



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Ciencias (Recursos Bióticos)

**Dispersión endozoócora por el venado cola blanca
*Odocoileus virginianus***

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestra en Ciencias (Recursos Bióticos)

Presenta:

Miriam García Ruiz

Dirigida por:

Dra. Guadalupe Xochitl Malda Barrera
Dra. Ellen Andresen

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Octubre 2016



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Ciencias (Recursos Bióticos)

Dispersión endozoócara por el venado cola blanca *Odocoileus virginianus*

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestra en Ciencias (Recursos Bióticos)

Presenta:

Miriam García Ruiz

Dirigida por:

Dra. Guadalupe Xochitl Malda Barrera
Dra. Ellen Andresen

Sinodales

Dra. Guadalupe Xochitl Malda Barrera
Presidente


Firma

Dra. Ellen Andresen
Secretario


Firma

Dr. Sergio Guerrero Vázquez
Vocal

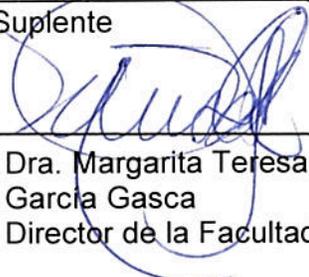

Firma

Dr. Israel Gustavo Carrillo Angeles
Suplente


Firma

Dra. Mónica Elisa Queijeiro Bolaños
Suplente


Firma


Dra. Margarita Teresa de Jesús
García Gasca
Director de la Facultad


Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca
Piña
Director de Investigación y Posgrado

RESUMEN

Se ha documentado la importancia del venado cola blanca como dispersor de semillas, aunque en México son escasos los trabajos relacionados con el tema. El objetivo del estudio fue estimar la importancia que tiene el venado cola blanca como dispersor de semillas por endozoocoria, mediante la revisión de la germinación de semillas provenientes de grupos fecales colectados en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, Jalisco. De un total de 98 grupos de pellets colectados, sólo el 28.6% tenía semillas. Fueron encontradas 369 semillas, 296 con algún daño o inmaduras. Germinaron 67 semillas de 31 morfoespecies, de las cuales, se identificaron nueve por lo menos a nivel de familia. También se evaluó el efecto del paso por el tracto digestivo sobre la germinación de semillas de *Acacia schaffneri*. Se usaron semillas que provenían de pellets y semillas de vainas colectadas de árboles y del suelo, como semillas control, en una UMA del Parque Nacional El Cimatario, Querétaro. Se calculó el porcentaje y la velocidad de germinación. Se comparó la germinación de semillas extraídas de los pellets vs. semillas control y la germinación de semillas en pellets intactos vs. semillas control. Las semillas que no germinaron fueron evaluadas por tinción con cloruro de tetrazolio para determinar su viabilidad. Se encontraron diferencias marginalmente significativas que sugieren un mayor porcentaje de germinación de semillas defecadas en comparación con las semillas control, así como mayor porcentaje de germinación de semillas dentro de pellets en comparación con las semillas control. El venado cola blanca actúa principalmente como depredador de semillas, pues frecuentemente las consume inmaduras o las daña al manipularlas. Sin embargo, también se considera que este cérvido puede ser dispersor ocasional de semillas, y para algunas especies de plantas, podría ser un dispersor importante, al incrementar el porcentaje de germinación de las semillas que pasan por su tracto digestivo.

Palabras clave: Germinación, viabilidad de semillas, bosque La Primavera, *Acacia schaffneri*.

SUMMARY

Despite the importance of white-tailed deer as seed disperser, there are few studies about seed dispersal by this cervid in Mexico. The objective of this work was to estimate the importance of white-tailed deer as endozoochorous seed disperser through the evaluation of seed germination in fecal samples collected in the protected natural area La Primavera, in Jalisco. 98 pellet groups were found, only 28.6% had seeds. 369 seeds were found, 296 had damage or were unripe and 67 seeds of 31 morphospecies germinated, nine were identified at least at family level. The effect of the gut passage on germination of *Acacia schaffneri* seeds was also evaluated. Defecated seeds and control seeds picked up directly from pods on trees and from the ground, were used. The seeds were taken from a deer-management area in El Cimatario national park, Querétaro. Two variables were calculated: germination percentage and speed of germination. The germination into intact pellets was also revised. The seeds that did not germinate were tested by tetrazolium test. Marginally differences were found between the germination percentage of defecated seeds and the control treatment, where the percentage of defecated seeds was higher. A relationship was found between the number of seeds germinated from intact pellets and the control, the number of germinations was higher in intact pellets. White-tailed deer is mainly a seed predator because eats unripe seeds or damages them. However, this cervid can be an occasional seed disperser, and even, for some plant species, could be an important seed disperser, when improves the germination percentage of seeds after the gut passage.

Key words: Germination, seed viability, La Primavera forest, *Acacia schaffneri*.



“Mi fe ha sido desde el principio el estímulo principal en mi trabajo...”

José Antonio Pagola

AGRADECIMIENTOS

A la Ruah, brisa suave y tormenta recia a la vez, que aquieta, que mueve, que transforma.

Agradezco a mi familia, mis papás, Lalo por tus incansables dudas llenas de admiración por la maravilla y tu escucha atenta a las respuestas, y Lilia, por tu escucha, tus consejos y tus “relax”, a ambos, por estar siempre ahí apoyándome, en campo, en trabajo de gabinete, en Guadalajara, en Autlán, en Querétaro, en fin. A mis hermanos Lalo, Checo, Pao, Martha, por su respaldo y sus visitas y a Mayté que hasta al bosque fuiste a dar conmigo. A Jona, por tus regaños, tu amor, tu apoyo con la germinadora y en campo, y sobre todo tu paciencia. A mis abuelitas, por su preocupación y sus consejos para cuidar a las plantitas.

Mi agradecimiento entero al Biól. Gerardo Cabrera, primero por creer en la idea, por creer en mí, y por nunca desistir, sin importar calor, lluvia, falta de brecha y hasta garrapatas.

A mis asesores, por permitirme andar y crecer profesionalmente, aconsejándome, haciendo que reflexionara y le “echara coco”. A la Dra. Lupita Malda, por abrirme las puertas del Laboratorio de Ecología, por brindarme su apoyo y conocimientos, A la Dra. Ellen Andresen, por su incansable paciencia y escucha constante a pesar de la distancia, por sus innumerables y acertadas aportaciones al trabajo. Al Dr. Sergio Guerrero por su asesoramiento atento a lo largo del proyecto. A la Dra. Mónica Queijeiro y al Dr. Israel Carrillo, a ambos por sus observaciones y comentarios, especialmente, en el diseño experimental y estadística.

A quienes aportaron de diversas maneras para completar este trabajo, agradezco sus recomendaciones y observaciones: Biól. Antonio Ordorica, Dr. Arturo Curiel, Dr. Aurelio Guevara, Dr. David Valenzuela, Dr. Fidel Landeros, Dr. Humberto Suzán, Dr. Salvador Mandujano, Dra. Sonia Gallina, Dr. Víctor Cambrón, M.C. Rafael Hernández y M.C. Valentina Serrano; y su apoyo para la identificación de especies: Biól. Osvaldo Zuno, Dr. Jesús Guadalupe González, Dra. Mahinda Martínez, M.C. Arturo Castro, M.C. Irving Rosas y M.C. Maricela Gómez.

A mi familia queretana: Vio has sido mi hermana mayor y la mejor consejera en esta aventura, sabes que te admiro mucho; Pao fue poquito tiempo el que nos tocó compartir pero fue grandioso coincidir y convivir; Luiza gracias por hacerme practicar el inglés-polaco-español, por tu escucha, tu apoyo, especialmente durante estos meses de papeleo. Lau, inquilina por algunas semanas, gracias por compartir el arduo trabajo con las excretas, agradezco infinitamente que junto con Vio cuidaran a mis plantitas. Haber compartido un hogar con ustedes ha sido una bendición en mi vida. Las mañanas, tardes y hasta noches de café, han sido un desahogo y un impulso. Muchachas las quiero mucho.

A mis amigos, de Guadalajara: Lucy y Tony, gracias por apoyarme en la colecta de muestras, aunque implicara caminar y caminar en busca de pellets. Mis amigos de Querétaro, Johannita gracias por tu escucha, las pláticas y tus consejos; René por ayudarme con paciencia en la parte técnica de SIG; Clau gracias por tu apoyo, especialmente en el proceso de trámites; Gaby estuvimos juntas en el laboratorio con preguntas, aciertos y desaciertos, gracias por compartir. A Marce y Paty por su apoyo moral y técnico con las semillas y plántulas, por las salidas a comer y tantas pláticas. A mis compañeros del Laboratorio de Ecología, por resolver mis miles de dudas: Pepe y Conchita. A mis compañeros de la maestría, especialmente: Samuel, Martha, Blanca y Wazus.

A mis compañeros de otros laboratorios, de manera especial a Kara, Jos y Carmen, gracias por sus consejos, enseñanzas y por facilitarme material. A las secretarias de posgrado, Adys y Yola por su ayuda con las cuestiones técnicas, y sus pláticas y chascarrillos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el otorgamiento de la Beca CONACYT Nacional (2014-2016). Al personal del Organismo Público Descentralizado Bosque La Primavera, por facilitarme el acceso al ANP y el apoyo con el transporte dentro del bosque. Al Laboratorio de Botánica de la Universidad de Guadalajara: M.C. Jacqueline Reynoso, al curador del Herbario IBUG Dr. Pablo Carrillo y al curador del herbario QMEX M.C. Alejandro Cabrera, por facilitarme el acceso a los ejemplares de las colecciones. A la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, especialmente al Ing. Rigoberto Román y al Mtro. Marco Antonio Gutiérrez por su apoyo con información para el proyecto. A la Comisión Nacional Forestal Estatal, particularmente al C. Antonio Mendoza y a la Ing. Nidia Martínez por su apoyo.

A todas aquellas personas que me brindaron un saludo, una sonrisa, un chiste, un consejo y que hicieron más amena esta aventura.

ÍNDICE

RESUMEN	ii
SUMMARY	iii
AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABLAS.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
II.1. Objetivo general	4
II.2. Objetivos particulares	4
III. MÉTODOS.....	5
III.1. Especie de estudio <i>Odocoileus virginianus</i> (Zimmermann, 1780)	5
III.2. Especies de semillas defecadas por el venado cola blanca en el bosque La Primavera.....	6
III.2.1. Área de estudio	6
III.2.2. Colecta y revisión de grupos fecales	8
III.2.3. Identificación de semillas en los grupos fecales y determinación de su viabilidad mediante pruebas de germinación.....	10
III.3. Efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de <i>Acacia schaffneri</i>	12
III.3.1. Área de estudio	12
III.3.2. Especie de planta focal: <i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson, 1948)	13
III.3.3. Colecta de grupos fecales	14
III.3.4. Experimento de germinación de semillas dentro de pellets intactos	15
III.3.5. Experimento de germinación de semillas extraídas de los pellets.....	15
III.3.6. Prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio	17
III.3.7. Análisis de datos	18
IV. RESULTADOS	19
IV.1. Especies de semillas defecadas por el venado cola blanca en el bosque La Primavera.....	19
IV.1.1. Identificación de semillas en los grupos fecales y determinación de su viabilidad mediante pruebas de germinación.....	19
IV.1.2. Prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio de semillas colectadas en el bosque La Primavera	20

IV.2. Efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de <i>Acacia schaffneri</i>	21
IV.2.1.Experimento de germinación de semillas dentro de pellets intactos	21
IV.2.2.Experimento de germinación de semillas extraídas de los pellets.....	22
IV.2.3.Prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio	23
V. DISCUSIÓN.....	24
V.1. Especies de semillas defecadas por el venado cola blanca en el bosque La Primavera.....	24
V.2. Efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de <i>Acacia schaffneri</i>	30
VI. CONCLUSIONES	33
VII. PERSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES	34
APÉNDICES.....	44
Apéndice 1. Catálogo fotográfico de semillas y plántulas encontradas en los grupos fecales colectados en La Primavera	44
Apéndice 2. Rastros de venado cola blanca y germinación de semillas en campo.....	57
Apéndice 3. Mapas de localización de rastros de venado cola blanca y de excretas que contenían semillas viables en La Primavera	58

LISTA DE FIGURAS

1. Polígono del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, en el estado de Jalisco.	7
2. Mapa del APFFLP y su zonificación, donde sobresalen las áreas que fueron muestreadas (polígonos verdes y amarillo) y los sitios de colecta de grupos fecales (puntos rojos). Nótese que tres sitios de colecta se encuentran fuera de los límites de las áreas de muestreo; sin embargo, se consideraron parte del área más cercana dadas las características similares que fueron observadas en campo.....	9
3. Mapa del Parque Nacional El Cimatario (PANEC), que muestra la ubicación de los corrales donde se mantienen a los venados en cautiverio.	13
4. Categorías de tinción de semillas para determinar su viabilidad por medio de la prueba de cloruro de tetrazolio. Semillas con tinción suave (a) se consideraron no viables; semillas con tinción media (b) o intensa (c), se consideraron viables.	18
5. Porcentaje (a y c) y velocidad (b y d) de germinación de semillas de <i>Acacia schaffneri</i> . Se comparan semillas que atravesaron el tracto digestivo de <i>O. virginianus</i> con los cuatro tratamientos control (a y b) y con el promedio de los controles (c y d). Los tratamientos control son: semillas oscuras y claras provenientes de árboles (AO, AC, respectivamente) y semillas oscuras y claras	

tomadas del suelo (SO, SC, respectivamente). Las barras de error representan +1 D.E. 23

6. Resultados de las pruebas de tinción con tetrazolio para determinar la viabilidad de semillas de *A. schaffneri* que atravesaron el tracto digestivo de *O. virginianus* (O.v.) y que fueron obtenidas de vainas (controles): semillas oscuras y claras provenientes de árboles (AO, AC, respectivamente) y semillas oscuras y claras del suelo (SO, SC, respectivamente). Las semillas con tinción suave (barra gris claro) se consideraron no viables, mientras que las semillas con tinción media (barra gris oscuro) y tinción intensa (barra negra) se consideraron viables. 24

LISTA DE TABLAS

1. Semillas defecadas por venados cola blanca en el bosque La Primavera que lograron identificarse por lo menos a nivel de familia..... 20

I. INTRODUCCIÓN

La dispersión de semillas se define como el movimiento de las plantas a través de sus propágulos, en este caso de semillas (Levin *et al.*, 2003) y puede darse a través de mecanismos abióticos o bióticos. El desplazamiento de las semillas lejos de la planta parental es muy importante en la dinámica poblacional de las plantas. Este desplazamiento puede incrementar el flujo genético (Jordano *et al.*, 2007), facilita el proceso de colonización de nuevos sitios, mejora el reclutamiento al disminuir la competencia intraespecífica y/o la mortalidad de semillas y/o plántulas y en algunos casos, permite la llegada de las semillas a micrositios altamente favorables (Traveset *et al.*, 2014). Por ejemplo, un estudio en la sabana africana encontró que las semillas de *Acacia* spp. que son dispersadas por grandes herbívoros se benefician al ser liberadas de las vainas y depositadas más allá del dosel de las plantas parentales, en sitios adecuados para la sobrevivencia de las plántulas (Miller, 1996). En otro estudio, se encontró una aportación diferencial al flujo genético a través de la dispersión de semillas de *Prunus mahaleb* por aves y mamíferos, las cuales eran transportadas de otras poblaciones al área de estudio (Jordano *et al.*, 2007).

Además de la función ecológica que representa la dispersión de semillas, se le puede considerar como un servicio ecosistémico, ya que permite el mantenimiento de los ecosistemas a través de la regeneración de muchas especies, lo que se traduce en un elemento fundamental para el manejo (Bascompte y Jordano, 2013) y la restauración forestal (Wunderle, 1997; Ramos-Font *et al.*, 2015). Por ejemplo, en un experimento de siembra de pastos con el fin de restablecer los sitios de estudio con pastos perennes, se determinó que la siembra de semillas de especies perenes dentro de un banco de semillas de pastos anuales con un umbral de entre 150 y 1500 por m², permite el establecimiento de pastos perennes con mayor éxito (Schantz *et al.*, 2016). Por otro lado, la importancia puede radicar en el riesgo que implica la dispersión de ciertas especies de semillas para la restauración, por ejemplo se ha observado que algunos mamíferos herbívoros dispersan un mayor número de semillas de especies provenientes de comunidades ruderales, agrícolas

y de hábitats abiertos que de especies que pertenecen a bosques maduros (Panter y Dolman, 2012).

La dispersión de semillas por medios bióticos, es decir, a través de animales (zoocoria), se puede clasificar en tres categorías: a) epizoocoria, cuando las semillas se adhieren externamente al dispersor (Sorensen, 1986), por ejemplo semillas que se pegan al pelaje de grandes herbívoros domésticos y son dispersadas entre diferentes hábitats (Martine *et al.*, 2004); b) sinzoocoria, cuando las semillas son manipuladas, transportadas y posteriormente, descartadas o escondidas (Iluz, 2011; e.g. semillas manipuladas por granívoros (Andresen com. pers.) y c) endozoocoria, cuando las semillas son ingeridas y posteriormente defecadas o regurgitadas (Andresen, 2012), un ejemplo de esto es la dispersión de las semillas del cactus columnar *Stenocereus queretaroensis* cuando sus frutos son consumidos y posteriormente defecados por murciélagos (Pimienta-Barrios, 1999).

En general, el proceso de dispersión de semillas por animales se evalúa por medio de la efectividad de dispersión, definida como la aportación del dispersor a la reproducción de las plantas. Dentro de la efectividad se pueden distinguir dos componentes: el cuantitativo y el cualitativo; el primero, involucra el número de semillas que son transportadas y el número de visitas del dispersor, mientras que el segundo, incluye el tratamiento a la semilla antes de ser dispersada, la calidad en los sitios de deposición y por lo tanto, la probabilidad de que la semilla dispersada se convierta en un nuevo adulto reproductivo (Schupp, 1993; Schupp, 2007). Las investigaciones sobre la dispersión de semillas por animales son numerosas, pero la mayoría se ha enfocado en la dispersión por animales frugívoros y/o granívoros (Andresen, 2012). Son relativamente menos frecuentes los trabajos que estudian la dispersión de semillas por animales herbívoros (Cosyns, 2004; Mandujano, 2004; Myers *et al.*, 2004; Haarmeyer *et al.*, 2010).

Los herbívoros, *sensu stricto*, son animales que generalmente consumen las partes vegetativas de las plantas (i.e. hojas, tallos, raíces). Sin embargo, pueden ingerir una gran cantidad de semillas, ya sea de manera activa, cuando forrajean por frutos de manera intencional (e.g. Janzen, 1984) o pasiva, cuando pastan y

ramonean hojas y accidentalmente también ingieren frutos/semillas muy pequeños (Bodmer, 1991; Cosyns, 2004; Castro *et al.*, 2008; Haarmeyer *et al.*, 2010; Andresen, 2012). De esta manera, podrían jugar un papel relevante en la dinámica poblacional de las plantas, así como en los patrones de distribución espacial de los individuos a diferentes escalas espaciales (Albert *et al.*, 2015).

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) es un herbívoro principalmente ramoneador, que consume una gran variedad de partes vegetativas de hierbas, arbustos y árboles, además de frutos (Aranda, 2012) y flores (O. Zuno, com. pers.). Este animal ha sido ampliamente estudiado por su importancia económica como especie cinegética (Gallina *et al.*, 1978) y por su impacto como herbívoro en diversos ecosistemas (Tilghman, 1989; Rooney y Waller, 2003; Kraft *et al.*, 2004). Sin embargo, se conoce poco sobre su papel como dispersor de semillas en los ecosistemas donde habita; la mayoría de estos estudios han sido realizados en los Estados Unidos de América (e.g. Heady, 1954; Myers *et al.*, 2004; Guiden, 2013; Pile *et al.*, 2015); en estos estudios se ha documentado la capacidad del venado cola blanca de dispersar un gran número de semillas viables de diversas especies. En México sólo se conoce un estudio sobre dispersión de semillas por este ungulado, en el que se observó que dispersó mayor cantidad de semillas viables de ciruela (*Spondias purpurea*) escupiéndolas lejos de la planta parental, en comparación con otras especies de animales dispersores (Mandujano *et al.*, 1994).

Se ha documentado que *O. virginianus* es dispersor de un gran número de semillas de diversas especies, tanto nativas como exóticas, aunque en varios estudios se destaca la dispersión de taxones no nativos (Myers *et al.*, 2004; Williams *et al.*, 2008; Castellano y Gorchov, 2013). De cualquier modo, figura como un dispersor potencial de largas distancias (Vellend *et al.*, 2003), lo cual podría favorecer la conectividad entre poblaciones de plantas a nivel del paisaje (Guiden, 2013). Además, por ser una especie generalista y adaptable, se le puede encontrar en diferentes tipos de hábitats: bosques, pastizales, campos agrícolas, e incluso hábitats suburbanos y urbanos (Swihart *et al.*, 1993; Gaughan y Destefano, 2005), y por lo tanto, las semillas podrían estar siendo dispersadas entre esos hábitats.

Debido a la poca información sobre el venado cola blanca como dispersor de semillas en México, es importante documentar la interacción de este cérvido con las especies de plantas cuyos frutos consume. El principal objetivo de este trabajo fue hacer una estimación de la importancia que el venado cola blanca puede estar desempeñando en la dispersión de semillas que ingiere y posteriormente defeca.

El presente estudio se realizó, en su primera etapa, en tres zonas del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP), en Jalisco. Este bosque está bajo fuertes presiones antrópicas al encontrarse muy cerca de la zona urbana. Muchas especies de fauna, entre ellas el venado, han sido objeto de amenazas (Valenzuela-Galván, 1994; Aguilar *et al.*, 2012). Se tiene muy poca información sobre este cérvido en el APFFLP (Aguilar *et al.*, 2012), desconociéndose sus funciones ecológicas, tales como la dispersión de semillas.

Posteriormente, en una segunda etapa del estudio, llevada a cabo en el Parque Nacional El Cimatario (PANEC), en Querétaro, se realizó la evaluación de la germinación de semillas de *Acacia schaffneri* defecadas por venado cola blanca, con el fin de determinar el efecto del paso por el tracto digestivo sobre la germinación.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo general

Hacer una estimación de la importancia del venado cola blanca como dispersor de semillas por endozoocoria.

II.2. Objetivos particulares

1. Identificar las especies de semillas que el venado cola blanca defeca en el bosque La Primavera, Jalisco, y determinar su viabilidad.
2. Evaluar el efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de semillas de *Acacia schaffneri*.

III. MÉTODOS

III.1. Especie de estudio *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780)

El venado cola blanca, *Odocoileus virginianus*, pertenece a la familia Cervidae y al orden Artiodactyla. Se distribuye a lo largo del continente americano, desde Canadá hasta Bolivia (Aranda, 2012). En México, se puede encontrar en casi todo el país, excepto en la península de Baja California y el norte de Sonora (Mandujano *et al.*, 2002). Se reconocen 14 subespecies en el país (Mandujano *et al.*, 2002; Gallina, 2007).

Las características morfológicas más relevantes incluyen un cuello largo, cabeza alargada, patas delgadas, fuertes y de altura regular (Galindo y Weber, 2005) y una cola blanca de 152-330 mm que levanta y curva para alertar a otros venados frente al peligro (Gutiérrez *et al.*, 2007). Tiene una longitud total (de la punta de la nariz a la base de la cola) de entre 100 y 240 cm (Galindo y Weber, 2005) y un peso de 27 a 69 kg (Zalapa *et al.*, 2013). Su coloración varía de café rojizo en verano a café grisáceo en invierno y su vientre es blanco; los cervatillos presentan manchas blancas (Gutiérrez *et al.*, 2007).

El venado cola blanca es una especie de importancia económica para el aprovechamiento cinegético (Gallina *et al.*, 1978). Desde el punto de vista ecológico su importancia radica en su papel como herbívoro (Tilghman, 1989; Rooney y Waller, 2003; Kraft *et al.*, 2004), como presa de carnívoros (e.g. depredación de venados por pumas, Cooley *et al.*, 2008) y como dispersor de semillas (Myers *et al.*, 2004; Williams *et al.*, 2008; Castellano y Gorchov, 2013). A pesar de su amplia distribución y capacidad de adaptación a diferentes condiciones, las poblaciones de esta especie han disminuido drásticamente debido, entre otros factores, a la pérdida de hábitat (Galindo y Weber, 2005; Mandujano, 2011) y su explotación indiscriminada en algunos sitios (Gallina, 1981; Mandujano, 2011). Sin embargo, en algunos otros lugares, las malas prácticas de manejo han detonado un crecimiento poblacional excesivo (Furedi y McGraw, 2004).

En una revisión bibliográfica, Mandujano (2004) encontró que, de las cinco especies de venados presentes en México, el venado cola blanca ha sido el más

estudiado, con 75% del total de los más de 500 trabajos revisados. Esta tendencia se ha mantenido en fechas más recientes (Mandujano, 2011). Gran parte de estos estudios se enfocan en ecología de poblaciones, áreas de actividad, hábitat, dieta, reproducción y comportamiento (Gallina, 2007). Sin embargo, son pocos los trabajos sobre el papel del venado cola blanca como dispersor de semillas en el país (ver Mandujano *et al.*, 1994); la mayoría éstos se han realizado en Estados Unidos de América (Heady, 1954; Vellend, 2002; Ford *et al.*, 2003; Vellend *et al.*, 2003; Myers *et al.*, 2004; Furedi y McGraw, 2004; Williams y Ward, 2006; Williams *et al.*, 2008; Lefcort y Pettoello, 2012; Blyth *et al.*, 2013; Castellano y Gorchov, 2013; Guiden, 2013; Pile *et al.*, 2015).

III.2. Especies de semillas defecadas por el venado cola blanca en el bosque La Primavera

III.2.1. Área de estudio

El Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP) se encuentra en el estado de Jalisco. Es un área natural protegida (ANP) desde 1980 y se conforma por aproximadamente 30,500 ha (CONANP, 2000). Este bosque, comúnmente conocido como La Primavera, se ubica al oeste de la ciudad de Guadalajara y forma parte de tres municipios: Zapopan, Tala y Tlajomulco de Zúñiga (Figura 1). Se encuentra entre los 1,400 y 2,200 m s. n. m. y presenta dos climas predominantes, templado subhúmedo y semicálido subhúmedo y precipitación media anual entre 800 y 1,000 mm (CONANP, 2000). La temperatura promedio anual es de 18.7 °C, con mínimas de 5°C en el mes de enero y máximas de 32°C en el mes de junio (Rodríguez, 2014).



Figura 1. Polígono del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, en el estado de Jalisco.

El APFFLP cuenta con cinco tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de encino, bosque tropical caducifolio, vegetación riparia y vegetación secundaria (Reyna, 2004). Algunas de las especies de plantas con mayor Índice de Valor de Importancia son los árboles *Quercus resinosa* y *Pinus oocarpa*, así como los arbustos *Vaccinium stenophyllum*, *Verbesina greenmanii*, *Agave guadalajarana* y *Acacia pennatula* y hierbas de los géneros *Aristida* y *Muhlenbergia* (Zuno *et al.*, 2013). Probablemente esta diversidad de tipos de vegetación se deba a su localización en la zona de traslape de dos provincias florísticas: la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Transversal, además de estar entre dos regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical (Zalapa *et al.*, 2013).

Dentro del polígono del área protegida existen áreas dedicadas a la ganadería, agricultura y a la actividad ecoturística, mientras que alrededor del área de protección hay algunas zonas urbanas y de actividad agropecuaria (Figura 2). Por esto último se le considera una isla ecológica (Rodríguez, 2014). Dada la cercanía con la capital del estado y otras ciudades, el APFFLP ha sufrido fuertes

presiones por actividades antropogénicas, las cuales han propiciado la transformación de vegetación primaria en secundaria (Reyna, 2004). Asimismo, la intensidad de los incendios y su frecuencia han degradado miles de hectáreas arboladas (Castañeda-González *et al.*, 2012). En el año 2013, se llevó a cabo una evaluación del estado de conservación de las comunidades vegetales del APFFLP. Los resultados mostraron que las actividades antropogénicas han provocado cierto grado de degradación en casi todo el polígono del APFFLP (Zuno *et al.*, 2013).

Dentro del bosque La Primavera se han realizado algunos trabajos sobre el venado cola blanca de la subespecie que habita en él, *O. v. sinaloae*. Dos estudios se han enfocado en aspectos de comportamiento (Mandujano *et al.*, 1996) y tasas de defecación en cautiverio (Hernández, 1994). Asimismo, algunos aspectos poblacionales y de uso del hábitat del venado cola blanca en La Primavera, se conocen por un trabajo sobre su densidad y distribución (Valenzuela-Galván, 1994), un proyecto de radiotelemetría con dos individuos que fueron liberados en el bosque (Aguilar *et al.*, 2012) y a partir de la observación de individuos y rastros (huellas, excretas y echaderos) por parte del personal que labora en el bosque (G. Cabrera, com. pers.). La densidad poblacional del venado se ha calculado en 4.83 ± 0.98 ind/km² (Valenzuela-Galván, 1994) y su ámbito hogareño se ha estimado en 506 ha con preferencia por sitios con exposiciones norte y sur, con cobertura de dosel entre 25 y 75% y pendientes poco pronunciadas (Aguilar *et al.*, 2012).

III.2.2. Colecta y revisión de grupos fecales

Durante el año 2015 se realizaron visitas para la colecta de excretas en tres áreas dentro del bosque La Primavera: Las Planillas, San Miguel y Llano Grande (Figura 2). Las dos primeras son áreas dedicadas a la protección, de acuerdo a la zonificación del ANP, mientras que la tercera es de aprovechamiento de recursos agroecológicos. En marzo, abril y mayo se hicieron colectas en Las Planillas y San Miguel; en junio y julio se llevaron a cabo muestreos en Las Planillas y Llano Grande; en septiembre se visitaron los tres sitios; finalmente, en octubre se realizaron colectas en Las Planillas y San Miguel. Cabe mencionar que estos meses de muestreo incluyen la temporada de estiaje frío (octubre-enero), estiaje cálido (febrero-mayo) y lluvias (junio-septiembre) (Rodríguez, 2014), y las épocas de

fructificación de muchas especies de plantas en el bosque (Reyna, 2004; Zuno *et al.*, 2013; Rodríguez, 2014).

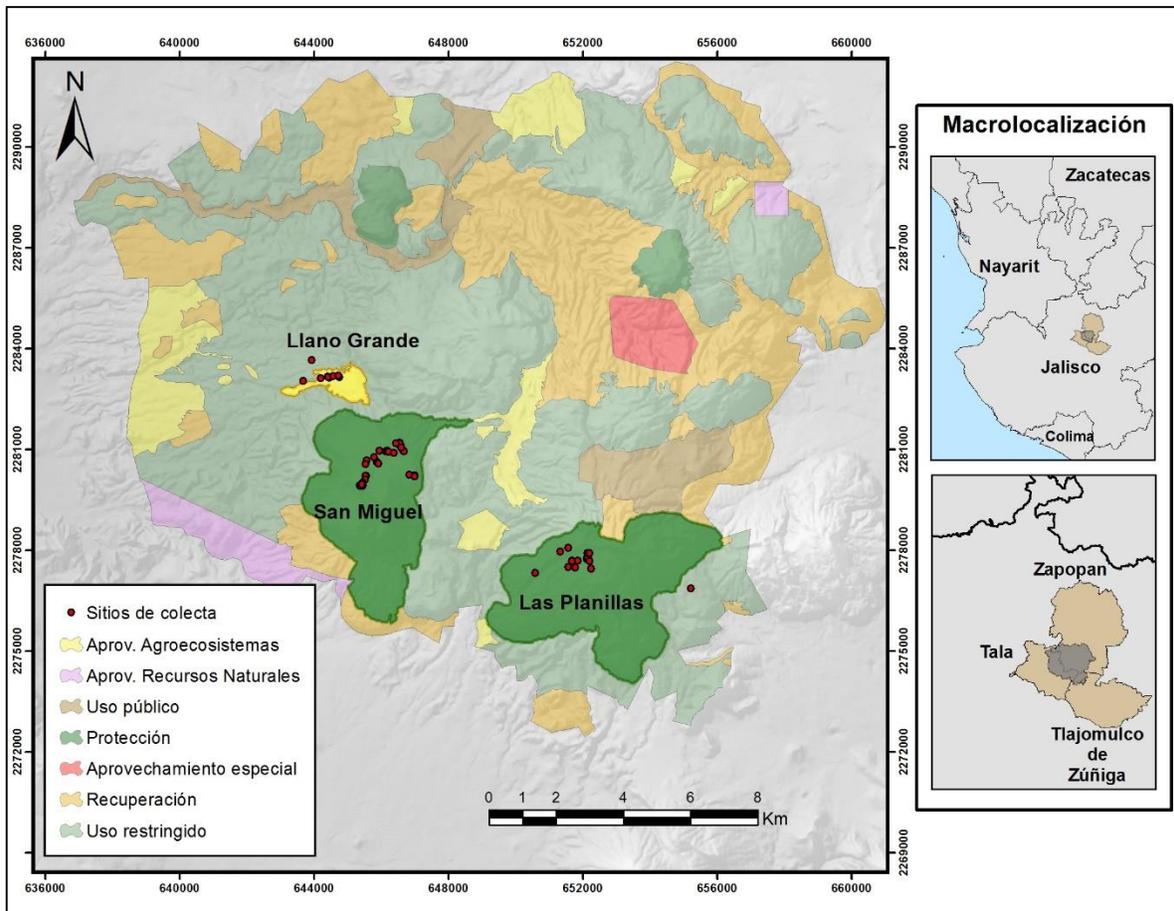


Figura 2. Mapa del APFFLP y su zonificación, donde sobresalen las áreas que fueron muestreadas (polígonos verdes y amarillo) y los sitios de colecta de grupos fecales (puntos rojos). Nótese que tres sitios de colecta se encuentran fuera de los límites de las áreas de muestreo; sin embargo, se consideraron parte del área más cercana dadas las características similares que fueron observadas en campo.

En total, durante todo el periodo de estudio, se llevaron a cabo 108 horas de búsqueda intensiva de excretas (grupos fecales o grupos de pellets o bolitas), en brigadas de dos personas (aunque hubo algunas ocasiones en que más personas participaron en el muestreo). Se colectaron todos los grupos de pellets sin tomar en cuenta si eran frescos o no, con excepción de aquellos grupos que se veían muy degradados. Se consideró un grupo fecal a un conjunto de pellets de por lo menos seis bolitas, que se encontraran juntas o cercanas (<1 m) y tuvieran características

similares de tamaño, forma y color (Mandujano, 2014). También se registraron otros rastros de venados, tales como huellas, restos de astas, así como avistamientos.

Las muestras se colectaron cuidadosamente para evitar la contaminación con suelo o materia orgánica (Cosyns *et al.*, 2005; Williams *et al.*, 2008) y se transportaron en una hielera dentro de bolsas de papel estraza con su respectivo rótulo. A su vez, las bolsas de papel fueron colocadas dentro de bolsas de plástico con cierre dentado. Las muestras fueron llevadas a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro para su procesamiento.

Las muestras fueron limpiadas con ayuda de una brocha y se lavaron en un tamiz durante un minuto con agua corriente. Después, se sumergieron durante dos minutos en una solución de fungicida (Captan®) al 1% (muestras de marzo, abril y mayo) o al 5% (muestras de junio, julio, septiembre y octubre). El incremento de la concentración fue debido a la incidencia de hongos en las primeras muestras. Posteriormente, se retiró el exceso del fungicida y las bolitas fueron desbaratadas cuidadosamente y revisadas con un estereoscopio (Leica, modelo EZ4) con el fin de registrar semillas y cuantificarlas (Myers *et al.*, 2004). Antes de la prueba de germinación, las excretas y las semillas se almacenaron a una temperatura promedio de 4 °C (Myers *et al.*, 2004), durante un mes.

III.2.3. Identificación de semillas en los grupos fecales y determinación de su viabilidad mediante pruebas de germinación

Cuando fue posible, las semillas se identificaron mediante su morfología al momento de la observación en el estereoscopio (Myers *et al.*, 2004). Posteriormente, con el propósito de obtener plántulas para facilitar la identificación, así como para determinar la viabilidad de las semillas extraídas de los pellets, éstas se colocaron en cajas Petri con papel filtro húmedo y fueron rociadas con Captan al 5%. Las cajas fueron colocadas dentro de una cámara de crecimiento (Lab-Line, modelo 844) con control de luz (fotoperiodos de 16 horas luz/8 horas oscuridad) y una temperatura promedio de 22.7 ± 2.4 °C de acuerdo a un recopilador de datos ambientales (Lascar, modelo EL-USB-2) colocado en el centro de la cámara (esta temperatura se encuentra dentro del rango utilizado para germinar semillas, G. Malda, com.

pers.). Las semillas se revisaron durante dos meses. Las que no germinaron al término del periodo, se mantuvieron húmedas varias semanas más (hasta cuando finalizó el periodo de revisión de las últimas muestras). Además, la viabilidad de algunas semillas fue evaluada con el método de tinción con cloruro de tetrazolio (ver apartado III.3.6).

Al considerar que algunas semillas pudieron no haberse detectado en la revisión de las excretas, los pellets desmoronados se colocaron en charolas individuales, sobre una capa de vermiculita de aproximadamente 1 cm de profundidad y fueron rociados con Captan al 5%. Para evitar que semillas que pudieran estar en la vermiculita se contabilizaran como semillas de las excretas, se utilizaron charolas control sólo con vermiculita (dos charolas control por cada conjunto de muestras colectadas en cada mes). Las charolas se colocaron dentro de la misma cámara de crecimiento que las cajas de Petri. Las muestras se mantuvieron húmedas y se registró la germinación (emergencia de la radícula, Peretti, 1994) durante dos meses.

Para la identificación de especies se hizo una documentación fotográfica de las semillas y plántulas obtenidas de los grupos fecales (ver Apéndice 1. **Catálogo fotográfico de semillas y plántulas encontradas en los grupos fecales colectados en La Primavera**). Además, para las semillas que no germinaron, se recopilaron características morfológicas (color, tamaño, forma, ancho y textura). Se consultaron trabajos realizados en el APFFLP (e.g. Reyna, 2004; Zuno *et al.*, 2013; Rodríguez, 2014) y el último listado florístico del año 2012 (Ramírez-Delgadillo *et al.*, datos no publicados). También se revisaron guías de semillas (Calderón y Espinosa, 1997; Suárez-Ramos *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2009; Ibarra *et al.*, 2015; Hillman y Henry en USDA, 2016). La identificación se corroboró con el material de las colecciones del herbario QMEX de la Universidad Autónoma de Querétaro, el herbario IBUG de la Universidad de Guadalajara y se hicieron consultas a especialistas.

III.3. Efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de *Acacia schaffneri*

III.3.1. Área de estudio

Esta fase de la investigación se llevó a cabo en El Cimatario, un área natural protegida decretada en 1982 como Parque Nacional. Se localiza dentro de tres municipios del estado de Santiago de Querétaro: Querétaro, Corregidora y Humilpan, y cuenta con una extensión de 2,448 hectáreas (DOF, 1982; Figura 3). Los tipos de vegetación que se encuentran en el parque son: bosque tropical caducifolio, matorral crasicaule, bosque de encino y pastizal, así como áreas de reforestación con especies introducidas (Baltazar *et al.*, 2004). Tiene un rango altitudinal que va de los 2,000 a los 2,440 m s.n.m. (Vargas, 1984). Presenta un clima semiseco templado, con lluvias en verano, una precipitación promedio anual de 549 mm y una temperatura media anual entre 18 y 19° C, con una máxima de 22° en el mes de mayo (INEGI, 1997 en Baltazar *et al.*, 2004).

En la entrada del parque hay varios corrales para venados cola blanca, que en conjunto abarcan un poco más de dos hectáreas. Allí se mantienen aproximadamente 80 venados de la subespecie *O. v. mexicanus* como parte de una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), además de otros animales como halcones, pecarís, coatíes y otros mamíferos.

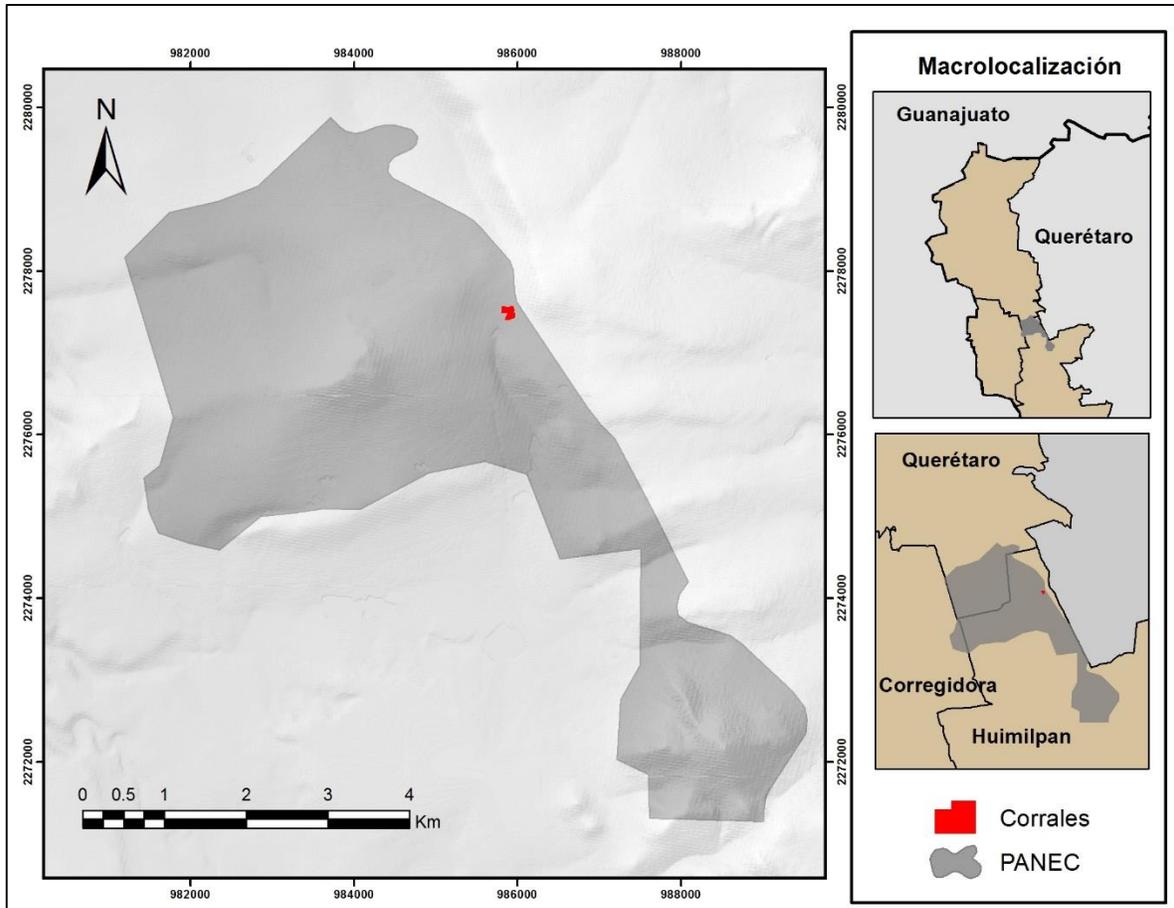


Figura 3. Mapa del Parque Nacional El Cimatario (PANEC), que muestra la ubicación de los corrales donde se mantienen a los venados en cautiverio.

Los venados son mantenidos con una dieta a base de alimento comercial y alfalfa. Ocasionalmente se alimentan de plantas que se encuentran en los corrales, como vainas de *Acacia schaffneri* y frutos de *Opuntia* sp. (obs. pers.). Los venados en cautiverio han sido objeto de estudios sobre conservación de células seminales (Clemente-Sánchez *et al.* 2015), además del monitoreo continuo de los individuos (A. Mena, com. pers.). Los venados silvestres en el parque no han sido estudiados.

III.3.2. Especie de planta focal: *Acacia schaffneri* (S. Watson, 1948)

El género *Acacia* pertenece a la familia Leguminosae (Fabaceae) y de acuerdo con Rico-Arce (2007) es el segundo género con mayor número de especies en dicha

familia. *A. schaffneri* es un arbusto o árbol pequeño que alcanza 4 metros de altura. Los frutos son vainas comprimidas, alargadas, coráceas, densamente pubescentes (Rico-Arce, 2007) y las semillas, son ligeramente elípticas, miden de 6.5 a 7.5 mm de largo, 6 mm de ancho y de 4.5 a 5 mm de grueso, de color pardo oscuro, con una areola dibujada en la testa (Rico-Arce, 2001). Esta especie se distribuye desde Centroamérica, hasta los Estados Unidos de América, ocurriendo en vegetación secundaria, matorrales secos y bosques de encino-pino, entre los 800 y los 2,400 m s.n.m. (Rico-Arce, 2007). La época de floración se presenta entre junio y enero, y la fructificación de julio a febrero (Rico-Arce, 2001).

Las semillas de *A. schaffneri* pueden mantener una viabilidad del 100% después de ser almacenadas en seco a una temperatura de -20°C durante 3 meses. La germinación se ha reportado de hasta 100% con tratamientos pre-germinativos (escarificación de las semillas por medio de su lijado), temperaturas de entre 15 y 26 °C, y con fotoperiodos 8/16 y 12/12 (Royal Botanic Gardens, 2016).

III.3.3. Colecta de grupos fecales

Originalmente, se pretendió llevar a cabo un experimento con venados de los corrales para hacer pruebas de germinación de semillas defecadas. Para esto se les ofreció 100 vainas de *Acacia farnesiana* (una especie en fructificación en la región), 10 vainas de *Acacia schaffneri* (la especie presente en los corrales) y 10 frutos de *Psidium guajava* (debido a que se habían encontrado semillas de esta especie en las heces colectadas en La Primavera). No se observó que los venados se alimentaran de los frutos ofrecidos. Sin embargo, en las excretas colectadas, se encontraron semillas de *A. schaffneri* provenientes de frutos de los árboles en los corrales (obs. pers.).

Por lo anterior, se modificó el experimento original, y durante 5 días se colectaron excretas frescas en los corrales (noviembre y diciembre de 2015). Se colectaron 88 grupos de pellets de venados adultos y 19 de cervatillos (distinguidos por su menor tamaño). Los grupos de pellets se trasladaron en bolsas de plástico con cierre dentado para evitar la desecación de los pellets (grupos para el experimento de pellets intactos) o bolsas de papel (grupos de pellets de los que se

extrajeron las semillas) a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Con las excretas y semillas colectadas se llevaron a cabo dos experimentos de germinación, uno con semillas de *A. schaffneri* dentro de pellets intactos y otro con semillas extraídas de pellets.

III.3.4. Experimento de germinación de semillas dentro de pellets intactos

Se usaron 33 grupos de pellets de venado adulto (peso promedio de un grupo 37.3 ± 14.8 g) y dos grupos fecales de cervatillo. Los pellets se acomodaron en charolas rectangulares de plástico (16.5×13.5 , 2-3 cm de altura), sobre una capa de vermiculita. Las charolas se cubrieron con malla sombra (50%) para evitar el daño de los pellets y semillas por algún animal. Como control fueron utilizadas semillas tomadas directamente de los frutos que habían sido previamente almacenadas a 4°C , por algunas semanas. Debido a que el experimento se llevó a cabo durante el invierno, las charolas se colocaron dentro de un invernadero para limitar el efecto de la baja temperatura. Dentro del invernadero se registró una temperatura de 17.1 ± 8.9 $^{\circ}\text{C}$ con un recopilador de datos ambientales (Lascar, modelo EL-USB-2). Las charolas fueron revisadas diariamente durante un periodo de 60 días, durante los cuales las muestras se mantuvieron húmedas.

Al finalizar el periodo, los pellets fueron desbaratados para contabilizar y extraer las semillas presentes en ellos que no germinaron. La viabilidad de estas semillas fue medida con cloruro de tetrazolio (ver apartado III.3.6).

III.3.5. Experimento de germinación de semillas extraídas de los pellets

Se desbarataron 55 grupos de pellets de venados adultos (peso promedio de 42.0 ± 16.0 g) para separar las semillas de *A. schaffneri*. Asimismo, se desbarataron los 17 grupos fecales de cervatillos (peso promedio de 14.7 ± 4.5 g), de los cuales se obtuvieron 19 semillas de *A. schaffneri*. En las excretas se encontraron semillas de dos coloraciones, claras y oscuras, y se consideró que la coloración podría estar indicando diferencias en su estado de madurez. Se utilizaron 160 semillas por tratamiento, dispuestas en cuatro repeticiones de 40 semillas cada una. Se implementaron los siguientes tratamientos en las pruebas de germinación: semillas extraídas de pellets (mezclando claras y oscuras), semillas oscuras extraídas de

vainas colectadas de árboles (AO), semillas claras extraídas de vainas colectadas de árboles (AC), semillas oscuras extraídas de vainas colectadas del suelo (SO) y semillas claras extraídas de vainas colectadas del suelo (SC). Todas las semillas se lavaron durante un minuto en agua corriente y se desinfectaron durante dos minutos en hipoclorito de sodio al 2%. Cada repetición (40 semillas) fue colocada en cajas de Petri con papel filtro que se mantuvo húmedo, dentro de una cámara de crecimiento (Lab-Line, modelo 844) con control de luz (fotoperiodos de 16 horas luz y 8 horas oscuridad) y una temperatura promedio de 25 °C. La germinación se registró diariamente durante 65 días.

Cabe mencionar que durante el registro de germinación varias semillas de diferentes tratamientos se llenaron de hongos, por lo que se procedió a realizar de nuevo un proceso de limpieza por medio de la sumersión en hipoclorito de sodio al 20% por cinco minutos. Sin embargo, las semillas se seguían infectando por hongos, así que se realizó otra desinfección. Primero, las semillas se sumergieron en agua jabonosa durante un minuto, seguido de un enjuague con agua corriente. Después, las semillas se sumergieron en alcohol al 70% por 40 segundos y se enjuagaron tres veces con agua estéril. Finalmente, se sumergieron en hipoclorito de sodio al 20% por cinco minutos y se enjuagaron tres veces con agua estéril (G. Malda, com. pers.).

Se calcularon dos variables de la germinación:

a) Porcentaje de germinación, que es el número de semillas que germinan en relación con el total de semillas sembradas (Traveset *et al.*, 2001), expresado como:

$$P = \left(\frac{n}{N}\right) \cdot 100$$

P , es el porcentaje de germinación

n , número de semillas germinadas

N , número total de semillas sembradas

b) Velocidad de germinación, es la relación entre el número de semillas que germinan y el tiempo de germinación; se expresa como el número de semillas germinadas por día (Maguire, 1962 en González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996):

$$M = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{t} \right)$$

M , es la velocidad de germinación

n_i , es el número de semillas germinadas el día i

t , es el tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla

III.3.6. Prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio

Para las semillas que no germinaron en los dos experimentos descritos anteriormente, se determinó su vigor y viabilidad de manera indirecta por medio de la evaluación de su actividad enzimática a través de tinción con una solución de cloruro de tetrazolio (Moreno, 1996). Del primer experimento se tiñeron las semillas de *A. schaffneri* provenientes de los pellets intactos que se habían colocado en charolas de germinación; del segundo experimento se tiñeron 40 semillas por tratamiento (semillas de los pellets y semillas extraídas de vainas: AO, AC, SO, SC). También, se tiñeron las semillas de *A. pennatula* que procedían de las excretas colectadas en el bosque La Primavera. El fundamento de la prueba de tinción es que las enzimas metabólicas que se encuentran en células vivas liberan hidrógeno durante el proceso de reducción; el hidrógeno liberado reduce las sales de tetrazolio en formazán, una sustancia de color rojo (Schmidt, 2007). Por lo tanto, una coloración rojiza de los tejidos del embrión que se encuentran en contacto con las sales, indicaría que están vivos y por lo tanto, que las semillas se mantienen viables.

Debido a la dificultad de cortar la testa gruesa y dura de las semillas de *A. schaffneri* para dejar expuesto el embrión, éstas fueron previamente escarificadas. Para esto, las semillas fueron sumergidas en agua caliente a una temperatura no mayor a 60°C y se dejaron reposar durante 3 horas. Posteriormente, se cortaron las semillas y los embriones se remojaron en una solución al 1% de cloruro de 2,3,5,-trifeniltetrazolio (Sigma) y se dejaron reposar en oscuridad dentro de una cámara de crecimiento (Lab-Line, modelo 844) ajustada a 30 °C en promedio, durante 4 horas. Las semillas fueron observadas bajo un estereoscopio (Leica, modelo EZ4) para determinar su viabilidad. Se consideró la tinción del embrión como indicativo

de viabilidad (Victoria *et al.*, 2006). De acuerdo con la intensidad de la tinción y el porcentaje del embrión que fue teñido, se consideraron tres categorías indicativas de la probabilidad de que una semilla estuviera viable. Las categorías fueron: tinción suave y <50% del embrión teñido; tinción media y 50-75% del embrión teñido; tinción intensa y >75% del embrión teñido (Figura 4). Semillas en la primera categoría fueron consideradas no viables; semillas en la segunda y tercera categoría se consideraron viables.

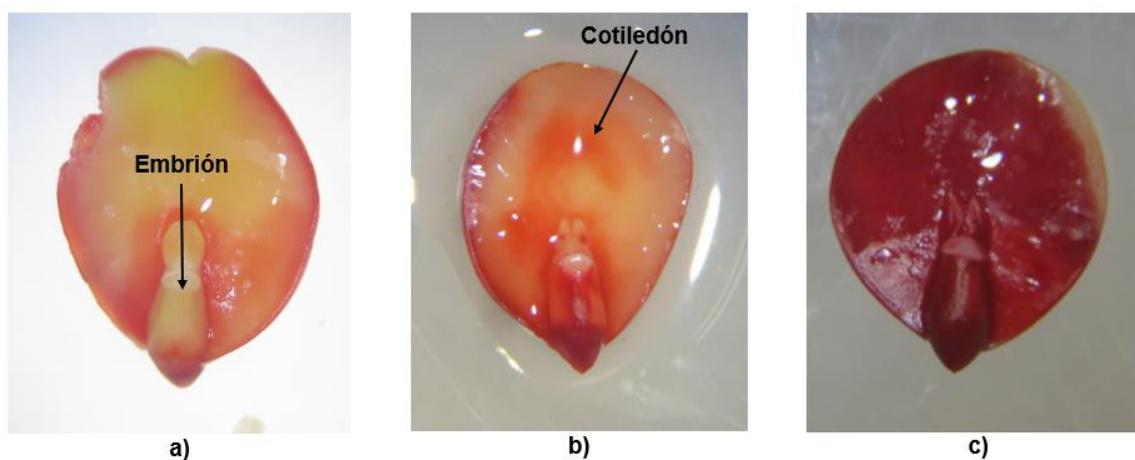


Figura 4. Categorías de tinción de semillas para determinar su viabilidad por medio de la prueba de cloruro de tetrazolio. Semillas con tinción suave (a) se consideraron no viables; semillas con tinción media (b) o intensa (c), se consideraron viables.

III.3.7. Análisis de datos

En el experimento de germinación de semillas en pellets intactos se documentó el número de semillas que germinaron y su velocidad de germinación. Asimismo, se realizó una prueba χ^2 de independencia para determinar si había relación entre la ocurrencia de la germinación y los tratamientos de las semillas (semillas en los pellets contra semillas control).

Para las semillas extraídas de pellets se realizó un análisis de varianza de una vía para el porcentaje de germinación y se llevó a cabo una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la velocidad de germinación, para comparar los distintos tratamientos (AO, AC, SO, SC y semillas defecadas extraídas de pellets).

Posteriormente, se promediaron los controles (AO, AC, SO, SC) para formar un sólo grupo control, y se realizó una prueba *t* de Student tanto para el porcentaje (los datos de porcentaje fueron transformados usando la transformación angular arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción; Zar, 2010) como para la velocidad de germinación.

También se utilizó una prueba de χ^2 de independencia con el fin de determinar si la viabilidad de las semillas (por el método de tinción con cloruro de tetrazolio) estaba asociada a los tratamientos (AO, AC, SO, SC y semillas defecadas).

IV. RESULTADOS

IV.1. Especies de semillas defecadas por el venado cola blanca en el bosque La Primavera

Se colectaron 98 grupos fecales en los tres sitios de muestreo: 37 grupos en Las Planillas, 48 grupos en San Miguel y 13 grupos en Llano Grande. Estos grupos estuvieron constituidos por 113.01 ± 56.70 pellets, y su peso promedio fue de 18.19 ± 10.91 gramos. Durante la salida del mes de junio a Llano Grande, se observaron dos plántulas emergiendo de los grupos fecales (Apéndice 2. **Rastros de venado cola blanca y germinación de semillas en campo**), una de ellas era de *Acacia pennatula*.

Se registraron 20 rastros de venado cola blanca, de los cuales 18 fueron huellas y dos fueron restos de astas. Además, hubo cinco avistamientos de individuos: un adulto macho con una hembra en abril, un cervatillo en septiembre y dos hembras adultas en octubre (Apéndice 3. **Mapas de localización de rastros de venado cola blanca y de excretas que contenían semillas viables en La Primavera**).

IV.1.1. Identificación de semillas en los grupos fecales y determinación de su viabilidad mediante pruebas de germinación

Del total de las muestras, dos fueron retiradas de las pruebas de germinación debido a que se llenaron de hongos. Se encontraron semillas en el 28.6% (N=28) de los

grupos fecales (incluyendo las muestras en las que emergieron plántulas directamente de los pellets colocados en las charolas). El número total de semillas encontradas fue de 369 de 15 morfoespecies distintas, de las cuales, 296 (80.2%) tenían algún daño en la testa o se apreciaban inmaduras; no obstante, todas las semillas se evaluaron en las pruebas de germinación. En dos semillas se encontraron parásitos cuando se cortaron para hacer la prueba de tinción con cloruro de tetrazolio. La mayoría de las semillas y germinaciones se encontraron en grupos fecales colectados en Las Planillas (342 semillas y 45 germinaciones).

De las semillas extraídas de los pellets, germinaron 17 (2.5%). Cabe señalar que sólo una de las semillas dañadas (*A. pennatula*) germinó. Asimismo, de los pellets desbaratados y puestos a germinar, emergieron 50 plántulas de 18 morfoespecies. Del total de las 67 plántulas obtenidas de 31 morfoespecies (dos de las morfoespecies fueron extraídas de los pellets y también germinaron directamente en los pellets desbaratados), nueve fueron monocotiledóneas y 58 dicotiledóneas. No emergió ninguna plántula de las charolas control (sólo vermiculita). Nueve de las morfoespecies fueron identificadas por lo menos a nivel de familia (Tabla 1).

Tabla 1. Semillas defecadas por venados cola blanca en el bosque La Primavera que lograron identificarse por lo menos a nivel de familia.

Familia	Género	Especie	Forma de vida	Origen	Número de semillas (germinaciones)
ERICACEAE	<i>Vaccinium</i>	<i>stenophyllum</i>	arbusto	nativa	35(11)
FABACEAE	<i>Acacia</i>	<i>pennatula</i>	árbol/arbusto	nativa	17(4)
LAMIACEAE	-	-	-	-	1(1)
MYRTACEAE	<i>Psidium</i>	<i>guajava</i>	árbol	-	8(5)
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i>	-	hierba	-	2(0)
PHYTOLACCACEAE	<i>Phytolacca</i>	<i>icosandra</i>	hierba	nativa	4(1)
POACEAE	<i>Paspalum</i>	-	hierba	-	1(0)
SOLANACEAE	<i>Physalis</i>	-	hierba	-	5(3)
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	-	hierba	-	13(0)

IV.1.2. Prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio de semillas colectadas en el bosque La Primavera

Para las semillas de *Acacia pennatula*, que fueron evaluadas mediante el método de tinción con cloruro de tetrazolio (N=12), nueve semillas fueron no viables (tinción suave) y tres semillas fueron viables (dos con tinción media y una con tinción intensa). Otras dos semillas se encontraron parasitadas.

IV.2. Efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de *Acacia schaffneri*

De los 33 grupos fecales de adultos utilizados para el experimento de germinación de semillas dentro de pellets intactos, el 75.8% contenía semillas de *Acacia schaffneri* (entre una y 10 semillas, con un promedio de 2.2 semillas por grupo fecal, y un máximo de una semilla por pellet). Para el experimento de germinación de semillas extraídas de los pellets, de los 55 grupos fecales el 58.2% presentó semillas de por lo menos una de las siguientes especies: *A. schaffneri* (184 semillas, ocho estaban dañadas), *Opuntia* sp. (siete semillas) y *Psidium guajava* (cuatro semillas). En promedio, cada grupo fecal contenía 3.3 semillas, con un mínimo de una y un máximo de 27. De los 17 grupos fecales de los cervatillos, además de 19 semillas de *A. schaffneri*, se encontraron 16 semillas de *Opuntia* sp. Dos semillas de esta última especie estaban dañadas.

IV.2.1. Experimento de germinación de semillas dentro de pellets intactos

Durante el experimento germinaron 18 (25.4%) de 71 semillas de *A. schaffneri* que se encontraban en los pellets intactos y cuatro semillas control (4%). Se encontró una relación significativa entre la germinación y los tratamientos: la germinación fue mayor para semillas que se encontraban en pellets intactos (semillas que pasaron por el tracto digestivo) que para las semillas control ($\chi^2 = 17.104$, g.l. = 1, $p < 0.0001$).

La velocidad de germinación para semillas en pellets fue de 0.02 ± 0.05 semillas germinadas por día y para las semillas control fue 0.08 ± 0.005 semillas por día. Además, germinaron de los pellets cinco semillas de pastos de dos morfoespecies distintas.

Al finalizar el experimento y desmenuzar los pellets, se encontraron 53 semillas más de *A. schaffneri* en los grupos fecales de los adultos, de las cuales dos estaban dañadas. Sólo se encontró una semilla en uno de los grupos fecales de los

cervatillos. También se encontraron otras cuatro semillas en los pellets, una probablemente de pasto y otras tres de una morfoespecie no identificada.

IV.2.2. Experimento de germinación de semillas extraídas de los pellets

Es importante señalar que a pesar de la desinfección de las semillas, en algunas de ellas los hongos persistieron. No obstante, las semillas infectadas se mantuvieron durante el experimento al observar que algunas de ellas germinaron. En otras semillas la testa se ablandó y se dañaron los embriones. Los hongos afectaron 49 semillas y sus embriones, principalmente en el tratamiento AO con el 11.2% (18) de semillas afectadas. Además, en nueve de estas semillas infectadas por hongos se encontraron insectos parásitos (pupas y adultos; algunos de ellos de la especie *Mimosestes mimosae* orden Coleoptera, M. Quiroz com. pers.). A pesar de esta merma, los análisis se realizaron con los tratamientos completos, es decir, con el número inicial de semillas por repetición.

Las semillas obtenidas de pellets de venado cola blanca presentaron el mayor porcentaje de germinación (Figura 5a), mientras que el tratamiento control de semillas oscuras tomadas del suelo (SO) presentaron la mayor velocidad de germinación respecto a los demás tratamientos (Figura 5b). Sin embargo, tanto el análisis de varianza como la prueba de Kruskal-Wallis no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (porcentaje de germinación: $F_{4,15} = 1.231$, $p = 0.339$; velocidad de germinación: $\chi^2 = 1.848$, g.l. = 4, $p = 0.764$, respectivamente; Figura 5a,b). También germinaron las cuatro semillas de *P. guajava*.

Al comparar la germinación de semillas que pasaron por el tracto digestivo de venados y las que se obtuvieron de frutos (juntando los cuatro tipos de controles), se encontró una diferencia marginalmente significativa ($t = 2.447$, g.l. = 6, $p = 0.0702$) con un mayor porcentaje de germinación de las semillas que atravesaron el tracto digestivo de los venados; mientras que en la velocidad de germinación no se presentaron diferencias ($t = 2.447$, g.l. = 6, $p = 0.905$; Figura 5c,d).

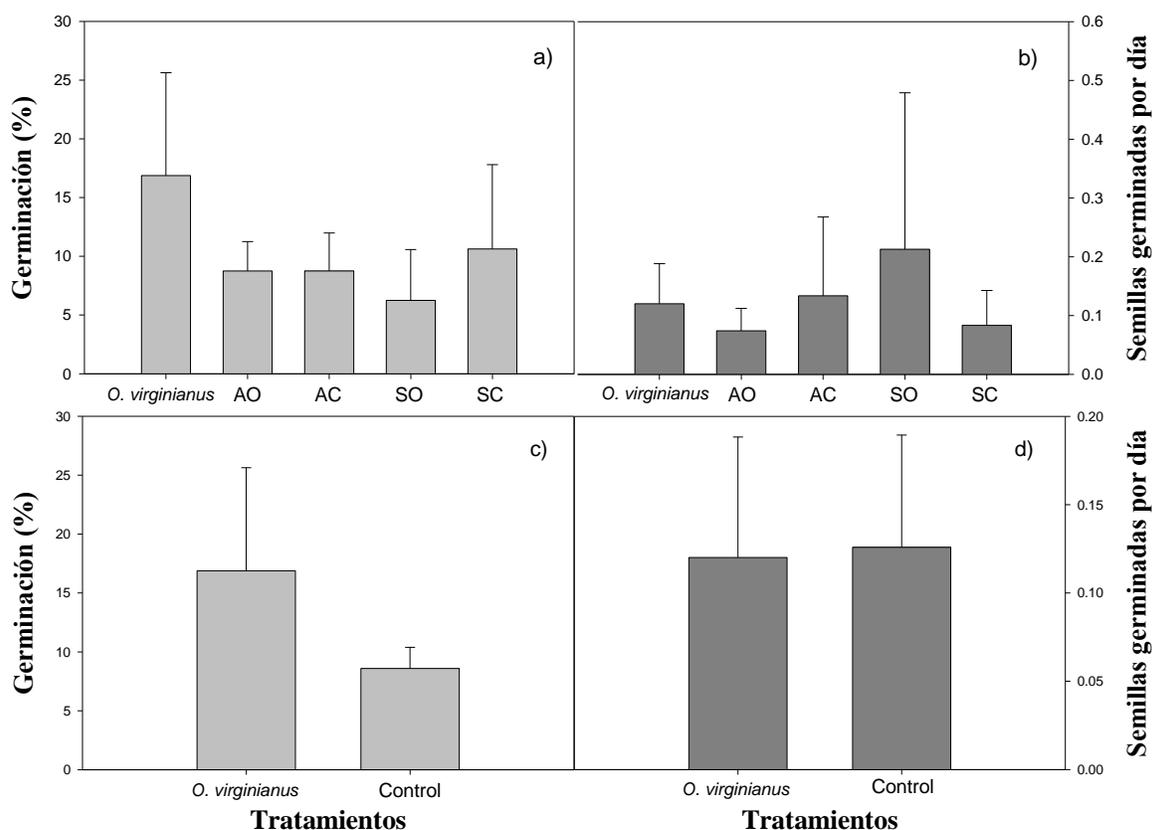


Figura 5. Porcentaje (a y c) y velocidad (b y d) de germinación de semillas de *Acacia schaffneri*. Se comparan semillas que atravesaron el tracto digestivo de *O. virginianus* con los cuatro tratamientos control (a y b) y con el promedio de los controles (c y d). Los tratamientos control son: semillas oscuras y claras provenientes de árboles (AO, AC, respectivamente) y semillas oscuras y claras tomadas del suelo (SO, SC, respectivamente). Las barras de error representan +1 D.E.

IV.2.3. Prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio

En el experimento de pellets intactos, de las 51 semillas recuperadas, la mayor proporción (47.1%) tuvo una tinción media, seguido por las semillas no viables (tinción suave) con 35.3% y el 17.6% lo conformaron las semillas con mayor probabilidad de viabilidad (tinción intensa). La semilla que se encontró en los pellets de cervatillo, presentó una tinción media.

Para las semillas (no dañadas) extraídas de los pellets y que no germinaron (51), el 47.5% no fue viable (tinción suave), el 29% fue viable con una tinción media

y el 23.5% fue viable con una tinción intensa. No se observó asociación entre los tratamientos de las semillas y la categoría de tinción ($\chi^2 = 5.691$, g.l. = 8, $p = 0.682$; Figura 6).

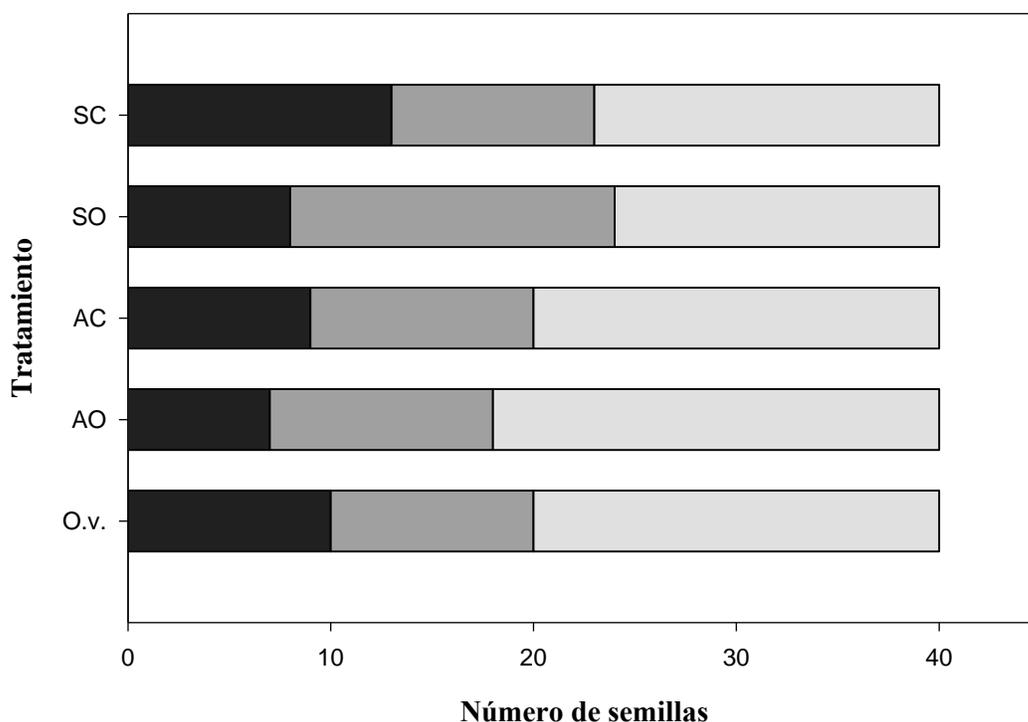


Figura 6. Resultados de las pruebas de tinción con tetrazolio para determinar la viabilidad de semillas de *A. schaffneri* que atravesaron el tracto digestivo de *O. virginianus* (O.v.) y que fueron obtenidas de vainas (controles): semillas oscuras y claras provenientes de árboles (AO, AC, respectivamente) y semillas oscuras y claras del suelo (SO, SC, respectivamente). Las semillas con tinción suave (barra gris claro) se consideraron no viables, mientras que las semillas con tinción media (barra gris oscuro) y tinción intensa (barra negra) se consideraron viables.

V. DISCUSIÓN

V.1. Especies de semillas defecadas por el venado cola blanca en el bosque La Primavera

A pesar de que el venado cola blanca ha sido ampliamente estudiado por su importancia económica (Gallina *et al.*, 1978) y ecológica como herbívoro (Miller *et al.*, 2009), pocos son los trabajos que se enfocan en su papel como dispersor de semillas. Estudios como los de Myers *et al.* (2004) y Williams y Ward (2006) han

encontrado que *O. virginianus* es capaz de dispersar una gran cantidad de semillas viables de especies nativas y exóticas.

En el caso de *O. virginianus* en el bosque de La Primavera, casi un tercio de los grupos fecales colectados tenían semillas. Del total de las 369 semillas encontradas, el 80% mostraron algún daño en la testa o se apreciaban inmaduras. Comúnmente el daño en las semillas es fatal para los individuos porque se puede perder casi por completo la viabilidad del embrión (Del Val, 2012). Asimismo, el consumo de frutos antes de la maduración de las semillas generalmente implica la muerte de las mismas, y por lo tanto tiene un efecto negativo en el éxito reproductivo de la planta (Ford *et al.*, 2003). En este sentido, el venado actúa como un dispersor eventual de semillas viables y figura más bien como depredador de semillas en el bosque estudiado. El venado puede consumir frutos de manera directa, cuando éstos son el objetivo de su forrajeo, o accidentalmente cuando el objetivo de forrajeo son las partes vegetativas de la planta que se encuentra en fructificación. Sin embargo, se ha observado que el venado cola blanca tiene preferencia por el ramoneo de arbustos jóvenes que no son reproductivamente activos (Shiponeni y Milton, 2006), por lo que se limitaría aún más su papel como dispersor de semillas.

Otros trabajos que han evaluado la dispersión de semillas por el venado cola blanca han encontrado una mayor abundancia y riqueza de especies de semillas, así como de germinaciones en los grupos fecales de este cérvido. Por ejemplo, un estudio reportó más de 3,000 germinaciones en el 66% (88) de los grupos fecales, durante cuatro meses de revisión de la germinación (Myers *et al.*, 2004) mientras que en otro se encontraron más de 11,000 germinaciones en el 61% (345) de los grupos fecales en un periodo de seis meses de observación (Williams *et al.*, 2008). En parte, las diferencias de estos estudios, con respecto al presente, podrían deberse también a factores técnicos como el uso de fungicida, o el tiempo de revisión de la germinación (algunas semillas que fueron incluidas en el conteo germinaron después de los dos meses de observación).

Por otro lado, algunos estudios también han reportado una relación antagónica entre los venados y las plantas que incluyen en su dieta. Por ejemplo,

se ha encontrado que el venado cola blanca actúa como depredador de bellotas cuando éstas están ampliamente disponibles, probablemente por su contenido energético (Cypher *et al.*, 1988). También se ha reportado el consumo preferente de flores (Miller *et al.*, 1992; Tobler *et al.*, 2006), lo cual puede disminuir la producción de semillas en esa temporada (Mothershead y Marquis, 2000), aunque podría incrementarla durante la temporada siguiente (ver Tobler *et al.*, 2006). En el presente estudio se observaron restos de bellotas y estructuras florales en algunas muestras colectadas, por lo que los venados pueden mermar el éxito reproductivo de las plantas, no sólo al dañar semillas pequeñas en el tracto digestivo o comerlas inmaduras, sino al consumir activamente algunas especies de semillas (e.g *Quercus* spp.) o mediante la florivoría.

El venado cola blanca es una especie generalista en su dieta, no sólo al consumir una gran diversidad de especies (Gallina *et al.*, 1978; López-Pérez *et al.*, 2012), sino diferentes partes de ellas (Gallina *et al.*, 1978; Cypher *et al.*, 1988; Arceo *et al.*, 2005; Aranda, 2012). Algunos estudios que han evaluado su dieta por medio del análisis de la epidermis de plantas en excretas, han encontrado que los venados llegan a consumir más de 80 especies de hierbas, arbustos y árboles (Gallina *et al.*, 1978; Arceo *et al.*, 2005). Por otro lado, estudios sobre dispersión de semillas, han reportado diferencias en el número de semillas dispersadas, lo cual va desde 25 hasta 72 especies (Myers *et al.*, 2004; Blyth *et al.*, 2013; Pile *et al.*, 2015). Por lo que, en el presente estudio el registro de 31 especies de semillas es bajo comparado con dichos estudios.

La mayoría de las semillas identificadas en las excretas fueron hierbas, lo que concuerda con varios trabajos, que reportan una gran cantidad de semillas viables de herbáceas (Heady, 1954; Myers *et al.*, 2004; Yamashiro y Yamashiro, 2006; Blyth *et al.*, 2013; Pile *et al.*, 2015). Esto puede implicar ventajas como la deposición en sitios adecuados para la germinación, dispersión a largas distancias y escarificación para semillas que son ingeridas accidentalmente y cuyos frutos no cuentan con características morfológicas asociadas a la dispersión endozoócora (Janzen, 1984).

Si se extrapola la densidad poblacional de los venados en el bosque (4.83 individuos/km²; Valenzuela-Galván, 1994), al área total del ANP (30,500 Ha., CONANP, 2000), considerándola como un área totalmente adecuada como hábitat para el venado, se estima una población total de 1,473 individuos. Dado el total de semillas viables dispersadas y el número de grupos de pellets donde se encontraron (67 semillas en 98 grupos fecales), cada venado podría dispersar 0.68 semillas por grupo fecal. Con una tasa de defecación de 7.6 grupos fecales diarios (Hernández, 1994), se calcula que la población de venado cola blanca podría dispersar más de 7 mil semillas viables diariamente. Estos datos deben tomarse con reserva, ya que entre individuos puede presentarse una gran variación en el número de semillas viables defecadas (Heady, 1954).

Además de la cantidad de semillas dispersadas, los patrones de actividad de los venados afectan la distribución espacial de las semillas dispersadas, en todas las escalas, e influyen sobre la estructura genética de las poblaciones (Levin *et al.*, 2003). En este sentido, se ha reportado que uno de los principales mecanismos de dispersión a grandes distancias es mediante mamíferos herbívoros (Pakeman, 2001). Particularmente, para el venado cola blanca se ha observado que puede proyectar una sombra de semillas que puede extenderse a más de 3 kilómetros de distancia desde la planta parental (Vellend *et al.*, 2003). La distancia de dispersión, depende, entre otros factores, del tiempo de retención en el tracto digestivo, el cual puede variar dependiendo del alimento consumido, e incluso puede cambiar bastante entre individuos (Heady, 1954; Mautz y Petrides, 1971). Se ha reportado que el tiempo de retención en venados cola blanca varía entre 12 y 79 horas (Vellend *et al.*, 2003).

Contrario a la evidencia de dispersión de semillas a largas distancias por mamíferos grandes, como podrían ser los venados, observaciones personales sugieren que las semillas encontradas en los grupos de pellets en La Primavera procedían del mismo sitio donde fueron colectadas las muestras. Los grupos fecales provenientes del sitio Las Planillas se colectaron en un lugar con vegetación de pastizal donde se pudo observar una gran diversidad de especies herbáceas, algunas de las cuales coinciden con las identificaciones de las semillas en las

excretas. Por otro lado, San Miguel presenta bosque de pino-encino con un sotobosque poco diverso dominado en algunos sitios por *Vaccinium stenophyllum*, lo cual coincide con las semillas que se encontraron en ese sitio. Asimismo, las semillas de la especie *Psidium guajava* sólo se encontraron en excretas que se colectaron en el sitio Llano Grande, el único lugar donde se observaron árboles de esta especie. Al comparar estadísticamente Las Planillas y San Miguel (los sitios con un esfuerzo de muestreo similar, 40 y 43 horas, así como 37 y 48 grupos de pellets colectados, respectivamente) se encontró un mayor número de semillas ($\chi^2 = 14.203$, g.l. = 1, $p < 0.001$) y de germinaciones ($\chi^2 = 12.563$, g.l. = 1, $p < 0.001$) para el primer sitio, lo cual sugiere un papel mayor del venado en la dispersión de semillas en lugares con alta riqueza y abundancia de herbáceas. Sin embargo, son necesarios estudios más detallados para corroborar estas hipótesis.

En el caso del venado cola blanca que es una especie generalista, la diversidad de especies de plantas, puede traducirse en disponibilidad de recursos, afectando el resultado de la interacción del venado con las plantas que potencialmente dispersa. Diversos factores pueden limitar la disponibilidad de los recursos. Por ejemplo, se ha encontrado que la variación de la precipitación tiene efecto en la disponibilidad de alimento como follaje y frutos para venados cola blanca, especialmente en la época de secas (Mandujano, 2006). El año en que se colectaron los grupos fecales, se presentaron eventos de precipitación alta a lo largo de todo el año, en comparación con otros años, por lo que probablemente, algunas especies se vieron afectadas en la disponibilidad de follaje y frutos. Por otro lado, dentro de las especies de semillas identificadas en los pellets de venado, la que contó con un mayor número de semillas fue el arbusto *Vaccinium stenophyllum*. El género *Vaccinium* está asociado a una gran diversidad de hábitats, y puede ser bastante abundante en sitios perturbados, como áreas alteradas por incendios (Vander, 1988). La mayoría de las semillas provenían de grupos de pellets colectados en San Miguel, que junto con Llano Grande, fueron sitios afectados por el incendio del 2005 (Huerta-Martínez e Ibarra-Montoya, 2014). Sin duda, la dinámica de perturbaciones en el bosque también afecta la disponibilidad de

recursos y por lo tanto la ingesta y dispersión de semillas de ciertas especies por el venado cola blanca.

Se ha propuesto que algunos herbívoros pueden ser utilizados en proyectos de restauración (Ramos-Font *et al.*, 2015). Sin embargo, en varios casos se ha visto que los herbívoros dispersan un mayor número de semillas de especies exóticas (Myers *et al.*, 2004; Williams y Ward, 2006; Panter y Dolman, 2012). Por ejemplo, se ha documentado la capacidad del venado cola blanca para dispersar especies exóticas e invasivas (e.g. *Lonicera maackii*, Vellend, 2002; Castellano y Gorchov, 2013). Particularmente, en el bosque La Primavera se han descrito 33 especies de pastos exóticos, algunos de ellos de importancia forrajera (Contreras *et al.*, 2011), y que potencialmente podrían ser consumidos y dispersados por los venados.

Por otro lado, el venado cola blanca no dispersa semillas únicamente después de que pasan por su tracto digestivo. Se ha documentado la dispersión de semillas que son manipuladas y posteriormente escupidas por el venado cola blanca (e.g. Mandujano *et al.*, 1994). Asimismo, se ha evaluado la capacidad de algunas otras especies de venados de dispersar semillas cuando éstas se pegan en su pelaje y pezuñas (e.g. Picard y Baltzinger, 2012). En este sentido, son necesarios otros estudios que consideren estos tipos de dispersión de semillas por el venado cola blanca para entender de manera íntegra su papel como dispersores.

Además del papel del venado cola blanca como dispersor de semillas, tanto nativas como exóticas, debe considerarse su rol principal como herbívoro. Se ha reportado el efecto negativo de los venados al ramonear y pastorear áreas de regeneración (Miller *et al.*, 2009), y al dañar el estrato de árboles jóvenes (Levine *et al.*, 2012). Se ha estimado que los venados afectan negativamente el reclutamiento de los árboles adultos cuando se encuentran en densidades altas (>8.5 ind/km², Russell *et al.*, 2001). De acuerdo esto, si la población del venado en el bosque La Primavera se mantiene con una densidad similar a la reportada por Valenzuela-Galván (1994) de 4.83 ± 0.98 ind/km², se podría suponer que la población no estaría

afectando negativamente, mediante herbivoría, el reclutamiento de plantas adultas. Sin embargo, se requieren de estudios para confirmar esta idea.

V.2. Efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de *Acacia schaffneri*

Pocos estudios han evaluado el efecto del paso por el tracto digestivo del venado cola blanca sobre la germinación de las semillas que lo atraviesan. En un estudio con semillas del trébol *Trillium stoloniferum* y venados en cautiverio, no se encontraron diferencias significativas en la germinación de las semillas defecadas, las semillas control, ni las semillas estratificadas en frío previo al experimento (Ford *et al.*, 2003). En el presente estudio se encontraron diferencias marginalmente significativas ($p = 0.0702$) para el porcentaje de germinación de las semillas que pasaron el tracto digestivo del venado y el control promedio, donde el mayor porcentaje lo presentaron las semillas que fueron defecadas.

A pesar de las ventajas aparentes del paso por el tracto digestivo del venado para la germinación de *Acacia schaffneri*, es necesario considerar la cantidad de semillas que ingresan y las que logran atravesar el tracto. En el estudio de germinación del trébol *T. stoloniferum*, de las 300 semillas que consumieron los venados sólo se recuperaron 80, por lo que los venados reducen la viabilidad absoluta al limitar el número de semillas germinables (Ford *et al.*, 2003). En la dispersión de semillas por endozoocoria, la destrucción de semillas por procesos digestivos representan una limitante importante (Ramos-Font *et al.*, 2015). Cuando se colectaron las excretas se observó un gran número de individuos en fructificación de *A. schaffneri*, es decir, una gran disponibilidad de frutos para el venado. Sin embargo, se requirieron 55 grupos fecales para encontrar las 184 semillas defecadas, con un promedio de 3.3 semillas por grupo fecal. Es posible, entonces, que los venados estén consumiendo un número mayor de semillas, pero que muchas de éstas no sobrevivan al paso por el tracto digestivo. Se necesitan estudios adicionales para corroborar esto.

De igual manera, el porcentaje de germinación fue muy bajo respecto a los porcentajes que se han documentado de *A. schaffneri* (ver Royal Botanic Gardens,

2016). Esto puede deberse, en parte, al ataque de semillas por hongos durante el experimento; y a la presencia de brúquidos en las semillas. Estos hallazgos revelan la existencia de otras interacciones con las semillas de *A. schaffneri*, en este caso, de depredación pre- y post- dispersión (Traveset *et al.*, 2014). La depredación de semillas es la mayor causa de mortalidad en el ciclo de las plantas y es uno de los procesos que limitan el reclutamiento de nuevos individuos (Nathan y Casagrandi, 2004). Particularmente, las semillas de acacias poseen un alto contenido de proteínas (Aganga *et al.*, 1998), por lo que son susceptibles al ataque por depredadores que buscan dichos nutrientes. Por ejemplo, se ha documentado una proporción alta de infestación por escarabajos brúquidos en semillas de *Acacia pennatula* (>70%; Peguero y Espelta, 2013). En consecuencia, las semillas que son parasitadas previo al consumo por el venado cola blanca, se encuentran destinadas a morir, probablemente por el daño a la testa (como las semillas de *A. schaffneri* que tenían orificios, probablemente hechos por brúquidos, y se infestaron por hongos), o por daño en el embrión (semillas de *A. schaffneri* con el embrión o los cotiledones dañados por larvas). Además, el paso de semillas parasitadas por el tracto digestivo de los venados puede significar un beneficio para la población de la especie de planta en cuestión, puesto que durante la digestión los parásitos pueden ser destruidos, controlando así, las poblaciones de los depredadores de semillas (Bonal y Muñoz, 2007; Peguero y Espelta, 2013).

Otro elemento que puede afectar la germinación es la deposición de las semillas en heces, en este caso encapsuladas en pellets. La deposición de semillas en excretas puede favorecer la germinación al mantener la humedad (Miller, 1996), actuar como un sustrato enriquecido para las plántulas (Traveset, 1998), o puede representar un foco de infección por algún patógeno (Janzen, 1984). Alternativamente, la materia fecal puede simplemente no tener efecto alguno en la germinación ni en el establecimiento de plántulas (Ramos *et al.*, 2006). En el presente estudio algunos pellets se observaron infectados por hongos en campo. Además, la deposición de las semillas dentro de los pellets puede tener un efecto inhibitorio sobre la germinación, similar a cuando las semillas no son separadas de la pulpa carnosa de ciertos frutos (Traveset *et al.*, 2014). En un estudio donde se

evaluó la germinación de semillas dentro de pellets intactos y desmenuzados de venado cola blanca, se encontró un mayor número de germinaciones en pellets desbaratados respecto a los intactos (Blyth *et al.*, 2013). En el presente estudio, en el experimento de germinación con pellets intactos germinó el 25.4% de las semillas, mientras que en el experimento de semillas extraídas de pellets el 16.9%, lo que aparentemente indica que los pellets no tienen un efecto inhibitorio de la germinación de las semillas de *A. schaffneri*, e incluso, podrían tener un efecto positivo. Se requieren de otros estudios para corroborar esto. Por otro lado, es importante señalar que el experimento se encontraba en condiciones de invernadero, donde el riego constante mantuvo a los pellets humectados y suaves, permitiendo que las semillas se hidrataran y germinaran. En campo, la disponibilidad de agua no es constante y otra serie de factores pueden afectar la intemperización de los pellets, manteniendo las semillas latentes hasta que haya condiciones favorables para germinar (Blyth *et al.*, 2013).

Por otro lado, la prueba de viabilidad indirecta de tinción con cloruro de tetrazolio no mostró diferencias significativas entre tratamientos. Esta es una prueba generalmente empleada cuando se requiere información inmediata, la germinación de las semillas es muy lenta o las semillas presentan latencia (Schmidt, 2007), puesto que permite observar los tejidos vivos y si la semilla es viable, sin ponerla a germinar. Sin embargo, el indicativo de viabilidad de esta prueba depende tanto de las zonas y la proporción del embrión que se tiñan, así como la especie que se esté evaluando (Victoria *et al.*, 2006; Milošević *et al.*, 2010). En el experimento de tinción de las semillas de *A. schaffneri* que no germinaron, no se observó relación entre la proporción de la tinción y los tratamientos. Sin embargo es necesario realizar otras pruebas para determinar con precisión qué nivel de tinción se correlaciona con la viabilidad de las semillas.

Ya que el experimento de germinación se realizó con una sola especie de semillas, con características particulares, difícilmente puede ser extrapolado a todas las especies que se ha reportado como dispersadas por el venado cola blanca. En general, las semillas más pequeñas son las que tienen más probabilidad de sobrevivir al paso por el tracto digestivo de grandes mamíferos herbívoros (<3 mm,

Janzen, 1984; Bodmer, 1991; Myers *et al.*, 2004). Sin embargo, esto no es una regla y puede ocurrir lo contrario. Por ejemplo, en un estudio de dispersión por ganado ovino se encontró una mayor cantidad de semillas grandes recuperadas de las heces, respecto a otras tres especies de menor tamaño y peso (Ramos-Font *et al.*, 2015). Son necesarios estudios con semillas de más especies, con características diferentes para entender mejor el efecto del paso por el tracto digestivo de venados cola blanca en la germinación de las semillas que consume.

VI. CONCLUSIONES

- Se colectaron 98 grupos fecales de venado cola blanca en el bosque La Primavera: 37 en Las Planillas, 48 en San Miguel y 13 en Llano Grande. El mayor número de semillas fueron encontradas en las excretas colectadas en la zona dedicada a la protección: Las Planillas.
- Se encontró un total de 369 semillas en las excretas, el 80.2% se apreciaban dañadas o inmaduras. Germinaron 17 semillas y 50 plántulas directamente de los pellets desbaratados de un total de 31 morfoespecies, de las cuales, se identificaron nueve por lo menos a nivel de familia.
- El venado cola blanca dispersa semillas de varias especies de plantas en el bosque La Primavera, principalmente hierbas. Sin embargo, gran parte de las semillas que consume son inmaduras y/o les ocasiona algún daño en la testa, por lo que también actúa como un depredador de semillas.
- El paso por el tracto digestivo de los venados favoreció la germinación de semillas de *Acacia schaffneri*. Otros factores, como la infección por hongos y la depredación pre-dispersión afectaron la germinación de las semillas utilizadas en el experimento. Se encontró un mayor número de semillas germinadas de los pellets en comparación con las semillas control.
- Para las semillas no germinadas de *A. schaffneri* no se encontró relación entre su viabilidad y el origen de las semillas (pellets y vainas).

- Las semillas que son consumidas maduras y no son dañadas por el venado cola blanca al atravesar su tracto digestivo, tienen una alta probabilidad de germinar, ya que el venado no altera su viabilidad, e incluso puede promover la germinación.

VII. PERSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES

- Aunque se observó que el venado cola blanca depreda la mayor cantidad de semillas que ingiere y defeca, hacen falta más estudios sobre su papel como dispersor de semillas.
- Pocos son los trabajos sobre el venado en el bosque La Primavera y la mayoría se realizaron hace mucho tiempo; es necesario evaluar su dinámica poblacional en el ANP, para su manejo y el de otras especies que interactúan con él.
- La zoocoria no es solamente una relación entre los dispersores y las especies de plantas que dispersan, sino que se ven involucradas más especies, e incluso factores abióticos. Por lo tanto, estos factores deben de ser considerados en los estudios de interacciones bióticas.
- Ya que las pruebas de la germinación se llevaron a cabo en una cámara de crecimiento bajo condiciones controladas, se recomienda realizar experimentos en campo que puedan explicar mejor lo que sucede bajo condiciones ambientales reales.
- El bosque La Primavera posee una gran diversidad faunística, incluyendo muchas especies que pudieran ser clave en el proceso de dispersión zoócora y por lo tanto en el éxito reproductivo de las plantas. Dada la fragilidad del bosque respecto a la influencia antrópica, es importante evaluar el papel de otros dispersores en el mantenimiento y restauración del ANP. Por ejemplo, la mayoría de las especies de plantas identificadas que germinaron en las

excretas de los venados son hierbas, algunas de ellas con potencial para la restauración de suelos.

- Finalmente, el manejo para la conservación, basado en un conocimiento de las interacciones bióticas, puede generar pautas más efectivas de manejo, en comparación a una aproximación tradicional basada en un enfoque sobre especies individuales de plantas y animales.

LITERATURA CITADA

- Aganga, A. A., C. M. Tsopito y T. Adogla-Bessa. 1998. Feed potential of *Acacia* species to ruminants in Botswana. *Archivos de Zootecnia*, 47:659-668.
- Aguilar, K., F. J. León, R. G. Cabrera y E. A. Ramírez. 2012 octubre. Monitoreo por telemetría como estrategia de manejo en el bosque La Primavera. Presentación en cartel XI Congreso Nacional de Mastozoología, Veracruz, México.
- Albert, A., A. G. Auffret, E. Cosyns, S. A. O. Cousins, B. D'hondt, C. Eichberg, A. E. Eycott, T. Heinken, M. Hoffmann, B. Jaroszewicz, J. E. Malo, A. Mårell, M. Mouissie, R. J. Pakeman, M. Picard, J. Plue, P. Poschlod, S. Provoost, K. A. Schulze y C. Baltzinger. 2015. Seed dispersal by ungulates as an ecological filter: a trait-based. *Oikos*, 124:1109-1120.
- Andresen, E. 2012. Dispersión de semillas por animales frugívoros y granívoros. 101-139 pp. En: Del Val, E. y K. Boege (coordinadoras): *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Aranda, J. M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Arceo, G., S. Mandujano, S. Gallina y L. A. Pérez-Jiménez. 2005. Diet diversity of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a tropical dry forest in Mexico. *Mammalia*, 69:159-168.
- Baltazar, J. O., M. Martínez y L. Hernández. 2004. Guía de plantas comunes del parque nacional "El Cimatario" y sus alrededores. México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Bascompte, J. y P. Jordano. 2013. Mutualistic networks. Estados Unidos de América: Princeton University Press.
- Blyth, L. H., L. J. Ouborg, D. M. Johnson y L. J. Anderson. 2013. The short-term germination and establishment success of deer-dispersed seeds in mesic temperate forests. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 140:334-348.

- Bodmer, R. E. 1991. Strategies of seed dispersal and seed predation in Amazonian ungulates. *Biotropica*, 23:255-261.
- Bonal, R. y A. Muñoz. 2007. Multi-trophic effects of ungulate intraguild predation on acorn weevils. *Oecologia*, 152:533-540.
- Calderón, O. y F. J. Espinosa. 1997. Manual de identificación de semillas de maleza. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.
- Castañeda-González, J. C., A. Gallegos-Rodríguez, M. Sánchez-Durán y P. A. Domínguez-Calleros. 2012. Biomasa aérea y posibles emisiones de CO² después de un incendio; caso del bosque "La Primavera", Jalisco, México. *Ra Ximhai*, 8:1-15.
- Castellano, S. M. y D. L. Gorchov. 2013. White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) disperse seeds of the invasive shrub, Amur Honeysuckle (*Lonicera maackii*). *Natural Areas Journal*, 33:78-80.
- Castro, S. A., F. Bozinovic y F. M. Jaksic. 2008. Ecological efficiency and legitimacy in seed dispersal of an endemic shrub (*Lithrea caustica*) by the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in central Chile. *Journal of Arid Environments*, 72:1164-1173.
- Clemente-Sánchez, F., V. Cessa-Reyes, C. Cortez-Romero, L. A. Tarango-Arambula y P. Arenas-Baez. 2015. Commercial extenders and freezing curves for the preservation of sperm cells of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*), *Journal of Applied Animal Research*, 43:468-473.
- CONANP. 2000. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Contreras, S. H., S. I. González y B. O. Ávila. 2011. Guía de pastos del bosque La Primavera. México: Universidad de Guadalajara.
- Cooley, H. S., H. S. Robinson, R. B. Wielgus y C. S. Lambert. 2008. Cougar prey selection in a white-tailed deer and mule deer community. *Journal of Wildlife Management*, 72:99-106.
- Cosyns, E. 2004. Ungulate seed dispersal: aspects of endozoochory in a seminatural landscape. Tesis de doctorado. Bélgica: Universiteit Gent.
- Cosyns, E., S. Claerbout, I. Lamoot y M. Hoffmann. 2005. Endozoochorous seed dispersal by cattle and horse in a spatially heterogeneous landscape. *Plant Ecology*, 178:149-162.
- Cypher, B. L., R. H. Yahner y E. A. Cypher. 1988. Seasonal food use by white-tailed deer at Valley Forge National Historical Park, Pennsylvania, USA. *Environmental Management*, 12:237-242.
- Del Val, E. 2012. Herbivoría. 43-74 pp. En Del Val, E. y K. Boege (coordinadoras): *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. México: Fondo de Cultura Económica.

- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1982. Decreto por el que se declara Parque Nacional con el nombre de El Cimatario, un área de 2,447-87-40 Has. en el Estado de Querétaro para tal fin se expropia en favor del Gobierno Federal, una superficie de 539-16-75 Has. compuesta por doce fracciones ubicadas en los Municipios de Querétaro, Corregidora y Huimilpan, Qro. (Segunda Publicación). Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4752178&fecha=27/07/1982.
- Ford, W. M., D. Madarish, T. M. Schuler y S. B. Castleberry. 2003. Influence of white-tailed deer digestion on running buffalo clover (*Trifolium stoloniferum*: Fabaceae Muhl. ex A. Eaton) Germination. *American Midland Naturalist*, 149:425-428.
- Furedi, M. A. y J. B. McGraw. 2004. White-tailed deer: dispersers or predators of American ginseng seeds? *American Midland Naturalist*, 152:268-276.
- Galindo, C. y M. Weber. 2005. Venado cola blanca. 515-521 pp. En: Ceballos, G., y G. Oliva (eds.), *Los mamíferos silvestres de México*. México: Fondo de Cultura Económica, CONABIO.
- Gallina, S. 1981. Forest ecosystems of northwestern México. 27-56 pp. En: Ffolliot, P.F. y S. Gallina (eds.), *Deer biology, habitat requirements, and management in Western North America*. México: Instituto de Ecología A.C.
- Gallina, S. 2007. Los venados de México. *Deer Specialist Group Newsletter*, 22:7-20.
- Gallina, S., M. E. Maury y V. Serrano .1978. Hábitos alimenticios del venado cola blanca. 59-108 pp. En: Halffter, G. (ed.), *Reservas de la biósfera en el estado de Durango, trabajos varios México*: Instituto de Ecología A.C.
- Gaughan, C. R. y S. DeStefano. 2005. Movement patterns of rural and suburban white-tailed deer in Massachusetts. *Urban Ecosystems*, 8:191-202.
- González-Zertuche, L. y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 58:15-30.
- Guiden, P. W. 2013. Dispersal of Honey Locust (*Gleditsia tricanthos*) seeds by white-tailed deer. *Ecological Restoration*, 31:356-358.
- Gutiérrez, D., H. Luna, C. A. López y R. F. Pineda. 2007. *Guía de mamíferos del estado de Querétaro*. México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Haarmeyer, D. H., B. M. Bösing, U. Schmiedel y J. Dengler. 2010. The role of domestic herbivores in endozoochorous plant dispersal in the arid Knersvlakte, South Africa. *South African Journal of Botany*, 76:359-364.
- Heady, H. F. 1954. Viable seed recovered from fecal pellets of sheep and deer. *Journal of Range Management*, 7:259-261.

- Hernández, H. G. 1994. Estimación de la tasa de defecación diaria del venado cola blanca *Odocoileus virginianus sinaloae* (J.A. Allen, 1903); en cautiverio. Tesis de licenciatura. México: Universidad de Guadalajara.
- Huerta-Martínez, F. M. y J. L. Ibarra-Montoya, 2014. Incendios en el bosque La Primavera (Jalisco, México): Un acercamiento a sus posibles causas y consecuencias. *CienciaUAT*, 9:23-32.
- Ibarra, G., M. Martínez y G. Cornejo. 2015. Frutos y semillas del bosque tropical perennifolio: región de Los Tuxtlas, Veracruz. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Iluz, D. 2011. Zoochory: the dispersal of plants by animals. 199-214 pp. En: Seckbach, J. y Z. Dubinsky (eds.), *All flesh is grass. Plant-animal interrelationships*. Países Bajos: Springer.
- Janzen, D. H. 1984. Dispersal of small seeds by big herbivores: foliage is the fruit. *The American Naturalist*, 123:338-353.
- Jordano, P., C. García, J. A. Godoy y J. L. García-Castaño. 2007. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104:3278-3282.
- Kraft, L. S., T. R. Crow, D. S. Buckley, E. A. Nauertz y J. C. Zasada. 2004. Effects of harvesting and deer browsing on attributes of understory plants in northern hardwood forest, Upper Michigan, USA. *Forest Ecology and Management*, 199:219-230.
- Lefcort H. y C. L. Pettoello. 2012. White-tailed deer trails are associated with the spread of exotic forbs. *Natural Areas Journal*, 32:159-165.
- Levin, S. A., H. C., Muller-Landau, R. Nathan y J. Chave. 2003. Ecology and evolution of seed dispersal: a theoretical perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34:575-604.
- Levine, C. R., R. J. Winchcombe, C. D. Canham, L. M. Christenson y M. L. Ronsheim. 2012. Deer impacts on seed banks and saplings in Eastern New York. *Northeastern Naturalist*, 19:49-66.
- López-Pérez, E., N. Serrano-Aspeitia, B. C., Aguilar-Valdés y A. Herrera-Corredor. 2012. Composición nutricional de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* ssp. *mexicanus*) en Pitzotlán, Morelos. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18:219-229.
- Mandujano, S. 2004. Análisis bibliográfico de los estudios de venados en México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20:211-251.
- Mandujano, S. 2006. Preliminary evidence of the importance of ENSO in modifying food availability for white-tailed deer in a Mexican tropical dry forest. *Biotropica*, 38:695-699.
- Mandujano, S. 2011. *Bibliografía estudios de venados en México*. México: Instituto Literario de Veracruz.

- Mandujano, S. 2014. Manual para estimar la densidad de venados en UMAs y ANPs empleando PELLET. México: Instituto de Ecología.
- Mandujano, S., J. A. Pérez-Arteaga, S. Gallina y R. E. Sánchez-Mantilla. 1996. Diferenciación de pautas de comportamiento de venado con ayuda de radiotransmisores con sensor de movimiento. *Acta Zoológica Mexicana*, 67:67-80.
- Mandujano, S., S. Gallina y S. H. Bullock. 1994. Frugivory and dispersal of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in a tropical dry forest of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 42:105-112.
- Mandujano, S., S. Gallina, G. Arceo, G. Sánchez-Rojas y M. G. Silva-Villalobos. 2002. *Odocoileus virginianus sinaloae* (J.A. Allen 1903). Venado cola blanca. 415-422 pp. En: Noguera, F. A., J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quesada Avendaño (eds.), *Historia natural de Chamela*. México: Instituto de Martine Biología, UNAM.
- Martine, C., C. Bart, V. Kris y H. Martin. 2004. Large herbivores as mobile links between isolated nature reserves through adhesive seed dispersal. *Applied Vegetation Science*, 7:229-236.
- Mautz, W. W. y G. A. Petrides, 1971. Food passage rate in the white-tailed deer. *The Journal of Wildlife Management*, 35:723-731.
- Miller, B. F., T. A. Campbell, B. R. Laseter, W. M. Ford y K. V. Miller. 2009. White-tailed deer herbivory and timber harvesting rates: Implications for regeneration success. *Forest Ecology and Management*, 258:1067-1072.
- Miller, M. F. 1996. Dispersal of *Acacia* seeds by ungulates and ostriches in an African savanna. *Journal of Tropical Ecology*, 12:345-356.
- Miller, S. G., S. P. Bratton y J. Hadidian, 1992. Impacts of white-tailed deer on endangered and threatened vascular plants. *Natural Areas Journal*, 12:67-74.
- Milošević, M., M. Vujakovic y D. Karagi. 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika*, 42:103-118.
- Moreno, E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mothershead, K. y R. J. Marquis, 2000. Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. *Ecology*, 81:30-40.
- Myers, J. A., M. Vellend, S. Gardescu y P. L. Marks. 2004. Seed dispersal by white-tailed deer: implications for long-distance dispersal, invasion, and migration of plants in eastern North America. *Oecologia*, 139:35-44.

- Nathan, R. y R. Casagrandi. 2004. A simple mechanistic model of seed dispersal, predation and plant establishment: Janzen-Connell and beyond. *Journal of Ecology*, 92:733-746.
- Pakeman, R. J. 2001. Plant migration rates and seed dispersal mechanisms. *Journal of Biogeography*, 28:795-800.
- Panter, C. J. y P. M. Dolman, 2012. Mammalian herbivores as potential seed dispersal vectors in ancient woodland fragments. *Wildlife Biology*, 18:292-303.
- Peguero, G. y J. M. Espelta. 2013. Evidence for insect seed predator dynamics mediated by vertebrate frugivores. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86:161-167.
- Peretti, A. 1994. Manual para el análisis de semillas. Argentina: Editorial Hemisferio Sur.
- Picard, M. y C. Baltzinger. 2012. Hitch-hiking in the wild: should seeds rely on ungulates? *Plant Ecology and Evolution*, 145:24-30.
- Pile, L. S., G. G. Wang, R. Polomski, G. Yarrow y C. M. Stuyck. 2015. Potential for nonnative endozoochorous seed dispersal by white-tailed deer in a southeastern maritime forest. *Invasive Plant Science and Management*, 8:32-43.
- Pimienta-Barrios, E. 1999. El pitayo en Jalisco y especies afines en México. México: Fundación Produce Jalisco A.C. Universidad de Guadalajara.
- Ramos, M. E., A. B. Robles y J. Castro. 2006. Efficiency of endozoochorous seed dispersal in six dry-fruited species (Cistaceae): from seed ingestion to early seedling establishment. *Plant Ecology*, 185:97-106.
- Ramos-Font, M. E., J. L. González y A. B. Robles. 2015. Dispersión endozoócora de leguminosas silvestres: desde la recuperación hasta el establecimiento en campo. *Ecosistemas*, 24:14-21
- Reyna, O. F. 2004. Árboles y arbustos del bosque La Primavera. México: Universidad de Guadalajara-CONABIO.
- Rico-Arce, M. L. 2001. El género *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 58:251-302.
- Rico-Arce, M. L. 2007. A checklist and synopsis of american species of *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae). Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Rodríguez, A. 2014. Fenología del encinar y bosque mixto de pino-encino en La Primavera. *Sentidos de la Primavera*, 5:4-16.

- Rodríguez, J., P. Sinaca y G. Jamangapé. 2009. Frutos y semillas de árboles tropicales de México. México: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Rooney, T. P. y D. M. Waller. 2003. Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 181:165-176.
- Royal Botanic Gardens. Fecha de consulta: Marzo 2016. Seed Information Database, *Acacia schaffneri*. Recuperado de: http://data.kew.org/sid/SidServlet?ID=467&Num=oSq&_ga=1.27103093.996939691.1453826547.
- Russell, F. L., D. B. Zippin y N. L. Fowler. 2001. Effects of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) on plants, plant populations and communities: a review. *The American Midland Naturalist*, 146:1-26.
- Schantz, M. C., R. L. Sheley, J. J. James y E. P. Hamerlynck. 2016. Grass-invaded great basin ecosystems: how modifying seeding strategies increases restoration success. *Western North American Naturalist*, 76:36-52.
- Schmidt, L. 2007. Seed testing. 281-322 pp. En: *Tropical forest seed*. Alemania: Springer.
- Schupp, E. W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio*, 107:15-29.
- Schupp, E. W. 2007. The suitability of a site for seed dispersal is context-dependent. 445-462 pp. En: Dennis A. J., E. W. Schupp, R. J. Green y D. A. Westcott (eds.), *Seed dispersal: theory and its application in a changing world*. Reino Unido: CABI Publishing.
- Shiponeni, N. N. y S. J. Milton. 2006. Seed dispersal in the dung of large herbivores: implications for restoration of Renosterveld shrubland old fields. *Biodiversity and Conservation*, 15:3161-3175.
- Sorensen, A. E. 1986. Seed dispersal by adhesion. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17:443-463.
- Suárez-Ramos, G., V. Serrano-Cárdenas, P. Balderas-Aguilar y R. Pelz-Marín. 2004. Atlas de malezas arvenses del estado de Querétaro. México: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Swihart, R. K., P. M. Picone, A. J. DeNicola y L. Cornicelli. 1993. Ecology of urban and suburban white-tailed deer. 35-44 pp. En: McAninch, J.B. (ed.), *Urban deer: A manageable resource?* Estados Unidos de América: Symposium of the North Central Section, The Wildlife Society.
- Tilghman, N. G. 1989. Impacts of white-tailed deer on forest regeneration in northwestern Pennsylvania. *Journal of Wildlife Manage*, 53:524-532.

- Tobler, M. A., P. A. Van Zandt, K. H. Hasenstein y S. Mopper. 2006. Growth and reproduction of a clonal plant in response to salinity and florivory. *Wetlands*, 26:803-812.
- 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., N. Riera y R. E. Mas. 2001. Passage through bird guts causes interspecific differences in seed germination characteristics. *Functional Ecology*, 15:669-675.
- Traveset, A., R. Heleno y M. Nogales. 2014. The ecology of seed dispersal. 62-93 pp. En: Gallagher, R.S. (ed.), *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities 3rd edition*. Reino Unido: CAB International.
- USDA. Fecha de consulta: Abril 2016. Seed plates (Hillman, F. H. y H. H. Henry. 1935. Photographs of drawings of seeds; the more important forage-plant seeds and incidental seeds commonly found with them. Estados Unidos de América: Division of Seed Investigations, Bureau of Plant Industry. Recuperado de: <http://frontrangeseedanalysts.weebly.com/usda-plates.html>
- Valenzuela-Galván, D. 1994. Estimación de la densidad y distribución de la población del venado cola blanca en el Bosque La Primavera, Jalisco, México. 247-262 pp. En: Vaughan, C. y M. A. Rodríguez (eds.), *Ecología y Manejo del Venado Cola Blanca en México y Costa Rica*. Costa Rica: EUNA.
- Vander, S. P. 1988. The genus *Vaccinium* in North America. Canada: Research Branch, Agriculture.
- Vargas, F. 1984. Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes. Pasado, presente y futuro. Colección: Grandes Problemas Nacionales. Serie: Los Bosques de México. Instituto de Investigaciones Económicas. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vellend, M. 2002. A pest and an invader: white-tailed deer (*Odocoileus virginianus* Zimm.) *Natural Areas Journal*, 22:230-234.
- Vellend, M., J. A. Myers, S. Gardescu y P. L. Marks. 2003. Dispersal of Trillium seeds by deer: implications for long distance migration of forest herbs. *Ecology*, 84:1067-1072.
- Victoria, J. A., C. R. Bonilla y M. S. Sánchez. 2006. Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. *Acta Agronomica*, 55:31-41.
- Williams, S. C. y J. S. Ward, 2006. Exotic seed dispersal by white-tailed deer in southern Connecticut. *Natural Areas Journal*, 26:383-390.
- Williams, S.C., J. S. Ward y U. Ramakrishnan. 2008. Endozoochory by white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) across a suburban/woodland interface. *Forest Ecology and Management*, 255:940-947.

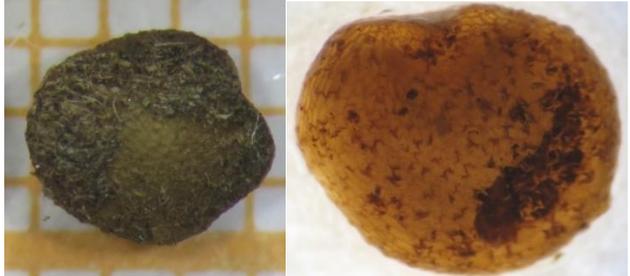
- Wunderle, J. M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99:223-235
- Yamashiro, A. y T. Yamashiro, 2006. Seed dispersal by kerama deer (*Cervus nippon keramae*) on Aka Island, the Ryukyu Archipelago, Japan. *Biotropica*, 38(3):405-413.
- Zalapa, S. S., E. G. Godinez y S. Guerrero. 2013. Mamíferos del bosque La Primavera, guía ilustrada. México: Reforestemos México A.C.
- Zar, J. H. 2010. Biostatistical analysis. Quinta edición. Estados Unidos de América: Pearson.
- Zuno, O., M. García, J. Padilla y C. Marcelli. 2013. Informe de actividades 2012 del proyecto especial de restauración, manejo, protección y conservación de la vegetación, suelo, agua y fauna del bosque La Primavera. México: Dirección Ejecutiva del Bosque La Primavera.

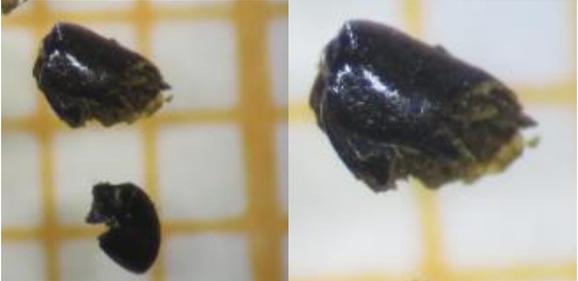
APÉNDICES

Apéndice 1. Catálogo fotográfico de semillas y plántulas encontradas en los grupos fecales colectados en La Primavera

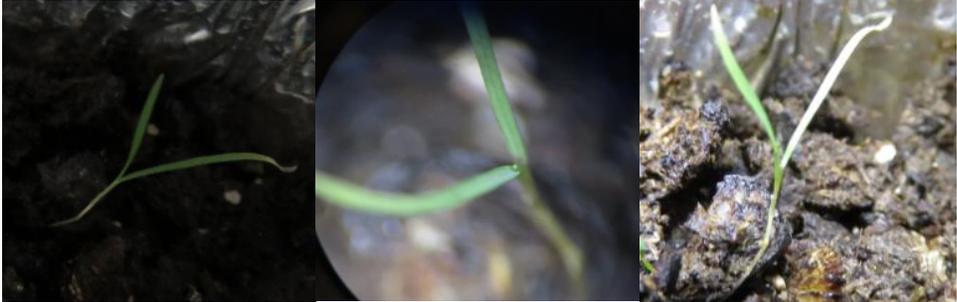
No. Morfo	Características	Sitios de colecta	Mes de colecta						Fotografías	Identificación
			Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
S_MF01	<p>FABACEAE <i>Acacia pennatula</i></p> <p>Semillas color marrón claro, elipsoides, ligeramente aplanadas, lisas, con pleurograma color amarillo verdoso. De 7 mm x 6 mm.</p>	Las Planillas (PL) San Miguel (SM) Llano Grande (LL)								Banco de Germoplasma. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
S_MF02	<p>Semilla con pubescencia color amarillo pálido, elíptica con ápice agudo, plana. De 2 mm x 1 mm.</p>	SM								
S_MF03	<p>ERICACEAE <i>Vaccinium stenophyllum</i></p> <p>Semillas color marrón, elipsoides, abultadas, reticuladas. De 2 mm x 1 mm.</p>	PL/SM								Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga". Guadalajara, Jalisco.

No. Morfo	Características	Sitios de colecta	Mes de colecta						Fotografías	Identificación
			Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
S_MF04	<p>PHYTOLACCACEAE <i>Phytolacca icosandra</i></p> <p>Semillas color negro, brillosas, lenticuladas, abultadas, lisas. De 3 mm x 3 mm.</p>	PL								<p>Zuno, O. com pers.</p> <p>Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga". Guadalajara, Jalisco.</p>
S_MF05	<p>Semillas color marrón oscuro, rómbicas, con tres caras, lisas. De 1 mm x 0.5 mm.</p>	PL								
S_MF06	<p>Semilla color amarillo con puntos negros, esférica, lisa. De 1 mm x 1 mm.</p>	PL								
S_MF07	<p>SOLANACEAE <i>Physalis sp.</i></p>	PL/LL								<p>Martínez, M. Laboratorio de Botánica. Universidad</p>

No. Morfo	Características	Sitios de colecta	Mes de colecta						Fotografías	Identificación
			Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
	Semillas color marrón claro, redondas ligeramente reniformes, planas, reticuladas. De 1.8 mm x 1.4 mm hasta 3 mm x 3 mm.									<p>Autónoma de Querétaro.</p> <p>Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga". Guadalajara, Jalisco.</p>
S_MF08	<p>SOLANACEAE <i>Solanum</i> sp.</p> <p>Semillas color amarillo pálido, redondas, planas, granuladas. De 2 mm x 2 mm.</p>	PL/LL								<p>Martínez, M. Laboratorio de Botánica. Universidad Autónoma de Querétaro.</p> <p>Herbario QMEX "Jerzy Rzedowski". Santiago de Querétaro, Querétaro.</p>
S_MF09	<p>OXALIDACEAE <i>Oxalis corniculata</i></p> <p>Semillas color marrón oscuro, turbinadas, planas, surcadas transversalmente. De 1 mm x 1 mm,</p>	PL								<p>Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga". Guadalajara, Jalisco.</p>

No. Morfo	Características	Sitios de colecta	Mes de colecta						Fotografías	Identificación
			Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
S_MF10	Semilla color amarillo, elíptica con extremos agudos, reticulado-foveada. De 1mm x 1mm.	PL								
S_MF11	Semilla color negro, botuliforme con extremos emarginados divididos en cinco partes, granulada. De 2 mm x 1 mm.	PL								
S_MF12	MYRTACEAE <i>Psidium guajava</i> Semillas color amarillo pálido, irregulares, abultadas, granuladas. De 3 mm x 3 mm.	LL								Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga. Guadalajara, Jalisco.

No. Morfo	Características	Sitios de colecta	Mes de colecta						Fotografías	Identificación
			Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
S_MF13	Semilla color amarillo pálido, brillante, turbinada, lisa. De 1.1 mm a 0.5 mm.	PL								
S_MF14	POACEAE <i>Paspalum</i> sp. Semilla color amarillo, hemiovoidal, lineada, con un contorno abultado, ápice ligeramente truncado. De 2 mm x 1.3 mm.	PL								Calderon y Espinosa, 1997 (ver Literatura citada). Gómez, M. Laboratorio de Botánica, Universidad Autónoma de Querétaro.
S_MF15	Semillas color marrón oscuro, con forma ovoide, irregulares, coliculadas, abultadas. De 0.5 mm x 1 mm.	PL								

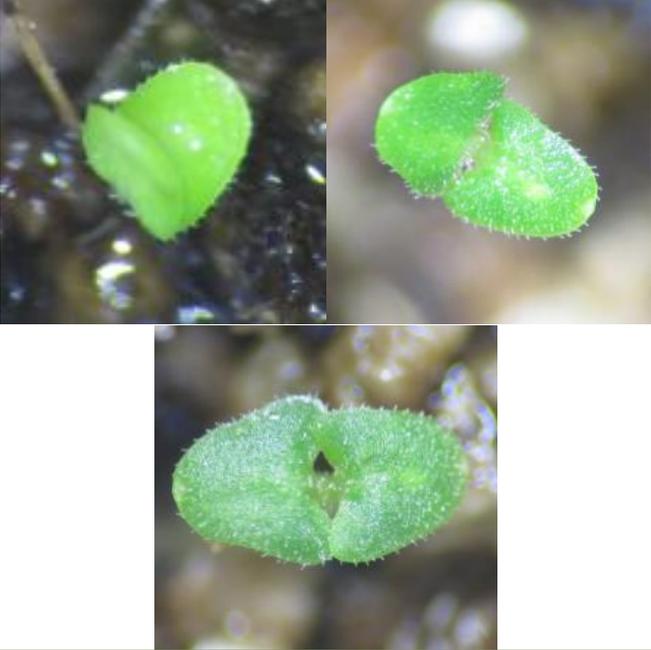
No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
P_MF01	PL								
P_MF02	PL								

No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
P_MF03	PL								
P_MF04	PL								

No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
P_MF05	PL								
P_MF06	PL								

No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
P_MF07	PL								
P_MF08	PL								

No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
P_MF09	PL								
P_MF10	PL								

No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
ERICACEAE <i>Vaccinium stenophyllum</i> P_MF11/S_MF03	SM								Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga. Guadalajara, Jalisco.
LAMIACEAE P_MF12	LL								González, J.G. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN), Durango.

No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
P_MF13	PL								
P_MF14	PL								
P_MF15	PL								

No. Morfo	Sitios	Mes de colecta						Fotografías	Fuente
		Abr	May	Jun	Jul	Sep	Oct		
P_MF16	LL								
P_MF17	LL								
MYRTACEAE <i>Psidium guajava</i> P_MF18	LL								Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga. Guadalajara, Jalisco.

Apéndice 2. Rastros de venado cola blanca y germinación de semillas en campo



Parte de cornamenta encontrada en San Miguel.



Huella observada en San Miguel.



Huellas observadas en Las Planillas.



Observación de venado cola blanca en Las Planillas.



Plántula emergiendo de un pellet en Llano Grande.



Plántula de *A. pennatula* emergiendo de un pellet en Llano Grande.

Apéndice 3. Mapas de localización de rastros de venado cola blanca y de excretas que contenían semillas viables en La Primavera

