



Effect of passage through the digestive tract of the Black Iguana on the seed coat, germination and viability of two tree species of the low deciduous forest †

[Efecto del paso por el tracto digestivo de la Iguana Negra sobre la cubierta seminal, germinación y viabilidad de dos especies arbóreas de la selva baja caducifolia]

Osman Obed Reyes-Rojas¹, Juan Manuel Villa-Hernández^{2,*},
José Luis Arcos-García³, Juana Laura Rivera-Nava²,
Roberto López-Pozos² and Héctor Santiago-Romero³

¹División de Estudios de Posgrado, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Carretera a Oaxaca Vía Sola de Vega km 1.5 Sector Universidad C.P. 71980. Puerto Escondido, Oaxaca, México. E-mail obedforestal@gmail.com

²Instituto de Investigación de Genética, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Carretera a Oaxaca Vía Sola de Vega km 1.5 Sector Universidad C.P. 71980. Puerto Escondido, Oaxaca, México. E-mail jmvh@aulavirtual.umar.mx* laurarivera@aulavirtual.umar.mx
robertolopez62@aulavirtual.umar.mx

³Instituto de Investigación de Ecología, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Carretera a Oaxaca Vía Sola de Vega km 1.5 Sector Universidad C.P. 71980. Puerto Escondido, Oaxaca, México. E-mail jarcos68@hotmail.com hectorromero@aulavirtual.umar.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background. Seed dispersal and establishment are key processes for tropical forest regeneration; however, little is known about them in tropical deciduous forests. *Ctenosaura pectinata* disperses seeds, but it is unknown whether it scarifies them during this process. **Objective.** To evaluate the effect of passage through the digestive tract of *C. pectinata* on the seed coat, germination, and seedling establishment of *Diospyros salicifolia* and *Pithecellobium dulce*, two tree species from the tropical dry forest of the Oaxacan coast. **Methodology.** Sixty-six specimens were fed *ad libitum* with ripe fruits of both species. Feces were collected, seeds were recovered, and their length, width, thickness, as well as the width of the raphe, hilum, and fissure line were measured. The final germination percentage, average germination time, germination rate coefficient, and seedling growth parameters were evaluated. Uningested seeds were used as a control. Data were analyzed using Student's *t*-tests ($p < 0.05$). **Results.** Passage through the digestive tract caused scarification ($p < 0.05$) of the seed coat. In *D. salicifolia*, it increased the width of the raphe (82.5%) and the hilum, while in *P. dulce*, it increased the opening of the fissure line (0.21 mm). However, it reduced final germination (*D. salicifolia*: 54% vs. 83%; *P. dulce*: 12.2% vs. 80%) and viability (43% vs. 56%). *P. dulce* showed accelerated germination (germination rate coefficient: 44.2% vs. 28.8%) and a shorter average germination time. Seedling establishment was not affected ($p > 0.05$); however, an increase in root diameter was observed in *D. salicifolia* seedlings grown from seed that had passed through the digestive tract. *C. pectinata* acts as an effective seed disperser by scarifying seeds; its role is species-dependent: it promotes germination rate in *P. dulce* but reduces final germination in both species. **Implications.** The consumption of *D. salicifolia* by adult *C. pectinata* is reported for the first time. **Conclusion.** The passage of seeds through the digestive tract of the black iguana scarifies the seed coat and modifies the germination parameters of both tree species, highlighting its ecological role in seed dispersal.

Key words: *Ctenosaura pectinata*; *Diospyros salicifolia*; *Pithecellobium dulce*; seed coat; seed dispersal.

† Submitted February 19, 2026 – Accepted August 3, 2026. <http://doi.org/10.56369/isaes.6856>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
ISSN: 1870-0462.

ORCID = O.O. Reyes-Rojas: <https://orcid.org/0009-0002-1323-3420>; J.M. Villa-Hernández: <https://orcid.org/0000-0003-3782-8699>; J.L. Arcos-García: <http://orcid.org/0000-0002-6058-0487>; J.L. Rivera-Nava: <https://orcid.org/0000-0001-9101-6769>; R. López-Pozos: <https://orcid.org/0000-0002-1702-6448>; H. Santiago-Romero: <https://orcid.org/0000-0002-9430-1001>

RESUMEN

Antecedentes: La dispersión y establecimiento de semillas es un proceso clave para la regeneración de bosques tropicales, sin embargo, se conoce poco en la selva baja caducifolia (SBC). *Ctenosaura pectinata* dispersa semillas, no obstante, se desconoce si durante el proceso las escarifica. **Objetivo.** Evaluar el efecto del paso por el tracto digestivo de *C. pectinata* en la cubierta seminal, germinación y establecimiento de plántulas de *Diospyros salicifolia* y *Pithecellobium dulce*, dos especies arbóreas de la SBC de la costa oaxaqueña. **Metodología:** 66 ejemplares se alimentaron *ad libitum* con frutos maduros de ambas especies. Se recolectaron las excretas, se recuperaron las semillas y se midió su longitud, ancho, grosor, así como ancho del rafe, hilo y la línea fisural. Se evaluó el porcentaje de germinación final, tiempo promedio de germinación, coeficiente de velocidad de germinación y parámetros de crecimiento de plántulas. Como control se usaron semillas no ingeridas. Los datos se analizaron con pruebas *t* de Student ($p < 0.05$). **Resultados:** El paso por el tracto digestivo causó escarificación ($p < 0.05$) en la cubierta seminal, en *D. salicifolia* aumentó el ancho del rafe (82.5%) y del hilo, mientras que en *P. dulce* incrementó la apertura de la línea fisural (0.21mm). Sin embargo, redujo la germinación final (*D. salicifolia*: 54% vs 83%; *P. dulce*: 12.2% vs 80%) y la viabilidad (43% vs 56%). *P. dulce* mostró aceleración germinativa (coeficiente de velocidad de germinación: 44.2% vs 28.8%) y menor tiempo promedio de germinación. El establecimiento de plántulas no se afectó ($p > 0.05$), sin embargo, se observó un incremento en el diámetro de la raíz en *D. salicifolia* provenientes de semillas que pasaron por el tracto digestivo. *C. pectinata* actúa como dispersor efectivo al escarificar semillas, su papel es especie-dependiente: favorece la velocidad germinativa en *P. dulce*, pero reduce la germinación final en ambas especies. **Implicaciones:** Se reporta por primera vez el consumo de *D. salicifolia* por *C. pectinata* en etapa adulta. **Conclusión:** El paso de las semillas por el tracto digestivo de iguana negra escarifica la cubierta seminal y modifica los parámetros germinativos de ambas especies, destacando su papel ecológico en la dispersión. **Palabras clave:** *Ctenosaura pectinata*; *Diospyros salicifolia*; *Pithecellobium dulce*; testa; dispersión de semillas.

INTRODUCCIÓN

La endozoocoria es el proceso por el cual los animales dispersan semillas a través del consumo directo de los frutos. Este fenómeno se ha estudiado en matorrales, bosques templados y bosques tropicales, forma parte de un ciclo complejo que conecta generaciones sucesivas de plantas e influye en la germinación y reclutamiento de algunas especies (Zarco-Mendoza *et al.*, 2018, Wang y Smith, 2002, Beckman y Sullivan 2023, Rubalcaba-Castillo *et al.*, 2023). Este mecanismo sustenta procesos evolutivos y ecológicos importantes para los sistemas vegetales, como el flujo genético, la dinámica poblacional, la expansión del área de distribución y la diversidad. 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 (Revilla y Encinas, 2015), esto provoca la escarificación de la testa de las semillas, causando una reducción en el tiempo de germinación; sin embargo, puede incrementar el riesgo de mortalidad por el daño al embrión debido a la pérdida de las capas que protegen a las semillas (Howe y Estabrook, 1977, Janzen *et al.*, 1985).

Algunas especies de reptiles de las familias Iguanidae y Tropicuridae dispersan semillas de distintas especies de plantas a través de endozoocoria (Godínez-Álvarez, 2004, Vásquez-Contreras y Ariano-Sánchez, 2016). Traveset

(1990) reportó que *Ctenosaura similis* dispersa semillas de *Acacia farnesiana* en bosques caducifolios de América Central. Por otro lado, Celedón *et al.* (2005) observaron que *Phymaturus flagellifer* es un buen dispersor de *Berberis empetrifolia*, *Rumex acetosella* y *Calandrinia* sp. e influye en la estructura y diversidad en hábitad alpino.

Vásquez-Contreras y 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* sobre la germinación de semillas de *Stenocereus pruinosus*. Indicaron que la escarificación de *S. pruinosus* producida por la endozoocoria de *C. palearis* incrementa el porcentaje de germinación y sugieren que la microbiota intestinal de esta iguana está compuesta por microorganismos que promueven la escarificación de semillas y que es un dispersor eficaz de semillas. Lasso y Santiago (2015), reportaron la primera evidencia de epizoocoria en *Iguana iguana* en el bosque seco de la Tatacoa, Huila, Colombia. Evaluaron la germinación de semillas de *Melocactus curvispinus* adheridas al hocico de las iguanas, en comparación con las semillas ingeridas y excretadas. Observaron que las semillas transportadas externamente germinan en mayor número y más rápido, en contraste con las semillas ingeridas y excretadas. Concluyeron que las iguanas podrían considerarse depredadoras y

dispersoras de semillas, dependiendo del mecanismo de transporte.

La selva baja caducifolia (SBC) es el tipo de 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 Chiapas (Ceballos *et al.*, 2010). Es considerado el ecosistema con mayor amenaza debido a la expansión de los asentamientos humanos, lo que ha generado procesos de deforestación, fragmentación y degradación (Ortega-Baranda *et al.*, 2020). Sin embargo, es un sistema resiliente ya que muestra una alta tasa de recuperación de la riqueza específica posterior a eventos de alteración natural (Gillespie *et al.*, 2000, Powers *et al.*, 2008, Ruiz y Fandiño, 2010). La existencia de banco de semillas y de plántulas en el sotobosque, así como la llegada de semillas provenientes de áreas de vegetación adyacente ligada a la dispersión de semillas asistida por animales, contribuyen al mantenimiento y dinámica de recuperación y regeneración de la SBC (Powers *et al.*, 2008, Martínez-Orea *et al.*, 2009, Pennington *et al.*, 2009).

Ctenosaura pectinata, conocida como iguana negra, iguana de cola espinosa o garrobo, pertenece a la clase Reptilia, orden Squamata y familia Iguanidae. Es una especie endémica de México y se distribuye en la costa del Pacífico, desde el sur de Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca (Gómez-Mora *et al.*, 2012). Es diurna, arbórea/terrestre y omnívora, se alimenta de hojas, flores, frutas e insectos. Habita naturalmente en regiones donde la vegetación predominante es selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y selva baja con un clima tropical y periodos de sequía (Cruz y Saldaña, 2003). Su alimentación en vida libre varía con la edad. En etapa de crías consumen principalmente insectos, mientras que en la etapa juvenil los insectos constituyen parte de la dieta y aumenta el consumo de hojas. En los adultos, en cambio, las hojas y frutos son los componentes principales en la dieta, mientras que los insectos son consumidos ocasionalmente (Cooper y Lemos, 2001, Durtsche, 2004). Arcos-García y López-Pozos (2009), con base en una revisión bibliográfica, recopilaron las especies arbóreas consumidas por *C. pectinata*, entre las que destacan *Pithecellobium dulce*, *Vachellia farnesiana*, *Spondias purpurea*, *Guazuma ulmifolia*, *Ceiba aesculifolia*, *Capparis indica*, *Couepia polyandra*, *Tabebuia* sp., *Erythrina* sp. y varias especies de los géneros *Ficus* y *Acacia*.

Las iguanas presentan un papel importante en los ambientes que habitan, participan en la

regeneración de la vegetación a través de la dispersión de semillas (Traveset, 1990, Benítez-Malvido *et al.*, 2003). Bajo tal contexto, la 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). No se han realizado estudios del efecto del paso por el tracto digestivo de reptiles sobre la germinación de semillas y desarrollo de la plántula en la SBC de la costa de Oaxaca. Por otro lado, se ha observado que, en vida libre, *C. pectinata* consume frutos de *D. salicifolia* y de *P. dulce*, dos especies vegetales que se encuentran en pequeños manchones en el área. Por lo tanto, en este estudio se evaluó el efecto del paso a través del tracto digestivo de iguana negra en la cubierta seminal de las especies arbóreas (*Diospyros salicifolia* y *Pithecellobium dulce*) y su relación con parámetros de germinación y posgerminación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de San Pedro Mixtepec, Región Costa de Oaxaca, presenta una vegetación de selva baja caducifolia, con clima cálido subhúmedo, temporadas de secas y lluvias muy marcadas, una precipitación que varía entre los 300 y 1800 mm y una altitud entre 70 a 160 msnm (Salas *et al.*, 2003). Se colectaron frutos maduros de *Diospyros salicifolia* (15°54'52''N y 97°04'42''O) y *Pithecellobium dulce* (15°52'05''N y 97°04'54''O) durante febrero y marzo del 2024 el cual corresponde con el periodo de fructificación. Los frutos de *P. dulce* son legumbres péndulas de hasta 16 cm de largo de color verde-rojizo a rosado, enroscada, contraída entre las semillas, dehiscente y con numerosas semillas de color negro envueltas por un arilo carnoso. Florece de septiembre a mayo y fructifica de marzo a junio. Los frutos de *D. salicifolia* son bayas globosas, de 2-3 cm de diámetro, verdes, tornándose amarillos o anaranjados al madurar y llegan a presentar hasta 6 semillas de entre 1.2-1.5 x 0.5-0.8 cm, pardo-rojizas brillantes. Ambas especies se distribuyen en la selva baja caducifolia (Monroy y Colín, 2004; Davidse *et al.*, 2009; García Díaz *et al.*, 2015).

Paso por el tracto digestivo de las iguanas y colecta de semillas

Se utilizaron 33 individuos machos y 33 hembras en etapa adulta de *C. pectinata*, mantenidos en

cautiverio en el Centro de Conservación y Reproducción de Iguanas de la Universidad del Mar (CECOREI-UMAR) (15° 92' 62'' LN y 97° 15' 07.8'' LO). Los individuos se distribuyeron en tres alojamientos con dimensiones de 5 x 6 m y una altura central de 3 m y piso de cemento. Las paredes eran de lámina galvanizada a 1.0 m de altura, el resto de la pared y el techo fueron cubiertas con malla de criba. Las iguanas se alimentaron diariamente con la dieta establecida por Pinacho-Santana *et al.* (2010) con algunas modificaciones, consistió en la combinación de tres tipos de alimento comercial 1) alimento para pollos en crecimiento con 14,9% de proteína cruda (PC), 58,3% de fibra detergente neutro (FDN) y 94% de materia seca (MS), 2) alimento para gallina de postura (*Gallus gallus*) (16,0% de PC; 56,8% de FDN y 92% de MS), 3) alimento para conejo (*Oryctolagus cuniculus*) con 18,5% de PC; 58,6% de FDN y 93,5% de MS. Para adaptar a la flora bacteriana de la iguana negra y estimular la escarificación, las especies vegetales a evaluar fueron mezcladas con el alimento de Pinacho-Santana *et al.* (2010) con frutos maduros de cada especie en una proporción de 1:3 por 5 días y posteriormente durante 15 días a libre acceso (periodo de adaptación). Las semillas se colectaron de forma manual de las excretas posterior a las 90 horas del periodo de adaptación (Stevens, 1977) durante 5 días y posteriormente se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio 1% (v/v) y se lavaron con agua destilada para eliminar residuos fecales (Pérez-Flores *et al.*, 2021). Las semillas que no pasaron por el tracto digestivo de las iguanas (semillas control) se lavaron con agua hasta quitar la pulpa de la fruta. Posteriormente, se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (v/v) y se enjuagaron con agua destilada hasta eliminar el olor a cloro.

Efecto del paso por el tracto digestivo de las iguanas en la cubierta seminal de las semillas

Para el análisis de las cubiertas seminales, las semillas que pasaron por el tracto digestivo de las iguanas fueron recuperadas de las excretas y posteriormente observadas a través de un microscopio digital LCD-USB (aumento de 50–1000x, pantalla LCD HD de 4.3 in), el cual fue calibrado en función del tamaño de las semillas. Se usó como control a semillas que no pasaron por el tracto digestivo de iguanas. Se usó la aplicación hiView con una amplificación de 640 x 480 para medir el rafe o línea fisural, micropilo, hilo, ancho, grosor y longitud de las semillas. Para el caso de *D. salicifolia* se midió la longitud y ancho del rafe e hilo (mm), mientras que para *P. dulce* solo se determinó el ancho de la línea fisural (mm) (Figura 1A y 1B).

Determinación de la germinación y viabilidad

Para determinar si el paso de las semillas a través del tracto digestivo de las iguanas afecta la germinación y viabilidad, se evaluaron parámetros germinativos y de viabilidad de ambas especies. Se usó como control a semillas de las dos especies provenientes de frutos que no pasaron por el tracto digestivo. Tres lotes de 20 semillas de cada especie arbórea se colocaron en papel absorbente previamente humedecido con 25 ml día⁻¹ de agua destilada estéril a 25 ± 2 °C (ISTA, 2020). Se observaron durante 12 a 21 días, se consideró como semilla germinada cuando la radícula emergió de la testa y tenía una longitud de entre 2-3 mm (ISTA, 2020). Se evaluaron los parámetros de germinación de acuerdo a las fórmulas reportadas por Flores y Méndez (2021) (Tabla1).

Tabla 1. Parámetros para evaluar la germinación de acuerdo con Flores y Méndez (2021).

Parámetro	Fórmula	Variables
Germinación final (%)	$GF = \frac{nf}{n} * 100$	nf = Número de semillas germinadas al final del ensayo n = Número de semillas al inicio del ensayo
Tiempo promedio de germinación (día)	$TPG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$	n_i = Número de semillas germinadas en el día i t_i = Número de días después de la siembra
Tasa media de germinación (día ⁻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 de 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



Figura 1. Semillas de *Diospyros salicifolia* (A) y *Pithecellobium dulce* (B). Las flechas indican las estructuras que se midieron en cada especie estudiada. r = rafe, h = hilo, lf = línea fisural.

Las semillas que no germinaron se incubaron en una solución acuosa al 1% (p/v) de cloruro de 2,3,5-trifenil-tetrazolio en oscuridad durante 72 horas y 25 ± 2 °C. La viabilidad se determinó con base en el patrón de tinción del embrión y de la intensidad de coloración de acuerdo a lo reportado por Salazar-Mercado *et al.* (2020). Los embriones totalmente teñidos de rojo intenso, se clasificaron como vivos con alto vigor; con tinción rojo pálido o con partes descoloridas, se cuantificaron como vivos con bajo vigor y los incoloros, fueron no viables.

Parámetros de crecimiento y calidad de plántulas

Las semillas germinadas se trasplantaron en un sustrato compuesto con una mezcla de 75% de suelo de monte y 25% arena (con tamaño de partícula menor a 2 mm), ambos obtenidos en la zona de estudios y desinfectados con hipoclorito de sodio al 1% (v/v). Las semillas germinadas fueron hidratadas con agua destilada y colocadas en hielera de unicel para establecerse en charolas de germinación individual de polietileno. El sustrato se humedeció a capacidad de campo para el trasplante y a temperatura de 24 ± 2 °C (Lazcano-Bello *et al.*, 2021). Se determinaron los parámetros fenológicos de supervivencia de la plántula (%), longitud de la raíz principal (mm), diámetro del cuello de la radícula, longitud y diámetro del tallo de la plántula, de acuerdo a lo reportado por Mamani *et al.* (2023).

Análisis estadísticos

Se utilizó una prueba normalidad de los datos utilizados, posteriormente se aplicó un análisis de *t Student* no pareada para la germinación, viabilidad de la semilla; así como, de los parámetros de crecimiento y calidad de la plántula de cada especie arbórea (*Diospyros salicifolia* y *Pithecellobium dulce*) con un nivel de confianza de 0.95 (SAS 2010).

RESULTADOS

Es importante mencionar que el presente trabajo reporta por primera vez el consumo de *Diospyros salicifolia* por *Ctenosaura pectinata* como parte de la dieta en la etapa adulta. Como se mencionó anteriormente, en vida silvestre las iguanas negras consumen los frutos de esta especie, además de las mencionadas por Arcos-García y López-Pozos (2009), sin embargo, no se han reportado estudios sobre el efecto del paso por el tracto digestivo de las iguanas en la cubierta de las semillas de las especies que consumen.

Análisis de las estructuras externas de las semillas

El análisis por microscopía óptica de las semillas de ambas especies con y sin el paso por el tracto digestivo mostró, que las semillas de *Diospyros salicifolia* que pasaron por el tracto digestivo de las iguanas presentaron un ancho del rafe 82.5 % mayor que las semillas control ($p < 0.01$). Con respecto al hilo, la longitud y ancho de las semillas que pasaron por el tracto digestivo fue mayor (100 %) en comparación con las semillas que no pasaron por el tracto digestivo ($p < 0.01$). En relación al ancho de las semillas, aquellas que pasaron por el tracto digestivo de *C. pectinata* presentaron un valor menor (5.95 ± 0.14 mm) en comparación con las semillas control (6.79 ± 0.11 mm) ($p < 0.01$). Un comportamiento similar se presentó en el grosor, las semillas que pasaron por el tracto digestivo mostraron un valor significativamente menor que las del grupo control ($p < 0.01$), lo que representa una reducción del 9.05 %. Esta disminución posiblemente podría estar relacionada al desgaste de las capas protectoras de las semillas. En la especie *Pithecellobium dulce*, se observó un efecto significativo del paso de las semillas por tracto digestivo en el ancho de la línea fisural ($p < 0.01$) en comparación con las semillas control (0.21 ± 0.02 mm y 0.06 ± 0.001 mm, respectivamente). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la longitud y ancho total de las semillas en ambos grupos (Tabla 2).

Efecto del paso por el tracto digestivo en la germinación y viabilidad de las semillas

El paso por el tracto digestivo de las iguanas modificó la cubierta seminal de las semillas de ambas especies arbóreas. Sin embargo, el porcentaje de germinación final no se vio afectado por este mecanismo en ninguna de las dos especies. En la Figura 2 se presenta el comportamiento de la germinación acumulativa durante el tiempo del experimento; las semillas de *D. salicifolia* que pasaron por el tracto digestivo comenzaron a germinar después del tercer día, mientras que las semillas control al noveno día (Figura 2A). No obstante, las semillas que pasaron por el tracto digestivo alcanzaron un porcentaje de germinación final del 54%, mientras que las semillas control alcanzaron el 83% ($p < 0.05$). Para el caso de *P. dulce* se observó un comportamiento contrario, las semillas control comenzaron a germinar después del día 1 (Figura 2B), llegando a un porcentaje final del 80 ± 4.74 %; mientras que las semillas que pasaron por el tracto digestivo germinaron a partir del tercer día, con un porcentaje final del 12.2 ± 2 %.

En cuanto al efecto del paso por el tracto digestivo de las iguanas en el tiempo promedio de germinación, el índice de tasa de germinación y el porcentaje de germinación final, los resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en ambas especies. Las semillas que pasaron por el tracto digestivo de las iguanas mostraron menor tiempo de germinación en comparación con las semillas no ingeridas. Por otro lado, el paso por el tracto digestivo de las iguanas negras aceleró la germinación de las semillas, reduciendo la tasa media de germinación solo en *Pithecellobium dulce* y un aumento en el coeficiente de velocidad de germinación ($44.2 \pm 3.7\%$). Estas diferencias podrían deberse a modificaciones en las estructuras que recubren a las semillas durante el paso por el tracto digestivo en las iguanas. En contraste, para la especie de *Diospyros salicifolia* no se observaron cambios significativos ($P > 0.05$) en los parámetros de tasa media de germinación y coeficiente de velocidad de germinación (Tabla 3).

Con respecto a la viabilidad de las semillas, el paso por el tracto digestivo tuvo efecto significativo ($p < 0.01$), ya que presentaron menor viabilidad (43.01%) en comparación con las semillas que no pasaron por el tracto digestivo (56.08 %). Aunque el paso por el sistema digestivo de la iguana negra no destruyó el embrión de las semillas, si disminuyó el porcentaje de semillas viables.

Efecto del paso por el tracto digestivo de *C. pectinata* en la supervivencia y crecimiento de las plántulas

La supervivencia de plántulas y el crecimiento del tallo, no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en ninguna especie, lo que podría indicar que el paso de las semillas por el tracto digestivo de las iguanas no influye en dichos procesos. Sin embargo, en el diámetro de la raíz se observó un incremento significativo ($P < 0.05$) en la especie *D. salicifolia* (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Ctenosaura pectinata desempeña un papel clave en la dinámica de los ecosistemas tropicales como dispersor de semillas (Gómez-Mora *et al.*, 2012). Schupp (1993) menciona que una característica de un dispersor es excretar las semillas completas. Las semillas de los frutos que pasaron por el tracto digestivo de las iguanas se colectaron intactas. En este sentido, en el presente estudio la caracterización de las semillas a través de microscopía óptica, mostró diferencias en las variables morfológicas entre los tratamientos con y sin escarificación intestinal. Estas diferencias permiten identificar modificaciones específicas de *D. salicifolia* y *P. dulce*, 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). Nuestros resultados de las semillas que pasaron por el tracto digestivo de las iguanas negras concuerdan con lo reportado por Celedón *et al.* (2008), quienes señalan que las semillas ingeridas por lagartos sufren abrasión en respuesta a periodos prolongados de retención del alimento. Estas modificaciones morfológicas se relacionan con la disminución promedio del peso de las semillas después del tránsito digestivo de la iguana, atribuidas principalmente a la escarificación de la testa (Howe y Estabrook, 1977, Janzen *et al.*, 1985). Las semillas de *D. salicifolia* mostraron un aumento en el ancho del hilo y ancho del rafe tras el paso por el tracto digestivo de las iguanas, sin embargo, no afectó los parámetros de germinación y la supervivencia de las plántulas. En el caso de *P. dulce*, presentaron un aumento en la velocidad de germinación, posiblemente asociado a las modificaciones morfológicas causadas por el tránsito en el sistema 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, como lo menciona Traveset (1998) y Fenner y Thompson (2005), por lo que se podría pensar que se aceleró el proceso germinativo.

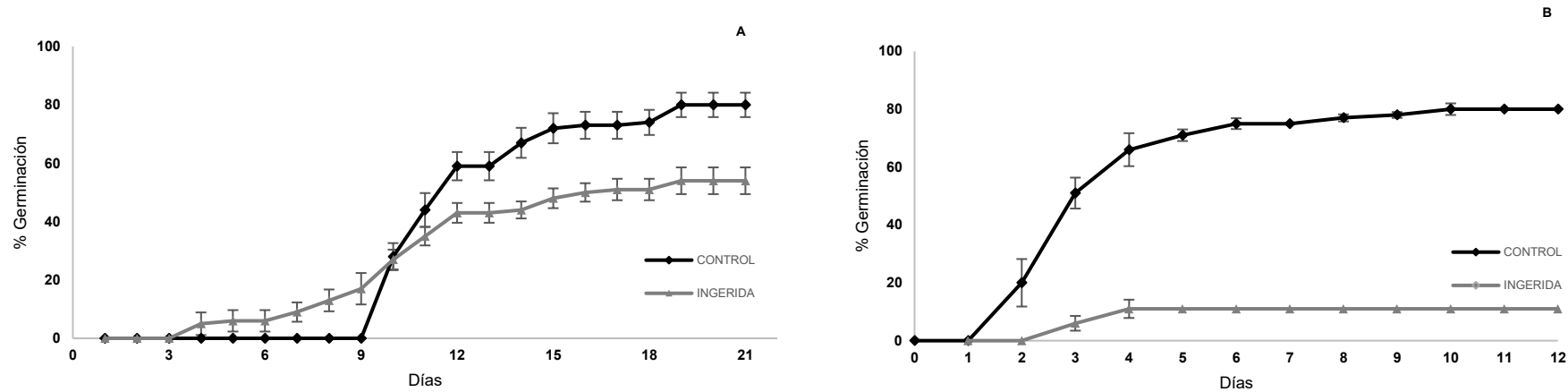


Figura 2. Tasa de germinación acumulativa de dos especies arbóreas de la selva baja caducifolia. A) *Diospyros salicifolia*, B) *Pithecellobium dulce*.

Tabla 2. Efecto del paso por el tracto digestivo de *C. pectinata* en la cubierta seminal de las semillas. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas en cada una de las especies estudiadas ($P<0.05$). Promedio de tres experimentos $\pm$ sd (desviación estándar).

Tratamiento		Longitud de rafe (mm)	Ancho de rafe (mm)	Longitud de hilo (mm)	Ancho de hilo (mm)	Grosor de la semilla (mm)	Ancho de la semilla (mm)
<i>D. salicifolia</i>	Control	12.56 $\pm$ 0.59	0.25 $\pm$ 0.009 ^a	2.12 $\pm$ 0.11 ^a	1.16 $\pm$ 0.05 ^a	4.75 $\pm$ 0.07 ^a	6.79 $\pm$ 0.11 ^a
	Paso por el tracto digestivo	12.19 $\pm$ 0.41	1.43 $\pm$ 0.09 ^b	4.65 $\pm$ 0.20 ^b	2.38 $\pm$ 0.18 ^b	4.32 $\pm$ 0.05 ^b	5.95 $\pm$ 0.14 ^b
<i>P. dulce</i>		Ancho de línea fisural (mm)				Longitud de la semilla (mm)	Ancho de la semilla (mm)
		Control				7.98 $\pm$ 0.15	6.68 $\pm$ 0.19
		Paso por el tracto digestivo				8.37 $\pm$ 0.38	7.00 $\pm$ 0.24

Tabla 3. Efecto del paso de las semillas de ambas especies por el tracto digestivo de *C. pectinata* en los parámetros de germinación.

	Tratamiento	GF (%)	TPG (días)	TMG (días ⁻¹)	CVG (%)	ITG (% día ⁻¹)
<i>D. salicifolia</i>	Control	83 ± 4.4 ^a	12.38 ± 0.25 ^a	0.08 ± 0.001	8 ± 0.15	4.59 ± 0.29 ^a
	Paso por el tracto digestivo	54 ± 4.9 ^b	10.57 ± 0.72 ^b	0.09 ± 0.007	9.66 ± 0.73	3.20 ± 0.20 ^b
<i>P. dulce</i>	Control	80 ± 4.74 ^a	3.56 ± 0.26 ^b	0.28 ± 0.02 ^b	28.7 ± 2.47 ^b	11.19 ± 1.54 ^a
	Paso por el tracto digestivo	12.2 ± 2 ^b	2.33 ± 0.21 ^a	0.44 ± 0.03 ^a	44.2 ± 3.63 ^a	4.5 ± 0.93 ^a

GF = Germinación Final, TPM = Tiempo Promedio de Germinación, TMG = Tasa Media de Germinación, CVG = Coeficiente de Velocidad de Germinación. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas en cada una de las especies estudiadas (P<0.05). Promedio de tres experimentos ± sd (desviación estándar).

Tabla 4. Efecto del paso por el tracto digestivo de *C. pectinata* en la supervivencia y crecimiento de plántulas.

	Tratamiento	Supervivencia (%)	Longitud de tallo (mm)	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de raíz (mm)	Diámetro de raíz (mm)
<i>D. salicifolia</i>	Control	36.63 ± 6.22	62.03 ± 3.88	0.84 ± 0.009	95.38 ± 1.88	1.92 ± 0.03 ^a
	Paso por el tracto digestivo	45.25 ± 5.86	72.92 ± 5.08	0.86 ± 0.02	85.89 ± 4.71	2.06 ± 0.03 ^b
<i>P. dulce</i>	Control	53.91 ± 6.22	87.29 ± 3.64	1.08 ± 0.008	21.19 ± 0.75	0.94 ± 0.02
	Paso por el tracto digestivo	61.52 ± 5.85	85.25 ± 12.68	0.98 ± 0.10	31.50 ± 8.30	0.84 ± 0.06

Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas (P<0.05). Promedio de tres experimentos ± sd (desviación estándar).

Los parámetros de germinación han demostrado que el consumo de frutos por lagartos puede generar tanto efectos positivos como negativos sobre la germinación de las semillas (Godínez-Álvarez, 2004). Iverson (1985) reportó un efecto positivo de la endozoocoria por *Cyclura rileyi* y *C. carinata* (Iguanidae) en el porcentaje de germinación final de las especies arbóreas *Coccoloba uvifera* y *Casasia clusiaefolia*, en comparación con semillas que no recibieron endozoocoria. 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*. De manera similar, Vásquez-Contreras y 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, estos autores no observaron diferencias en el grado de escarificación entre tratamientos, lo que evidencia que el incremento en la germinación no está asociada únicamente a la ruptura mecánica del endocarpio durante el tránsito digestivo. En contraste, en el presente estudio el paso por el tracto digestivo de *C. pectinata* tuvo un efecto de escarificación en la testa de las semillas, sin embargo, no se ve un efecto en la germinación final en ninguna de las dos especies estudiadas, pero sí disminuyó el porcentaje final de germinación en un 48.4%, en comparación con las semillas no ingeridas. Esta respuesta podría deberse a una mayor sensibilidad de las semillas a los jugos gástricos de la iguana negra. Esto concuerda con Burgos *et al.* (2016), quienes 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. De igual forma, 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 anterior sugiere un efecto negativo de este proceso en las semillas.

En relación con el tiempo promedio de germinación, Rodríguez-Pérez *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 en 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, que 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, el paso de las semillas de *P. dulce* por el tracto digestivo de *C. pectinata* provocó un retraso en la germinación, es decir el paso por el tracto digestivo prolongó el tiempo requerido para la germinación en un mayor número de días. Mientras que para *D. salicifolia*, aunque el paso por el tracto digestivo modificó las estructuras de la cubierta seminal (longitud y ancho de rafe e hilo) y disminuyó el tiempo promedio de germinación (1.8 días), no afectó el porcentaje final de germinación; sin embargo, se observaron diferencias en el diámetro de la raíz de las plántulas que sobrevivieron. Sarukhán *et al.* (1984) y Lasso y Santiago (2015), señalan 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, por lo que se podría plantear que el incremento en el diámetro de la raíz en plántulas provenientes de semillas que pasaron por el tracto digestivo de las iguanas también influya en la supervivencia y crecimiento, aunque se requieren más estudios.

Las semillas que estuvieron expuestas al paso por el tracto digestivo de las iguanas negras generaron menor número de plántulas evaluadas (72.88 %), respecto a las semillas que no tuvieron tránsito digestivo. Esto indica que el paso por el tracto gastrointestinal podría ocasionar daños en la testa o incluso afectar la viabilidad de la semilla, lo cual ha sido documentado en estudios con diferentes especies (Traveset *et al.*, 2001). Aunque en las especies evaluadas, el tránsito digestivo de las semillas disminuye el porcentaje de germinación, aumenta el número de plántulas que sobreviven, es relevante considerar que el paso por el tracto digestivo, cumple un papel fundamental en la dispersión espacial, favoreciendo la colonización de nuevos hábitats y la conectividad entre parches de vegetación (Contreras y Varela 2016, Pérez-Flores *et al.*, 2021).

El coeficiente de velocidad de germinación es un indicador del vigor germinativo de las semillas (Marcos-Filho, 2015). La especie *P. dulce* que

pasó por el tracto digestivo registró un coeficiente de velocidad de germinación superior, en comparación sin el proceso de escarificación. En este estudio se encontró mayor germinación en las semillas de *P. dulce* sin el paso por el tracto digestivo de la iguana, lo que sugiere que las enzimas digestivas de la iguana dañan al embrión, porque la testa es delgada. No obstante, McKey (1975), menciona que las semillas que permanecen demasiado tiempo en el tracto digestivo, tienen riesgo de sufrir 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).

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 necesitan métodos de escarificación (Cervantes *et al.*, 1996; Razz y 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 y García, 2006). En este sentido, las semillas que pasaron por el tracto digestivo de las iguanas analizadas en este estudio presentaron una tasa de germinación menor. En *P. dulce* se observó un menor valor con el proceso, esto indica que la germinación fue lenta.

CONCLUSIONES

El efecto del paso por el tracto digestivo de *Ctenosaura pectinata* en semillas de las dos especies arbóreas de la SBC modificó la cubierta seminal, los parámetros de germinación y viabilidad con base en la morfología y fisiología de cada especie. Para el caso de *Pithecellobium dulce*, presentó un aumento en la velocidad germinativa asociado a la abertura del ancho de línea fisural que podría facilitar la imbibición de agua. Mientras que en *Diospyros salicifolia*, se observó un efecto negativo en el parámetro de germinación. El efecto del paso por el tracto digestivo de la iguana negra no alteró el crecimiento de las plántulas; no obstante, disminuye el porcentaje de germinación de las semillas. Por lo que el presente trabajo muestra

que *Ctenosaura pectinata* representa un dispersor potencialmente importante en la dinámica de semillas de la selva baja caducifolia y el efecto mediado por el paso por el tracto digestivo depende de cada especie de semilla.

Acknowledgments

The authors thank the Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) for the scholarship awarded to **O.O. Reyes Rojas** for his postgraduate studies in the program in Maestría en Ciencias: Manejo de Fauna Silvestre. We also thank the Universidad del Mar for its institutional support

Funding. No support was received for this study.

Conflict of interest. The authors declare that they have no known competing financial interests of personal, academic, or institutional relationship that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Compliance with ethical standards. All applicable institutional and national guidelines for the care and use of animals were followed. This research involved the handling of wildlife in captivity and was conducted in strict accordance with the Ley General de Vida Silvestre (LGVS) and the regulations established by the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Data availability: The data is available upon justified request to the corresponding author (jmvh@aulavirtual.umar.mx)

Author Contribution Statement (CriediT).

O.O. Reyes-Rojas – Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, **J.M. Villa-Hernández** – Conceptualization, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Writing-review & editing, **J.L. Arcos-García** – Conceptualization, Formal analysis, Writing-original draft, **J. L. Rivera-Nava** – Methodology, **R. López-Pozos** – Conceptualization, Writing-original draft, **H. Santiago-Romero** – Conceptualization, Writing-original draft.

REFERENCES

- Aparecida, R.M. and García, D.S., 2006. ¿Cómo y por qué medir el proceso de germinación?. *Revista Brasil de Botânica*, 29(1), pp. 1-11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

- Arcos-García, J.L. and López-Pozos, R., 2009. La iguana negra. Fundamentos de reproducción, nutrición y manejo. Universidad del Mar. México D.F., pp. 107.
- Beckman, N.G. and Sullivan, L.L., 2023. The causes and consequences of seed dispersal. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 54, pp. 403-427. <http://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102320-104739>
- Benítez-Malvido, J., Tapia, E., Suazo, I., Villaseñor, E. and Alvarado, J., 2003. Germination and Seed Damage in Tropical Dry Forest Plants Ingested by Iguanas. *Journal of Herpetology*, 37(2), pp. 301-308. [https://doi.org/10.1670/0022-1511\(2003\)037\[0301:GASDIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2003)037[0301:GASDIT]2.0.CO;2)
- Burgos R.J.K., Avilés, R. and Kolbe, J., 2016. Effects of invasive Green Iguanas (*Iguana iguana*) on seed germination and seed dispersal potential in southeastern Puerto Rico. *Biological Invasions*, 18, pp. 775-782. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1190-6>
- Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury, J.C. and Dirzo, R., 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., pp. 591
- Celedón, N.C., Salgado, C.R. and Victoriano, P. F., 2005. Preferencias alimentarias y potencial dispersor del lagarto herbívoro *Phymaturus flagellifer* (tropiduridae) en los Andes. *Gayana*, 69(2), pp. 266-276. <http://doi.org/10.4067/S0717-65382005000200007>
- Celedón N.C., San Martín, L.A., Victoriano, P.F. and Caviere, L.A., 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), pp. 265-271. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2007.11.006>
- Cervantes, V., Carabias, J., and Vásquez, C.Y., 1996. Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of Southern México. *Forest Ecology and Management*, 82, pp. 171-184. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03671-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03671-7)
- Contreras, C. L. and Varela, C.W., 2016. Mecanismos de dispersión de diásporas en un bosque perturbado de la Cumaca, estado Carabobo, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 39(2), pp. 128-156. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_a/bv/article/view/14301
- Cooper, W.E., and Lemos, J.A.E., 2001. Coordinated Ontogeny of Food Preference and Responses to Chemical Food Stimuli by a Lizard *Ctenosaura pectinata* (Reptilia:Iguanidae). *Ethology*, 107, pp. 639-653. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0310.2001.00690.x>
- Costea, M., Miari, H.E., Laczkó, L., Fekete, R., Molnár, A.V., Lovas, K.Á. and Green, A.J., 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), pp. 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226551>
- Cruz, A. S., and Saldaña D., 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, pp. 36-43.
- Cruz-Cortes, L., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez del Valle, J. R., López Upton, J., and Velasco-Velasco, V. A., 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), pp. 89-103. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.38>
- Davidse, G., Sousa Sánchez, M., Knapp, S. and Chiang Cabrera, F., 2009. Cucurbitaceae a Polemoniaceae. 4(1):

- i–xvi. In G. Davidse, M. Sousa Sánchez, S. Knapp and F. Chiang Cabrera Fl. Mesoamer. Missouri Botanical Garden, St. Louis, pp 855.
- Domínguez-Domínguez, L.E., Morales-Mávil, J.E., and Alba-Landa, J., 2006. Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae) defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*). *Revista de Biología Tropical*, 54(2), pp. 387-394. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000200016
- Durtsche, R.D., 2004. Ontogenic variation in digestion by the herbivorous lizard *Ctenosaura pectinata*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77, pp. 459-470. <https://doi.org/10.1086/383502>
- Fenner, M. and Thompson, K., 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press. Cambridge, UK, pp. 262.
- Flores, A. and Méndez, J.G., 2021. Evaluación cuantitativa de la germinación de *Quercus variabilis* Blume en tres tamaños de semilla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(68), pp. 202-211. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i68.1104>
- García Díaz, R., Cuevas Sánchez, J.A., Segura Ledesma, S. and Basurto Peña, F., 2015. Análisis panbiogeográfico de *Diospyros* spp. (Ebanaceae) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), pp. 187-200. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.749>
- Gillespie, T.W., Grijalva, A. and Farris, C.N., 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*, 147, pp. 37-47. <http://doi.org/10.1023/A:1009848525399>
- Godínez-Álvarez, H., 2004. Polinización y dispersión de semillas por lagartijas: una revisión. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77(3), pp. 569-577. http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/2004/3/Godinez-Alvarez_2004.pdf
- Gómez-Mora, A., Sauzo-Ortuño, I. and Alvarado-Díaz, J., 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, pp. 67-74. <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=139>
- Howe, H.F. and Estabrook, G.F., 1977. On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. *The American Naturalist*, 111, pp. 817-832. <https://doi.org/10.1086/283216>
- ISTA International Seed Testing Association. 2020. International Rules for Seeds Testing. Suiza: Bassersdorf.
- Iverson, J.B., 1985. Lizards as seeds dispersers? *Journal of Herpetology*, 19, pp. 292-293. <https://doi.org/10.2307/1564185>
- Janzen, D.H., Demment, M.W. and Robertson, J.B., 1985. How fast and why do germinating guanacaste seeds (*Enterolobium cyclocarpum*) die inside cows and horses. *Biotropica*, 14, pp. 322-325. <https://doi.org/10.2307/2388595>
- Lasso, E. and Santiago, B.L., 2015. Epizootocoría por medio de iguanas en el bosque seco: ¿un mecanismo de dispersión de semillas pasado por alto? *Colombia Forestal*, 18(1), pp. 151-159. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a09>
- Lazcano-Bello, M.I., Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, M.A., Hernández-Hernández B.N., Ocampo-Flores, I. and Díaz-Ruiz, R., 2021. Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, pp. 61-76. <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450>
- Liu, H., Platt, S. G. and Borg, C.K., 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. *Oecología*, 138(4), pp. 539-546. <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1445-7>

- Mamani, S, Chalco, B.V., Pillco, H.C.T. and Nova, M.P., 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), pp. 61-70. <https://doi.org/10.53287/okiz7115eh43c>
- Marcos-Filho, J., 2015. Pruebas de vigor de semillas: una visión general de la perspectiva pasada, presente y futura. *Scientia Agrícola*, 72(4), pp. 363-374. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Martínez-Orea, Y., Castillo-Argüero, S. and Guadarrama-Chávez, P., 2009. La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. *Ciencias*, 96, pp. 38-41. <https://new.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/96/B3/B3.pdf>
- McKey, D., 1975. The ecology of coevolved seed dispersal system. Coevolution of animals and plants. University of Texas, EEUU, pp 159.
- Monroy, R., and Colín, H., 2004. El guamúchil *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, un ejemplo de uso múltiple. *Madera y Bosques*, 10(1), pp. 35-53. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1011278>
- Morales-Santos, M.E., Peña-Valdivia, C.B., García-Esteva, A., Aguilar-Benítez, G. and Kohashi-Shibata, J., 2017. Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), pp. 43-62. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1277>
- Ortega-Baranda, V., Sánchez-Bernal, E.I., Sánchez-Aragón, L., Luis-Reyna, M.A., and Ruvalcaba-Gómez, G., 2020. Vegetación arbórea de selvas bajas caducifolias en suelos litosoles y regosoles eutricos degradados. *Terra Latinoamericana*, 38(2), pp. 377-390. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.611>
- Pennington, R.T., Lavin, M. and Oliveira, F.A., 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 40, pp. 437-457. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327>
- Pérez-Flores, G.A., Sánchez-Sánchez, M., Sánchez-Alarcón, J., García de Jesús, S. and Flores-Morales M., 2021. Dispersión por endozoocoría de plantas en un bosque de encino de Tlaxcala por el cacomixtle (*Bassaridus astutus*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3), pp. e2793. <http://doi.org/10.19136/era.a8n3.2794>
- Pinacho-Santana, B., Arcos-García, J.L., López-Pozos, R., Mendoza, M.G.D., and Plata, P.F.X., 2010. Parámetros reproductivos de la iguana verde (*Iguana iguana*) en condiciones de cautiverio en Oaxaca, México. *Revista Científica FCV-LUZ*, 20(5), pp. 467-472. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15587>
- Powers, J.S., Becknell, J.M., Irving, J. and Pérez, A.D., 2008. Diversity and structure of regenerating dry tropical forest in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *Forest Ecology and Management*, 258, pp. 959-970. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.036>
- Razz, R. and Clavero, T., 1996. Métodos de escarificación en semillas de *Humboldtella ferruginea* y *Leucaena leucocephala*. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 13, pp. 73-77. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26056>
- Revilla, T.A. and Encinas, V.F., 2015. Ecología y evolución de la endozoocoria. *Acta Biológica Venezolana*, 35 (2), pp. 187-215. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revista_abv/article/view/10317
- Rodríguez-Pérez, J., Riera, N. and Traveset, A., 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), pp. 699-706.
<https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2005.00971.x>
- Rubalcaba-Castillo, F.A., Valdivia-Flores, A.G., Luna-Ruiz J.J., Ñíguez-Dávalos, L.I., Martínez-Calderón, V.M., Meraz Jiménez, A.J and Sosa-Ramírez, J., 2023. Effect of endozoochoric and diploendozoochory by captive wild mammals on *Juniperus deppeana* seeds. *Ecology and Evolution*, 13, pp. e10262.
<http://doi.org/10.1002/ece3.10262>
- Ruiz, J. and Fandiño, M.C., 2010. The impact of hurricane Beta on the forest of Providencia Island, Colombia, southwest Caribbean. *Caldasia*, 32(2), pp. 425-434.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322010000200013
- Salas, M., Saynes, A.V. and Schibli, L., 2003. Flora de la costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 72, pp. 21-58.
<https://doi.org/10.17129/botsci.1669>
- Salazar-Mercado, S.A., Quintero-Caleño, J.D. and Bustos-Urbano, V.J., 2020. Implementación de la prueba de tretrazolio en las semillas de *Raphanus sativus* L. *Revista Facultas de Ciencias Básicas*, 15(2), pp. 7-15.
<https://doi.org/10.18359/rfcb.3831>
- Sarukhán, J., Martínez-Ramos, M. and Pinero, D., 1984. The analysis of demographic variability at the individual levels and its population consequences. In: R. Dirzo and J. Sarukhán, eds. *Perspectives in Plant Population Ecology* 83-106 pp.
- Schupp, E.W., 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio*, 107/108, pp. 15-29.
<http://doi.org/10.1007/BF00052209>
- 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. Ed. Melvin M. J. Swenson (Ed.). Cornell University Pres, USA. 914 pp.
- Traveset, A., 1990. *Ctenosaura similis* Gray (Iguanidae) as a Seed Disperser in a Central American Deciduous Forest. *The American Midland Naturalist*, 123, pp. 402-404.
<https://doi.org/10.2307/2426569>
- Traveset, A., 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 1(2), pp. 151-190.
<https://doi.org/10.1078/1433-8319-00057>
- Traveset, A., Riera, N. and Mas, R.E., 2001. Passage through bird guts causes interspecific differences in seed germination characteristics. *Functional Ecology*, 15, pp. 669-675.
<https://doi.org/10.1046/j.0269-8463.2001.00561.x>
- Vásquez-Contreras, A. and Ariano-Sánchez, D., 2016. Endozoochory by the Guatemalan black iguana, *Ctenosaura palearis* (Iguanidae), as a germination trigger for the organ pipe cactus *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae). *Mesoamerican Herpetology*, 3, pp. 662-66.
- Wang, B.J. and Smith, T.B., 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology and Evolution*, 17(12), pp. 379-385.
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02541-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02541-7)
- Zarco-Mendoza, P., Ríos-Casanova, L. and Godínez-Álvarez, H., 2018. Dispersal and gemination of seeds ingested by carnivores in the Zapotitlan de las Salinas Valley, Mexico. *PoliBotánica*, 46, pp. 139-147.
<http://doi.org/10.18387/polibotánica.46.7>