porcentaje de viabilidad fue menor, el paso de las semillas por el tracto digestivo de la iguana negra no destruyó el embrión de la semilla; es decir el embrión estaba vivo. Lo anterior se comprobó mediante la prueba de tetrazolio al observar que las semillas eran viables (Rubalcava-Castillo *et al.* 2023). A este respecto, el paso de las semillas a través de los lagartos puede generar diferentes resultados en la viabilidad según la especie de planta (Lieberman & Lieberman 1986, Valido & Nogales 1994, Willson *et al.* 1996).

En el caso de *V. farnesiana*, el porcentaje de viabilidad fue menor a las demás especies por presentar latencia física; a este respecto, se han reportado porcentajes de viabilidad similares a los encontrados en este estudio (Villarreal-Garza *et al.* 2013).

8.5 Variables postgerminación de las semillas

8.5.1 Crecimiento radicular

La longitud de la radícula es un indicador clave del vigor inicial de la plántula, ya que refleja la capacidad de absorción de agua y nutrientes en las primeras etapas de desarrollo (Bewley *et al.* 2013). En este estudio, se observó una variabilidad en el crecimiento radicular de las especies evaluadas, probablemente por las diferencias morfológicas y fisiológicas de las diferentes semillas, como lo señalan Fenner & Thompson (2005). *P. dulce* presentó el mayor crecimiento en la longitud de radícula, lo que indica la adaptabilidad a condiciones ambientales de la SBC, caracterizada por las estaciones entre periodos de lluvias y sequías (Trejo-Vázquez 1999). En este contexto, el desarrollo acelerado de la raíz embrionaria principal, permite acceder a capas más profundas y húmedas del suelo y tolerar periodos prolongados de escasez hídrica (Sarukhán *et al.* 1984, Ramos-Palacios *et al.* 2014, Parra *et al.* 2015). *S. purpurea* mostró el menor crecimiento radicular, lo que coincide con su estrategia de establecimiento y plasticidad para ajustarse a la disponibilidad de recursos, particularmente a la limitación de nutrientes, agua y luz. Esta capacidad adaptativa resulta relevante por la estacionalidad ambiental del ecosistema en el que se desarrolla (Ryser & Eek 2000, Herrera-Cabrera *et al.* 2011).

En relación con el diámetro de la radícula, como se mencionó en los resultados no se observaron diferencias, lo que demuestra que la robustez inicial de esta

estructura es una variable sin efecto entre las especies evaluadas. Se ha reportado que el diámetro radicular está más relacionado con la arquitectura inicial de la plántula que a factores externos, como es el paso por el tracto digestivo de los dispersores (Kitajima 2002, Laskowski & Bautista 2002). Además, la ausencia de efecto con endozoocoria podría atribuirse a que la estructura diamétrica radicular que se determina principalmente por la información genética y las reservas nutritivas de las semillas (Bewley *et al.* 2013). Por lo tanto, el diámetro radicular difícilmente presentaría modificaciones, por lo que no podría constituir un indicador adecuado en las primeras etapas de desarrollo de la plántula posterior a la endozoocoria por *C. pectinata*.

8.5.2 Establecimiento de la planta

En el establecimiento de plantas se observaron diferencias entre especies, lo que sugiere que los rasgos funcionales como peso, tamaño, dormancia y síndrome de dispersión de las semillas, determinan de manera importante su capacidad de establecimiento inicial (Díaz-Castellanos & Álvarez-Espino 2024). En el caso de *C. parvifolia* registró el mayor número de plantas establecidas, lo cual podría asociarse a la disponibilidad de reservas energéticas que facilitan la germinación y el crecimiento temprano (Gómez-Maqueo & Gamboa-de Buen 2022). El proceso de endozoocoria por iguana negra tuvo un efecto negativo en el número de plantas establecidas, con una reducción del 72.88 %, en comparación con las semillas sin el tránsito digestivo. Aunque en las especies evaluadas, el tránsito digestivo disminuyó el número de plantas establecidas, es relevante considerar que la endozoocoria cumple un papel fundamental en la dispersión espacial, favoreciendo la colonización de nuevos hábitats y la conectividad entre parches de vegetación (Contreras & Varela 2016, Pérez-Flores *et al.* 2021).

8.5.3 Peso fresco y seco de la planta

El peso fresco de la planta es un buen estimador de volumen, ya que evalúa la producción de biomasa por parte de la planta, derivado de la actividad fotosintética, la eficiencia en el uso de los recursos y del contenido de agua (Di Benedetto & Tognetti 2016, González *et al.* 2018). En esta investigación, se observaron diferencias en el peso fresco entre las especies evaluadas, lo que coincide con Poorter *et al.* (2011), quienes señalan que las variaciones interespecíficas en la biomasa están relacionadas a las diferencias en la estrategia funcional de las especies, principalmente en la eficiencia en la captura de luz solar, agua, aire y nutrientes del suelo. Por consiguiente, la especie que presentó el menor peso fresco fue *V. farnesiana*, lo que podría relacionarse con su estrategia de crecimiento (Grime 2001); resultados similares reportados en la evaluación en vivero utilizando suelo natural como sustrato (Moreno-Reséndez *et al.* 2014). Asimismo, la ausencia de diferencias en el peso fresco entre los tratamientos con y sin endozoocoria indican que el paso de las semillas por el tracto digestivo de *C. pectinata*, no modifica las reservas de las semillas ni el potencial de crecimiento de las plántulas. Este comportamiento coincide con estudios previos que señalan que, si bien la endozoocoria puede modificar la germinación, sus efectos sobre el crecimiento postgerminativo no siempre son diferentes entre tratamientos (Traveset *et al.* 2001, Godínez-Álvarez 2004).

El peso seco es un estimador de la producción de biomasa por la fotosíntesis y la fijación efectiva del carbono total de la planta, lo que permite analizar aspectos importantes de su fisiología, así como su capacidad para fijar carbono y transformar los recursos en tejido estructural (Poorter *et al.* 2012, Di Benedetto & Tognetti 2016). En este estudio, *S. purpurea* presentó el mayor peso seco, lo que podría estar relacionado con su elevada tasa de crecimiento inicial y su capacidad de adaptación a condiciones hídricas y edafológicas (Pimenta-Barrios & Ramírez-Hernández

2003). Por otro lado, la ausencia de efecto de la endozoocoria por *C. pectinata* en el peso seco, indica que este proceso no ejerce un impacto significativo sobre la biomasa seca de las plantas establecidas. Sin embargo, la endozoocoria puede influir en la germinación, sus efectos sobre el crecimiento postgerminativo no siempre son evidentes; en este contexto podrían depender de la interacción entre las reservas de la semilla y las condiciones ambientales (Traveset 1998, Bewley *et al.* 2013).

IX. CONCLUSIONES

- La endozoocoria por *C. pectinata* generó efectos variables sobre las semillas de especies arbóreas estudiadas de la SBC modificando la escarificación de la testa, en consecuencia, los parámetros de germinación y viabilidad según la morfología y fisiología de cada especie.
- Las modificaciones en la testa de las semillas de *Pithecellobium dulce*, mostraron un aumento en la velocidad germinativa, asociado a la abertura de estructuras que facilitan la imbibición de agua. *Diospyros salicifolia*, *Ceiba parvifolia* y *Vachellia farnesiana*, experimentaron un efecto negativo en los parámetros de germinación y viabilidad, a consecuencia del proceso digestivo de *Ctenosaura pectinata*.
- La endozoocoria por la iguana negra no alteró el crecimiento postgerminativo de las plántulas, tampoco el peso fresco y el peso seco. Estos resultados indican que *C. pectinata* actúa como dispersor de semillas con efectos diferentes, dependiendo de las características de cada especie.
- En términos ecológicos, *C. pectinata* representa un dispersor potencialmente importante en la dinámica de semillas de la SBC. Sin embargo, el efecto por endozoocoria es dependiente de las propiedades estructurales y fisiológicas de cada especie de semilla.

X. ANEXO DE RESULTADOS

Cuadro IV. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el peso inicial (g) de las semillas consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	F _{5,48} = 3,752.48	<0.0001
Endozoocoria	**	F _{1,48} = 61.20	<0.0001
Interacción especie-endozoocoria	**	F _{4,48} = 21.11	<0.0001
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	0.298 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.108 ^c		
<i>Ceiba parvifolia</i>	0.049 ^d		
<i>Spondias purpurea</i>	1.067 ^a		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.03 ^d		
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.0015 ^e		
Endozoocoria			
Con	0.238 ^b		
Sin	0.280 ^a		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	0.282 ^c		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	0.315 ^c		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	0.086 ^{ed}		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	0.130 ^d		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	0.047 ^{efg}		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	0.051 ^{ef}		
<i>Spondias purpurea</i> con	0.985 ^b		
<i>Spondias purpurea</i> sin	1.149 ^a		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.026 ^{hfg}		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	0.034 ^{hfg}		
<i>Guazuma ulmifolia</i> con	0.00 ^h		
<i>Guazuma ulmifolia</i> sin	0.003 ^{hg}		
Media	0.259		
EEM	0.049		

** Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS)

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Cuadro V. Efecto de la endozoocoria por *C. pectinata* sobre las variables morfológicas de las semillas de *Diospyros salicifolia*.

Tratamiento	Longitud del rafe (mm)	Ancho del rafe (mm)	Longitud del hilo (mm)	Ancho del hilo (mm)	Ancho de la semilla (mm)	Grosor de la semilla (mm)
Con endozoocoria	12.19 ± 0.41	1.43 ^a ± 0.090	4.65 ^a ± 0.20	2.38 ^a ± 0.18	5.95 ^b ± 0.14	4.32 ^b ± 0.05
Sin endozoocoria	12.56 ± 0.59	0.25 ^b ± 0.009	2.12 ^b ± 0.11	1.16 ^b ± 0.05	6.79 ^a ± 0.11	4.75 ^a ± 0.07
gl	8	8	8	8	8	8
t-Student	-0.52	13.09	11.12	6.55	-4.76	-5.18
p	0.6187	< 0.0001	< 0.0001	0.0002	0.0014	0.0008

^{ab}, Superíndices en la columna indican diferencias (p<0.01).

Cuadro VI. Efecto de la endozoocoria por *C. pectinata* sobre las variables morfológicas de las semillas de *Pithecellobium dulce*.

Tratamiento	Ancho de la línea fisural (mm)	Longitud de la semilla (mm)	Ancho de la semilla(mm)	Grosor de la semilla (mm)
Con endozoocoria	0.21 ^a ± 0.02	8.37 ± 0.38	7.00 ± 0.24	2.39 ± 0.16
Sin endozoocoria	0.06 ^b ± 0.001	7.98 ± 0.15	6.68 ± 0.19	2.42 ± 0.14
gl	8	8	8	8
t-Student	7.41	0.96	1.05	-0.14
p	<0.0001	0.3672	0.3226	0.8905

^{ab}, Superíndices en la columna indican diferencias (p<0.01).

Cuadro VII. Efecto de la endozoocoria por *C. pectinata* sobre las variables morfológicas de las semillas de *Ceiba parvifolia*.

Tratamiento	Ancho del hilo (mm)	Longitud del hilo (mm)	Ancho del micrópilo (mm)	Longitud del micrópilo (mm)	Diámetro de la semilla (mm)
Con endozoocoria	0.97 ^c ± 0.04	2.29 ^b ± 0.16	1.48 ^c ± 0.064	1.78 ^c ± 0.084	4.96 ± 0.11
Sin endozoocoria	0.21 ^d ± 0.007	4.12 ^a ± 0.52	0.39 ^d ± 0.029	0.69 ^d ± 0.041	4.92 ± 0.15
gl	8	8	8	8	8
t-Student	20.34	-3.33	15.67	11.69	0.22
p	< 0.0001	0.0104	< 0.0001	< 0.0001	0.8331

^{ab}, Superíndices en la columna indican diferencias (p<0.05).

^{cd}, Superíndices en la columna indican diferencias (p<0.01).

Cuadro VIII. Efecto de la endozoocoria por *C. pectinata* sobre las variables morfológicas de las semillas de *Spondias purpurea*.

Tratamiento	Ancho de la línea fisural (mm)	Longitud de la línea fisural (mm)	Ancho del micrópilo (mm)	Longitud del micrópilo (mm)	Ancho de la semilla (mm)	Grosor de la semilla (mm)
Con endozoocoria	0.41 ± 0.03	16.50 ± 0.57	2.99 ± 0.21	3.67 ± 0.29	13.24 ^b ± 0.16	12.14 ^b ± 0.22
Sin endozoocoria	0.46 ± 0.04	17.24 ± 0.61	2.69 ± 0.1	3.31 ± 0.24	14.16 ^a ± 0.25	13.55 ^a ± 0.22
gl	8	8	8	8	8	8
t-Student	-1.04	-0.89	1.31	0.96	-4.18	-4.50
p	0.3306	0.397	0.2275	0.3656	0.0031	0.0020

^{ab}, Superíndices en la columna indican diferencias (p<0.01).

Cuadro IX. Efecto de la endozoocoria por *C. pectinata* sobre las variables morfológicas de las semillas de *Vachellia farnesiana*.

Tratamiento	Ancho de la línea fisural (mm)	Longitud de la semilla (mm)	Ancho de la semilla (mm)	Grosor de la semilla (mm)
Con endozoocoria	0.12 ^c ± 0.004	3.74 ^d ± 0.1	3.32 ^b ± 0.11	1.66 ± 0.083
Sin endozoocoria	0.09 ^d ± 0.002	4.29 ^c ± 0.09	3.73 ^a ± 0.12	2.01 ± 0.18
gl	8	8	8	8
t-Student	6.61	-4.16	-2.55	-1.77
p	0.0002	0.0031	0.0340	0.1151

^{ab}, Superíndices en la columna indican diferencias (p<0.05).

^{cd}, Superíndices en la columna indican diferencias (p<0.01).

Cuadro X. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre la germinación final (%) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	F _{4,40} =213.00	<0.0001
Endozoocoria	**	F _{1,40} = 344.01	<0.0001
Interacción especie-endozoocoria	**	F _{4,40} =94.36	<0.0001
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	68.50 ^a		
<i>Pithecellobium dulce</i>	46.00 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i>	52.00 ^b		
<i>Spondias purpurea</i>	2.00 ^c		
<i>Vachellia farnesiana</i>	2.00 ^c		
Endozoocoria			
Con	16.80 ^b		
Sin	51.4 ^a		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	54.00 ^c		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	83.00 ^{ba}		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	12.00 ^d		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	80.00 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	10.00 ^d		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	94.00 ^a		
<i>Spondias purpurea</i> con	4.00 ^d		
<i>Spondias purpurea</i> sin	0.00 ^d		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	4.00 ^d		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	0.00 ^d		
Media	34.1		
EEM	5.35		

** Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS)
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Cuadro XI. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el tiempo promedio de germinación (días) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	$F_{4,40} = 9.57$	<0.0001
Endozoocoria	*	$F_{1,40} = 4.82$	0.0339
Interacción especie-endozoocoria	**	$F_{4,40} = 5.25$	0.0017
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	11.48 ^a		
<i>Pithecellobium dulce</i>	2.95 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i>	4.34 ^b		
<i>Spondias purpurea</i>	3.85 ^b		
<i>Vachellia farnesiana</i>	4.0 ^b		
Endozoocoria			
Con	6.43 ^a		
Sin	4.22 ^b		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	10.57 ^{ab}		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	12.39 ^a		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	2.33 ^{dc}		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	3.57 ^{bdc}		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	3.53 ^{bdc}		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	5.14 ^{bdac}		
<i>Spondias purpurea</i> con	7.7 ^{bac}		
<i>Spondias purpurea</i> sin	0.00 ^d		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	8.00 ^{bac}		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	0.00 ^d		
Media	5.23		
EEM	0.73		

** Indican diferencias ($p < 0.01$); * Indican diferencias ($p < 0.05$); No significativo (NS)
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Cuadro XII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre la tasa media de germinación (días⁻¹) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	F _{4,40} = 78.48	<0.0001
Endozoocoria	**	F _{1,40} = 12.62	0.0010
Interacción especie-endozoocoria	*	F _{4,40} = 3.79	0.0105
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	0.089 ^c		
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.364 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i>	0.189 ^b		
<i>Spondias purpurea</i>	0.026 ^c		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.024 ^c		
Endozoocoria			
Con	0.16 ^a		
Sin	0.11 ^b		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	0.097 ^{ced}		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	0.081 ^{ed}		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	0.442 ^a		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	0.288 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	0.183 ^{cbd}		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	0.195 ^{cb}		
<i>Spondias purpurea</i> con	0.051 ^e		
<i>Spondias purpurea</i> sin	0.00 ^e		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.048 ^e		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	0.00 ^e		
Media	0.138		
EEM	0.02		

**Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Cuadro XIII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el coeficiente de velocidad de germinación (%) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	F _{4,40} = 78.50	<0.0001
Endozoocoria	**	F _{1,40} = 12.59	0.0010
Interacción especie-endozoocoria	*	F _{4,40} = 3.79	0.0105
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	8.87 ^c		
<i>Pithecellobium dulce</i>	36.47 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i>	18.91 ^b		
<i>Spondias purpurea</i>	2.56 ^c		
<i>Vachellia farnesiana</i>	2.40 ^c		
Endozoocoria			
Con	16.41 ^a		
Sin	11.28 ^b		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	9.66 ^{ced}		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	8.09 ^{ed}		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	44.17 ^a		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	28.78 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	18.29 ^{cbd}		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	19.53 ^{cb}		
<i>Spondias purpurea</i> con	5.12 ^e		
<i>Spondias purpurea</i> sin	0.00 ^e		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	4.81 ^e		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	0.00 ^e		
Media	13.84		
EEM	2.01		

**Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS).
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Cuadro XIV. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el índice tasa de germinación (% día⁻¹) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	F _{4,40} = 73.68	<0.0001
Endozoocoria	**	F _{1,40} = 92.02	<0.0001
Interacción especie*endozoocoria	**	F _{4,40} = 33.06	<0.0001
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	3.90 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i>	7.85 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i>	7.47 ^a		
<i>Spondias purpurea</i>	0.09 ^c		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.15 ^c		
Endozoocoria			
Con	2.00 ^b		
Sin	5.77 ^a		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	3.21 ^{cb}		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	4.59 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	4.50 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	11.19 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	1.85 ^{cbd}		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	13.09 ^a		
<i>Spondias purpurea</i> con	0.17 ^d		
<i>Spondias purpurea</i> sin	0.00 ^d		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.30 ^d		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	0.00 ^d		
Media	3.89		
EEM	0.66		

**Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Cuadro XV. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el índice de germinación Timson (% día⁻¹) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	F _{4,40} = 250.70	<0.0001
Endozoocoria	**	F _{1,40} = 502.39	<0.0001
Interacción especie-endozoocoria	**	F _{4,40} = 172.06	<0.0001
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	3.43 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i>	4.14 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i>	6.59 ^a		
<i>Spondias purpurea</i>	0.07 ^c		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.11 ^c		
Endozoocoria			
Con	1.09 ^b		
Sin	4.63 ^a		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	2.70 ^d		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	4.15 ^c		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	1.00 ^{fe}		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	7.27 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	1.43 ^e		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	11.75 ^a		
<i>Spondias purpurea</i> con	0.15 ^f		
<i>Spondias purpurea</i> sin	0.00 ^f		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.22 ^f		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	0.00 ^f		
Media	2.87		
EEM	0.53		

**Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS).
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Cuadro XVI. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, en la viabilidad de las semillas (%) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	$F_{4,36} = 32.16$	<0.0001
Endozoocoria	*	$F_{1,36} = 6.82$	0.0130
Interacción especie*endozoocoria	**	$F_{3,36} = 12.13$	<0.0001
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	40.71 ^{bc}		
<i>Pithecellobium dulce</i>	47.25 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i>	90.43 ^a		
<i>Spondias purpurea</i>	36.63 ^{bc}		
<i>Vachellia farnesiana</i>	23.00 ^c		
Endozoocoria			
Con	43.01 ^b		
Sin	56.08 ^a		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	48.08 ^{bc}		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	33.33 ^c		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	19.49 ^c		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	75.00 ^{ba}		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	90.86 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	90.00 ^a		
<i>Spondias purpurea</i> con	36.63 ^c		
<i>Spondias purpurea</i> sin	-----		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	20.00 ^c		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	26.00 ^c		
Media	48.82		
EEM	4.53		

**Indican diferencias ($p < 0.01$); * Indican diferencias ($p < 0.05$); No significativo (NS).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Cuadro XVII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre la longitud de radícula (mm) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	*	$F_{4,32}=3.47$	0.0182
Endozoocoria	NS	$F_{1,32}= 0.29$	0.5948
Interacción especie-endozoocoria	NS	$F_{2,32}= 1.26$	0.2973
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	10.65 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i>	20.96 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i>	17.93 ^{ab}		
<i>Spondias purpurea</i>	9.39 ^{bc}		
<i>Vachellia farnesiana</i>	13.46 ^{ab}		
Endozoocoria			
Con	14.06		
Sin	17.22		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	10.85		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	10.45		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	22.23		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	19.69		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	14.34		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	21.52		
<i>Spondias purpurea</i> con	9.39		
<i>Spondias purpurea</i> sin	-----		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	13.46		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	-----		
Media	15.24		
EEM	1.29		

**Indican diferencias ($p<0.01$); * Indican diferencias ($p<0.05$); No significativo (NS).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p<0.05$).

Cuadro XVIII. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el diámetro de la radícula (mm) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	NS	$F_{4,32}=1.12$	0.3635
Endozoocoria	NS	$F_{1,32}= 0.08$	0.7837
Interacción especie*endozoocoria	NS	$F_{2,32}= 0.13$	0.8790
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	1.1		
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.97		
<i>Ceiba parvifolia</i>	1.27		
<i>Spondias purpurea</i>	1.15		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.66		
Endozoocoria			
Con	1.01		
Sin	1.14		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	1.15		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	1.07		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	0.92		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	1.01		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	1.19		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	1.34		
<i>Spondias purpurea</i> con	1.15		
<i>Spondias purpurea</i> sin	----		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.66		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	-----		
Media	1.06		
EEM	0.08		

**Indican diferencias ($p<0.01$); * Indican diferencias ($p<0.05$); No significativo (NS).
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p<0.05$).

Cuadro XIX. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, en el establecimiento de la planta (n) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	$F_{4,32}=11.26$	<0.0001
Endozoocoria	**	$F_{1,32}= 142.72$	<0.0001
Interacción especie-endozoocoria	**	$F_{2,32}= 61.33$	<0.0001
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	7.8 ^a		
<i>Pithecellobium dulce</i>	7.8 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i>	9.3 ^a		
<i>Spondias purpurea</i>	0.8 ^b		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.6 ^b		
Endozoocoria			
Con	3.2 ^b		
Sin	11.8 ^a		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	6.6 ^b		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	9.0 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	6.6 ^b		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	9.0 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	1.2 ^c		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	17.4 ^a		
<i>Spondias purpurea</i> con	0.8 ^c		
<i>Spondias purpurea</i> sin	-----		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.6 ^c		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	-----		
Media	6.4		
EEM	0.88		

**Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

Cuadro XX. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el peso fresco de la planta (g) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	*	$F_{4,32}=3.25$	0.0241
Endozoocoria	NS	$F_{1,32}= 0.21$	0.6503
Interacción especie-endozoocoria	NS	$F_{2,32}= 0.09$	0.9164
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	0.47 ^a		
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.41 ^a		
<i>Ceiba parvifolia</i>	0.27 ^a		
<i>Spondias purpurea</i>	0.54 ^a		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.13 ^b		
Endozoocoria			
Con	0.35		
Sin	0.40		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	0.47		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	0.47		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	0.39		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	0.42		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	0.23		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	0.31		
<i>Spondias purpurea</i> con	0.54		
<i>Spondias purpurea</i> sin	-----		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.13		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	-----		
Media	0.37		
EEM	0.038		

**Indican diferencias ($p<0.01$); * Indican diferencias ($p<0.05$); No significativo (NS).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p<0.05$).

Cuadro XXI. Efectos principales, interacción y tratamientos de la endozoocoria, sobre el peso seco de la planta (g) de especies consumidas por *C. pectinata*.

Efectos principales	Efecto	F	Probabilidad
Especie	**	F _{4,32} =4.20	0.0076
Endozoocoria	NS	F _{1,32} = 0.56	0.4592
Interacción especie-endozoocoria	NS	F _{2,32} = 0.32	0.7268
Especie	Media		
<i>Diospyros salicifolia</i>	0.103 ^{ab}		
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.079 ^{ab}		
<i>Ceiba parvifolia</i>	0.044 ^b		
<i>Spondias purpurea</i>	0.161 ^a		
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.035 ^b		
Endozoocoria			
Con	0.079		
Sin	0.084		
Tratamientos			
<i>Diospyros salicifolia</i> con	0.107 ^{ba}		
<i>Diospyros salicifolia</i> sin	0.099 ^{ba}		
<i>Pithecellobium dulce</i> con	0.064 ^{ba}		
<i>Pithecellobium dulce</i> sin	0.094 ^{ba}		
<i>Ceiba parvifolia</i> con	0.030 ^b		
<i>Ceiba parvifolia</i> sin	0.058 ^{ba}		
<i>Spondias purpurea</i> con	0.161 ^a		
<i>Spondias purpurea</i> sin	-----		
<i>Vachellia farnesiana</i> con	0.035 ^b		
<i>Vachellia farnesiana</i> sin	-----		
Media	0.081		
EEM	0.01		

**Indican diferencias (p<0.01); * Indican diferencias (p<0.05); No significativo (NS).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (p<0.05).

XI. ANEXO DE FIGURAS



Anexo 1. Recolecta de frutos de *Diospyros salicifolia*.



Anexo 2. Frutos de *Guazuma ulmifolia*.



Anexo 3. Almacenamiento de frutos de *Vachellia farnesiana*.



Anexo 4. Recolecta de frutos de *Guazuma ulmifolia*.



Anexo 5. Almacenamiento de frutos de *Pithecellobium dulce*



Anexo 6. Almacenamiento de frutos de *Diospyros salicifolia*



Anexo 7. Frutos de *Pithecellobium dulce* en la dieta de iguana negra.



Anexo 8. Iguana negra consumiendo frutos de *Pithecellobium dulce*.



Anexo 9. Semillas de *Diospyros salicifolia* en las excretas de iguana negra.



Anexo 10. Semillas de *Pithecellobium dulce* en las excreta de iguana negra.



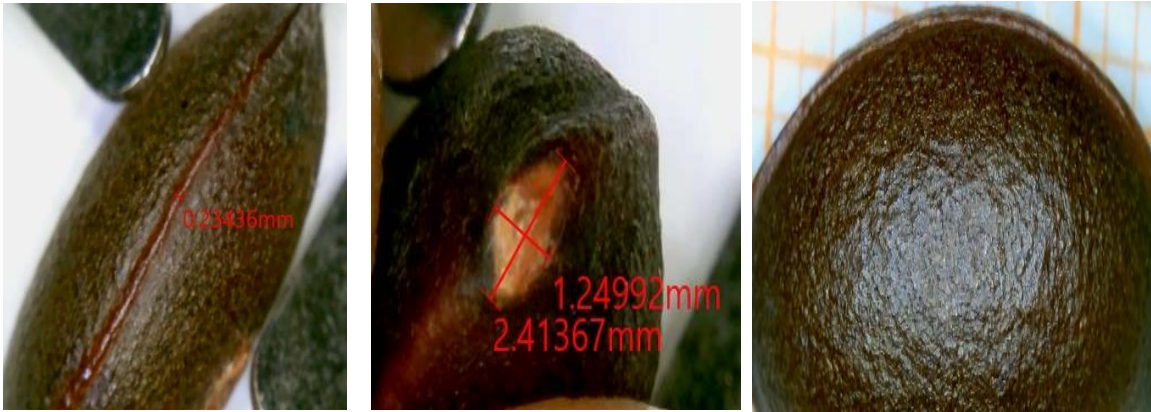
Anexo 11. Germinación de *Pithecellobium dulce*.



Anexo 12. Establecimiento de *Pithecellobium dulce* en vivero.



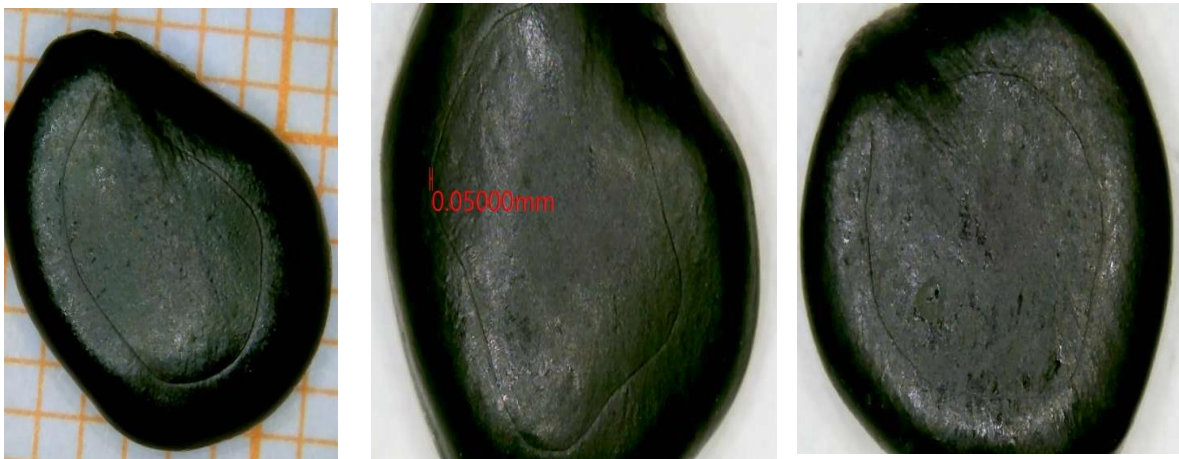
Anexo 13. Establecimiento de *Ceiba parvifolia* en vivero.



Anexo 14. Semillas de *Diospyros salicifolia* sin endozoocoria



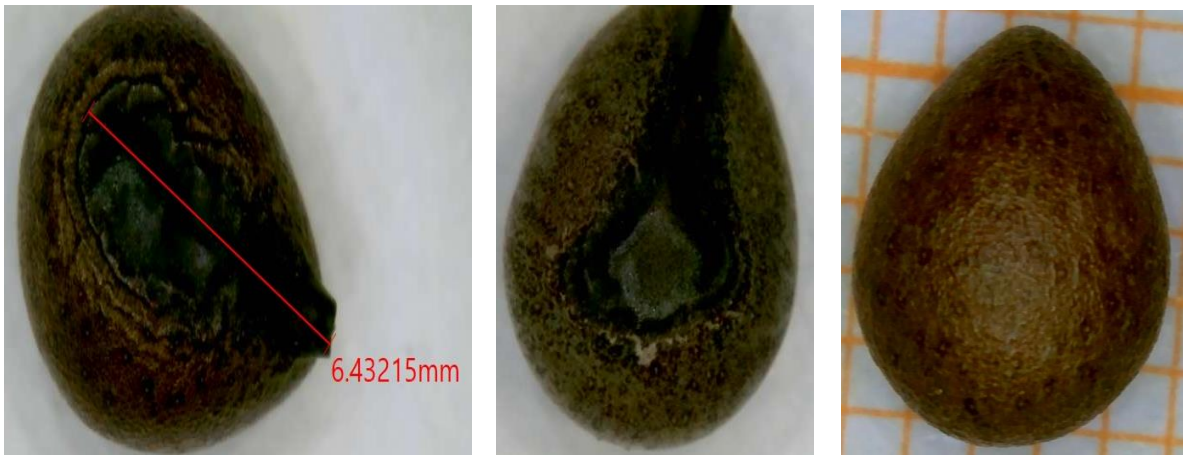
Anexo 15. Semillas de *Diospyros salicifolia* con endozoocoria.



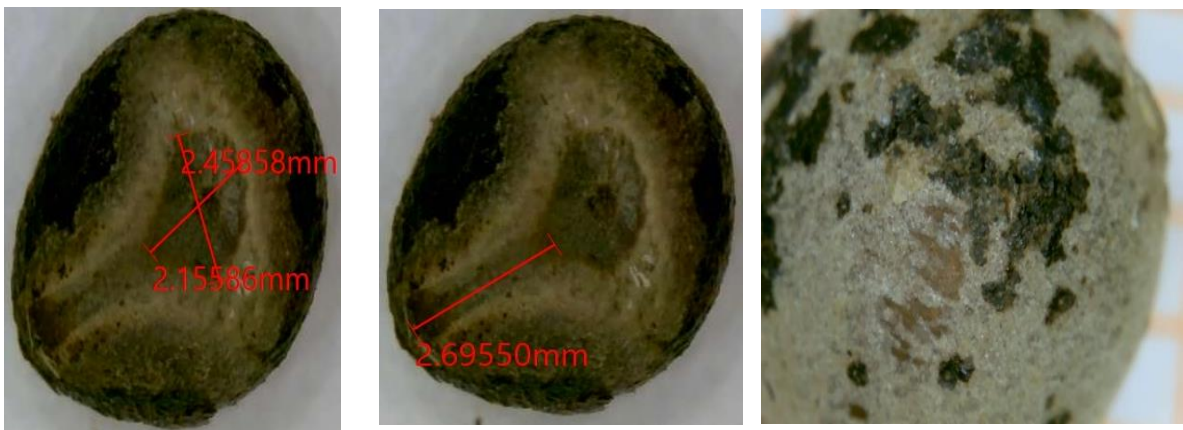
Anexo 16. Semillas de *Pithecellobium dulce* sin endozoocoria.



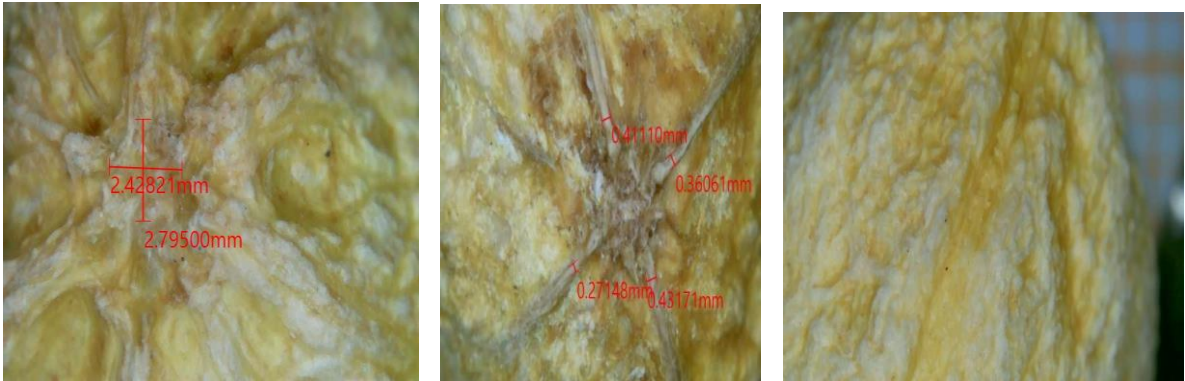
Anexo 17. Semillas de *Pithecellobium dulce* con endozoocoria.



Anexo 18. Semillas de *Ceiba parvifolia* sin endozoocoria.



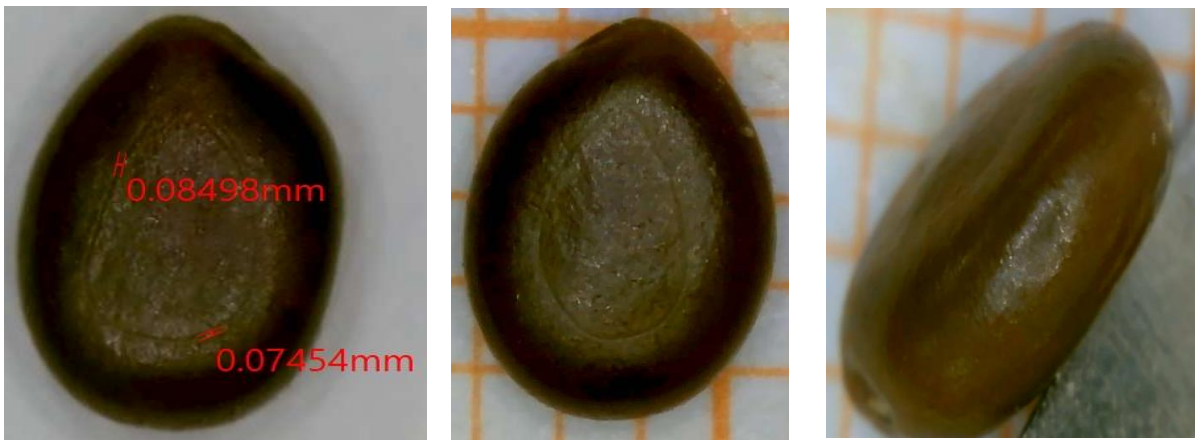
Anexo 19. Semillas de *Ceiba parvifolia* con endozoocoria.



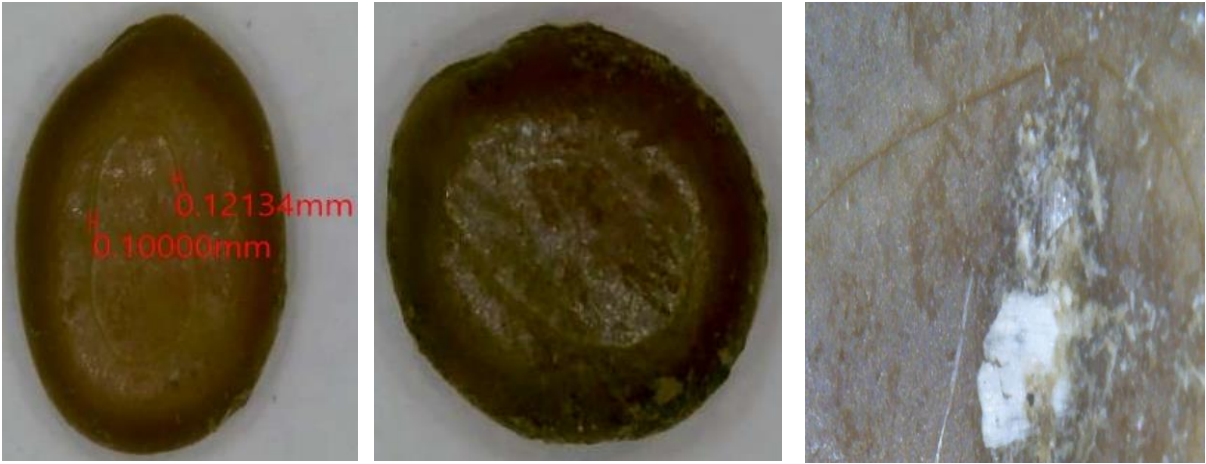
Anexo 20. Semillas de *Spondias purpurea* sin endozooecia.



Anexo 21. Semillas de *Spondias purpurea* con endozooecia.



Anexo 22. Semillas de *Vachellia farnesiana* sin endozooecia.



Anexo 23. Semillas de *Vachellia farnesiana* con endozoocoria.

XII. REFERENCIAS

- Alvarado, D.J. & O.I, Suazo. 1996. La iguana de México. Historia de la conservación. Laboratorio de tortuga marina y biología de la conservación. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México, 77 pp.
- Aparecida R., M. & D. S., García. 2006 ¿Cómo y por qué medir el proceso de germinación? *Revista Brasil de Botánica*, 29(1): 1-11.
- Arcos, G. J. L. & P. R. López. 2009. La iguana negra. Fundamentos de reproducción, nutrición y manejo. Optime impresos. México D.F. 107 pp.
- Ayala C., G., T., Terrazas, M. L., López & C. Trejo. 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.
- Azcón, J. & M., Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda Edición. Interamericana-McGraw-Hill. Nueva York. 656 pp.
- Benítez-Malvido, J., E., Tapia, I., Suazo, E., Villaseñor & J., Alvarado. 2003. Germination and Seed Damage in Tropical Dry Forest Plants Ingested by Iguanas. *Journal of Herpetology*, 37 (2): 301-308.
- Bewley, J. D., K. J., Bradford, H. W., M. Hilhorst & H., Nonogaki. 2013. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* . Third Edition, Springer.
- Buckley, Y. M., S., Anderson, C. P., Catterall, R. T., Corlett, T. Engel, C. R., Gosper, R., Nathan, D. M., Richardson, M., Setter, O., Spiegel, G. V., Smith, F. A., Voigt, J. E., Weir & D. A., Westcott. 2006. Management of plant invasions mediated by frugivore interactions. *Journal of Applied Ecology*, 43: 848–857.
- Burgos R., J., K., R. Avilés, & J. Kolbe. 2016. Effects of invasive Green Iguanas (*Iguana iguana*) on seed germination and seed dispersal potential in southeastern Puerto Rico. *Biological Invasions*, 18:775–782.

- Carreón-Santos, R. J. & J. I., Valdez-Hernández. 2014. Estructura y diversidad arbórea de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Ambientales* 20(1): 119–130.
- Casas A., G. 1982. Anfibios y reptiles de la costa suroeste del Estado de Jalisco con aspectos sobre su ecología y biogeografía. Facultad de ciencias de la UNAM. México, D.F. (Tesis Doctoral). 316 pp.
- Castilla, A. M. 2000. Does passage time through the lizard *Podarcis lilfordi*'s guts affect germination performance in the plant *Withania frutescens*? *Acta Oecologica*, 21(2): 119–124.
- Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. C. Bezaury & R. Dirzo. 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica, CONABIO, México D.F.
- Celedón, N. C., C. R., Salgado & P. F., Victoriano. 2005. Preferencias alimentarias y potencial dispersor del lagarto herbívoro *Phymaturus flagellifer* (tropiduridae) en los Andes. *Gayana*, 69(2):266-276.
- Celedón N., C., L. A., San Martín, P. F., Victoriano & L. A., Cavieres. 2008. Legitimate seed dispersal by lizards in an alpine habitat: The case of *Berberis empetrifolia* (Berberidaceae) dispersed by *Liolaemus belii* (Tropiduridae). *Acta Oecologica*, 33 (3): 265-271.
- Cervantes, V., J., Carabias & C. Y., Vásquez. 1996. Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of Southern México. *Forest Ecology and Management*, 82: 171-184.
- Cobos, P., M. A. 1998. Alimentos y alimentación de iguanas negra en cautiverio. Primer Taller Nacional sobre Manejo de Iguanas en Cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México) 31-33
- Cobos, P., M.A., G. J.L. Arcos & V.H., Reynoso. 1999. Experiencias en alimentación de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) criada en cautiverio, del nacimiento a los cinco meses de vida. Segundo Taller Nacional sobre Manejo de Iguanas en

- Cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Colima, Colima, México.
- Contreras, C. L. & C. W., Varela. 2016. Mecanismos de dispersión de diásporas en un bosque perturbado de la Cumaca, estado Carabobo, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 39(2): 128-156.
- Cooper, W. E. Jr., & J. A., E. Lemos. 2001. Coordinated Ontogeny of Food Preference and Responses to Chemical Food Stimuli by a Lizard *Ctenosaura pectinata* (Reptilia:Iguanidae). *Ethology*, 107: 639-653.
- Costea, M., H.E. Miari, L. Laczkó, R. Fekete, A.V. Molnár, K. Á. Lovas & A.J. Green. 2019. The effect of gut passage by waterbirds on the seed coat and pericarp of diaspores lacking “external flesh”: Evidence for widespread adaptation to endozoochory in angiosperms. *Plos one* 14(12): 1-22.
- Cruz, A. S. & H. D., Saldaña. 2003. Situación de la iguana negra en la región sur del Estado de Morelos. *Memorias VI Taller Nacional Sobre Iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de las Iguanas en México*. Boca del Río, Veracruz (México) 36-43 pp.
- Cruz, J.I. 2015. Germinación y crecimiento inicial de tres procedencias de *Cryosophila nana* (Kunth) Blume (Arecaceae). Tesis de licenciatura, Universidad del Mar, Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- Cruz-Cortes, L., G. Rodríguez-Ortiz, J. R., Enríquez del Valle, J., López Upton & V. A., Velasco-Velasco. 2017. Frutos y semillas de *Bursera heliae* Rzed. & Calderón, endémica de Oaxaca y su relación con factores de sitio. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40): 89-103.
- De Labra-Hernández, M.A. 2022. Observaciones sobre el comportamiento reproductivo del perico frente naranja *Eupsittula canicularis* (Psittacidae) en el Jardín Botánico de la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, Oaxaca. *Huitzil Revista Mexicana de Ornitología*, 23(2): e-644.
- Díaz-Castellanos, A. & R. X., Álvarez-Espino. 2024. Rasgos funcionales regenerativos de semillas en los bosques secos tropicales. *Hasnup, CICY*, 18(210): 29-32.

- Di Benedetto, A. & J., Tognetti. 2016. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(3):258-282.
- Domínguez-Domínguez, L. E. 2005. Germinación de semillas de tres especies de *Ficus* ingeridas por vertebrados frugívoros. Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 44 p.
- Domínguez-Domínguez, L. E., J. E., Morales-Mávil & J., Alba-Landa. 2006. Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae) defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*). *Revista de Biología Tropical*, 54(2): 387-394.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31(1):74-85.
- Dueñas-Florian, K. D. 2020. Relación entre la condición fisiológica de aves frugívoras y la viabilidad de semillas que pasan a través de su tracto digestivo. Tesis de pregrado. Universidad De La Salle, Bogotá, Colombia.
- Durtsche, R. D. 2004. Ontogenic variation in digestion by the herbivorous lizard *Ctenosaura pectinata*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77:459-470.
- Eckert, R. 1990. Alimentación, digestión y absorción. *Fisiología animal "Mecanismos y adaptaciones"*. Editorial McGraw-Hill. Tercera edición. 683 pp.
- Fenner, M. & Thompson, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Flores, A. & J., G. Méndez. 2021. Evaluación cuantitativa de la germinación de *Quercus variabilis* Blume en tres tamaños de semilla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(68): 202-211.
- Flores-Villela, O. & U. O., García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85 (Suplemento de enero): 467-475.

- Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 73: 57-74.
- García-López, J.I., N. A. Ruiz-Torres, R.H. Lira-Saldívar, I. Vera-Reyes y B. Méndez-Argüello. 2016. Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. *Centro de Investigación en química Aplicada*:129-140.
- Gillespie, T. W., A. Grijalva, & C. N., Farris. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147: 37-47.
- Godínez-Álvarez, H. 2004. Polinización y dispersión de semillas por lagartijas: una revisión. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77(3): 569-577.
- Gómez-Maqueo, X. & A., Gamboa-de Buen. 2022. La biología del género *Ceiba*, una fuente potencial para la producción sostenible de fibra natural. *Plantas*, 11(4): 521.
- Gómez-Mora, A., I., Suazo-Ortuño & J., Alvarado-Díaz. 2012. Distribución, abundancia y uso de hábitat de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y la iguana verde (*Iguana iguana*) en el municipio de Buenavista, Michoacán. *Biológicas* 14(2): 67 – 74.
- González A., D., U., H. Álvarez & R., O., Lima. 2018. Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí-sorgo. *Centro Agrícola*, 45(2): 77-82.
- González-Vélez, G., A. R. Andrés-Hernández, G. Valdez-Eleuterio, N. Álvarez-Quiroz, D. Martínez-Moreno & S. P. Rivas-Arancibia. 2020. Germinación de semillas de seis especies arbóreas maderables de una selva baja caducifolia en Puebla, México. *Agrociencia*, 54(2): 227-240.
- Grime, J. P. 2001. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. Second edition John Wiley & Sons.
- Guzmán, A. & P. R., Stevenson. 2011. A new hypothesis for the importance of seed dispersal in time. *Revista de Biología Tropical*, 59(4): 1795–1803.

- Hernández-Ladrón de Guevara, I., O. R., Rojas-Soto, F., López-Barrera, F., Puebla-Olivares & C., Díaz-Castelazo. 2012. Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México: Su papel en la restauración pasiva. *Revista Chilena de Historia Natural*, 85(1): 89–100.
- Herrera-Cabrera, B. E., S., Aguilar-Rodríguez & J. G., García-Franco. 2011. Germinación y establecimiento de *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) en el trópico seco de Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*, 97:77–95.
- Howe, H.F. & G.F., Estabrook. 1977. On intraespecific competition for avian dispersers in tropical trees. *The American Naturalist*, 111: 817-832.
- Illescas-Gallegos, E., D. A., Rodríguez-Trejo, A., Villanueva-Morales, M. A., Borja-de La Rosa, V. R., Ordóñez-Candelaria & L. A., Ortega-Aragón. 2021. Factores ante los que funciona la latencia física y su eliminación en dos géneros de leguminosas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 27(3): 413-429.
- ISTA International Seed Testing Association. 2014. *International Rules for Seed Testing*. Suiza: Bassersdorf.
- Janzen D.H., M.W., Demment & J.B., Robertson. 1985. How fast and why do germinating guanacaste seeds (*Enterolobium cyclocarpum*) die inside cows and horses. *Biotropica* 14:322-325.
- Jara N., L. F. 1997. *Recolección y manejo de semillas forestales antes del procedimiento*. CATIE. Costa Rica. 63 pp.
- Jordano, P., P. M., Forget, J.E., Lambert, G.K., Bohning, A., Traveset & S.J., Wright. 2011. Frugivores and seed dispersal: mechanisms and consequences for biodiversity of a key ecological interaction. *Biology Letters* 7: 321-323.
- Karasov, W. H. 1986. Energetics, physiology and vertebrate ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 1(4): 101–104.
- Keil A., J. 2020. *Evaluación en diferentes condiciones de germinación y crecimiento inicial de trigo sarraceno (Fagopyrum esculentum Moench)*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Río Negro. Argentina.

- Kitajima, K. 2002. Do shade-tolerant tropical tree seedlings depend longer on seed reserves? Functional growth analysis of three Bignoniaceae species. *Functional Ecology*, 16(4): 433–444.
- Laskowski, L., & D. Bautista. 2002. Efecto de la escarificación y profundidad de siembra sobre la germinación y emergencia de *Malpighia emarginata* DC. *Bioagro*, 14(2):77-83.
- Lasso, E. & B. L., Santiago. 2015. Epizootocoría por medio de iguanas en el bosque seco: ¿un mecanismo de dispersión de semillas pasado por alto? *Colombia Forestal* 18(1): 151-159.
- Lazcano-Bello, M. I., E. Sandoval-Castro, M. A. Tornero-Campante, B. N. Hernández-Hernández, I. Ocampo-Fletes & R. Díaz-Ruíz. 2021. Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1): 61-76.
- Lieberman, M. & D. Lieberman. 1986. An experimental study of seed ingestion and germination in a plant-animal assemblage in Ghana. *Journal of Tropical Ecology* 2: 113-126.
- Liu, H., S. G., Platt & C. K., Borg. 2004. Dispersión de semillas por la tortuga de caja de Florida (*Terrapene carolina bauri*) en bosques de pinos rocosos de los Cayos de Florida inferiores, Estados Unidos. *Ecología*, 138(4):539-546.
- Mamani S., B., V. Chalco, H. C. T. Pillco & M. P. Nova. 2023. Propagación in vitro y en vivero de *Baccharis incarum* para revegetación en taludes de carretera Senkata y Mantecani La Paz, Bolivia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(2): 61-70.
- Marcos-Filho, J. 2015. Pruebas de vigor de semillas: una visión general de la perspectiva pasada, presente y futura. *Ciencia Agrícola*, 72(4): 363-374.
- Martínez-Orea, Y., S. Castillo-Argüero & P., Guadarrama-Chávez. 2009. La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. *Ciencias*, 96:38-41.
- McKey, D. 1975. The ecology of coevolved seed dispersal system. p. 159-191. *Coevolution of animals and plants*. University of Texas, EEUU.

- Mendoza-Quijano, F., V., Reynoso-Rosales & A., Ramírez-Hernández. 2003. Distribución de las iguanas *Ctenosaura* del Istmo de Tehuantepec y Depresión Central de Chiapas. México. Memorias VI Taller Nacional sobre Iguanas. Boca de Río, Veracruz (México). 61-64 pp.
- Morales-Santos, M. E., C. B., Peña-Valdivia, A., García-Esteva, G., Aguilar-Benítez & J., Kohashi-Shibata. 2017. Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1): 43-62.
- Moreno-Reséndez, A., G., Solís-Morales, E., Blanco-Contreras, J., Vásquez-Arroyo, L. M. P., Guzmán-Cedillo, N., Rodríguez-Dimas & U., Figueroa-Viramontes. 2014. Desarrollo de plántulas de huizache (*Acacia farnesiana*) en sustratos con vermicompost. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(1): 55-62.
- Oldham, C. J. & M. H., Smith. 1975. *Laboratory Anatomy of the Iguana*. WM. C. Brown Company Publishers. 105 p.
- Ortega-Baranda, V., E.I. Sánchez-Bernal, L. Sánchez-Aragón, M.A. Luis-Reyna & G. Ruvalcaba-Gómez. 2020. Vegetación arbórea de selvas bajas caducifolias en suelos litosoles y regosoles eutricos degradados. *Terra Latinoamericana*, 38(2): 377-390.
- Parson, S., T. & E. J., Cameron. 1997. Internal relief of the digestive tract. *Biology of the reptilia*. Gans C. (Ed.). Academic Press, London. 477 p.
- Pennington, R. T., M. Lavin & F.A. Oliveira. 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 40: 437-457.
- Pérez-Flores, G. A., M. Sánchez-Sánchez, J. Sánchez-Alarcón, S., García-de Jesús, Sandra & M. Flores-Morales. 2021. Dispersión endozoocórica de plantas en un bosque de encino de Tlaxcala por el cacomixtle (*Bassariscus astutus*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3).

- Parra C. A., G. Fischer & B. C., Chaves. 2015. Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). *Acta Biológica Colombiana*, 20: 163-173.
- Pimenta-Barrios, E. & B. C., Ramírez-Hernández. 2003. Fenología, crecimiento y respuesta a la luz de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae). *Botánica Económica*, 57(4):481-490.
- Pinacho-Santana B., J.L. Arcos-García, R. López-Pozos, G.D Mendoza-Martínez & F.X. Plata-Pérez. 2010. Parámetros reproductivos de la iguana verde (Iguana iguana) en condiciones de cautiverio en Oaxaca, México. *Revista Científica FCV-LUZ* 20(5): 467-472.
- Poorter, H., K. J Niklas, P. B., Reich, J., Oleksyn, P., Poot & L., Mommer. 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193(1): 30–50.
- Portuguez-García, M. P., A. M., Rodríguez-Ruiz, C., Porrás-Martínez & M. I., González-Lutz. 2020. Efecto de la temperatura y la escarificación sobre la germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2):491-498.
- Powers, J.S., J.M. Becknell, J. Irving & A.D. Pérez. 2008. Diversity and structure of regenerating dry tropical forest in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *Forest Ecology and Management*, 258: 959-970.
- Ramos-Font, M.E., J. L., González-Rebollar & A. B., Robles-Cruz. 2015. Dispersión endozoócora de leguminosas silvestres: desde la recuperación hasta el establecimiento en campo. *Ecosistemas*, 24(3): 14-21.
- Ramos-Palacios, C. R., J. R, Bonilla-Barbosa & J., Flores. 2014. Efecto de la procedencia y tamaño de semilla en la germinación y crecimiento de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20(1): 59–71.
- Razz, R. & T., Clavero. 1996. Métodos de escarificación en semillas de *Humboldtella ferruginea* y *Leucaena leucocephala*. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 13: 73-77.

- Revilla, T. A. & V. F., Encinas. 2015. Ecología y evolución de la endozoocoria. *Acta Biológica Venezuelica*, 35 (2): 187-215.
- Reyes, J., J. F., Aguirre-Medina & A., Merino-García. 2024. Variación física y parámetros germinativos de semillas de árboles superiores de *Cedrela Odorata* L. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 15 (82):116-139.
- Ríos J. M., A. Mangione & L., Marone. 2012. Effects of nutritional and anti-nutritional properties of seeds on the feeding ecology of seed-eating birds of the Monte Desert, Argentina. *Condor*, 114(1): 44-55
- Robbins CH., T. 1993. *Gastrointestinal Anatomy and Function. Wildlife Feeding and Nutrition. Academic Press.* 266-287 pp.
- Rodríguez-Pérez, J., N. Riera & A. Traveset. 2005. Effect of seed passage through birds and lizards on emergence rate of mediterranean species: Differences between natural and controlled conditions. *Functional Ecology*, 19(4): 699-706.
- Rodríguez, T. D. A. (Coord.). 2021. *Semillas de Especies Forestales. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.* 483-505 pp.
- Romero-Saritama, J. M. & C., Pérez-Ruiz. 2016. 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.
- Rubalcava-Castillo, F. A., J., Sosa-Ramírez, J. J., Luna-Ruíz, A.G., Valdivia-Flores & L. I., Iñiguez-Dávalos. 2021. Seed dispersal by carnivores in temperate and tropical dry forests. *Ecology and Evolution*, 11(9): 3794–3807.
- Rubalcava-Castillo, F.A., A.G., Valdivia-Flores, J.J., Luna-Ruíz, L.I., Iñiguez-Dávalos, V.M., Martínez-Calderón, A. de J., Meraz-Jiménez & J., Sosa -Ramírez. 2023. Effects of endozoochory and diploendozoochory by captive wild mammals on *Juniperus deppeana* seeds. *Ecology and Evolution*, 13(7): 1-12.
- Ruiz, J. & M. C. Fandiño. 2010. The impact of hurricane Beta on the forest of Providencia Island, Colombia, southwest Caribbean. *Caldasia*, 32(2): 425-434.

- Ryser, P. & L. Eek. 2000. Consequences of phenotypic plasticity vs. interspecific differences in leaf and root traits for acquisition of aboveground and below ground resources. *American Journal of Botany*, 87: 402-411.
- Salas M., S. H., A. V. Saynes & L. Schibli. 2003. Flora de la costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 72: 21-58.
- Salazar-Mercado, S.A., J.D., Quintero-Caleño & V.J., Bustos-Urbano. 2020. Implementación de la prueba de tetrazolio en las semillas de *Raphanus sativus* L. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 15(2):7-15.
- Sánchez, J., E., Castellón, M. A., A. García, M. F., H. Duarte, F., G. García, L. M., N. Valenzuela & G., P. Muro. 2023. Los ambientes áridos y semiáridos: su relación con la dispersión y germinación de especies. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(75): 35-67.
- Sarukhán, J., M. M., Ramos, & D. Pinero. 1984. The analysis of demographic variability at the individual levels and its population consequences. *Perspectives in Plant Population Ecology* 83-106 pp.
- Statistical Analysis System Institute. 2010. SAS Education Analytical Suite for Windows Release 9.2
- Stevens, E. C. 1977. *Duke's physiology of domestic animals*. 9th Edition. Melvin M. J. Swenson (Ed.). USA. 914 pp.
- SEMARNAT. 2015. Informe de la situación del Medio Ambiente de México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores claves, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Capítulo 4 Biodiversidad.
- Traveset, A. 1990. *Ctenosaura similis* gray (Iguanidae) as a seed disperser in a Central American deciduous forest. *American Midland Naturalist*, 123:402-404.
- Traveset, A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 1(2): 151–190.

- Traveset, A., N., Riera & R. E., Mas. 2001. Passage through bird guts causes interspecific differences in seed germination characteristics. *Functional Ecology*, 15: 669–675.
- Traveset A., J. P., V. González & A., Valido. 2012. Long-term demographic consequences of a seed dispersal disruption. *Proceedings Biological Sciences*, 279(1741):3298-303.
- Trejo-Vázquez, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas*, 39: 40-52.
- Urrea-Galeano, L. A., E., Andresen & G., Ibarra-Manríquez. 2018. Importancia de las interacciones semilla-mamífero para *Heteroflorum* (Leguminosae), un género monoespecífico endémico de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(2): 497–506.
- Valenzuela, L. G. 1981. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Ctenosaura Pectinata* e *Iguana iguana* (reptiles: Iguanidae), en la costa de Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 67 pp.
- Varela, R. O. & E. H, Bucher. 2002. El lagarto *Teius teyou* (Squamata: Teiidae) como un legítimo dispersor de semillas en el bosque seco del Chaco de Argentina. *Estudios sobre fauna y medio ambiente neotropicales*, 37(2):115–117.
- Valido A., A. & M. Nogales. 1994. Frugivory and seeds dispersal by the lizard *Gallotia galloti* (Lacertidae) in a xeric habitat of the Canary Islands. *Oikos* 70: 403-411.
- Van Marken Lichtenbelt, W. 1992. Digestion in an ectothermic herbivore, the green iguana (*Iguana iguana*): Effect of food composition and body temperature. *Physiological Zoology*, 65(3): 649-673.
- Vásquez-Contreras, A. & D. Ariano-Sánchez. 2016. Endozoocoría por la Iguana Negra Guatemalteca, *Ctenosaura palearis* (Iguanidae), como desencadenante de la germinación del Cactus *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae). *Herpetología Mesoamericana*, 3: 662-668.

- Vélez-Hernández, L., M. A. Cobos-Peralta & J. L. Arcos-García. 2012. Contenido de alimento y metabolismo ceco-cólico en el tracto digestivo de poblaciones silvestres de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en Morelos, México. Archivos de medicina veterinaria, 44(3): 217-224.
- Villarreal-Garza, J.A., A., Rocha-Estrada, M. L., Cárdenas-Ávila, S., Moreno-Limón, M., González-Álvarez & V., Vargas-López. 2013. Caracterización morfológica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. Phytón (Buenos Aires), 82(2): 169-174.
- Villegas Z. F. & P. D., Vázquez. 2001. The black iguana, biology, research and conservation of species endemic to Mexico. Reptilia the European Herp Magazine.
- Waldschmidt, S. R., S. M., Jones & W. P., Porter. 1986. The effect of body temperature and feeding regime on activity, passage time, and digestive coefficient in the lizard *Uta stansburiana*. Physiological Zoology, 59(3): 376–383.
- Wang, B.J. & T.B. Smith. 2002. Closing the seed dispersal loop. Trends in Ecology and Evolution 17(12): 379-385.
- Willson, M.F., C. Sabag, J. Figueroa, J.J. Armesto & M. Caviedes. 1996. Dispersión de semillas por lagartijas en el bosque lluvioso de Chile. Revista Chilena de Historia Natural, 69: 339-342.
- Yagihashi T., M. Hayashida & T. Miyamoto. 1999. Effects of bird ingestion on seed germination of two *Prunus* species with different fruit-ripening seasons. Ecological Research 14: 71-76.
- Zimmerman, L.C. & C.R., Tracy. 1989. Interactions between the environment and ectothermy and herbivory in reptiles. Physiological Zoology, 62: 374-409.