

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación del efecto de la endozoocoria por parte de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*: Iguanidae) sobre la germinación de semillas del tuno de órgano (*Stenocereus pruinosus*: Cactaceae)

Trabajo de investigación presentado

por Alejandro Vásquez Contreras

para optar al grado de Licenciado en Biología.

Guatemala

2015

Evaluación del efecto de la endozoocoria por parte de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*: Iguanidae) sobre la germinación de semillas del tuno de órgano (*Stenocereus pruinosus*: Cactaceae)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Evaluación del efecto de la endozoocoria por parte de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*: Iguanidae) sobre la germinación de semillas del tuno de órgano (*Stenocereus pruinosus*: Cactaceae)

Trabajo de investigación presentado

por Alejandro Vásquez Contreras

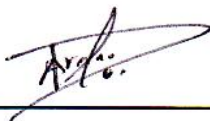
para optar al grado de Licenciado en Biología.

Guatemala

2015

Vo. Bo.:

(f)



M.Sc. Daniel Ariano Sánchez

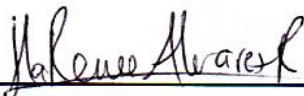
Tribunal Examinador:

(f)



M.Sc. Daniel Ariano Sánchez

(f)



Lic. María Renée Álvarez Ruano

(f)



Lic. Margarita Palmieri Santisteban

Fecha de aprobación: Guatemala 5 de noviembre de 2015

PREFACIO Y AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo y ayuda de varias personas e instituciones. Sin su involucramiento este proyecto no hubiera sido llevado a cabo o finalizado. En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor y profesor Daniel Ariano-Sánchez, quien me ayudó con este y otros proyectos (que no lograron llevarse a cabo) de tesis durante el último año. Además de guiarme y apoyarme con ideas, literatura, consejos y contactos, me presionó a llevar a cabo cada paso de la tesis con la mayor calidad posible. Segundo, le agradezco profundamente a los guardarrrecursos de la Reserva para la Conservación del Heloderma y del Bosque Seco del Valle del Motagua (RNH), Gilberto Salazar y Erik López, sin los cuales jamás hubiera logrado llevar a cabo el trabajo de campo. Para ejemplificarlo con claridad, no fui capaz de capturar ninguna *Ctenosaura palearis* por mi cuenta.

Agradezco a la International Iguana Foundation (IIF) por los fondos destinados para el trabajo de campo de esta investigación. También agradezco a la ONG Zootropic por proporcionar el personal de trabajo, los permisos para trabajar en sus terrenos, por las instalaciones, equipo y hospedaje. Al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) por otorgarme los debidos permisos de investigación y de colecta. Además, a la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) por darme acceso a instalaciones, equipo y material, así como por darme los lineamientos y permisos necesarios para llevar a cabo esta tesis. Agradezco al Comité de Ética, Uso y Cuidado animal de la UVG (CEUCA-UVG), por autorizar este proyecto, en especial a Vanessa Granados que me asesoró para realizar un protocolo adecuado para el manejo de los individuos de *C. palearis* utilizados en esta investigación. Gracias al Laboratorio de Protección Vegetal de la UVG (LPV-UVG) por permitirme utilizar el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales para la germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus*.

Sin el apoyo emocional, económico y constante presión de mis padres, Ana Carolina Contreras y Miguel Ángel Vásquez nunca hubiera podido siquiera empezar el presente proyecto. También agradezco a sus respectivas parejas, Marco Tulio Álvarez y Ana Esther Díez por su apoyo. De forma especial agradezco a mis queridas amigas Regina Zaghi, Andrea Navas y Melissa Villatoro por todo el apoyo emocional e incondicional amistad durante este largo proceso. Tanto mi abuela Eugenia Cáceres, como mi primo Francisco Morales me acompañaron y ayudaron a instalarme en la RNH en diferentes ocasiones.

Agradezco también a las siguientes personas: Margarita Palmieri, por darme los permisos necesarios de LPV-UVG para la siembra de semillas y por ayudarme en afinar la metodología, especialmente la parte de germinación. A María Renée Álvarez por darme ideas y consejos para llevar a cabo el diseño experimental de germinación. A Claire Dallies, directora del Departamento de Biología por las revisiones y observaciones que le realizó a mi proyecto, así como por ayudarme con los trámites necesarios para llevar a cabo la presente tesis. A Johana Gil por ayudarme durante la medición y sexado de algunas *C. palearis*.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
A. Antecedentes	1
B. Justificación	9
C. Objetivos	11
D. Hipótesis de trabajo	12
II. MÉTODOS	13
III. RESULTADOS	21
IV. DISCUSIÓN	25
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. LITERATURA CITADA	31
V. ANEXOS	38

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Porcentaje de semillas germinadas de <i>Stenocereus pruinosus</i> bajo los tratamientos: (1) control, (2) semillas extraídas manualmente, (3) endozoocoria por <i>C. palearis</i> con posterior esterilización y (4) endozoocoria por <i>C. palearis</i> .	22

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Tuno de órgano (<i>Stenocereus pruinosus</i>) de la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, Cabañas, Zacapa. Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras.	4
2. Fruto inmaduro de <i>Stenocereus pruinosus</i> . Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras.	5
3. Iguana de órgano <i>Ctenosaura palearis</i> capturada en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, Cabañas, Zacapa. Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras.	7
4. Mapa del área de colecta de <i>Ctenosaura palearis</i> en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, municipio de Cabañas Zacapa.	14
5. Búsqueda y captura de individuos de <i>Ctenosaura palearis</i> en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, Cabañas, Zacapa. Fotografías tomadas por Alejandro Vásquez Contreras.	16
6. Heces colectadas de individuos de <i>Ctenosaura palearis</i> alimentados únicamente con frutos de <i>Stenocereus pruinosus</i> . Fotografías tomadas por Alejandro Vásquez Contreras.	17
7. Cajas de petri con tratamientos de germinación de semillas de <i>Stenocereus pruinosus</i> en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad del Valle de Guatemala. Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras.	19
8. Diagrama de flujo de la metodología y análisis estadístico.	20
9. Plántulas de <i>Stenocereus pruinosus</i> germinadas con diferentes tratamientos en cajas de petri por 40 días, a 25°C y fotoperiodo de 12 horas. Fotografías tomadas por Alejandro Vásquez Contreras.	21

10. Diagramas de caja de porcentajes de germinación de semillas de *Stenocereus pruinosus*. (A) Diagramas de caja con todos los datos obtenidos. (B) Diagramas de caja sin datos atípicos.

23

RESUMEN

La iguana de órgano *Ctenosaura palearis* es una especie endémica y amenazada de la región semiárida del valle del Motagua. *C. palearis* ha sido sugerida como dispersora de las semillas del cactus columnar *Stenocereus pruinosus*, que es fuente importante de alimento para muchas especies de esta región. En esta investigación evalué el efecto de la endozoocoria por parte de *C. palearis* sobre la germinación de las semillas de *S. pruinosus*. Analicé el efecto de desinhibición al remover la pulpa de las semillas, la escarificación de las semillas al pasar por el tracto digestivo de *C. palearis* y el agregado de componentes microbiológicos de su sistema digestivo. Capturé 20 iguanas de órgano en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, Cabañas, Zacapa. Las alimenté por siete días exclusivamente con frutos de *S. pruinosus* y luego recolecté sus heces. Realicé ensayos de germinación *in vitro* de varios tratamientos (control, semillas sin escarificar y semillas que pasaron por el tracto de *C. palearis*, tanto desinfectadas como sin desinfectar) con semillas de *S. pruinosus* y comparé sus porcentajes de germinación. La germinación de las semillas aumentó significativamente por el efecto de endozoocoria. Remover de la pulpa fue fundamental para la desinhibición de las semillas. La escarificación de las semillas por parte del tracto digestivo de *C. palearis* no fue importante para la germinación. Los componentes microbiológicos del sistema digestivo de *C. palearis* generaron el mayor incremento en la germinación de las semillas de *S. pruinosus*. Por lo tanto, sugiero que existe una relación coevolutiva entre estas especies y que *C. palearis* es el principal y más efectivo dispersor de semillas de *S. pruinosus*.

Palabras clave: endozoocoria, *Ctenosaura palearis*, *Stenocereus pruinosus*, germinación, desinhibición, escarificación, componentes microbiológicos

ABSTRACT

The Black Iguana *Ctenosaura palearis* is an endemic and endangered species from the semiarid region of the Motagua Valley. *C. palearis* has been suggested as a seed disperser of the columnar cactus *Stenocereus pruinosus*, which is an important source of water and food for many species of this region. In this work I assess the endozoochory effect of *C. palearis* upon the germination of *S. pruinosus* seeds. I analyzed the disinhibition of the seeds germination by removing the pulp from them, the scarification of seeds that went through the digestive tract of *C. palearis*, and the addition of chemical and biological substances from the digestive system of the lizard to the seeds. I captured 20 Black Iguanas in the Heloderma Natural Reserve, fed them exclusively with *S. pruinosus* fruits for seven days, and then recollected their feces. I performed *in vitro* germination assays of various *S. pruinosus* seeds treatments, and compared their germination percentages. Seed germination increased by a significant margin because of the endozoochory effect. Removal of fruit pulp was important to disinhibit the germination of seeds. Scarification of the seeds by the passing in the *C. palearis* digestive system did not increase its germination. The adding of chemical and biological substances of the *C. palearis* digestive tract increased the most the germination of *S. pruinosus* seeds. Therefore, I suggest that a coevolutionary relationship exists between this species, and that *C. palearis* is the main and most effective disperser of *S. pruinosus* seeds.

Key words: endozoochory, *Ctenosaura palearis*, *Stenocereus pruinosus*, germination, disinhibition, scarification, microbiological components

I. INTRODUCCIÓN

Una gran parte de las plantas producen frutos que atraen animales. Estos, al consumir los frutos, pueden dispersar las semillas a sitios alejados de la planta parental. Lo que contribuye a la regeneración y colonización de nuevos sitios. El tuno de órgano (*Stenocereus pruinosus*) es un cactus columnar característico de la región semiárida del Valle del Motagua. Su fruto es una de las principales fuentes de alimento para varias especies animales, en especial durante la época seca. La iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) es una de las especies principales que se alimentan de los frutos de *S. pruinosus*, siendo un potencial dispersor de sus semillas. En el presente estudio busco determinar el efecto del paso de semillas de *S. pruinosus* por el tracto digestivo de *C. palearis* sobre la germinación de las mismas.

A. Antecedentes

1. Endozoocoria. La endozoocoria es un tipo de dispersión de propágulos de plantas en el que las semillas (rodeadas por un fruto) pasan por el sistema digestivo de algún animal (Traveset *et al.* 2007). La endozoocoria incluye la dispersión por consumo de frutos carnosos (Debussche e Isenmann 1989, Tabarelli y Peres 2003) y por consumo de semillas de gramíneas (Janzen 1984, Gardener *et al.* 1993, Cosyns 2004). Las plantas con frutos carnosos han evolucionado bajo la presión de varios factores que afectan los caracteres de las semillas y los frutos, entre ellos: digestión de las semillas (Pakeman *et al.* 2002), selección por parte de frugívoros y granívoros (Debussche e Isenmann 1989, Traveset *et al.* 2007), depredación por parte de hongos, insectos y microbios (Cipollini y Levey 1997) y factores abióticos como lluvia, luz y temperatura (Traveset *et al.* 2007). Las adaptaciones principales para la endozoocoria se relacionan con la resistencia de las semillas a la digestión (Pakeman *et al.* 2002) y factores de atracción hacia los dispersores (Debussche e Isenmann 1989). Los principales factores de atracción se encuentran en el fruto e incluyen

color, tamaño, olor, retención del fruto en plantas parentales y protección (cubierta) del fruto (Debussche e Isenmann 1989).

La endozoocoria afecta de varias maneras a las semillas y a su posterior germinación. Uno de los principales efectos es la remoción de la pulpa del fruto, la cual suele contener sustancias inhibitoras de la germinación (Meyer y Witmer 1998, Yagihashi *et al.* 1998, Traveset *et al.* 2007). Además, la remoción de la pulpa puede fomentar la germinación al cambiar la presión osmótica y el régimen de luz sobre la semilla (Meyer y Witmer 1998). Otro efecto es el de la escarificación de la cubierta de la semilla, permitiendo el contacto del endospermo con el ambiente externo (Traveset 1998). El grado de escarificación varía según el tiempo de retención en el sistema digestivo, el cual depende de la especie que lo ingiere y de los caracteres intrínsecos de los frutos y las semillas (Traveset 1998; Traveset *et al.* 2001a).

El material fecal con el que las semillas son depositadas afecta la germinación y/o el crecimiento de las plántulas, aumentándolo o disminuyéndolo (Traveset *et al.* 2001b, Cosyns *et al.* 2005, Couvreur *et al.* 2005). Influye de manera diferente dependiendo de la especie y la dieta del dispersor (Traveset *et al.* 2001b). La dieta posee un gran efecto, incluso dentro de la misma especie de dispersor, debido a que la misma cambia con la estacionalidad y puede poseer diferentes cantidades y tipos de proteínas, carbohidratos, compuestos como carbonato de calcio, entre otros (Willson 1993, Traveset *et al.* 2001b). También el efecto alelopático de otras semillas presentes en las heces puede inhibir la germinación (Loiselle 1990). Este efecto varía según la mezcla de semillas de distintas especies, así como la agregación de las mismas, lo cual a su vez depende de la dieta y del tipo de heces del dispersor (Stiles y White 1986, Stiles 2000).

La mayoría de estudios de endozoocoria muestran que los *taxa* que poseen un mayor efecto positivo sobre la germinación de semillas son las aves y murciélagos (Traveset y

Verdú 2002). Los mamíferos no voladores tienden a mostrar un efecto positivo, pero más reducido, mientras que los reptiles poseen un efecto aparentemente no significativo (Traveset y Verdú 2002). En el caso de los peces no se conoce su efecto, a pesar de ser teóricamente fundamentales en la dispersión de semillas en sistemas riparios (Traveset y Verdú 2002). Sin embargo, a pesar de que el número de estudios realizados con reptiles es bajo, existen estudios que indican que los saurios sí afectan la dispersión y germinación de semillas (Traveset 1990, Godínez-Álvarez 2004, Cotí y Ariano-Sánchez 2008, Burgos-Rodríguez 2014, Moura *et al.* 2015). Este tipo de dispersión, llamada saurocoria, ha sido observada en *Iguana iguana* (Burgos-Rodríguez 2014, Moura *et al.* 2015), *Ctenosaura similis* (Traveset 1990) y sugerida para *Ctenosaura palearis* (Cotí y Ariano-Sánchez 2008).

2. Tuno de órgano. El tuno de órgano o guanojo, *Stenocereus pruinosus* (Otto ex Pfeiff.) Buxb. (Figura 1) (Véliz 2008), es una cactácea perteneciente a una de las tribus de cactus columnares, Pachycereeae (Arias *et al.* 1997). *S. pruinosus* se distribuye en regiones semiáridas de Guatemala y en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán de México (Arias *et al.* 1997). Son plantas arbustivas que miden de dos a cinco metros de altura (Arias *et al.* 1997, Véliz 2008), llegando hasta ocho metros (Parra *et al.* 2010). Poseen ramas verdes de ocho a diez centímetros de ancho, ensanchándose en la base, con cinco a ocho costillas y un ápice blanquecino pruinoso (Arias *et al.* 1997, Véliz 2008). Posee flores de siete a diez centímetros de largo, con forma de embudo, tépalos externos rígidos y pardo-verdosos y tépalos internos blancos y carnosos (Arias *et al.* 1997). Presentan frutos de cuatro a ocho centímetros de largo, ovoides, de color rojo, púrpura o anaranjado-verdoso, pulpa roja, púrpura o anaranjada, con espinas deciduas y semillas negras de 2.0-2.5 centímetros de largo (Figura 2) (Arias *et al.* 1997, Véliz 2008).

FIGURA 1. Tuno de órgano (*Stenocereus pruinosus*) de la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, Cabañas, Zacapa.



(Fuente: Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras)

En ecosistemas áridos los cactus columnares proporcionan una gran cantidad de recursos en forma de nutrientes y agua a varias especies consumidoras (Wolf y Martínez 2003). Producen una gran cantidad de frutos y flores, en especial durante épocas secas, que son consumidos por varios animales, sirviendo como especies fundadoras (Wolf y Martínez

2003). La pulpa de los frutos aporta una mezcla de agua y azúcares, mientras que las semillas contienen proteínas, lípidos y carbohidratos (Wolf y del Río 2003). Además, proporcionan alimento en forma de polen y néctar a especies polinizadoras, principalmente murciélagos y aves (Ruíz y Soriano 2000, Wolf y Martínez 2003, Cajas *et al.* 2008). En el caso de *S. pruinosus*, los principales polinizadores son los murciélagos *Leptonycteris curasoae*, *Glossophaga soricina* y *Anoura geoffroyii* y las aves *Icterus gularis*, *Icterus pustulatus* y *Melanerpes aurifrons* (Cajas *et al.* 2008). El fruto de *S. pruinosus* es uno de los alimentos principales de la iguana de órgano (Cotí y Ariano-Sánchez 2008).

FIGURA 2. Fruto inmaduro de *Stenocereus pruinosus*.



(Fuente: Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras)

Los cactus columnares han sido utilizados y manejados por lo menos desde hace 800 años en la región Mesoamericana como fuente de alimento (Smith 1967, González 1972), para forraje, por sus propiedades medicinales, como combustible, cercos vivos, como material de construcción para casas y para jardinería (Casas *et al.* 1999a). Los frutos de *S.*

pruinus suelen poseer mayor calidad y un mayor valor económico que otros cactus columnares en las regiones donde se distribuyen (Casas *et al.* 1999a, Parra *et al.* 2010). Debido a su uso tradicional y domesticación en jardines ha producido selección artificial de varios caracteres, como frutos de mayor tamaño y sabor más dulce, pulpas de diferentes colores, cáscaras más delgadas o gruesas y con menor número de espinas (Casas *et al.* 1999a). Este manejo tradicional permite que se mantenga un alto flujo y variedad genética en las poblaciones cultivadas y probablemente en las silvestres debido al efecto de polinizadores y dispersores de semillas (Casas *et al.* 1999b, Casas *et al.* 2007, Parra *et al.* 2008).

3. Iguana de órgano. La iguana de órgano, *Ctenosaura palearis* (Figura 3), descrita por Stejneger en 1899, pertenece a la familia Iguanidae. Es endémica a la región del Valle del Motagua que incluye los departamentos de Zacapa y El Progreso (Acevedo 2006). Su hábitat es una combinación de matorral espinoso y bosque seco, con una elevación de 350 a 700 msnm. La iguana de órgano es una especie principalmente arbórea que utiliza ramas y troncos huecos como refugio, especialmente los tallos secos de *S. pruinosus*. Estas iguanas son relativamente pequeñas, con una longitud de rostro a cloaca promedio de 15 cm en hembras y 20 cm en machos (Cotí y Ariano-Sánchez 2008). Poseen una papada blanca y negra debajo de su garganta y el color del cuerpo varía de gris a negro, con bandas separadas por filas de puntos pálidos pequeños (Köhler 2003). La cola posee una única fila de escamas intercaladas entre cada escama alargada y espinosa (Köhler 2003). La coloración de los machos cambia durante la época de apareamiento, en la cual la cabeza se vuelve rojiza o anaranjada y puntos anaranjados aparecen en la superficie dorsal (Lee 2000). El cortejo y apareamiento ocurre entre los meses de enero y febrero, luego de los cuales las hembras ponen de seis a doce huevos entre marzo y abril, en túneles que cavan en la arena (Cotí y Ariano-Sánchez 2008).

FIGURA 3. Iguana de órgano *Ctenosaura palearis* capturada en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, Cabañas, Zacapa.



(Fuente: Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras)

La iguana de órgano es mayormente vegetariana, aunque se alimenta de insectos ocasionalmente. Uno de sus principales alimentos es el fruto de *S. pruinosus* y podría cumplir un rol importante en la dispersión de semillas de dicho cactus. *C. palearis* podría ser considerada una especie clave debido a que sus huevos son una fuente de alimento importante para el lagarto escorpión (*Heloderma charlesbogerti*), es presa de diversas especies de aves rapaces y a su vez es potencial dispersora de varias especies vegetales (Cotí y Ariano-Sánchez 2008). *H. charlesbogerti* es una especie de saurio venenosa endémica al valle del Motagua y se encuentra en grave peligro de extinción (Ariano-Sánchez 2006, Ariano-Sánchez 2007, Ariano-Sánchez y Salazar 2007). La carne y huevos de *C. palearis* son utilizados para el consumo humano con relevancia para la seguridad alimentaria de los pobladores de la región (Cotí y Ariano-Sánchez 2008, Pasachnik y Ariano 2010, Ariano-Sánchez y Pasachnik 2013).

C. palearis se encuentra categorizada como “En Peligro” en la lista roja de la UICN (Ariano-Sánchez y Pasachnik 2013) y bajo el apéndice II de CITES (Pasachnik y Ariano 2010). El número de individuos de *C. palearis* calculado varía entre 2500 y 5000 (CITES 2010). Esta especie tiene una distribución actual de aproximadamente 598 km² (Ariano-Sánchez y Pasachnik 2013). Se han identificado 25 subpoblaciones fragmentadas de *C. palearis*, siendo la más grande la que se encuentra cerca del municipio de Cabañas, Zacapa, con un estimado de 140 individuos maduros (Ariano-Sánchez y Pasachnik 2013). Las principales amenazas para esta especie son la pérdida de hábitat por cambio de uso de suelo, malas prácticas de cacería para consumo y extracción ilegal para comercio, principalmente internacional, como mascotas exóticas (Pasachnik y Ariano 2010).

4. Estudios previos de germinación de *Stenocereus pruinosus*. Únicamente existen dos estudios en los que se ha experimentado y reportado la germinación de semillas de *S. pruinosus* (Guillén *et al.* 2009; Guillén *et al.* 2011). En los mismos se comparó el porcentaje de germinación de varias especies de cactus columnares (incluyendo *S. pruinosus*) a diferentes potenciales de agua (Guillén *et al.* 2009; Guillén *et al.* 2011). En ambos, *S. pruinosus* mostró un mayor porcentaje de germinación a un potencial de germinación de 0.0 Mega Pascales (MPa), para el cual utilizaron agua destilada, indicando que es una especie especialmente dependiente a grandes cantidades de agua para una germinación efectiva y que es susceptible a sequías (Guillén *et al.* 2009; Guillén *et al.* 2011). En ambos estudios, el porcentaje de germinación fue de casi 100% después de 15 a 20 días de tratamiento a 0.0 MPa (Guillén *et al.* 2009; Guillén *et al.* 2011). Estos datos son importantes debido a que constituyen una línea base sobre la cual se puede comparar los efectos de la endozoocoria de *C. palearis* sobre la germinación de semillas de *S. pruinosus*.

B. Justificación

El tuno de órgano *Stenocereus pruinosus* es un cactus columnar dominante en los ecosistemas semiáridos del Valle del Motagua. Como otros cactus columnares, puede ser considerado una especie fundadora en estos ecosistemas (principalmente bosque seco y matorral espinoso), debido al papel que juegan como fuente de alimento para animales consumidores al producir grandes cantidades de flores y frutos, así como reservorios de grandes cantidades de agua durante época seca (Wolf y Martínez 2003). Además, *S. pruinosus* sirve como refugio, sitio de apareamiento y de alimentación de una especie clave de los bosques secos del Valle del Motagua: la iguana de órgano *Ctenosaura palearis* (Cotí y Ariano-Sánchez 2008), por lo que dicho cactus puede ser considerado una especie clave para el Valle del Motagua.

C. palearis ha sido considerada una especie clave de estos ecosistemas debido al papel que juega sobre otras especies, sobre todo como alimento de *Heloderma charlesbogerti*, la cual se encuentra en grave peligro de extinción (Ariano-Sánchez 2007, Cotí y Ariano-Sánchez 2008). Además, es probablemente el principal dispersor de semillas de *S. pruinosus*, debido a que durante la época seca se alimenta principalmente de este fruto y se han encontrado semillas en las heces y piel gular de *C. palearis* (Cotí y Ariano-Sánchez), presentando un posible caso de endozoocoria que aún no ha sido evaluado.

Según el Plan de Conservación de las Regiones Secas de Guatemala (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC 2011), quedan 134,377 hectáreas de bosque seco en el Valle del Motagua (un 47% de la cobertura original) debido principalmente a la conversión a agricultura de riego de exportación. La conservación de los bosques secos guatemaltecos es de gran importancia debido a la gran cantidad de biota endémica y única que presenta, además de la gran cantidad de servicios (*eg.*, frutos, leña, servicios ecosistémicos como el abastecimiento de agua y conservación del suelo, entre otros) que proporciona a las personas que viven cerca o en estos ecosistemas (Barrance *et al.* 2009).

Se han realizado algunos estudios de distribución (Ariano-Sánchez y Cotí 2008); historia natural (Cotí 2008), morfología (Köhler y Vesely 1996), estado de conservación (Cotí y Ariano-Sánchez 2008, Pasachnik y Ariano-Sánchez 2010) y filogenia de la iguana de órgano *Ctenosaura palearis* (Buckley y Axtell 1997; Pasachnik *et al.* 2010). Sin embargo, a la fecha aún continúa siendo desconocido el papel real que esta especie desempeña en la dispersión de semillas y germinación del cactus columnar *S. pruinosus*.

Evaluar el rol de *C. palearis* como potencial dispersor de semillas de *S. pruinosus* es importante para determinar estrategias de propagación de este cactus columnar, así como el diseño de mejores estrategias de la conservación y regeneración del bosque seco en la región semiárida del Valle del Motagua. Por tanto, es importante estudiar este peculiar caso de endozoocoria para cuantificar el efecto que dicha iguana posee sobre la dispersión de *S. pruinosus*.

C. Objetivos

1. Objetivo general

- Evaluación del efecto de la endozoocoria por parte de *C. palaris* sobre la germinación de semillas de *S. pruinosus*.

2. Objetivos específicos

- Evaluación del efecto de la escarificación de las semillas de *S. pruinosus* sobre su tasa de germinación.
- Evaluación del efecto de desinhibición sobre la germinación de semillas de *S. pruinosus*.
- Evaluación del efecto del agregado de componentes microbiológicos de semillas defecadas por *C. palaris* sobre la germinación de semillas de *S. pruinosus*.

D. Hipótesis de trabajo

1. Hipótesis principal

- La endozoocoria de semillas de *S. pruinosus* por parte de *C. palaris* afecta el porcentaje de germinación de estas semillas.

2. Hipótesis secundarias

- El porcentaje de germinación de semillas varía entre semillas extraídas manualmente sin escarificar tratadas con solución de pulpa del fruto de *S. pruinosus* y cualquier otro tratamiento, presentando cerca de cero por ciento de germinación en el primero.
- El porcentaje de germinación de semillas de *S. pruinosus* varía entre semillas ingeridas por *C. palaris* esterilizadas y semillas extraídas manualmente sin escarificar.
- El porcentaje de germinación de semillas de *S. pruinosus* varía entre semillas ingeridas por *C. palaris* sin esterilizar y semillas defecadas por *C. palaris* con posterior esterilización.

II. MÉTODOS

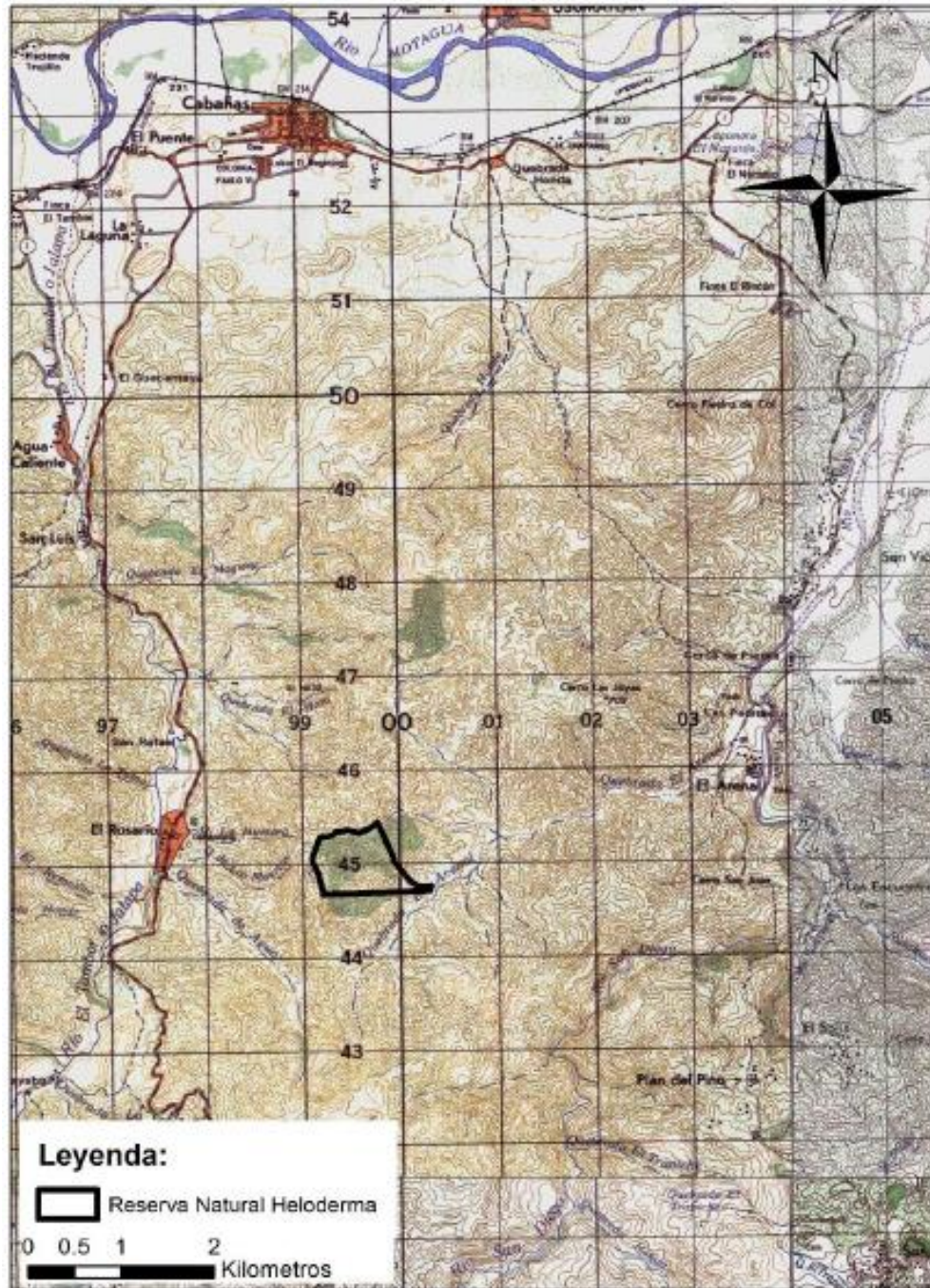
A. Procedimientos

1. Área de estudio. Realicé el estudio en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua (RNH), entre las comunidades de el Arenal y el Rosario en el municipio de Cabañas, Zacapa, a unos 150 km de la Ciudad de Guatemala (Figura 4). La RNH posee 128 ha de cobertura forestal de bosque tropical estacionalmente seco y es administrada por la ONG Zootropic. La RNH posee los ecosistemas bosque seco y matorral espinoso, con una elevación de 520 a 800 msnm y con pendientes de 35 a 50% (Ariano-Sánchez *et al.* 2011). Los cactus columnares *S. pruinosus*, así como la iguana de órgano *C. palearis* son abundantes en la RNH. La temperatura mínima promedio es de 17.9°C y la máxima 34.1°C, con una humedad relativa promedio de 60 al 80% (Ariano-Sánchez y Salazar 2007).

2. Metodología

a. Obtención del material vegetal. Obtuve frutos de *S. pruinosus* de la Aldea Lo de China, Cabañas, comprándolos a una familia local que los recolectó en los alrededores de dicha localidad durante el mes de abril de 2015. Obtuve alrededor de 150 frutos que utilicé para cada tratamiento y para la alimentación de individuos de *C. palearis*. Los frutos fueron almacenados de forma inmediata en refrigeración a 4°C hasta su uso.

FIGURA 4. Mapa del área de colecta de *Ctenosaura palearis* en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, municipio de Cabañas Zacapa.



b. Captura y contención temporal de ejemplares de *C. palearis*. Con el apoyo de los guardarrecursores de la RNH, busqué y capturé 20 individuos de *C. palearis* (10 hembras y 10 machos) (Figura 5). A cada iguana le tomé las medidas de ancho de cabeza, largo de cabeza a cloaca y largo de cloaca a cola (Anexo 1). Coloqué a cada individuo en jaulas de distintos tamaños con suficiente espacio para que pudieran refugiarse y moverse (las jaulas tenían dimensiones de al menos 30 cm × 30 cm × 30 cm), en las instalaciones de la RNH con disponibilidad de agua y refugio *ad libitum*. Cada ejemplar fue mantenido en contención temporal dentro de estas jaulas durante siete días, con el fin de poder obtener las muestras de heces. Después de este tiempo fueron liberados dentro de la RNH.

c. Alimentación de *C. palearis*. A cada individuo de *C. palearis* en cautiverio le proporcioné medio fruto de *S. pruinosa* diario por siete días como alimento exclusivo, con el fin de homogenizar su dieta. Retiré cualquier resto de comida del día anterior al alimentar a cada individuo. Los ejemplares tuvieron disponibilidad de agua y refugio *ad libitum*.

d. Recolección, guardado y transporte de heces de *C. palearis*. Al cuarto día desde el inicio de la alimentación de cada ejemplar de *C. palearis* recolecté las heces de cada individuo (Figura 6) por un espacio de tres días y las coloqué en bolsas de plástico sellables individuales previamente rotuladas con un número único a cada iguana de 1 a 20, la fecha de recolección de las heces y el sexo de la iguana. Coloqué y transporté las heces en una hielera con hielo para llevarlas a un laboratorio de la Universidad del Valle de Guatemala, donde fueron refrigeradas a 4°C hasta su uso.

e. Tratamientos experimentales de germinación. Realicé cuatro tratamientos experimentales para comprobar los efectos sobre la germinación que causan la escarificación, desinhibición y el agregado de sustancias químicas y microbiológicas del sistema digestivo de *C. palearis* sobre la cubierta de la semilla.

FIGURA 5. Búsqueda y captura de individuos de *Ctenosaura palearis* en la Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, Cabañas, Zacapa.



(Fuente: Fotografías tomadas por Alejandro Vásquez Contreras)

1) Control: semillas extraídas manualmente, inhibidas y no escarificadas. Extraje manualmente 200 semillas de 10 frutos de *S. pruinosus* (20 semillas por fruto) y removí toda la pulpa de cada semilla. Sembré estas semillas con una solución de pulpa de *S. pruinosus* al 5%.

2) Semillas extraídas manualmente: desinhibidas y no escarificadas. Extraje manualmente 200 semillas de 20 frutos de *S. pruinosus* (10 semillas por fruto) y removí toda la pulpa de cada semilla. Sembré estas semillas únicamente con agua destilada.

FIGURA 6. Heces colectadas de individuos de *Ctenosaura palearis* alimentados únicamente con frutos de *Stenocereus pruinosus*.



(Fuente: Fotografías tomadas por Alejandro Vásquez Contreras)

3) Endozoocoria por *C. palearis* con esterilización: Semillas ingeridas por *Ctenosaura palearis* estériles: desinhibidas, escarificadas y sin agregado de componentes microbiológicos. Limpié con agua destilada, desinfecté las semillas de las heces de *C. palearis* y sembré 10 semillas de *S. pruinosus* (200 semillas en total). Esterilicé las semillas siguiendo el protocolo de desinfección de Guillen *et al.* (2009).

4) Endozoocoria por *C. palearis*: Semillas ingeridas por *Ctenosaura palearis* sin esterilizar (desinhibidas, escarificadas y con agregado de componentes microbiológicos). De las heces de cada individuo de *C. palearis* limpié con agua destilada y sembré 10 semillas de *S. pruinosus* (200 semillas en total).

f. Protocolo de desinfección. Desinfecté las semillas del tratamiento 3, según el protocolo de Guillén *et al.* (2009). Este protocolo consiste en colocar las semillas de *S. pruinosus* en una solución de etanol al 30% por cinco minutos y luego en una solución de hipoclorito de calcio al 25% por 15 minutos.

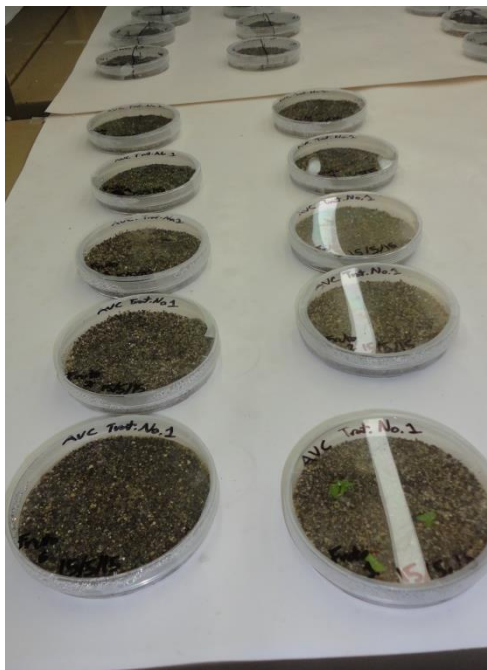
g. Preparación de solución de pulpa. Preparé un jugo de pulpa concentrado a partir de pulpa sin semillas de *S. pruinosus*, utilizando una licuadora y cinco frutos de dicho fruto. Luego, hice un litro de solución de jugo de pulpa al 5% (50 ml de jugo de pulpa), utilizando agua destilada como diluyente. Esterilicé la solución en una autoclave a 121°C y 1.2 kg/cm² por 10 minutos (Yagihashi *et al.* 1998).

h. Siembra de semillas en cajas de petri. Utilizando cajas de petri estériles de 5 cm de diámetro, coloqué 20 semillas de *S. pruinosus* procedentes del mismo tratamiento en cada una (10 cajas por cada tratamiento). En los tratamientos 3 y 4, coloqué 10 semillas de dos individuos del mismo sexo en cada caja. Las semillas fueron cubiertas por 1 mm de arena estéril y a cada caja de petri le agregué 10 ml de agua destilada (Yagihashi *et al.* 1998). En el caso del tratamiento 1, el agua destilada fue sustituida por la solución de pulpa al 5% (1 mL de pulpa concentrada en cada caja).

i. Condiciones de germinación. Coloqué las cajas Petri con semillas en una estantería en la habitación de germinación del laboratorio de cultivo de tejidos vegetales en la Universidad del Valle de Guatemala. Utilicé un fotoperiodo de 12 horas a una temperatura constante de 25°C por 40 días (Guillén *et al.* 2009; Guillén *et al.* 2011).

j. Revisión y conteo de semillas germinadas. Durante 40 días, cada 24 horas, revisé y contabilicé todas las semillas germinadas en cada caja de petri (Anexos 2 y 3). Consideré como semillas germinadas a aquellas que desarrollaron una radícula visible.

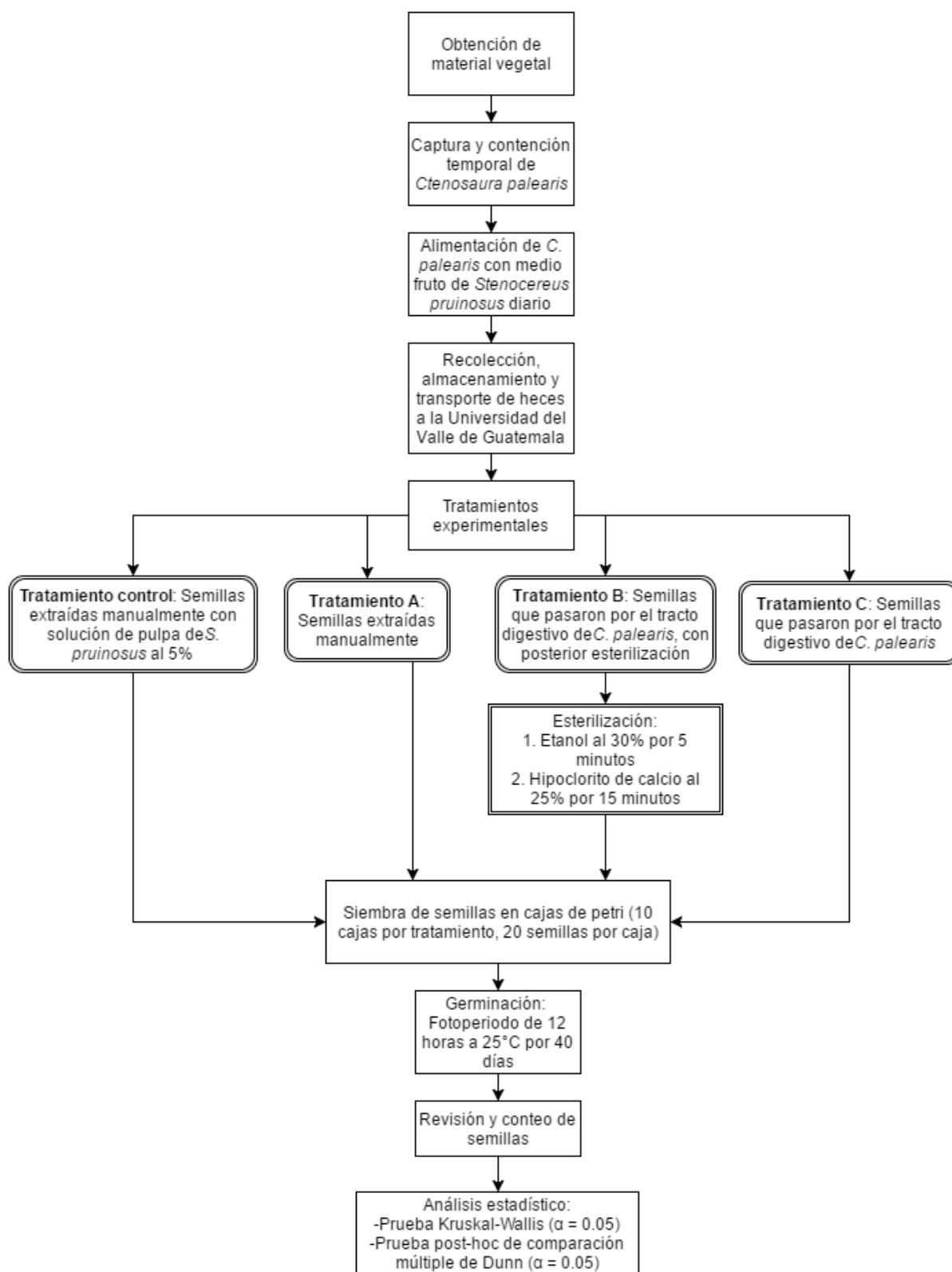
FIGURA 7. Cajas de petri con tratamientos de germinación de semillas de *Stenocereus pruinosus* en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Universidad del Valle de Guatemala.



(Fuente: Fotografía tomada por Alejandro Vásquez Contreras)

3. Análisis estadístico. Utilicé la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar los tratamientos y evaluar el efecto de la endozoocoria por parte de *C. palearis* sobre la germinación de las semillas de *S. pruinosus*. Utilicé un nivel de significancia de 95% ($\alpha = 0.05$). Realicé la prueba post-hoc de comparación múltiple de Dunn. Para ambas pruebas utilicé el programa JMP 12.2.0 (SAS Institute). Los efectos de escarificación, desinhibición y agregación de sustancias químicas y microbiológicas del sistema digestivo de *C. palearis* sobre la semilla de *S. pruinosus* los evalué comparando las medias de porcentaje de germinación de cada tratamiento. El efecto de la desinhibición lo determiné al comparar el tratamiento 1 con los tratamientos 2, 3 y 4. La escarificación la evalué comparando el tratamiento 2 con el tratamiento 3. Por último, el efecto de la agregación de sustancias químicas y microbiológicas del sistema digestivo de *C. palearis* sobre la cubierta de la semilla lo evalué al comparar los tratamientos 3 y 4.

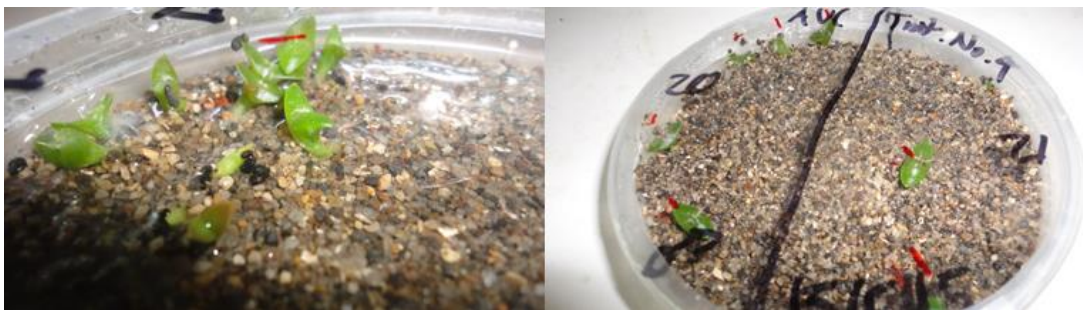
FIGURA 8. Diagrama de flujo de la metodología y análisis estadístico.



III. RESULTADOS

En los cuatro tratamientos germinaron semillas de *S. pruinosus* (Figura 8, Cuadro 1). Sin embargo, todos los tratamientos mostraron un dato atípico muy superior al resto de los datos (Figura 10A) que aumentó notablemente el promedio del porcentaje de germinación de semillas de *S. pruinosus* en cada uno de ellos. Al eliminar los datos atípicos de cada tratamiento los promedios de germinación disminuyeron notablemente a la vez que la variación de los datos disminuyó (Figura 10B). El porcentaje de germinación corregido (sin valores atípicos) de semillas de *S. pruinosus* del tratamiento 1 fue de 0%; del tratamiento 2, $6.7\% \pm 7.91\%$; del tratamiento 3, $13.3\% \pm 8.29\%$; y para el tratamiento 4, $26.1\% \pm 11.93\%$ (Cuadro 1). El porcentaje de germinación fue significativamente diferente entre los cuatro tratamientos ($p < 0.0001$, $\alpha = 0.05$). El tratamiento de endozoocoria por parte de *C. palearis* (tratamiento 4) tuvo el mayor promedio de porcentaje de germinación (al menos el doble que cualquier otro tratamiento). Esto indica que la dispersión de las semillas de *S. pruinosus* por parte de esta iguana juega un papel importante en la germinación de las mismas.

FIGURA 9. Plántulas de *Stenocereus pruinosus* germinadas con diferentes tratamientos en cajas de petri por 40 días, a 25°C y fotoperíodo de 12 horas.



(Fuente: Fotografías tomadas por Alejandro Vásquez Contreras)

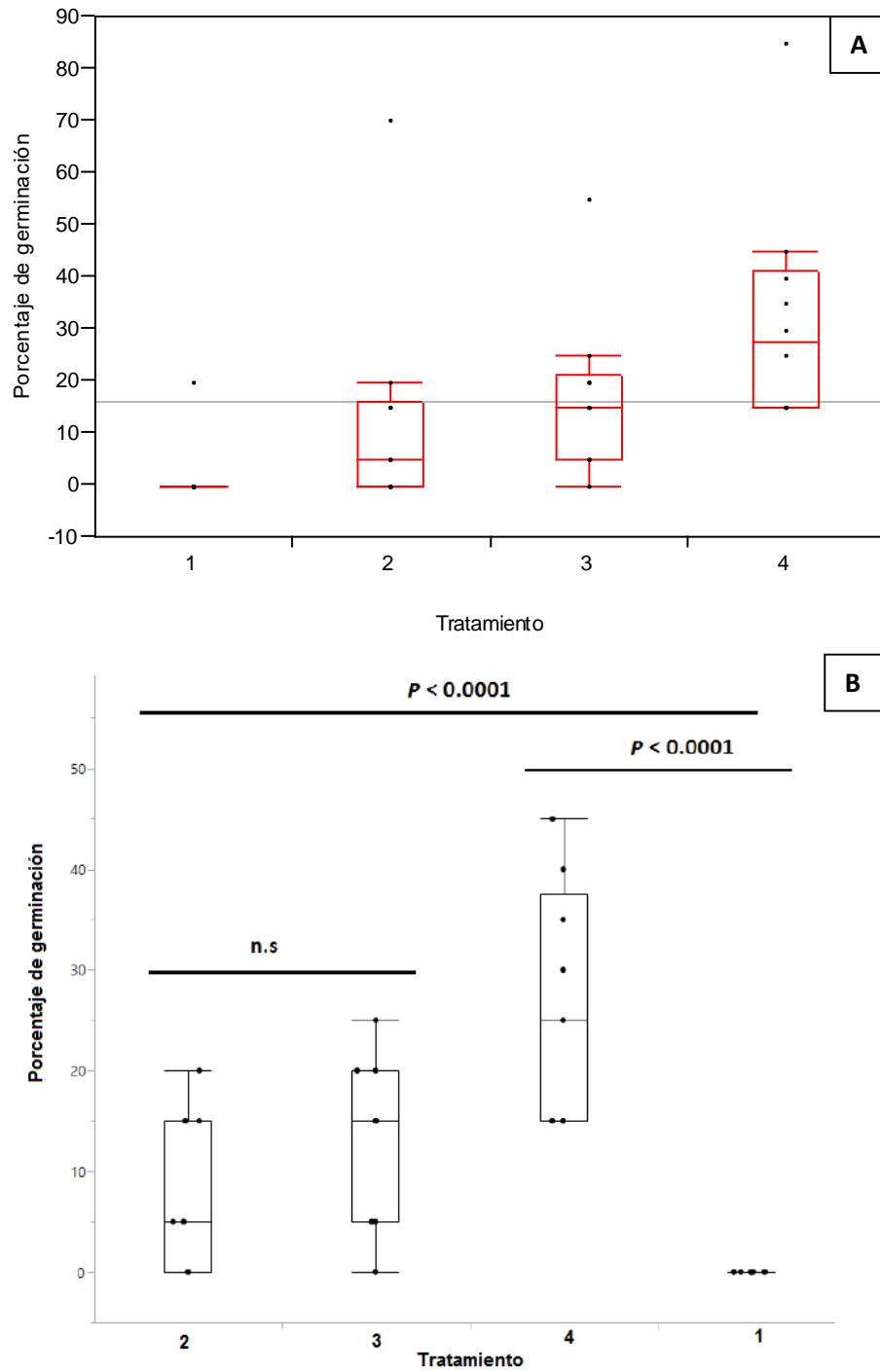
CUADRO 1. Porcentaje de semillas germinadas de *Stenocereus pruinosus* bajo los tratamientos: (1) control, (2) semillas extraídas manualmente, (3) endozoocoria por *C. palaris* con posterior esterilización y (4) endozoocoria por *C. palaris*.

Caja Petri	Tratamiento	Porcentaje de semillas germinadas	Promedio de porcentaje de semillas germinadas por tratamiento	Promedio corregido de porcentaje de semillas germinadas por tratamiento ⁺
1*		20%		
2		0%		
3		0%		
4		0%		
5	1	0%	2.0%	0.0%
6		0%		
7		0%		
8		0%		
9		0%		
10		0%		
11*		70%		
12		20%		
13		15%		
14		0%		
15	2	5%	13.0%	6.7%
16		15%		
17		5%		
18		0%		
19		0%		
20		0%		
21		20%		
22		15%		
23		15%		
24		20%		
25	3	15%	17.5%	13.3%
26		25%		
27*		55%		
28		0%		
29		5%		
30		5%		
31		15%		
32		25%		
33		30%		
34*		85%		
35	4	15%	32.0%	26.1%
36		35%		
37		15%		
38		45%		
39		15%		
40		40%		

⁺Promedios calculados sin valores atípicos.

*Valores atípicos removidos en el promedio corregido del porcentaje de germinación por tratamiento.

FIGURA 10. Diagramas de caja de porcentajes de germinación de semillas de *Stenocereus pruinosus*. (A) Diagramas de caja con todos los datos obtenidos. (B) Diagramas de caja sin datos atípicos. (1) Grupo control. (2) Semillas extraídas manualmente. (3) Semillas que pasaron por el tracto digestivo de *C. pulearis* esterilizadas. (4) Semillas que pasaron por el tracto digestivo de *C. pulearis* sin esterilizar



Al observar el grupo control se muestra que el efecto de la desinhibición al remover la pulpa de las semillas es fundamental, al no germinar ninguna semilla en dicho grupo en comparación al resto de tratamientos en los que al menos hubo un porcentaje de germinación del 6% (Cuadro 1, Figura 10B). No existe una diferencia significativa entre los porcentajes de germinación de las semillas extraídas manualmente y del tratamiento de endozoocoria por parte de *C. palaris* con posterior esterilización ($p = 0.98$, $\alpha = 0.05$). Esto indica que el efecto de escarificación sobre las semillas de *S. pruinosus* al pasar por el tracto digestivo de *C. palaris* no es importante. A pesar de mostrar un porcentaje promedio de germinación de al menos el doble que cualquier otro, el efecto del agregado de componentes microbiológicos del sistema digestivo de *C. palaris* a las semillas de *S. pruinosus* no fue significativo ($p = 0.91$, $\alpha = 0.05$). En este tratamiento fue el único en que germinaron semillas de *S. pruinosus* en todas las cajas de petri (Cuadro 1).

IV. DISCUSIÓN

La endozoocoria por parte de *C. palaris* incrementa de forma significativa la germinación de las semillas de *S. pruinosus* (Cuadro 1). El efecto principal para este aumento es la remoción de la pulpa del fruto de *S. pruinosus*. El tratamiento con agregado de componentes microbiológicos del sistema digestivo de *C. palaris* mostró el mayor porcentaje de germinación, aunque no fue significativamente mayor. La desinhibición de las semillas por la remoción de la pulpa fue fundamental para *S. pruinosus*. Al no germinar semillas en el tratamiento en donde fueron inhibidas con una solución de pulpa al 5% (Cuadro 1, Figura 10B) se comprueba que la pulpa del fruto de *S. pruinosus* inhibe la germinación de sus semillas. Esto concuerda con lo encontrado en estudios de endozoocoria en aves, en las que la inclusión de la pulpa del fruto (ya sea en forma de solución o como fruto completo) impedía la germinación de las semillas (Meyer y Witmer 1998, Yagihashi *et al.* 1998), reforzando la sugerencia de Samuels y Levey (2005) de considerar este factor en el diseño experimental de estudios de endozoocoria.

Por otra parte, el efecto de escarificación no mostró una gran diferencia en la germinación de las semillas del tuno de órgano (Figura 10B). Esta observación puede o no reflejar el efecto de la escarificación de las semillas de *S. pruinosus* en el tracto digestivo de *C. palaris* en estado natural, debido a que el efecto de la escarificación depende del tiempo de retención en el tracto digestivo y el tipo de comida que fue ingerida con las semillas (Traveset 1998). En este estudio la alimentación consistió únicamente de frutos de *S. pruinosus* y cada individuo de *C. palaris* defecó al menos una vez cada dos días, los cuales podrían diferir en vida silvestre en comparación al diseño experimental aquí presentado. Guillén *et al.* (2009) lograron germinar semillas de *S. pruinosus* sin realizar escarificación manual de las semillas, por lo que el efecto de la escarificación no parece ser tan importante como la desinhibición y el agregado de componentes microbiológicos sobre

la germinación de las semillas de *S. pruinosus*, indicando que las mismas no requieren la ruptura del endocarpio para germinar.

El agregado de componentes microbiológicos del tracto digestivo de *C. palearis* a las semillas de *S. pruinosus* fue el efecto que más aumentó su germinación (Cuadro 1, Figura 10B). Aumentó el porcentaje de germinación *in vitro* el doble que el tratamiento esterilizado. La esterilización fue con etanol y con hipoclorito de calcio, ambos desinfectantes fuertes, que probablemente eliminaron la microbiota del tracto digestivo de *C. palearis* presente en las heces. Sin embargo, esta diferencia no fue significativa, por lo que no parece ser éste el efecto principal que explica dicho aumento. El efecto de las heces sobre la germinación es influenciado por los diferentes alimentos que hayan consumido los dispersores (Traveset *et al.* 2001a). Debido a que el diseño experimental de este estudio limitó la alimentación de las iguanas de órgano a únicamente frutos de *S. pruinosus*, es posible que esta diferencia en el porcentaje de germinación en estado natural difiera. Por esto es necesario realizar estudios posteriores que se enfoquen en este efecto, utilizando muestras fecales de *C. palearis* capturados en vida silvestre, comparando la germinación según la composición de las heces.

La endoozoocoria por parte de *C. palearis* parece ser fundamental para la dispersión de semillas del tuno de órgano al aumentar su porcentaje de germinación, más allá de solamente remover la pulpa del fruto. El tracto digestivo de *C. palearis* proporciona una combinación de sustancias que podrían ser únicas y específicas que incrementan notablemente la germinación de las semillas del tuno de órgano. Dicha especificidad indica una relación coevolutiva mutualista entre estas especies, en la que *C. palearis* actúa como un importante, si no el principal, dispersor de semillas de *S. pruinosus*. Esto concuerda con lo sugerido por Cotí y Ariano-Sánchez (2008), mostrando el rol de *C. palearis* como una especie clave para la regeneración del bosque seco.

C. palearis ya se encuentra categorizada como “En Peligro” en la lista roja de la UICN (Ariano-Sánchez y Pasachnik 2013) y bajo el apéndice II de CITES (Pasachnik y Ariano 2010), debido a que poseen una población relativamente pequeña (unos 2000 individuos), en un área muy fragmentada con constante cambio de uso de suelo y está amenazada por la cacería y tráfico ilegal. Por esto, por ser una fuente de alimentos importante para otra especie protegida de la región (*Heloderma charlesbogueri*) y por su valor intrínseco, ya se están llevando a cabo esfuerzos de conservación de *C. palearis* en la región semiárida del Valle del Motagua por parte de un proyecto de Zootropic, la Fundación Internacional para la Conservación de Reptiles (IRCF) y el Zoológico de Atlanta (Alvarado 2009; Ariano-Sánchez y Pasachnik 2013). Con lo expuesto en esta investigación, además puede agregársele el servicio ecosistémico que la iguana de órgano da como dispersor de semillas especialmente efectivo de una de las especies características de los bosques secos de Guatemala. Tanto *C. palearis* como *S. pruinosus* se deberían incluir de forma conjunta en esfuerzos de conservación, ya que esta iguana depende de los frutos del tuno de órgano durante el final de la época seca como alimento, así como para su refugio contra depredadores e insolación. Además, *C. palearis* debería considerarse como una especie indicadora para priorizar la conservación de áreas de bosque seco que la contengan.

El presente estudio indica que *C. palearis* es una especie dispersora efectiva al aumentar la germinación de semillas de *S. pruinosus*. Debido a este servicio ecosistémico tan importante, los parches de bosque seco podrían priorizar en programas de conservación con base en la presencia o ausencia de esta iguana. Esto la incluye dentro del grupo de lagartijas herbívoras dispersoras de semillas, junto a *Iguana iguana* (Moura *et al.* 2015), *Ctenosarua similis* (Traveset 1990), *Liolaemus belii* (Celedón-Neghme *et al.* 2008), *Liolaemus pictus* (Willson *et al.* 1996), *Timon lepidus* (Piazzon *et al.* 2012), entre otras. Además, es probable que más saurios principalmente herbívoros sean dispersores de semillas e incluso que muestren una interacción mutualista con alguna especie vegetal. Debido a esto, es importante que se realicen más estudios que evalúen la endozoocoria en *taxa* poco estudiados, como reptiles y peces.

Futuros estudios del efecto de la endozoocoria de *C. palaris* sobre la germinación de *S. pruinosus* son necesarios. Primero, hay mejoras que se podrían hacer a la presente investigación, como utilizar una cámara de incubación en donde las condiciones de germinación sean exactamente las mismas para todas las semillas, así como utilizar muestras de más individuos de *C. palaris* para tener un análisis estadístico más robusto. Además, más investigación es necesaria para evaluar la germinación de las semillas de *S. pruinosus* en campo, tanto afectadas por endozoocoria por parte de *C. palaris* como semillas en frutos completos. También es importante estudiar la depredación y supervivencia de semillas y plántulas de *S. pruinosus in situ*. Se debe estudiar el efecto que tiene una dieta variada de *C. palaris* en vida silvestre sobre la germinación de *S. pruinosus*, tanto por la presencia de diferentes alimentos como de potencialmente otras semillas que compitan por germinar debido al efecto de alelopatía en las heces. Además, es necesario identificar la microbiota presente en el sistema digestivo de *C. palaris* y determinar qué microorganismos son los que promueven la germinación de las semillas de *S. pruinosus*. Por último, estudios de patrones de movimiento, por medio de telemetría, de *C. palaris*, sobre todo durante la época de fructificación de *S. pruinosus*, ayudarán a conocer la distancia a la cual son capaces de dispersar las semillas del tuno de órgano.

V. CONCLUSIONES

- La germinación de las semillas de *Stenocereus pruinosus* aumenta significativamente ($p < 0.0001$, $\alpha = 0.05$) por el efecto de endozoocoria por parte de *Ctenosaura palearis*.
- La remoción la pulpa del fruto de las semillas de *S. pruinosus* es fundamental para su germinación, ya que la misma inhibe este proceso. Este es el primer proceso que ocurre en el tracto digestivo de *C. palearis*.
- El efecto de escarificación sobre la germinación de las semillas de *S. pruinosus*, al pasar por el tracto digestivo de *C. palearis*, no fue significativo ($p = 0.0927$, $\alpha = 0.05$), indicando que las mismas no requieren la ruptura del endocarpio para germinar.
- El proceso que más aumentó la germinación, aunque no de forma significativa ($p = 0.91$, $\alpha = 0.05$), de semillas del tuno de órgano fue la presencia de componentes microbiológicos del tracto digestivo de *C. palearis*. Esto sugiere una estrecha relación coevolutiva entre estas especies debido a condiciones únicas del sistema digestivo de *C. palearis* y de posibles adaptaciones de *S. pruinosus* hacia el mismo.

VI. RECOMENDACIONES

- Ampliar la presente investigación realizando un mayor esfuerzo de muestreo para realizar un análisis estadístico más robusto.
- Realizar investigaciones para evaluar la germinación de semillas de *S. pruinosus* en campo, tanto afectadas por endozoocoria por parte de *C. palearis* como semillas en frutos completos.
- Realizar estudios para determinar la depredación y supervivencia de semillas y plántulas de *S. pruinosus in situ*.
- Se debe estudiar el efecto que tiene una dieta variada de *C. palearis* en vida silvestre sobre la germinación de *S. pruinosus*. Junto con esto, estudiar la dieta de la iguana de órgano en vida silvestre.
- Es importante identificar y determinar qué factores, como microorganismos presentes en el sistema digestivo de *C. palearis* o algún otro agregado del tracto digestivo de la iguana, aumentan la germinación de las semillas de *S. pruinosus*.
- Realizar estudios de patrones de movimiento por medio de telemetría de *C. palearis*, sobre todo durante la época de fructificación de *S. pruinosus*.
- Considerar a *C. palearis* como una especie clave para la regeneración de los bosques secos de la Región Semiárida del Valle del Motagua.

VII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, M. 2006. **Anfibios y reptiles de Guatemala: Una breve síntesis con bibliografía.** En: Cano, E. (ed.). Biodiversidad de Guatemala. Volumen I. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 675 pp.
- Alvarado, L. 2009. **Project Heloderma and Project Palearis: Progress towards an *in-situ* reproduction center.** IRCF Reptiles & amphibians 16(2): 110-115.
- Arias, S., S. Gama y L. Guzmán. 1997. **Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 14. Cactaceae A. L. Juss.** Instituto de Biología. UNAM. 142 pp.
- Ariano-Sánchez, D. 2006. **The Guatemalan beaded lizard: Endangered inhabitant of a unique ecosystem.** Iguana 13: 178-183.
- Ariano-Sánchez, D. 2007. **Distribución potencial, ámbitos de hogar y patrones de comportamiento del lagarto escorpión *Heloderma horridum charlesbogerti* (Sauria: Helodermatidae) con notas sobre el primer reporte de caso de envenenamiento por esta especie en Guatemala.** Trabajo de graduación de maestría en ciencias, Universidad de Costa Rica. 82 pp.
- Ariano-Sánchez, D. y G. Salazar. 2007. **Notes on the distribution of the endangered lizard, *Heloderma horridum charlesbogerti*, in the dry forests of Eastern Guatemala: An application of multi-criteria evaluation to conservation.** Iguana 14(3): 152-158.
- Ariano-Sánchez, D., C. Beza y T. Schrei. 2011. **Heloderma Natural Reserve: Using the Guatemalan beaded lizard (*Heloderma horridum charlesbogerti*) as an umbrella species for other critically endangered wildlife from the dry forests of the Motagua Valley, Guatemala.** Reptiles Australasia 1(2): 50-59.
- Ariano-Sánchez, D. y S. Pasachnik. 2013. ***Ctenosaura palearis*.** Versión 2014.3. The IUCN Red List of Threatened Species. En: <http://www.iucnredlist.org/details/44192/0> [con acceso el 23-1-2015].

- Barrance, A., K. Schreckenberg y J. Gordon. 2009. **Conservación mediante el uso: Lecciones aprendidas en el bosque seco tropical mesoamericano**. Overseas Development Institute, Londres, Inglaterra. 141 pp.
- Burgos-Rodríguez, J. 2014. **Effects of introduced green iguanas (*Iguana iguana*) on tropical plant communities through seed dispersal and germination**. Trabajo de graduación de maestría en ciencias, Universidad de Rhode Island. 79 pp.
- Cajas, J., R. Ávila, J. Jiménez y O. Machuca. 2008. **Ecología de polinización de los cactus columnares *Stenocereus pruinosus* y *Pilosocereus leucocephalus* en los valles de Salamá y El Motagua**. Guatemala. Facultad de ciencias químicas y farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. En: <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202006.37.pdf> [con acceso el 21-1-2015].
- Casas, A., J. Caballero, A. Valiente-Banuet, J. Soriano y P. Dávila. 1999a. **Morphological variation and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in Central Mexico**. American Journal of Botany 86: 522-533.
- Casas, A., A. Valiente-Banuet, A. Rojas-Martínez y P. Dávila. 1999b. **Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* Central Mexico**. American Journal of Botany 86: 534-542.
- Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negrón y A. Valiente-Banuet. 2007. **In situ management and domestication of plants in Mesoamerica**. Annals of Botany 100: 111-115.
- Celedón-Neghme, C., L. San Martín, P. Victoriano y L. Cavieres. 2008. **Legitimate seed dispersal by lizards in an alpine hábitat: The case of *Berberis empetrifolia* (Berberidaceae) dispersed by *Liolaemus belii* (Tropiduridae)**. Acta Oecologica 33(3): 265-271.
- Cipollini, M. y D. Levey. 1997. **Secondary metabolites of fleshy vertebrate-dispersed fruits: adaptive hypotheses and implications for seed dispersal**. American Naturalist 150: 346-372.

- CITES. 2010. **Conference of the Parties No. 15: Proposal 12.** Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. En: <http://www.cites.org/eng/cop/15/prop/E-15-Prop-12.pdf> [con acceso el 23-1-2015].
- CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC. 2011. **Plan de conservación de las regiones secas de Guatemala.** Ariano-Sánchez, D. y E. Secaira (eds.). Documento Técnico No. 99 (01-2011). Guatemala. 76 pp.
- Cosyns, E. 2004. **Ungulate seed dispersal. Aspects of endozoochory in a semi-natural landscape.** Tesis de doctorado, Universidad de Ghent. 179 pp.
- Cosyns, E., S. Claerbout, I. Lamoot y M. Hoffman. 2005. **Endozoochorous seed dispersal by cattle and horse in a spatially heterogeneous landscape.** *Plant Ecology* 178: 149-162.
- Cotí, P. y D. Ariano-Sánchez. 2008. **Ecology and traditional use of the Guatemalan black iguana (*Ctenosaura plearis*) in the dry forests of the Motagua Valley, Guatemala.** *Iguana* 15(3): 142-149.
- Couvreur, M., E. Cosyns, M. Hermy y M. Hoffman. 2005. **Complementarity of epi- and endozoochory of plant seeds by free ranging donkeys.** *Ecography* 28: 37-48.
- Debussche, M. y P. Isenmann. 1989. **Fleshy fruit characters and the choices of bird and mammal seed dispersers in a Mediterranean region.** *Oikos* 56: 327-338.
- Gardener, C., J. McIvor y A. Jansen. 1993. **Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces.** *Journal of Applied Ecology* 30: 63-74.
- Godínez-Álvarez, H. 2004. **Pollination and seed dispersal by lizards: a review.** *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 569-577.
- González, Q. 1972. **Las cactáceas subfósiles de Tehuacán.** *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 17(1): 3-15.

- Guillén, S., J. Benítez, M. Martínez-Ramos y A. Casas. 2009. **Seed germination of wild, *in situ*-managed, and cultivated populations of columnar cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico.** Journal of Arid Enviroments 73: 407-413.
- Guillén, S., T. Terrazas, E. De la Barrera y A. Casas. 2011. **Germination differentiation patterns of wild and domesticated columnar cacti in a gradient of artificial selection intensity.** Genetic Resources and Crop Evolution 58(3): 409-423.
- Janzen, D. 1984. **Dispersal of small seeds by big herbivores: Foliage is the fruit.** The American Naturalist 123(3): 338-353.
- Köhler, G. 2003. **Reptiles of Central America.** Herpeton, Offenbach, Alemania. 368 pp.
- Lee, J. 2000. **A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya World: The lowlands of Mexico, Northern Guatemala, and Belize.** Comstock Publishing Associates, Ithaca, Estados Unidos. 416 pp.
- Loiselle, B. 1990. **Seeds in droppings of tropical fruit-eating birds: importance of considering seed composition.** Oecologia 82: 375-380.
- Meyer, G. y M. Whitmer. 1998. **Influence of seed processing by frugivorous birds on germination success of three North American shrubs.** American Midland Naturalist 140: 129-139.
- Moura, A., L. Cavalcanti, E. Leite-Filho, D. Mesquita y K. McConkey. 2015. **CangGreen iguanas compensate for vanishing seed dispersers in the Atlantic forest fragments of North-East Brazil?** Journal of Zoology 295 (3):189-196.
- Pakeman, R., G. Digneffe y J. Small. 2002. **Ecological correlates of endozoochory by herbivores.** Functional Ecology 16(3): 296-304.
- Parra, F., N. Pérez-Nasser, R. Lira, D. Pérez-Salicrup y A. Casas. 2008. **Population genetics and process of domestication of *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, México.** Molecular Ecology Notes 6: 288-295.

- Parra, F., A. Casas, J. Peñaloza-Ramírez, A. Cortés-Palomec, V. Rocha-Ramírez y A. González-Rodríguez. 2010. **Evolution under domestication: ongoing artificial selection and divergence of wild and managed *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacán Valley, Mexico.** *Annals of Botany* 106: 483-496.
- Pasachnik, S. y D. Ariano. 2010. **CITES appendix II listing for the *Ctenosaura palearis* clade: Developing conservation policies in Central America.** *IRCF Reptiles & Amphibians* 17(3): 137-139.
- Piazzon, M., A. Larrinaga, J. Rodríguez-Pérez, L. Latorre, L. Navarro y L. Santamaría. 2012. **Seed dispersal by lizards on a continental-shelf island: predicting interspecific variation in seed rain based on plant distribution and lizard movement patterns.** *Journal of Biogeography* 39(11): 1984-1995.
- Samuels, I. y D. Levey. 2005. **Effects of gut passage on seed germination: do experiments answer the questions they ask?** *Functional Ecology* 19 (2): 365-368.
- Secaira, E. 2004. **Plan de conservación de la región semiárida del Valle del Motagua. Seminario de investigaciones para la conservación de la Región semiárida del Valle del Motagua.** Fundación Defensores de la Naturaleza y The Nature Conservancy. Guatemala, Guatemala. 38 pp.
- Smith, E. 1967. **Plants remains.** pp. 230-260. En: Byers, D. (ed.). *The prehistory of the Tehuacán Valley. Volume one: environment and subsistence.* University of Texas, Austin, Texas.
- Stejneger, L. 1899. **Description of a new species of spiny-tailed iguana from Guatemala.** *Proceedings of the United States Natural History Museum* 21: 381-383.
- Stiles, E. 2000. **Animals as seed dispersers.** pp. 111-124 En: Fenner, M. (ed.). *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities.* CAB International, Wallingford, Inglaterra.

- Stiles, E. y D. White. 1986. **Seed deposition patterns: influence of season, nutrients, and vegetation structure.** pp. 45-54 En: Estrada, A. y T. Fleming (eds.). Frugivores and seed dispersal. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Tabarelli, M. y Peres, C. 2003. **Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration.** Biological Conservation 106: 162-176.
- Traveset, A. 1990. ***Ctenosaura similis* Gray (Iguanidae) as a seed disperser in a Central American deciduous forest.** The 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., A. Robertson y J. Rodríguez-Pérez. 2007. **A review on the role of endozoochory in seed germination.** pp. 78-103. En: Dennis, A., E. Schupp, R. Green y D. Westcott (eds.). Seed dispersal: Theory and its application in a changing World. CAB International, Wallingford, Inglaterra.
- Traveset, A. y M. Verdú. 2002. **A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination.** pp. 339-350. En: Levey, D., W. Silva y M. Galetti (eds.). Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. CAB International, Wallingford, Inglaterra.
- Traveset, A., T. Bermejo y M. Wilson. 2001a. **Effect of manure composition on seedling emergence and growth of two common shrub species of Southeast Alaska.** Plant ecology 155: 29-34.
- Traveset, A., N. Riera y R. Mas. 2001b. **Ecology of fruit-colour polymorphism in *Myrtus communis* and differential effects of birds and mammals on seed germination and seedling growth.** Journal of ecology 89: 749-760.
- Véliz, M. 2008. **Las cactáceas de Guatemala.** Litografías Modernas S.A. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 129 pp.

- Willson, M. 1993. **Mammals as seed dispersal mutualists in North America**. *Oikos* 67(1): 159-176.
- Willson, M., C. Sabag, J. Figueroa, J. Armesto y M. Caviedes. 1996. **Seed dispersal by lizards in Chilean rainforest**. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 339-342.
- Wolf, B. y C. Martínez. 2003. **How important are columnar cacti as sources of water and nutrients for desert consumers? A review**. *Isotopes in Environmental and Health Studies* 39(1): 53-67.
- Yagihashi, T., M. Hayashida y T. Miyamoto. 1998. **Effects of bird ingestion on seed germination of *Sorbus commixta***. *Oecologia* 114: 209-212.

V. ANEXOS

ANEXO 1. Cuadro de identificación, localidad de captura, sexado y medidas estándares para reptiles de las *Ctenosaura palearis* capturadas en la RNH.

Número	Sexo	Fecha de captura	Localidad de captura	Ancho de cabeza (mm)	Largo cabeza-cloaca (cm)	Largo cloaca-cola (cm)
1	M	04/2015	Talanquera	28.49	21.2	16.2
2	M	18/04/2015	El Sarco	28.55	21	32.2
3	M	15/04/2015	Quebrada La Tigra	30.84	23.3	32.4
4	H	27/04/2015	Terreno de Edín	22.89	16.6	20.9
5	M	16/04/2015	Pie de la Cuesta	26.03	18.4	28.9
6	H	19/04/2015	Cerro Viejo	27.04	19.3	17.7
7	H	20/04/2015	Pie de la Cuesta	27.59	20.8	21.6
8	H	26/04/2015	Pie de la Cuesta	18.56	13.6	22.3
9	H	22/04/2015	Terreno de Edín	23.58	18.5	27.7
10	H	20/04/2015	Pie de la Cuesta	23.19	18.9	24
11	H	20/04/2015	Pie de la Cuesta	29.03	21.2	19.9
12	H	20/04/2015	Encuentro de las quebradas	24.11	18	22.1
13	H	21/04/2015	Pie de la Cuesta	29.86	22	27.2
14	M	20/04/2015	Terreno de Edín	31.93	24.1	10.2
15	M	22/04/2015	Terreno de Edín	27.46	19.1	21.6
16	M	22/04/2015	Terreno de Edín	22.04	16.1	26.1
17	H	21/04/2015	Terreno de Edín	23.52	17.6	21.1
18	M	27/04/2015	Terreno de Edín	18.67	13	18.1
19	M	19/04/2015	Cerro Viejo	20.07	14.8	22.2
20	M	27/04/2015	Terreno de Edín	31.47	21.2	21.6

ANEXO 2. Control de germinación de semillas de *Stenocereus pruinosus* para los tratamientos de (1) semillas extraídas manualmente, inhibidas y no escarificadas y (2) semillas extraídas manualmente, desinhibidas y no escarificadas.

Fecha	T1F1	T1F2	T1F3	T1F4	T1F5	T1F6	T1F7	T1F8	T1F9	T1F10	T2F1	T2F2	T2F3	T2F4	T2F5	T2F6	T2F7	T2F8	T2F9	T2F10
16/05/2015*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/05/2015*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/05/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/05/2015	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/05/2015	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/05/2015	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/05/2015	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/05/2015*	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/05/2015*	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/05/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
26/05/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0
27/05/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	2	0	0	0	0
28/05/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	2	0	0	0	0
29/05/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	1	0	1	2	1	0	0	0
30/05/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	1	0	1	2	1	0	0	0
31/05/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	1	0	1	2	1	0	0	0
1/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4	1	0	1	3	1	0	0	0
2/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	1	0	1	3	1	0	0	0
3/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	1	0	1	3	1	0	0	0
4/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	1	0	1	3	1	0	0	0
5/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	1	0	1	3	1	0	0	0
06/06/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	1	0	1	3	1	0	0	0
07/06/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4	1	0	1	3	1	0	0	0
8/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
9/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
10/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
11/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
12/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
13/06/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
14/06/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
15/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
16/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
17/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
18/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
19/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
20/06/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
21/06/2015*	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
22/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
23/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0
24/06/2015	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	3	0	1	3	1	0	0	0

*Estos datos no fueron tomados (son los mismos que el día anterior).

ANEXO 3. Control de germinación de semillas de *Stenocereus pruinosus* para los tratamientos de (3) semillas ingeridas por *Ctenosaura palearis* estériles (desinhibidas, escarificadas y sin componentes microbiológicos) y (4) semillas ingeridas por *C. palearis* sin esterilizar (desinhibidas, escarificadas y con componentes microbiológicos).

Fecha	T31/ 2	T33/ 5	T34/ 6	T37/ 8	T31/ 0	T310/ 2	T310/ 8	T310/ 6	T317/ 1	T3202/ 1	T41/ 2	T43/ 5	T44/ 6	T47/ 8	T491/ 0	T410/ 2	T410/ 8	T4131/ 8	T4140/ 6	T4170/ 9	T4202/ 1	
16/05/2015*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/05/2015*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/05/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/05/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/05/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/05/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/05/2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/05/2015*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/05/2015*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/05/2015	1	0	1	2	0	1	6	0	0	0	1	3	0	14	1	7	0	2	3	6	6	6
26/05/2015	1	1	1	3	0	2	8	0	1	0	1	3	2	15	1	7	1	3	3	7	7	7
27/05/2015	3	1	1	3	0	2	8	0	1	0	1	3	2	15	2	7	2	4	3	7	7	7
28/05/2015	3	1	1	3	1	2	8	0	1	1	1	3	3	15	2	7	2	5	3	7	7	7
29/05/2015	3	2	1	3	2	4	8	0	1	1	1	4	3	17	2	7	3	6	3	8	8	8
30/05/2015*	3	2	1	3	2	4	8	0	1	1	1	4	3	17	2	7	3	6	3	8	8	8
31/05/2015*	3	2	1	3	2	4	8	0	1	1	1	4	3	17	2	7	3	6	3	8	8	8
1/06/2015	3	2	1	3	3	4	9	0	1	1	1	4	3	17	2	7	3	6	3	8	8	8
2/06/2015	3	2	1	3	3	4	9	0	1	1	1	4	3	17	2	7	3	8	3	8	8	8
3/06/2015	3	2	1	3	3	4	10	0	1	1	1	4	5	17	2	7	3	8	3	8	8	8
4/06/2015	3	2	1	3	3	4	10	0	1	1	1	4	5	17	2	7	3	8	3	8	8	8
5/06/2015	3	2	1	3	3	4	10	0	1	1	1	4	5	17	2	7	3	8	3	8	8	8
06/06/2015*	3	2	1	3	3	4	10	0	1	1	1	4	5	17	2	7	3	8	3	8	8	8
07/06/2015*	3	2	1	3	3	4	10	0	1	1	1	4	5	17	2	7	3	8	3	8	8	8
8/06/2015	4	2	2	3	3	4	10	0	1	1	1	3	4	6	17	3	9	3	9	3	8	8
9/06/2015	4	2	2	3	3	4	10	0	1	1	1	3	4	6	17	3	9	3	9	3	8	8
10/06/2015	4	2	2	3	3	4	10	0	1	1	1	3	4	6	17	3	9	3	9	3	8	8
11/06/2015	4	2	3	3	3	4	10	0	1	1	1	3	4	6	17	3	9	3	9	3	8	8
12/06/2015	4	2	3	3	3	4	10	0	1	1	1	3	4	6	17	3	9	3	9	3	8	8
13/06/2015*	4	2	3	3	3	4	10	0	1	1	1	3	4	6	17	3	9	3	9	3	8	8
14/06/2015*	4	2	3	3	3	4	10	0	1	1	1	3	4	6	17	3	9	3	9	3	8	8
15/06/2015	4	2	3	3	3	4	10	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
16/06/2015	4	2	3	3	3	4	10	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
17/06/2015	4	2	3	3	3	4	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
18/06/2015	4	2	3	3	3	4	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
19/06/2015	4	2	3	3	3	4	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
20/06/2015*	4	2	3	3	3	4	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
21/06/2015*	4	2	3	3	3	4	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
22/06/2015	4	3	3	4	3	5	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
23/06/2015	4	3	3	4	3	5	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8
24/06/2015	4	3	3	4	3	5	11	0	1	1	1	3	5	6	17	3	9	3	9	3	8	8

*Estos datos no fueron tomados (son los mismos que el día anterior).

ANEXO 4. Publicación del presente trabajo de graduación en Mesoamerican Herpetology, volumen 3, número 3, páginas 661 a 668. A partir de la página siguiente.



An adult female Guatemalan Black Iguana, *Ctenosaura plearis* (Iguanidae) (PIT-tag 025.102.301; snout–vent length = 210 mm; total length = 221 mm; body mass =157.8 g) resting on a bromeliad (*Tillandsia xerographica*). This endangered, arboreal, spiny-tailed iguana is endemic to the seasonally dry tropical forest of eastern Guatemala. *Ctenosaura plearis* uses the hollow trunks of old Pitayo Organ Pipe Cacti (*Stenocereus pruinosus*), Quebracho (*Lysiloma divaricatum*), and Yaje (*Leucaena collinsii*) as shelters, and during the dry season frequently is seen feeding on the fruit of *S. pruinosus*. A conservation program for *C. plearis* and its habitat, spearheaded by locals, was established in 2010, with the support of Zootropic and the International Iguana Foundation. The photo was taken at Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco del Valle del Motagua, El Arenal, Cabañas, Zacapa, Guatemala, elev. 625 m. 📷 © Daniel Ariano-Sánchez



Endozoochory by the Guatemalan Black Iguana, *Ctenosaura palearis* (Iguanidae), as a germination trigger for the Organ Pipe Cactus *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae)

ALEJANDRO VÁSQUEZ-CONTRERAS¹ AND DANIEL ARIANO-SÁNCHEZ^{1,2}

¹Departamento de Biología, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

E-mail: alejandro.vasq.con@gmail.com

²Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco, Asociación Zootropic, Cabañas, Zacapa, Guatemala. E-mail: dariano@uvg.edu.gt (Corresponding author)

ABSTRACT: *Ctenosaura palearis* is an endangered iguana endemic to dry forest in the Motagua Valley in Guatemala. In this study we assess the effect of consumption by *C. palearis* on the seed germination rate of the Pitayo Organ Pipe Cactus (*Stenocereus pruinosus*). We conducted *in vitro* germination experiments involving three different treatments and a control. The differences in germination percentage were extremely significant among all the treatments ($P < 0.0001$). The iguana-ingested seeds had the highest germination percentage (26.1%). Considering that seed germination in *S. pruinosus* is positively affected by ingestion by *C. palearis*, we suggest that *C. palearis* might be an effective seed disperser for *S. pruinosus*, and thus would play a fundamental role on the seed dispersal ecosystem service in the dry forest of the Motagua Valley, Guatemala.

Key Words: Dry forest, ecosystem services, Guatemala, germination assays, seed dispersal

RESUMEN: *Ctenosaura palearis* es una iguana endémica amenazada que habita el bosque seco del Valle del Motagua en Guatemala. En este estudio evaluamos el efecto del consumo por *C. palearis* en la tasa de germinación de las semillas del Tuno de Órgano (*Stenocereus pruinosus*). Llevamos a cabo experimentos *in vitro* de germinación que involucraban tres diferentes tratamientos, así como un control. Las diferencias en los porcentajes de germinación fueron extremadamente significativas entre todos los tratamientos ($P < 0.0001$). Las semillas consumidas por las iguanas fueron las que tuvieron el mayor porcentaje de germinación (26.1%). Tomando en cuenta que la germinación de semillas de *S. pruinosus* es afectada positivamente por la ingestión de *C. palearis*, nosotros sugerimos que *C. palearis* puede ser un dispersor de semillas efectivo para *S. pruinosus* y por lo tanto tiene un rol fundamental en el servicio ecosistémico de dispersión de semillas en el bosque seco del Valle del Motagua, Guatemala.

Palabras Claves: Bosque seco, dispersión de semillas, ensayos de germinación, Guatemala, servicios ecosistémicos

Citation: Vásquez-Contreras, A., and D. Ariano-Sánchez. 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: 662–668.

Copyright: Vásquez-Contreras and Ariano-Sánchez. 2016. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NoDerivate 4.0 International License.

Received: 13 July 2016; **Accepted:** 25 August 2016; **Published:** 29 September 2016.

INTRODUCTION

The Guatemalan Black Iguana, *Ctenosaura palearis* (Stejneger, 1899), is endemic to the dry forest of the Motagua Valley of Guatemala (Cotí and Ariano-Sánchez, 2008), and is listed as Endangered (EN) on the IUCN Red List (Ariano-Sánchez and Pasachnik, 2011). Although studies are available on the distribution and basic ecology of this species (Cotí and Ariano-Sánchez, 2008), in addition to its morphology (Köhler and Vesely, 1996; Ariano-Sánchez and Gil-Escobedo, 2016), conservation status (Pasachnik and Ariano-Sánchez, 2010), and systematics (Buckley and Axtell, 1997; Pasachnik et al., 2010), the overall ecology of *C. palearis* remains poorly known. *Ctenosaura palearis* frequently is seen feeding on the fruit of the Pitayo Organ Pipe Cactus, *Stenocereus pruinosus* (Fig. 1), and Cotí and Ariano-Sánchez (2008) suggested that *C. palearis* might be a seed disperser for *S. pruinosus*, and thus would contribute to forest cover regeneration in the dry forest of Guatemala. To date, however, no formal assessment of this hypothesis has been made.

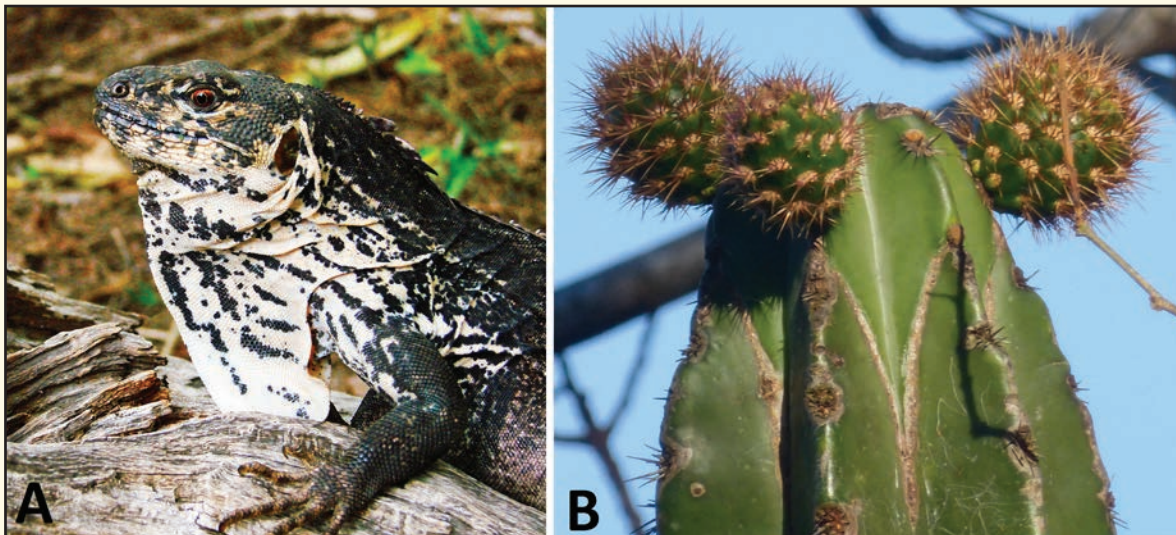


Fig. 1. Dry forest endozoochory-related species: (A) Guatemalan Black Iguana *Ctenosaura palearis*, (B) Pitayo Organ Pipe Cactus *Stenocereus pruinosus* fruits. © Daniel Ariano

Endozoochory among reptiles (saurochory) is not commonly studied, and few taxa, such as iguanids, have been reported to show this type of behavior (Iverson, 1979; Traveset, 1990; Benítez-Malvido et al., 2003; Beovides-Casas and Mancina, 2006; Blázquez and Rodríguez-Estrella, 2007; Celedón-Neghme et al., 2008; Cotí and Ariano-Sánchez, 2008; Piazzon et al., 2012; Moura et al., 2015; Burgos-Rodríguez et al., 2016). Endozoochory affects the germination of seeds primarily by inducing the removal of the pulp (Meyer and Witmer, 1998; Yagihashi et al., 1998; Traveset et al., 2007), by causing scarification of the seed coat (Traveset 1998; Traveset et al., 2001), and by

depositing the seeds in feces this process would include the disperser's microbiota (Traveset et al., 2001; Cosyns et al., 2005; Couvreur et al., 2005). In this study we evaluate the effect of gut passage by *C. palearis* on the *in vitro* germination of *S. pruinus* seeds. Specifically, we evaluate the effects on germination caused by scarification of the seed coat, germination disinhibition by removal of the pulp, and the effects of gut passage by *C. palearis*.

MATERIALS AND METHODS

We captured 20 adult individuals (10 males, 10 females) of *Ctenosaura palearis* from the Reserva Natural para la Conservación del Heloderma y el Bosque Seco, in Cabañas, Zacapa, Guatemala (14°53'N, 89°47'W; WGS 84) and maintained them in captivity. We fed each individual an exclusive diet of one-half a fruit of *Stenocereus pruinosus* per day for seven consecutive days. On the fourth day we collected feces from each individual, and stored the feces in separate sealable plastic bags and refrigerated them at ~4°C for no more than 15 days. We also collected fruits from the same *S. pruinosus* used to feed the *C. palearis*, to conduct germination experiments on seeds that were not ingested by the iguanas, and maintained the seed refrigerated in the same conditions as the feces.

Germination tests

We conducted four *in vitro* germination tests (control: hand-extracted inhibited seeds; treatment A: hand-extracted seeds; treatment B: gut-passed and later disinfected seeds; and treatment C: gut-passed seeds without disinfection) at the Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales at the Universidad del Valle de Guatemala. The control treatment (hand-extracted inhibited seeds) consisted of seeds manually extracted from the fruits, and planted them along with fruit pulp extract to simulate the conditions of the seed inside a fruit. To accomplish this, we washed all the pulp from the seeds, and supplemented them with 10 ml of a *S. pruinosus* pulp juice 5% solution to inhibit germination. We sterilized this solution in an autoclave at 121°C and 1.2kg/cm² for 10 min. Treatment A (hand-extracted seeds) consisted of seeds that we manually extracted from the fruits. We also hand-washed all the pulp from these seeds using demineralized water. Treatment B (gut-passed and later disinfected seeds) consisted of seeds that had passed through the gut of *C. palearis* and later were sterilized with a 30% ethanol solution for 5 min, followed by 15 min in a 25% calcium hypochlorite solution, following the protocol of Guillén et al. (2009). Finally, treatment C (gut-passed seeds) consisted of seeds that had passed through the gut of *C. palearis*, without further treatment.

Each germination assay consisted of 10 Petri dishes with 20 seeds per dish (200 seeds per assay), covered with sterilized white sand. For treatment A and the control, each Petri dish contained seeds obtained directly from different fruits. In treatments B and C, each Petri dish contained 20 gut passed seeds obtained from two different *C. palearis* of the same sex, 10 from each individual. We added 10 ml of distilled water to each Petri dish of experiments (A), (B), and (C). We placed all the Petri dishes in shelves with a fixed photoperiod of 12 h and a constant temperature of 25°C for 40 days (from 16 May to 24 June 2015). After that time, we counted the germinated seeds for each experiment. We considered seeds as germinated if any part of the seedling was visible over the sand surface. We calculated the germination percentage as the total number of seeds germinated in each Petri dish divided by 20, and provide the means as ± 1 SD. We then assessed differences in the germination percentages between groups using the Kruskal-Wallis test ($\alpha = 0.05$) along with Dunn's multiple comparison post-hoc test using JMP 12.2.0 (SAS Institute).

RESULTS

As shown in Figure 2, the differences in germination percentage were extremely significant among all the experiments ($\chi^2 = 22.4$, $P < 0.0001$) with no effects shown by the sex of the iguanas that had ingested the seeds ($\chi^2 = 0.54$, $P = 0.46$). None of the control seeds germinated. Treatment A had a mean germination percentage of $6.67 \pm 7.91\%$, treatment B had a mean germination percentage of $13.33 \pm 8.29\%$, and treatment C had a mean germination percentage of $26.11 \pm 11.93\%$. Dunn's post hoc tests showed a significant increase in germination percentage between the control and treatment B ($Z = -3.04$, $P = 0.014$). We also found an extremely significant increase in germination percentage between the control and treatment C ($Z = -4.49$, $P < 0.0001$). Both treatments (B and C) consisted of gut-passed seeds. The hand-extracted seeds (treatment A) showed no difference in germination percentage compared to

the control ($Z = -1.62, P = 0.63$). We found that the gut-passed seeds of treatment C showed a significant difference in germinability when compared to the hand-extracted seeds of treatment A ($Z = 2.85, P = 0.026$).

The scarification of the seed coat by passing through the gut passage of *Ctenosaura palearis* showed no effect on the seed germination of *S. pruinosus*, as there was no significant difference ($Z = 1.40, P = 0.98$) between the hand-extracted seeds of treatment A and the gut-passed and later disinfected seeds of treatment B. The results also showed a significant increase in germination percentage between the gut-passed seeds of treatment C and the hand-extracted seeds of treatment A ($Z = 2.85, P = 0.026$). The germination percentage of gut-passed seeds of treatment C was not significantly different ($Z = 1.43, P = 0.91$) from the germination percentage of gut-passed and later disinfected seeds (treatment B).

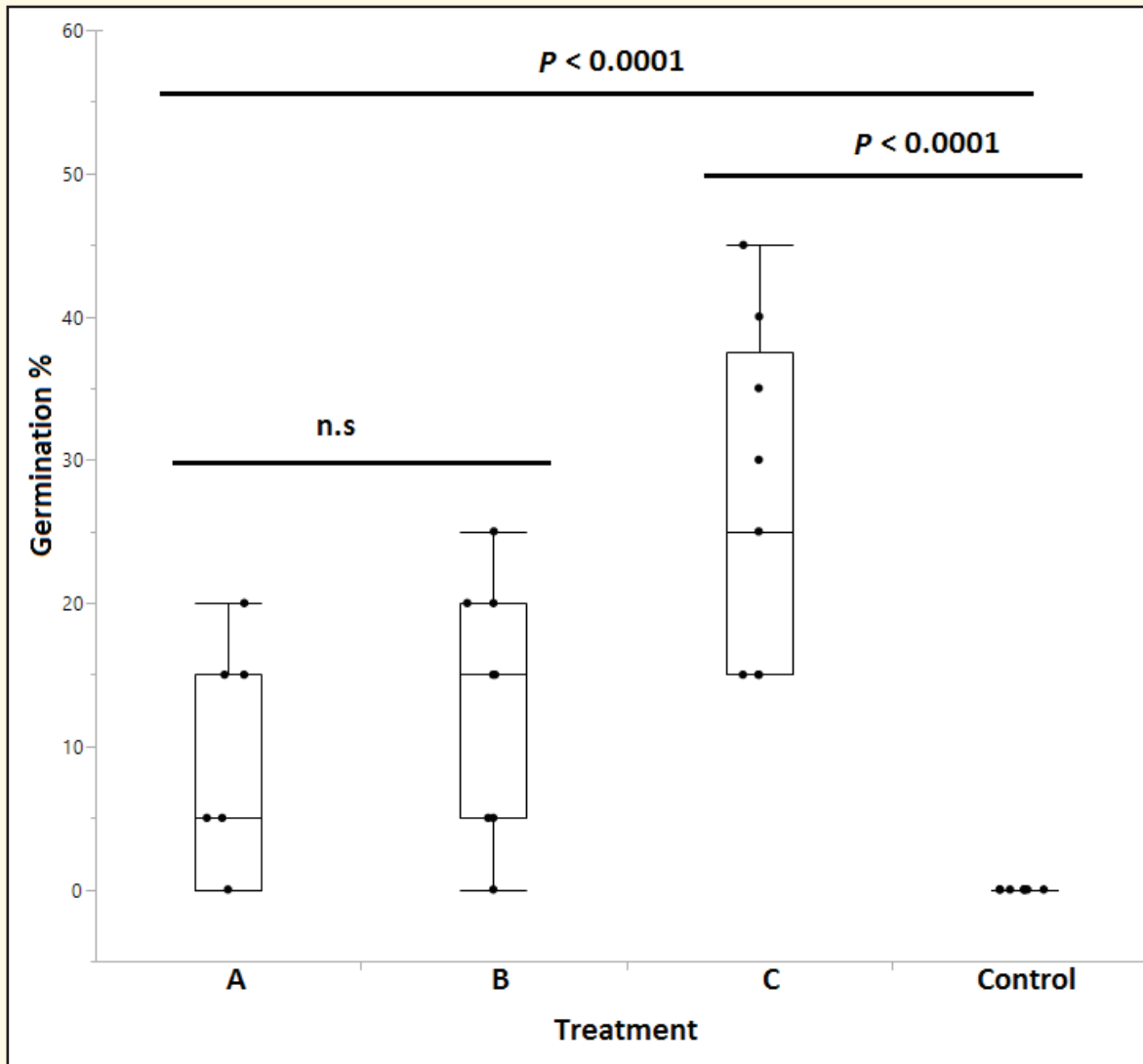


Fig. 2. Germination percentages of petri dishes containing 20 Pitayo Organ Pipe Cactus (*Stenocereus pruinosus*) seeds under four treatments: (A) hand-extracted seeds, (B) *Ctenosaura palearis* gut-passed and later disinfected seeds, (C) *Ctenosaura palearis* gut-passed seeds without further treatment and control ($n = 40$ petri dishes, Kruskal-Wallis test, $P < 0.001$, Dunn's multiple comparison post-hoc test).

DISCUSSION

Removal of the pulp was necessary for the germination of *Stenocereus pruinosus* seeds under any treatment. *Ctenosaura palearis* accomplishes this, as the pulp was not present on the excreted seeds of *S. pruinosus* (treatments B and C), and in treatment A we manually removed the pulp. Scarification of the seeds of *S. pruinosus* by passing through the gut of *C. palearis* did not significantly increase their germination percentage. The treatment of non-inhibited manually extracted seeds did not show a significantly different germination percentage than the sterilized scarified seeds (Fig. 2). Previously, Guillén et al., (2009) successfully germinated seeds of *S. pruinosus* without manual scaring of their seed coats. According to this study, scarification by itself is not necessary for *S. pruinosus* seeds to germinate.

The most important factor in increasing germination was biological additions through gut passage in *C. palearis*, which nearly doubled the germination percentage of the disinfected seeds (Fig. 2). This suggests that the microbiota in the gut of *C. palearis* is composed of at least one species of microorganism that promotes the germination of seeds of *S. pruinosus* by an unknown mechanism. As each individual of *C. palearis* was fed exclusively on fruits of *S. pruinosus*, this result is not conclusive for individuals that ingested a more diverse diet. Therefore, future studies should focus on identifying and describing the microbiota of *C. palearis*, and also in comparing the effect of different diets by analyzing the composition of feces of wild *C. palearis* and its effect on the germination percentages of seeds of *S. pruinosus*.

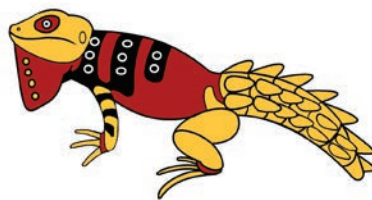
Considering that seed germination in *S. pruinosus* is positively affected by *C. palearis* ingestion, we suggest that *C. palearis* might be an effective seed disperser and consequently would play a fundamental role on seed dispersal in the dry forest of the Motagua Valley, Guatemala. *Stenocereus pruinosus* is a dominant component of several vegetation types in arid and semi-arid areas, and has been used as an important plant resource since humans first occupied the Motagua Valley (Véliz, 2008). The fruits of *S. pruinosus* are of the highest quality and produce a greater economic value compared to those of other members of *Stenocercus* along its distribution, and they are commonly gathered in areas partially consisting of thorn-scrub and in tropical dry forests (Parra et al., 2010). Local villagers in Guatemala consider the fruit of *S. pruinosus* as a highly valuable food item that provides food security for most people living in the valley. The ability of *C. palearis* to disperse seeds will contribute to the welfare of the local human populations that uses *S. pruinosus* as a valuable dietary resource. Consequently, we encourage including *C. palearis* as a key element in local conservation efforts of the seasonally dry tropical forest of the Motagua Valley in Guatemala.

Acknowledgments.—A special thanks goes to Gilberto Salazar, Erik López and Johana Gil for their invaluable collaboration in searching, capturing, maintaining, and feeding individuals of *C. palearis*. This research was supported by Zootropic, Heloderma Natural Reserve and the International Iguana Foundation (IIF). The Biology Department of Universidad del Valle de Guatemala (UVG) provided us with equipment and material for the germination tests, as well as the facilities of the Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales. CONAP provided the permits for conducting this research according to license 012/2015 given to Daniel Ariano-Sánchez. We thank Josiah Townsend, Erich Hofmann, Larry David Wilson, Louis Porras, Margarita Palmieri, Javier Rivas, María René Álvarez, Rick Hudson, David Hedrick and one anonymous reviewer for their comments, which improved the different versions of this paper. This work was part of a thesis by Alejandro Vásquez-Contreras, who is in the undergraduate program of biology at the Universidad del Valle de Guatemala.

LITERATURE CITED

- ARIANO-SÁNCHEZ, D., AND J. GIL-ESCOBEDO. 2016. Natural History Notes. *Ctenosaura palearis* (Guatemalan Spiny-tailed Iguana). Tail trifurcation. *Herpetological Review* 47: 463–464.
- ARIANO-SÁNCHEZ, D., AND S. PASACHNIK. 2011. *Ctenosaura palearis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016.2. (e.T44192A10860487. www.dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-1.RLTS.T44192A10860487.en; accessed 6 September 2016)
- BENÍTEZ-MALVIDO, J., E. TAPIA, I. SUAZO, E. VILLASEÑOR, AND J. ALVARADO. 2003. Germination and seed damage in tropical dry forest plants ingested by iguanas. *Journal of Herpetology* 37: 301–308.
- BEVIDES-CASAS, K., AND C. MANCINA. 2006. Natural history and morphometry of the Cuban Iguana (*Cyclura nubila* Gray, 1831) in Cayo Sijú, Cuba. *Animal Biodiversity and Conservation* 29.1: 1–8.

- BLÁZQUEZ, M., AND R. RODRÍGUEZ-ESTRELLA. 2007. Microhabitat selection in diet and trophic ecology of a spiny-tailed iguana *Ctenosaura hemilopha*. *Biotropica* 39: 496–501.
- BUCKLEY, L., AND R.W. AXTELL. 1997. Evidence for the specific status of the Honduran lizards formerly referred to *Ctenosaura palearis* (Reptilia: Squamata: Iguanidae). *Copeia* 1997: 138–150.
- BURGOS-RODRÍGUEZ, J., K. AVILÉS-RODRÍGUEZ, AND J. KOLBE. 2016. Effects of invasive Green Iguanas (*Iguana iguana*) on seed germination and seed dispersal potential in southeastern Puerto Rico. *Biological Invasions* 18: 2,775–2,782.
- CELEDÓN-NEGHME, C., L. SAN MARTÍN, P. VICTORIANO, AND L. CAVIERES. 2008. Legitimate seed dispersal by lizards in an alpine hábitat: the case of *Berberis empetrifolia* (Berberidaceae) dispersed by *Liolaemus belii* (Tropiduridae). *Acta Oecologica* 33: 265–271.
- COSYNS, E., S. CLAERBOUT, I. LAMOOT, AND M. HOOFFMAN. 2005. Endozoochorous seed dispersal by cattle and horse in a spatially heterogeneous landscape. *Plant Ecology* 178: 149–162.
- COTÍ, P., AND D. ARIANO-SÁNCHEZ. 2008. Ecology and traditional use of the Guatemalan Black Iguana (*Ctenosaura palearis*) in the dry forests of the Motagua Valley, Guatemala. *Iguana* 15: 142–149.
- COVREUR, M., E. COSYNS, M. HERMY, AND M. HOFFMAN. 2005. Complementarity of epi- and endozoochory of plant seeds by free ranging donkeys. *Ecography* 28: 37–48.
- GUILLEN, S., J. BENÍTEZ, M. MARTÍNEZ-RAMOS, AND A. CASAS. 2009. Seed germination of wild, *in situ*-managed, and cultivated populations of columnar cacti in the Tehuacán–Cuicatlán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments* 73: 407–413.
- IVERSON, J. 1979. Behavior and ecology of the Rock Iguana *Cyclura carinata*. *Bulletin of the Florida State Museum Biological Sciences* 24: 175–358.
- KÖHLER, G., AND M. VESELY. 1996. Freilanduntersuchungen zur Morphologie und Lebensweise von *Ctenosaura palearis* in Honduras und Guatemala. *Herpetofauna Weinstadt* 18: 23–26.
- MEYER, G., AND M. WHITMER. 1998. Influence of seed processing by frugivorous birds on germination success of three North American shrubs. *American Midland Naturalist* 140: 129–139.
- MOURA, A. C. DE A., L. CAVALCANTI, E. LEITE-FILHO, D. O. MESQUITA, AND K. R. MCCONKEY. 2015. Can Green Iguanas compensate for vanishing seed dispersers in the Atlantic forest fragments of north-east Brazil? *Journal of Zoology* 295:189–196.
- PARRA, F., A. CASAS, J. M. PEÑALOZA-RAMÍREZ, A. C. CORTÉS-PALOMEC, V. ROCHA-RAMÍREZ, AND A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ. 2010. Evolution under domestication: ongoing artificial selection and divergence of wild and managed *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacán Valley, México. *Annals of Botany* 106: 483–496.
- PASACHNIK, S., A. ECHTERNACHT, AND B. FITZPATRICK. 2010. Gene trees, species and species trees in the *Ctenosaura palearis* clade. *Conservation Genetics* 11: 1,767–1,781.
- PASACHNIK, S., AND D. ARIANO-SÁNCHEZ. 2010. CITES appendix II listing for the *Ctenosaura palearis* clade: developing conservation policies in Central America. *IRCF Reptiles & Amphibians* 17: 137–139.
- PIAZZON, M., A. R. LARRINAGA, J. RODRÍGUEZ-PÉREZ, L. LATORRE, L. NAVARRO, AND L. SANTAMARÍA. 2012. Seed dispersal by lizards on a continental-shelf island: predicting interspecific variation in seed rain based on plant distribution and lizard movement patterns. *Journal of Biogeography* 39: 1,984–1,995.
- TRAVESET, A. 1990. *Ctenosaura similis* Gray (Iguanidae) as a seed disperser in a Central American deciduous forest. *The 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: 151–190.
- TRAVESET, A., T. BERMEJO, AND M. WILSON. 2001. Effect of manure composition on seedling emergence and growth of two common shrub species of Southeast Alaska. *Plant Ecology* 155: 29–34.
- TRAVESET, A., A. ROBERTSON, AND J. RODRÍGUEZ-PÉREZ. 2007. A review on the role of endozoochory in seed germination. Pp. 78–103. *In* A. Dennis, E. Schupp, R. Green, and D. Wescott (Eds.), *Seed dispersal: Theory and application in a changing World*. CAB International, Wallingford, England.
- VÉLIZ, M. 2008. Análisis comparativo de la diversidad florística y endemismos de las zonas semiáridas de Guatemala. (Informe final de proyecto FODECYT No. 27–2006). Guatemala: CONCYT/SENACYT/USAC. 84pp.
- YAGIHASHI, T., M. HAYASHIDA, AND T. MIYAMOTO. 1998. Effects of bird ingestion on seed germination of *Sorbus comixta*. *Oecologia* 114: 209–212.





Alejandro Vásquez-Contreras is a biologist and current student in bioinformatics at the Universidad del Valle de Guatemala. His main interests include phylogenetics, herpetology, biometry, and data science. Alejandro has assisted with various courses, including introductory biology, botany, ecology, organic chemistry, biometry, and statistics, and conducted professional practices in the Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales at the Universidad del Valle in Guatemala, where he worked primarily with orchid culturing.



Daniel Ariano-Sánchez is a conservation biologist with an interest in the ecology, conservation, toxinology and natural history of amphibians and reptiles in Guatemala. He currently teaches herpetology, ecology and conservation biology at the Universidad del Valle de Guatemala. He received a Master's degree in Ecology and Conservation at the Universidad de Costa Rica and a Master's degree in Protected Areas Management at the Universidad Autónoma de Madrid. For the last 12 years he has been studying the dry and cloud forest herpetofaunas of Guatemala, with his research focusing on *Plectrohyla*, *Abronia*, *Ctenosaura*, *Heloderma*, and *Bothriechis*. Daniel has authored or co-authored over 35 peer-reviewed papers and notes on herpetological topics. In 2008 he won the Young Scientist Award from The World Academy of Sciences. He also has been involved with developing conservation policies for Mesoamerican herpetofauna at the national and international levels, and is a member of the Iguana Specialist Group of the International Union for Conservation of Nature (ISG-IUCN).