



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
**UNIDAD IZTAPALAPA**

---

---

**MAMÍFEROS DEL ORDEN CARNIVORA COMO DISPERSORES DE  
SEMILLAS EN UNA ZONA SEMIÁRIDA DEL ESTADO DE PUEBLA**

**TESIS**

Que para obtener el grado de

Maestro en Biología

PRESENTA

Biol. Adrián González Pérez

**Ciudad de México**

**noviembre del 2019**

La Maestría en Biología de la  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Pertenece al Padrón de  
Posgrados de Calidad de CONACYT.

El jurado designado por la  
División de Ciencias Biológicas y de la Salud  
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

Biol. Adrián González Pérez

El día 19 de diciembre del año 2019

*Comité Tutoral y Jurado*

Director de tesis Dr. Miguel Ángel Armella Villalpando

Asesor: Dr. Alejandro Zavala Hurtado

Asesor: M. en C. María de Lourdes Martínez Cárdenas

Sinodal: Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa

Sinodal: M. en C. María de la Asunción Soto Alvarez Álvarez

A María de la Luz Pérez Vargas

2 de junio de 1958 - 31 de julio del 2018

Mi madre y luz de mi vida

“...entre tus alas dormí

Y en tu mirada tan pasiva crecí

Siempre confiaste en todo lo que soñé

Y me cuidaste y me guiaste hasta aquí...”

León Laguerri, Arrullo de estrellas, Zoé

## INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Antecedentes .....	13
2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1. Preguntas de investigación.....	16
2.2. Hipótesis.....	16
2.3. Objetivo general.....	17
2.4. Objetivos específicos.....	17
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
3.1. Área de estudio.....	18
3.2. Colecta e identificación de excretas.....	20
3.3. Análisis de las excretas y clasificación de la materia vegetal.....	23
3.4. Colecta de las semillas para el grupo control.....	23
3.5. Viabilidad y germinación de las semillas.....	24
3.6. Análisis de resultados.....	26
4. RESULTADOS.....	28
4.1. Semillas consumidas por carnívoros.....	28
4.2. Porcentaje de viabilidad.....	34
4.3. Ensayos de germinación.....	35
4.4. Porcentaje de viabilidad de las semillas no germinadas.....	39
5. DISCUSIÓN.....	49
5.1. Semillas consumidas por carnívoros.....	49
5.2. Germinación y viabilidad.....	51
5.3. Dispersión de semillas.....	55
6. CONCLUSIONES.....	57
7. LITERATURA CITADA .....	59
8. ANEXOS.....	66

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar cuál es el papel de los mamíferos carnívoros de talla media como dispersores de semillas en el matorral xerófilo de Santo Tomás Otlaltepec, Puebla. Para ello, se colectaron semillas provenientes de excretas de carnívoros y de frutos, posteriormente las semillas se colocaron en ensayos de germinación para determinar los porcentajes y velocidades de germinación, así como los porcentajes de viabilidad de las semillas que no germinaron en el transcurso del tiempo que duraron los ensayos. En excretas de *Canis latrans* (coyote), *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris) y *Bassariscus astutus* (cacomixtle) se identificaron semillas de *Myrtillocactus geometrizans*, *Pilosocereus chrysacanthus*, *Citharexylum tetramerum*, *Prosopis laevigata*, *Stenocereus stellatus*. y *Ziziphus pedunculata*. La mayoría de las semillas, que fueron utilizadas para los ensayos, mantuvieron su viabilidad y en algunas semillas ingeridas incrementaron los porcentajes y velocidades de germinación, a excepción de las semillas de *M. geometrizans* y *C. tetramerum*. En los porcentajes de viabilidad de las semillas que no germinaron, solamente se encontraron diferencias entre las semillas de *M. geometrizans* ingeridas por *U. cinerargenteus* y el control. En general, estas especies de carnívoros interactuaron como dispersores legítimos de semillas, porque mantuvieron la viabilidad de éstas y en algunas especies incrementaron los porcentajes y velocidades de germinación. Los procesos de dispersión pueden ser multifacéticos por lo que ahora sería pertinente preguntarse qué ocurre con esas semillas después de que son dispersadas por estas especies de carnívoros.

## ABSTRACT

The goal of this study was to determine the role of medium size carnivorous mammals on the dispersal of seeds in xerophilous scrub of Santo Tomas Otlaltepec, Puebla. Therefore, we collected seeds from carnivorous mammals and fruits; then, seeds were placed in germination tests to determine germination percentage and rate. After germination tests, for seeds that did not germinate during these tests, we calculated the viability percentages with a tetrazolium test. On scats from *Canis latrans* (coyote), *Urocyon cinereoargenteus* (gray fox) and *Bassariscus astutus* (ringtail) we identified seeds of *Myrtillocactus geometrizans*, *Pilosocereus chrysacanthus*, *Citharexylum tetramerum*, *Prosopis laevigata*, *Stenocereus stellatus*, and *Ziziphus pedunculata*. In the majority of germination tests, seeds defecated by carnivorous mammals maintained their viability, and in some cases increased the percentage and rate of germination, excepted the *M. geometrizans* and *C. tetramerum* seeds ingested by *U. cinereoargenteus*. The viability percentages of seeds that did not germinate showed differences between *M. geometrizans* seeds defecated by *U. cinereoargenteus* and control. In general, these carnivorous species are interacting as legitimate dispersers because they are keeping the viability of seeds and in some species increased percentage and rate of germination. The dispersal process could be multifaceted, so it will be necessary to ask what is happening with the seeds after legitimate dispersal by carnivorous mammals.

## 1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de dispersión en las plantas a través de las semillas se define como el proceso que enlaza la producción de semillas y el arribo de éstas a un sitio nuevo en donde potencialmente puedan germinar y establecerse. Este enlace se lleva a cabo por medio de vectores como el viento, agua, la fuerza de gravedad o animales (López Ríos , 1993).

La dispersión de semillas realizada por animales se denomina zoocoria, a partir de ésta se derivan dos tipos, cuales se caracterizan con base en la forma de cómo son transportadas las semillas. La **epizoocoria** ocurre cuando las semillas son transportadas en el exterior del animal, adhiriéndose a sus plumas o pelaje; la **endozoocoria** ocurre cuando las semillas son ingeridas y transportadas en el tracto digestivo del animal para luego ser regurgitadas o defecadas. En la endozoocoria el fruto protege a las semillas y facilita la atracción de los animales hacia éste (Granados Sánchez, 2002).

La endozoocoria adaptativa es el consumo intencional de semillas por parte de los animales. Este tipo de interacción es común con las aves y los mamíferos. Sin embargo, la interacción no siempre es benéfica para la planta, algunos animales utilizan, como alimento, el endospermo y otras partes nutritivas de la semilla y derivan en la muerte de éstas (Pijl, 1972).

La probabilidad de que una semilla sea encontrada y consumida por un depredador esta relacionada con la densidad de semillas que hay en un sitio dado,



umentando la eficiencia del depredador, de tal manera que mientras mayor densidad exista de semillas mayor será la tasa de depredación predispersión. Normalmente, estas altas concentraciones se dan cerca de la planta madre, por ello, al aumentar la distancia respecto a la planta parental, la depredación disminuye (Van der Wall y Lowe , 2002). Por esta razón, el fenómeno de dispersión de semillas es muy importante para la sobrevivencia y perpetuación de las especies vegetales. Algunos carnívoros como *Nyctereutes procyonoides viverrinus* (perro mapache) de Japón dispersan hasta 400 m de la planta madre las semillas que consumen (Sakamoto y Takatsuki , 2015), disminuyendo así la posibilidad de depredación predispersión y la competencia intraespecífica.

A finales de la década de los ochenta se realizaron diferentes estudios enfocados a los mamíferos carnívoros como agentes dispersores de semillas (Debussche y Insenmann, 1989; Herrera, 1989; Willson, 1993). A pesar de que los miembros del orden carnívora tienden a consumir principalmente alimentos de origen animal, muchos estudios han documentado el consumo de frutos y semillas como parte regular de su dieta o bien como alternativa en tiempos de escasez (Harrison, 2012; Grajales-Tam y González-Romero, 2013; González-Varo *et al.*, 2015; Lopez-Ramos, 2018)

Los carnívoros poseen ciertas características que los convierten en dispersores potenciales de semillas, las cuáles los diferencian funcionalmente de otros grupos de vertebrados como las aves o mamíferos herbívoros. La mayoría de los carnívoros, al igual que otros mamíferos, poseen aparatos bucales relativamente grandes que les

permite consumir frutos de diferentes formas y tamaños, tragando así semillas enteras, además de que tragan los pedazos completos a diferencia de algunos herbívoros, como los rumiantes, que poseen estructuras que les permiten macerar las semillas o las aves que poseen una molleja que tiene el mismo efecto. El paso directo al estómago da a las semillas la oportunidad de permanecer intactas hasta abandonar el tracto digestivo (González-Varo *et al.*, 2015). Este fenómeno es similar al que sucede en primates, murciélagos y otros frugívoros dispersores (Franco-Quimbay y Rojas-Robles , 2015; Acevedo-Quintero y Zamora-Abrego, 2016).

Aquellos carnívoros que incorporan las semillas a su dieta lo hacen principalmente por las relativamente altas cantidades de agua y carbohidratos que contienen, en particular en zonas áridas y semiáridas. Este comportamiento contribuye a completar las necesidades alimenticias de estos animales durante las épocas más críticas (Nava *et al.*, 1999).

La capacidad de un animal para ser un dispersor de semillas se ha clasificado en diferentes categorías, las cuales no son excluyentes: un dispersor legítimo es aquel animal que cuando defeca o regurgita las semillas, éstas se encuentran en un estado sano y viable (Herrera, 1989); un dispersor será eficiente si las semillas viables son colocadas en un sitio seguro para la germinación. Finalmente, la efectividad de ese dispersor está determinada por el número de plántulas producidas por efecto del dispersor que se incorporan a la comunidad vegetal (Bustamante y Canals, 1995).

Sin embargo, esto no puede tomarse como un patron general, en Chile las semillas de *Lithrea caustica* alcanzaron el 24 % de germinación después de haber

pasado por el tracto digestivo de Perros domésticos (*Canis lupus familiaris*) y de los zorros, *Lycalopex culpeus* y *L. griseus*, en contra del 45% de germinación en las semillas colectadas para el control (Morales-Paredes *et al.*, 2015), de ahí que es necesario evaluar cada caso de manera individual.

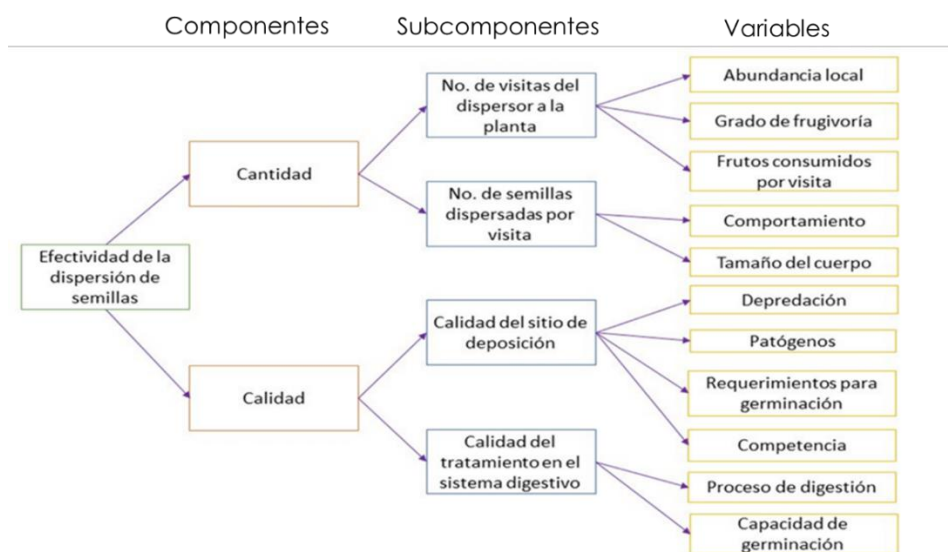
La efectividad de la dispersión se determina con base en dos componentes, cantidad y calidad. El componente de cantidad engloba el número de visitas que realiza el dispersor a la planta madre y la cantidad de semillas colectadas por cada visita. Por otro lado, el componente de calidad hace referencia a la calidad del tratamiento que reciben las semillas en el tracto digestivo del dispersor, así como la calidad del sitio de deposición de las semillas para que puedan sobrevivir, germinar y producir un nuevo individuo (Schupp *et al.*, 2010).

Finalmente, el proceso de dispersión de semillas mediante el tracto digestivo de los animales tiene una serie de ventajas y desventajas que pueden afectar a la germinación y establecimiento de las plantas en el ecosistema (Tabla 1).

De acuerdo con lo descrito anteriormente, esta investigación está enfocada en la calidad del tratamiento que recibe la semilla por parte de los potenciales agentes dispersores que pertenezcan al grupo de mamíferos del orden Carnívora, en condiciones de semiáridéz. La determinación de la efectividad del dispersor (sea carnívoro o de otro grupo) suele ser más compleja de lo que parece a primera vista. En la figura 1 (retomada de Schupp *et al.*, 2010) se aprecia, diagramáticamente el proceso de dispersión basado en los componentes de calidad y cantidad.

**Tabla 1.** Ventajas y desventajas de la dispersión endozócora.

Dispersión endozócora	
Ventajas	Desventajas
<p>1. Disminución en la mortalidad densodependiente de las semillas (causada por el ataque de pequeños mamíferos, insectos o patógenos).</p> <p>2. Disminución en la competencia intraespecífica por los nutrientes del suelo.</p> <p>3. Colonización de nuevos hábitats.</p> <p>4. La escarificación de las semillas, cuando es necesario.</p> <p>5. La posible deposición de las semillas en sitios con las condiciones necesarias para la germinación y establecimiento.</p> <p>6. Disminución de la endogamia y aumento del flujo génico</p>	<p>1. Probabilidad de que las semillas sean depositadas en sitios no adecuados para la germinación, aunque esto depende del comportamiento del dispersor.</p> <p>2. La ingesta de las semillas puede causar algún daño a éstas, especialmente aquellas que son de tamaño grande.</p>



**Figura 1.** Componentes de la dispersión efectiva de las semillas, así como las variables que pueden alterar esta dispersión. Retomado de Schup *et al.*, 2010.

## 1.1 Antecedentes

Existen 102 especies de mamíferos reportados en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán Cuicatlán, ocho especies pertenecen al orden Carnívora y se han reconocido como omnívoros a *Canis latrans* (coyote), *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), *Conepatus leuconotus* (zorrillo cadeno), *Mephitis macroaura* (mofeta encapuchada), *Spilogale angustifrons* (zorrillo manchado), *Bassariscus astutus* (cacomixtle norteño), *Nasua narica* (coatí) y *Procyon lotor* (mapache) (Cruz-Jácome et al., 2015). Sin embargo, en la zona existe poca literatura referente a la dispersión de semillas por carnívoros (Zarco-Mendoza et al., 2018).

Los estudios que tocan la dispersión de semillas por mamíferos carnívoros, generalmente, se han realizado como parte de las investigaciones de la dieta de alguna especie. Por ello, a continuación se presentan referencias a investigaciones enfocadas a la dieta de carnívoros y los casos, en los que se aborda el papel que tienen estos animales como dispersores de semillas en ecosistemas templados. Así mismo nos hemos enfocado en aquellas especies que tienen representación en la zona de estudio y que pueden fungir como dispersores potenciales.

La dieta de *Canis latrans* (coyote) fue analizada en un bosque templado de la Sierra Norte de Oaxaca de junio de 2002 a mayo del 2003. Durante la temporada de lluvias y secas se identificaron semillas de la familia Graminae (Cruz-Espinoza et al., 2010). En otro estudio similar realizado en la Reserva de la Biósfera de Mapimí (Grajales-Tam y González-Romero, 2013), se identificaron seis especies vegetales en la dieta de *C. latrans*: *Hamatocactus hamatacanthus*, *Opuntia violacea*, *Opuntia*

*leptocaulis*, *Prosopis glandulosa var torreyana*, *Zanthoxylum sp.* y *Celtis pallida*, así como especies frutales de consumo humano, sandía y naranja.

Respecto a la dispersión de semillas por *C. latrans* (coyote), Monroy *et al.* (2003) evaluaron la viabilidad y germinación de 22 especies que fueron extraídas de las excretas de coyote en la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro en el estado de Michoacán. En este estudio, tanto las semillas ingeridas como las no ingeridas presentaron porcentajes altos de viabilidad superiores al 80%, lo que sugirió que las semillas no fueron dañadas al pasar por el tracto digestivo del coyote. En cuanto a la germinación, las semillas obtenidas de las excretas del coyote alcanzaron porcentajes de germinación superiores al 33.3%, los cuales fueron significativamente superiores al 6.6% de las semillas no ingeridas. En conclusión, estos autores determinaron que *Canis latrans* también tiene un papel ecológico como dispersor de semillas en esa zona.

Para *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris) la materia vegetal es un recurso alimenticio importante para esta especie (Hockman y Chapman, 1983). Por ejemplo, en un estudio realizado en Baja California Sur Partida-Pérez (2010) concluyó que los frutos de *Phoenix dactylifera* son el componente con mayor presencia en su dieta, aunque esta planta no es nativa del lugar. Por otra parte, en otra investigación realizada en la selva baja caducifolia de Puerto Escondido Oax, Villalobos Escalante *et al.* (2014) mencionan que la categoría con mayor representación en la alimentación de este cánido fue aquella integrada por semillas de taxones como: *Ficus sp.*, *Guazuma ulmifolia*, *Byrsonima crassifolia*, *Ehretia tinifolia* y una especie no identificada

conocida como "Nanche Montés"; además de que, se analizaron los porcentajes de germinación de las semillas ingeridas por la zorra y los autores concluyen que este carnívoro puede considerarse como un dispersor legítimo de las especies vegetales que consumió.

Para *Bassariscus astutus* (cacomixtle) se analizó su dieta en el municipio de Atotonilco el grande en el estado de Hidalgo (Nava *et al.*, 1999), asociándose 14 especies de plantas a su dieta. La especie *Opuntia cantabrigensis* fue el componente de origen vegetal más abundante, además que por primera vez se registraron semillas de *Avalia humilis* y *Prosopis laevigata* en la dieta de este animal. En un estudio similar realizado en Nuevo México se concluyó que los elementos con mayor presencia en las excretas del cacomixtle fueron componentes provenientes de *Juniperus monosperma* y *Opuntia pheacantha* (Harrison, 2012). Para el cacomixtle no parece existir literatura referente a la capacidad que pueda tener como agente dispersor de semillas.

En la comunidad de Santo Tomás Otlaltepec se realizó un registro de las diferentes especies de carnívoros de talla media presentes en la zona. Las especies con mayor cantidad de registros fueron *Bassariscus astutus*, *Canis latrans*, *Conepatus leuconotus*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Procyon lotor* (Toriz, 2014). También, se han realizado investigaciones relacionadas con la dieta de *Bassariscus astutus*, *Canis latrans* y *Urocyon cinereoargenteus*, en donde se concluye que el espectro alimenticio de estas especies tiene un contenido importante de semillas (González-Pérez, 2016; Lopez-Ramos, 2018). Por tal motivo, es importante la realización de esta investigación

ya que contribuye al entendimiento de las interacciones planta-animal presentes y favorecería la comprensión de la dinámica del ecosistema.

Este estudio pretende aportar información respecto a la interacción de las plantas con los carnívoros de la zona, con el objetivo de determinar si éstos pueden o no considerarse como verdaderos dispersores de las plantas de la región y entender mejor el entramado ecológico en estos ecosistemas.

## **2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 Preguntas de investigación**

1. ¿Son los mamíferos del orden Carnívora encontrados en la zona cercana a Santo Tomás Otlaltepec, Puebla dispersores legítimos de las semillas que consumen?
2. ¿Cuáles son las especies vegetales consumidas por estas especies de carnívoros?
3. ¿Existen diferencias en el proceso de germinación de las semillas ingeridas por carnívoros en contraste con aquellas semillas que no transitan por el tracto digestivo de los carnívoros?

### **2.2 Hipótesis**

Sí los mamíferos del orden Carnívora presentes en Santo Tomás Otlaltepec son dispersores legítimos de semillas, entonces las semillas que transitan por el tracto digestivo de estos vertebrados no perderán su viabilidad y germinarán en las mismas proporciones que aquellas colectadas directamente de los frutos de las plantas.



### **2.3 Objetivo general**

Determinar el papel de algunas especies de mamíferos del orden Carnívora como dispersores de semillas en la localidad de Santo Tomás Otlaltepec, Puebla.

### **2.4 Objetivos específicos**

- Identificar las especies vegetales que son consumidas por carnívoros, la temporada del año en las que son consumidas y el porcentaje de aparición de las semillas en la dieta de los carnívoros.
- Determinar y comparar el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas ingeridas por carnívoros en contraste con las semillas no ingeridas (control).
- Determinar y comparar el porcentaje de viabilidad de las semillas que no germinaron al finalizar los ensayos de germinación.

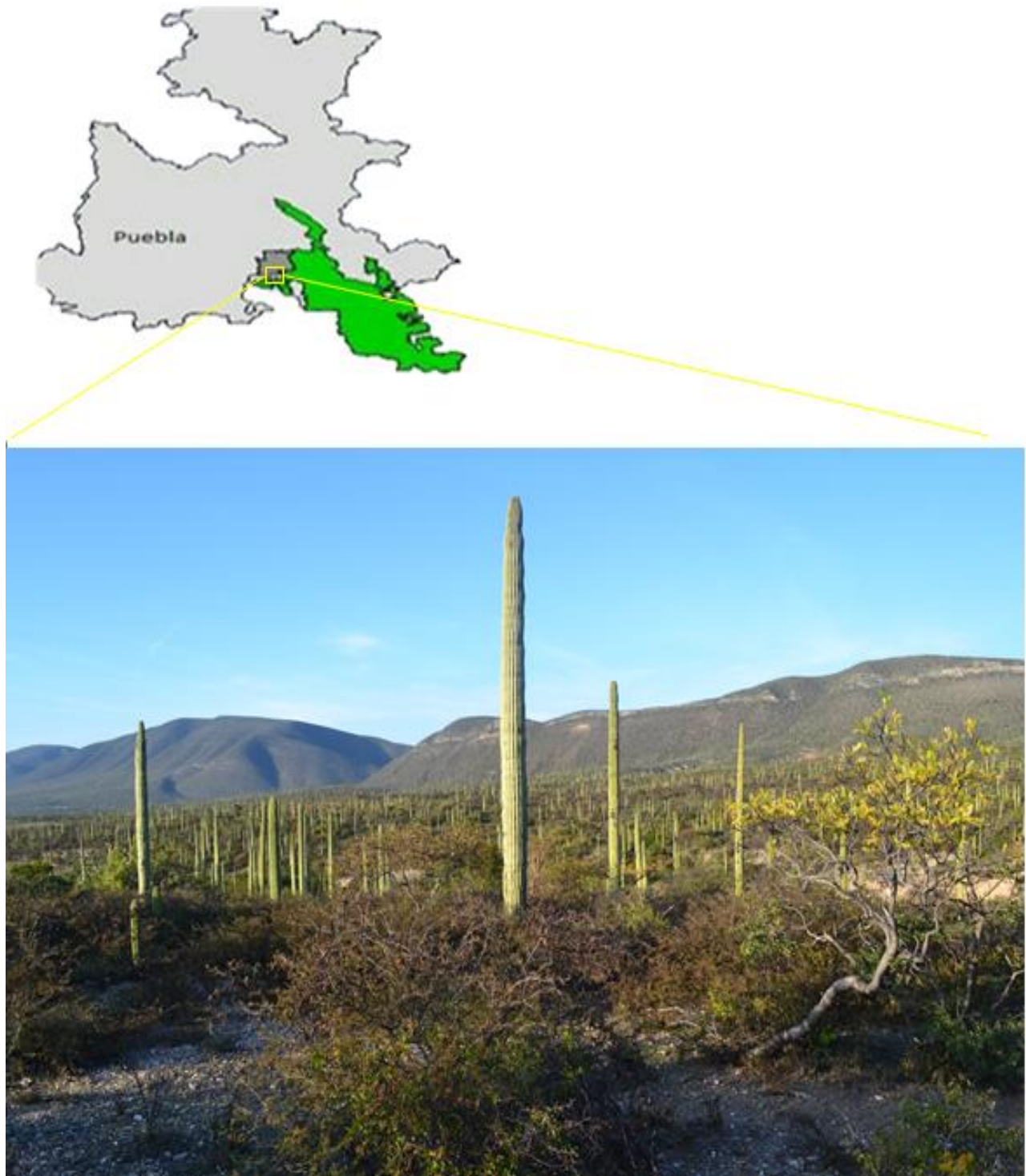
### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio

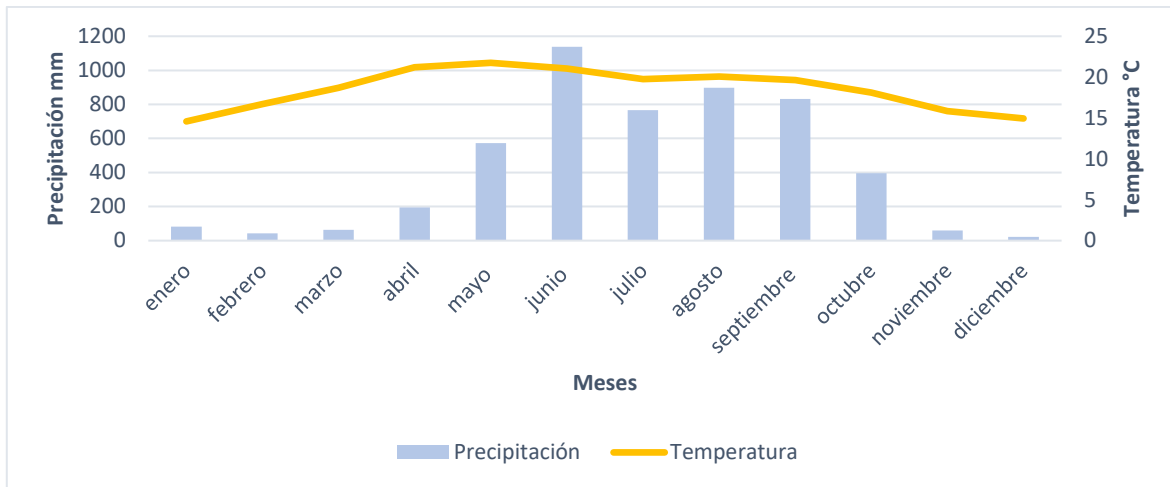
El municipio de Atexcal se encuentra entre los paralelos 18°16´y 18°29´de latitud norte; los meridianos 97°35´y 97°48´de longitud oeste a una altitud entre 1 600 a 2 600 msnm (INEGI, 2009). En el municipio de Atexcal se ubica la localidad de Santo Tomás Otlaltepec entre las coordenadas 18° 17´22” latitud norte y 97° 45´37.8´´ longitud oeste y se encuentra aproximadamente a 4 km del límite norte del estado de Oaxaca (Lopez-Ramos, 2018) (Figura 2).

El clima característico de la zona es semiárido templado BS<sub>1</sub>hw de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (2004), con un rango de temperatura media de 14 a 22°C. La temporada de lluvias inicia a partir de mayo hasta octubre con un rango de precipitación de 600 a 800 mm anuales (Figura 3).

El matorral xerófilo es la vegetación dominante, su fisonomía está dada básicamente por la presencia de árboles bajos (menores a cinco metros) y arbustos de leguminosas en estratos bajos, con dominancia de *Acacia farnesiana*, *Acacia cochliacantha* y *Prosopis laevigata*, asociadas a *Haematoxylon brasiletto*, *Caesalpinia melanadenia*, *Mimosa sp*, *Karwinskia mollis*, *Castela erecta* y *Bursera sp*. (CONANP, 2013).



**Figura 2.** Localización del área de estudio y fotografía del área de estudio.



**Figura 3.** Climograma de temperatura media y precipitación media mensual del 2004 al 2014, los datos fueron obtenidos de la estación metereológica de Tehuacán en el estado de Puebla. No se encontraron datos actualizados.

### 3.2 Colecta e identificación de excretas

Se definieron seis recorridos para la colecta de heces fecales, los cuales estaban alejados un mínimo de 1400 m del pueblo; la longitud de los recorridos fue de 800 a 1000 metros cada uno. Todos los recorridos fueron establecidos en caminos y veredas en los cuales se comprobó mediante fototrampeo que son frecuentados por varias especies de carnívoros (Lopez-Ramos, 2018) (Figura 4).






Antes de iniciar con la colecta de excretas se realizó un muestreo cero con el propósito de limpiar los recorridos de excretas viejas y así asegurar que las excretas colectadas a partir del primer muestreo tuvieran un período de tiempo máximo de 45 días.

Desde febrero del 2018 a enero 2019 entre cada 40 a 45 días se colectaron excretas de carnívoros. Se midió la longitud y ancho de las excretas, y se anotaron características como: color, composición y forma de las excretas para identificarlas en referencia con los rasgos establecidos por Aranda (2012) (Tabla 2), así como la experiencia adquirida en trabajos anteriores.



**Figura 4.** Recorridos utilizados para la colecta de excretas.

**Tabla 2.** Características utilizadas para la identificación de excretas colectadas en campo (Aranda Sánchez, 2012), L= largo A= Ancho.

Especie de carnívoro	Características	Tamaño	Forma
<i>Canis latrans</i>	Forma más o menos cilíndrica, color café oscuro, generalmente trenzadas y terminadas en un mechón.	L: 10-20cm A:2.0-3.5 cm	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Forma cilíndrica, café oscuro, con olor más fuerte, es común que defeque sobre rocas formando letrinas	L:5-10 cm A: 1-2 cm	
<i>Bassariscus astutus</i>	Forma más o menos cilíndrica, compuestas principalmente de semillas o restos de frutos	L: 5-10 cm A. 0.5-1.5 cm	
<i>Mephitis sp</i>	Cilíndricas de café oscuro a negro, principalmente compuesta de restos de invertebrados, ocasionalmente conformada de semillas	L:4-8 cm A:1-2 cm	
<i>Spilogale sp.</i>	Cilíndricas de café oscuro a negro, principalmente compuesta de restos de invertebrados, ocasionalmente conformada de semillas	L:2-5cm A:0.5-1cm	

### **3.3 Análisis de la excreta y clasificación de la materia vegetal**

Las heces colectadas en campo se transportaron en bolsas de papel al laboratorio de Ecología Animal de UAM-I, se secaron y se separaron en todos los componentes de la excreta según lo descrito por Gallina (2012). Los componentes se clasificaron en cuatro categorías: (1) vertebrados, (2) invertebrados y dos referidas a materia vegetal (3) no semillas y (4) semillas, éstas últimas fueron cuantificadas e identificadas.

### **3.4 Colecta de las semillas para el grupo control**

Las semillas para los grupos control se colectaron durante los mismos periodos, y cuando fue posible, cercanos a los recorridos de colecta de excretas, los frutos colectados para la obtención de semillas control se seleccionaron a partir de características morfológicas que indicaban que estaban en época de dispersión natural. En el caso de frutos carnosos el principal indicador utilizado fue que presentaran un cambio de color (normalmente de verde a rojo o amarillo) y para los frutos de tipo vaina se eligieron mientras que las semillas estuvieran desprendidas dentro del fruto. Se evitó coleccionar semillas del suelo para no comprometer la viabilidad de éstas a causa de algún insecto o patógeno (Gold *et al.*, 2004). Para identificar a las especies vegetales colectadas se tuvo el apoyo de los pobladores locales y de la Guía fotográfica de vegetación de la RBTC publicada por Weller (2010).



### **3.5 Viabilidad y germinación de las semillas**

Para esta investigación se consideró como “tratamiento” aquellas semillas de la misma especie que fueron consumidas por el mismo carnívoro, y como tratamiento control, aquellas semillas de la misma especie provenientes directamente de los frutos. Así como “ensayo de germinación” a las pruebas de germinación que se realizaron con las semillas encontradas en las excretas y las que fueron extraídas de los frutos.

Las semillas fueron lavadas con una gota de detergente comercial para trastes en 100 ml de agua, fueron enjuagadas con agua destilada esterilizada, desinfectadas en una solución de cloro comercial al 10% (hipóclorito de sodio 0.6%) durante 15 minutos y alcohol etílico al 70% durante 5 minutos (Martínez-Cárdenas *et al.*, 2006).

Previo a los ensayos de germinación, se realizó una prueba de viabilidad con una submuestra representada por el 20% de la cantidad de semillas puestas a germinar para cada tratamiento (control y carnívoros). La viabilidad se determinó con una solución de cloruro de tetrazolio al 1%, esta técnica se basa en la liberación de iones de hidrógeno por parte de los embriones durante la respiración y estos iones al combinarse con el cloruro de tetrazolio tiñen al embrión de un color rojo (Baskin y Baskin , 2001). Para la determinación de la viabilidad, la semilla se disectó longitudinalmente, posteriormente se sumergió en una solución neutra de tetrazolio al 1% y se mantuvo a una temperatura de 25°C en oscuridad para evitar pruebas falsas positivas falsas debido a que la luz reduce la solución de tetrazolio ( Besnier Romero, 1989).



Las semillas que fueron colocadas para germinación se dividieron entre tres a seis réplicas por tratamiento, cada réplica estaba compuesta de 10 a 25 semillas colocadas en una caja petri, la cantidad de semillas colocadas en las cajas petri dependió del tamaño de la semilla y de la cantidad de semillas disponibles (Tabla 3). Las cajas petri se mantuvieron húmedas con papel filtro y 5 ml de agua destilada estéril, vigilando durante todo el ensayo que éste no se secase. Todas las semillas fueron colocadas en una germinadora a una temperatura constante de 25°C, fotoperíodo de 12 horas y humedad relativa del 50%. Se consideró la germinación de la semilla a partir de la aparición de la radícula (Fernández y Johnston, 1986), el registro de las semillas germinadas se realizó cada tercer día durante 42 días a partir de la primera germinación.

**Tabla 3.** Tamaño Promedio de las Semillas (TPS), Número de Semillas por Caja Petri (NSC) y Número de Repeticiones por Tratamiento (NRT).

Especie vegetal	Tratamiento	TPS (mm)	NSC	NRT
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Control	1.47±0.09	25	4
	<i>U. cinereoargenteus</i>		25	4
	<i>B. astutus</i>		25	4
<i>Citharexylum tetramerum</i>	Control	11.7±0.33	15	5
	<i>U. cinereoargenteus</i>		15	6
	<i>B. astutus</i>		10	3
<i>Ziziphus pedunculata</i>	Control	7.15±0.20	25	4
	<i>U. cinereoargenteus</i>		25	4
	<i>C. latrans</i>		25	4
<i>Pilosocereus chrysacanthus</i>	Control	2.05±0.03	25	4
	<i>U. cinereoargenteus</i>		25	4
<i>Stenocereus stellatus</i>	Control	2.02±0.02	25	4
	<i>U. cinereoargenteus</i>		25	4
<i>Prosopis laevigata</i>	Control	9±0.22	25	4
	<i>U. cinereoargenteus</i>		25	4

Al final de cada prueba de germinación se realizó un segundo análisis de viabilidad (Morales-Paredes *et al.*, 2015), para esto se tomaron las semillas no germinadas después de los 42 días de haber registrado la primera germinación y se determinó si el embrión estaba vivo o no, aplicando la misma prueba de tetrazolio descrita anteriormente.

### **3.6 Análisis de resultados**

#### *Presencia de semillas en la dieta de carnívoros*

Para determinar la frecuencia de consumo de las semillas en la dieta de los carnívoros se utilizó el Porcentaje de aparición (PA).

$$PA = fi / F \times 100$$

En donde *fi* es el número de veces que aparece una categoría alimenticia *i* y *F* es el número total de apariciones de todas las categorías alimenticias en todas las muestras de un determinado carnívoro, el cual se obtuvo sumando todos los *fi* (Martinez-Vázquez *et al.*, 2010).

#### *Viabilidad y germinación de semillas*

En el caso de los ensayos de germinación se cuantificó la proporción de semillas germinadas cada tres días en cada repetición, éste se transformó en porcentaje, con esto se obtuvo el promedio de germinación y se calculó el porcentaje acumulado de germinación durante 42 días.

Para cuantificar la velocidad de germinación o tasa de germinación ésta se calculó a partir de la fórmula:

$$V = \Sigma \frac{ni}{t}$$

Donde  $V$  es la velocidad de germinación,  $ni$  es el número de semillas germinadas de la especie  $i$  en el tiempo  $t$  y  $t$  corresponde al número de días transcurridos después de la primera germinación.

Para comparar los distintos tratamientos se utilizaron técnicas estadísticas de “distribución libre” porque al someter los datos a pruebas de normalidad éstos no las cumplieron. Los ensayos de germinación con dos tratamientos se analizaron mediante la prueba de  $U$  de Mann-Whitney, la cual consiste en comparar dos grupos independientes, en donde la hipótesis nula supondrá que el tratamiento  $A$  tendrá la misma distribución que el tratamiento  $B$ . Por otro lado, para los ensayos de germinación con más de dos tratamientos (cuando una especie vegetal fue consumida por más de una especie de carnívoro), se realizó una prueba mediante la técnica Kruskal Wallis, esta prueba es útil para decidir si  $k$  muestras independientes tienen la misma distribución. La prueba supone que la variable en estudio tiene una distribución continua, por lo que se requiere al menos de una variable ordinal (Siegel, 1988). Después de realizar la prueba de Kruskal Wallis se utilizó el análisis no paramétrico de multicomparaciones de Dunn para determinar el o los tratamientos que difieren del resto. Por último, al tener un solo porcentaje de viabilidad de las semillas que no germinaron por cada tratamiento, se utilizó la prueba  $\chi^2$  para comparar las

proporciones de viabilidad entre los distintos tratamientos (Zar, 1999). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software NCSS versión 12.0.9.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Semillas consumidas por carnívoros

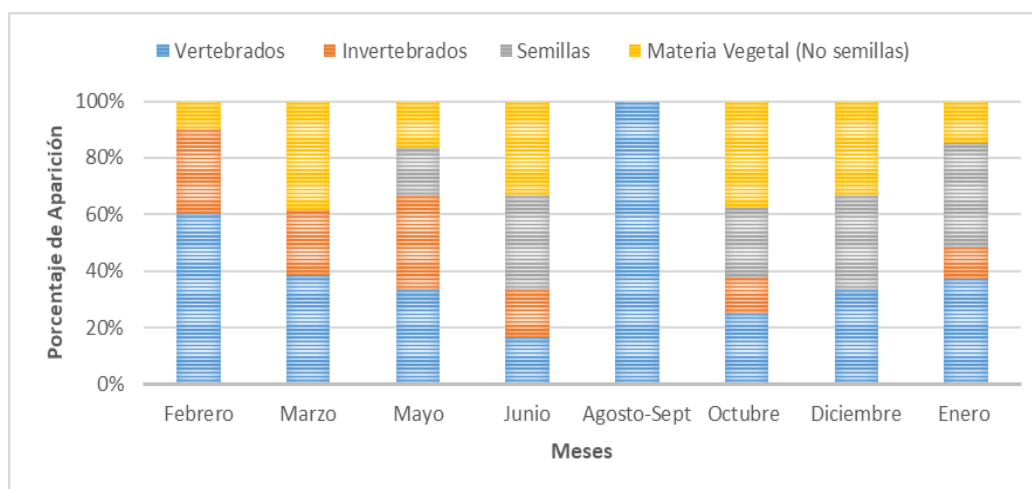
La colecta de excretas se realizó durante ocho salidas de campo, las cuales iniciaron en febrero del 2018 y finalizaron en enero del 2019. En total se colectaron 193 excretas de carnívoros (Tabla 4).

De las especies de carnívoros presentes en Santo Tomás Otlaltepec, se observó materia vegetal en las excretas de *Canis latrans* (coyote), *Bassariscus astutus* (cacomixtle) y *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris).

**Tabla 4.** Excretas colectadas durante un año de febrero 2018 a enero del 2019 de tres especies de carnívoros. El sombreado color gris claro representa la temporada de sequía y el color gris oscuro corresponde a la temporada de lluvias.

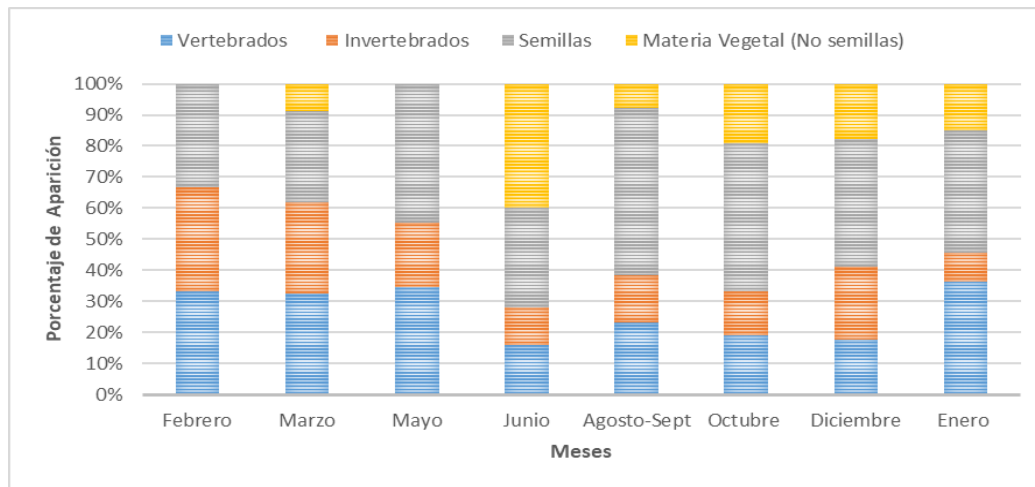
Salida	<i>Canis latrans</i>	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	<i>Bassariscus astutus</i>	Total
febrero	10	9	3	22
marzo-abril	8	17	7	32
mayo	3	22	5	30
junio-julio	2	10	5	17
septiembre	2	9	2	13
octubre	3	12	5	20
diciembre	2	9	7	18
enero	15	16	10	41
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>104</b>	<b>44</b>	<b>193</b>
<b>Secas</b>	<b>35</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>113</b>
<b>Lluvia</b>	<b>10</b>	<b>53</b>	<b>17</b>	<b>80</b>

La categoría de semillas fue la menos representativa en la dieta de *C. latrans*, el porcentaje de aparición mínimo de esta categoría alimenticia fue de 14.7% y el máximo de 35.7%, además de que hubo periodos en las que *C. latrans* no consumió semillas (Figura 5). Durante la sequía se identificaron semillas de los taxones *Ziziphus pedunculata* y de la familia Gramineae; mientras tanto, durante la temporada de lluvias se identificaron semillas de la especie *Prosopis laevigata* y *Citharexylum tetramerum* (tabla 5).



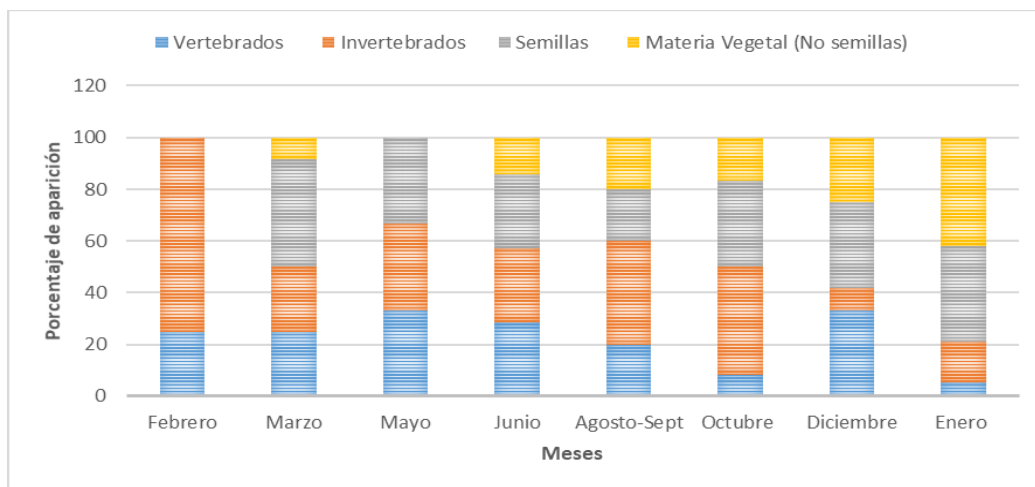
**Figura 5.** Porcentaje de aparición (PA) de cuatro componentes alimenticios en la dieta *Canis latrans*.

En el caso de *U. cinereoargenteus* las semillas representaron una parte importante en su dieta, durante la mayor parte del año las semillas superaron el 30% y alcanzaron hasta el 53% de aparición en la dieta (Figura 6). Este carnívoro consumió semillas que pertenecen a siete taxones vegetales: *Myrtillocactus geometrizans*, *Pilosocereus chrysacanthus*, *Stenocereus stellatus*, *Citharexylum tetramerum*, *Castela erecta*, *Prosopis laevigata* y *Ziziphus pedunculata* (Tabla 5).



**Figura 6.** Porcentaje de aparición (PA) de cuatro componentes de la dieta de *Urocyon cinereoargenteus*.

En la dieta de *B. astutus* el porcentaje de aparición de las semillas varió entre el 20-41% (Figura 7). En total se identificaron tres especies vegetales que fueron consumidas por éste mamífero: *Myrtillocactus geometrizans*, *Citharexylum tetramerum* y *Prosopis laevigata* (Tabla 5).

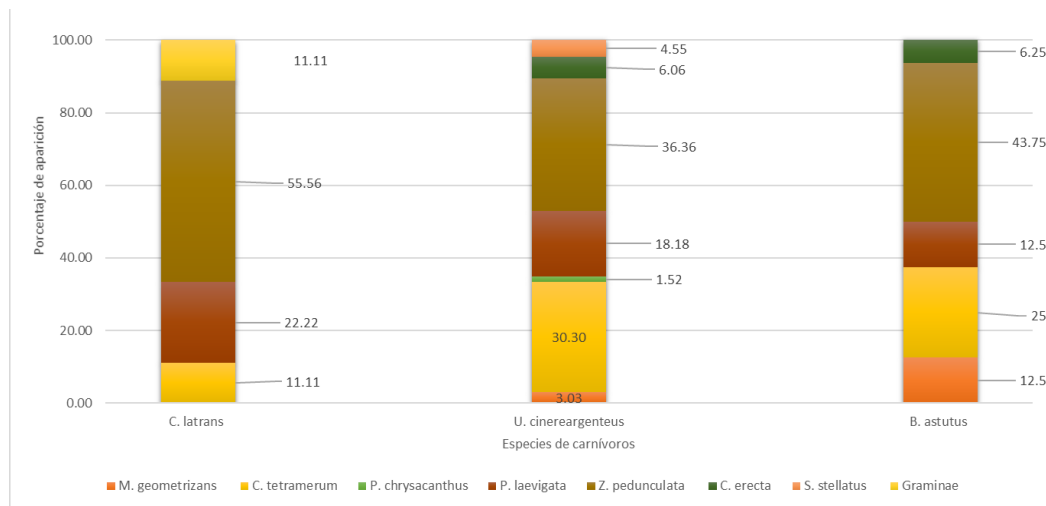


**Figura 7.** Porcentaje de aparición (PA) de cuatro componentes de la dieta *Bassariscus astutus*.

Otros carnívoros que fueron identificados en el área de estudio a partir de la presencia de excretas fueron zorrillos del género *Spilogale* y la especie *Conepatus leuconotus*. Sin embargo, estas especies no fueron consideradas en este estudio debido a que la composición de las excretas fue completamente de invertebrados sin la aparición de semillas.

Las semillas identificadas en las excretas de los carnívoros abarcan en total ocho diferentes taxones. Los carnívoros demostraron ser oportunistas porque consumieron los frutos que estaban disponibles en un determinado período de tiempo en el ambiente, esto se deduce a partir de que en todas las salidas de campo se encontraron la mayoría de los frutos maduros en las plantas (Tabla 5).

Las especies que tuvieron mayor presencia en la dieta de los carnívoros fue *Z. pedunculata*, seguido de *C. tetramerum* y *P. laevigata*. Las semillas que menor porcentaje de aparición tuvieron fueron de cactáceas como *M. geometrizzans*, *Stenocereus stellatus*, y *P. chrysacanthus*. Por ejemplo, esta última especie estuvo presente solamente en una excreta de *U. cinereargenteus* (Figura 8).



**Figura 8.** Porcentaje de aparición (PA) de los taxones vegetales presentes en excretas de *C. latrans*, *U. cinereargenteus* y *B. astutus*.

**Tabla 5.** Especies vegetales cuyas semillas se observaron en las excretas de carnívoros. El sombreado de color gris claro representa la temporada de sequía y el gris oscuro la temporada de lluvias. UC= *Urocyon cinereargenteus*, CL= *Canis latrans*, BA= *Bassariscus astutus*, C= semillas control y el asterístico delante de la abreviación significa que se encontraron menos de 30 semillas en las excretas o que no se identifico su control.

Espece	Febrero 2018	Marzo-abril	Mayo	Junio-julio	Septiembre	Octubre	Diciembre	Enero 2019
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>		UC, BA, C						
<i>Pilosocereus chrysacanthus</i>			UC, C					
<i>Stenocereus stellatus</i>					UC, C			
<i>Citaxylum tetramerum</i>			UC, BA*, CL*, C					
<i>Castela erecta</i>		UC, C						BA*
<i>Prosopis laevigata</i>				UC, BA*, CL, C				
<i>Ziziphus pedunculata</i>						UC, CL, BA, C	UC, CL, BA, C	CL, BA
Graminea	CL*	-	-	-	-	-	-	-



La dieta de *U. cinereoargenteus* presentó un mayor porcentaje de aparición de semillas y también una mayor cantidad de especies vegetales consumidas. Por el contrario, *C. latrans* fue el carnívoro que ingirió menor cantidad de semillas y solamente se identificaron tres taxones vegetales que fueron consumidas por este carnívoro.

Para la mayoría de las especies vegetales consumidas se colectaron (no se incluyen las semillas de gramíneas) semillas de las excretas y de frutos en evidente estado de madurez. Se contaron más de 150 semillas provenientes de excretas y frutos para las especies *M. geometrizzans*, *P. chrysacanthus* y *Stenocereus stellatus*. Para *C. tetramerum* se contaron 130 semillas presentes en excretas de *U. cinereoargenteus* y *B. astutus*, así como 81 semillas colectadas directamente de las plantas. La cantidad de semillas de *P. laevigata* en las excretas fue de 152 semillas y 130 semillas control. En el caso de *Z. pedunculata* se contaron 196 semillas provenientes de dos especies de carnívoros (*U. cinereoargenteus* y *C. latrans*) y 120 semillas control. Por último, las semillas de *C. erecta* y Gramínea fueron las menos consumidas, se contaron menos de 30 semillas para cada una de éstas especies vegetales (Tabla 6).

**Tabla 6.** Cantidad de semillas colectadas por especie vegetal. El numerador corresponde a las semillas colectadas de las distintas excretas de carnívoros y denominador es la cantidad de semillas colectadas para el grupo control.

Meses	<i>Myrtillocactus geometrizzans</i>	<i>Pilosocereus chrysacanthus</i>	<i>Stenocereus stellatus</i>	<i>Citharexylum tetramerum</i>	<i>Castela erecta</i>	<i>Prosopis laevigata</i>	Manzanita	Gramínea
Febrero	-	-	-	-	-	-	-	30/0
Marzo-abril	+150/+150	-	-	-	20/30	-	-	-
Mayo	-	+150/+150	-	130/81	-	-	-	-
Junio-julio	-	-	-	-	-	152/130	-	-
Septiembre	-	-	+150/+150	-	-	-	-	-
Octubre	-	-	-	-	-	-	181/50	-
Diciembre	-	-	-	-	-	-	115/67	-
Enero	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>+150/+150</b>	<b>+150/+150</b>	<b>+150/+150</b>	<b>128/81</b>	<b>20/30</b>	<b>152/130</b>	<b>296/120</b>	<b>30/0</b>

#### 4.2 Porcentajes de Viabilidad

Con respecto a los porcentajes de viabilidad, en la mayoría de los tratamientos, tanto en semillas provenientes de excretas como de frutos resultaron superiores al 50%, indicando que los porcentajes de germinación esperados deberían estar alrededor del 50% de germinación. Estos porcentajes fueron similares en la mayoría de las especies y en los ensayos de germinación a excepción de las semillas de *M. geometrizzans* en donde las semillas control tuvieron un porcentaje de viabilidad superior al de las excretas. En esta especie el porcentaje de viabilidad de las semillas control fue de 55.3% y el porcentaje de viabilidad de las semillas extraídas de *U. cinereargenteus* fue equivalente al 15% y las de *B. astutus* fue del 35 %. Sin embargo, ocurrió lo contrario en *P. laevigata*, el porcentaje de viabilidad de las semillas control fue de 15% y de las que fueron extraídas de las excretas fue del 80% (Tabla 7).

**Tabla 7.** Cantidad total de semillas puestas a germinar (n) y el porcentaje de viabilidad cuyo 100% corresponde al 20% de las semillas a germinar. El guión representa las semillas que no fueron encontradas en una determinada especie de carnívoro o que la cantidad de semillas fue inferior o igual 30 semillas y por lo tanto no se le realizaron ensayos de germinación de esa especie.

Procedencia	Control		<i>Urocyon cinereargenteus</i>		<i>Bassariscus astutus</i>		<i>Canis latrans</i>	
	n (semillas a germinar)	Viabilidad (20%)	n (semillas a germinar)	Viabilidad (20%)	n (semillas a germinar)	Viabilidad (20%)	n (semillas a germinar)	Viabilidad (20%)
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	100	55.3	100	15	100	35	-	-
<i>Citharexylum tetramerum</i>	75	93.75	90	94.4	30	91.6	-	-
<i>Pilosocereus chrysacanthus</i>	100	50	100	55.3	-	-	-	-
<i>Prosopis laevigata</i>	100	15	100	80	-	-	-	-
<i>Stenocereus stellatus</i>	100	95	100	85.00	-	-	-	-
<i>Ziziphus pedunculata</i>	100	90%	100	85	-	-	100	95

### 4.3 Ensayos de germinación

La germinación de las primeras semillas de *M. geometrizans* consumidas por *U. cinereoargenteus* y *B. astutus* ocurrió 30 días después de que fueron sembradas. Sin embargo, los porcentajes de germinación de ambas curvas se comportaron de forma diferente, las semillas ingeridas por *B. astutus* alcanzaron un porcentaje final de germinación del 23% y; en el caso contrario, el porcentaje de germinación de las semillas consumidas por *U. cinereoargenteus* fue del 6 % debido a que después del décimo día de haber iniciado la germinación ya no ocurrieron nuevos registros de semillas germinadas. Al comparar los porcentajes de germinación de las semillas consumidas por carnívoros y compararlas con el grupo control solamente se identificaron diferencias importantes con las semillas defecadas por *B. astutus*

( $H=18.862$ ,  $P = 0.00008$ ). En la velocidad de germinación, las semillas defecadas por *B. astutus* incrementaron significativamente la tasa de germinación en comparación con el control y las semillas excretadas por *U. cinereargenteus* ( $H = 28.5307$ ,  $P < 0.0001$ ) (Figura 9; Tabla 8 y 9).

Las primeras semillas germinadas de *C. tetramerum* control se registraron a los 32 días después de que fueron sembradas, el porcentaje de germinación de este grupo de semillas aumentó constantemente, siendo éste, la mayor parte del tiempo, superior a los porcentajes de germinación de las semillas ingeridas por carnívoros (*U. cinereargenteus* y *B. astutus*). Las semillas consumidas por estos mamíferos tardaron más tiempo en germinar que las semillas control, germinaron 20 días después del inicio de germinación de los controles. El porcentaje final de germinación del grupo control fue superior al de las semillas de excretas, siendo este porcentaje del 41%. En el caso de las semillas defecadas por carnívoros, para *U. cinereoargenteus* fue del 18.9% y para las defecadas por *B. astutus* fue del 37%; al comparar los tres tratamientos se observa que existen diferencias ( $H = 20.3845$ ,  $P = 0.00004$ ). En la velocidad de germinación, también se detectaron diferencias entre los tratamientos de germinación ( $H = 44.6099$ ,  $P < 0.0001$ ), debido a que la tasa de germinación del grupo control fue mayor en comparación con las tasas de germinación de las semillas ingeridas por las dos especies de carnívoros (Figura 10; Tabla 8 y 9).

Las primeras semillas germinadas de *P.chrysacanthus* digeridas por *U. cinereargenteus* se registraron después de los 30 días que fueron sembradas, durante los primeros nueve días después del inicio de la germinación el porcentaje de semillas

germinadas fue incrementando considerablemente hasta alcanzar el 21% de la muestra, después del día 30 el porcentaje de germinación se mantuvo constante. En contraste, las semillas control germinaron hasta 60 días después de haber iniciado el estudio, para el día cuarenta del ensayo únicamente germinó el 2% del grupo control. Al comparar los porcentajes de germinación de ambos tratamientos se identificó que ocurrió un incremento significativo en el porcentaje de germinación de las semillas digeridas por *U. cinereargenteus* y las control ( $U = 238$ ,  $P < 0.00001$ ). También al comparar la velocidad de germinación de los dos tratamientos se encontraron diferencias significativas entre estos ( $U = 308.5$ ,  $P < 0.00001$ ), siendo que las semillas digeridas acrecentaron la tasa de germinación (Figura 11; Tabla 10).

Las semillas de *P. laevigata* consumidas por *U. cinereargenteus* germinaron cerca de los cuatro días después de la siembra, el porcentaje de germinación aumentó hasta el día 18, en donde germinó el 10% de la muestra, posterior a ese día la proporción de semillas germinadas se mantuvo constante. En contraste, las semillas control iniciaron su germinación doce días después de que germinaron las semillas de las excretas, en el día 25 de la germinación el porcentaje llegó al 7 % de la muestra y éste no incrementó en días posteriores. Al comparar los porcentajes de germinación de ambos tratamientos se encontraron diferencias ( $U = 907$ ,  $P < 0.0001$ ). Al igual que al comparar las tasas de germinación entre los tratamientos ( $U = 672.5$ ,  $P < 0.0001$ ) (Figura 12; Tabla 10).

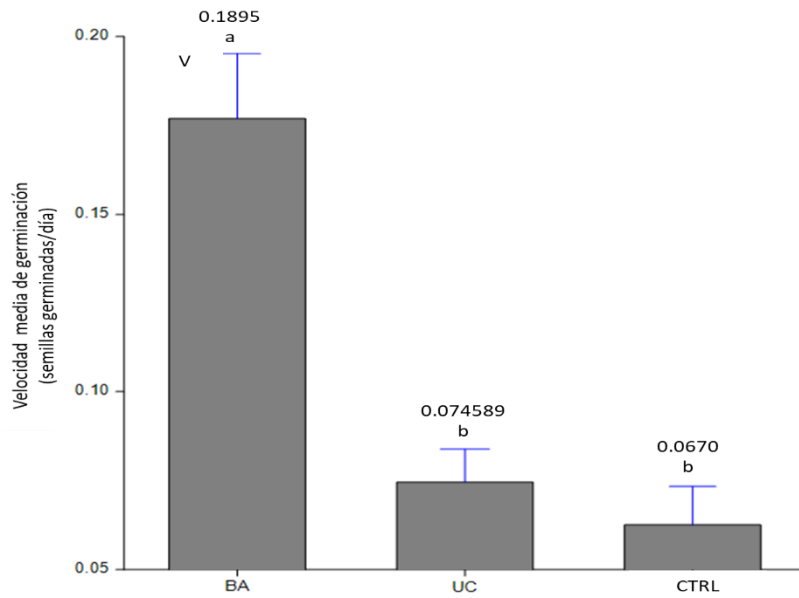
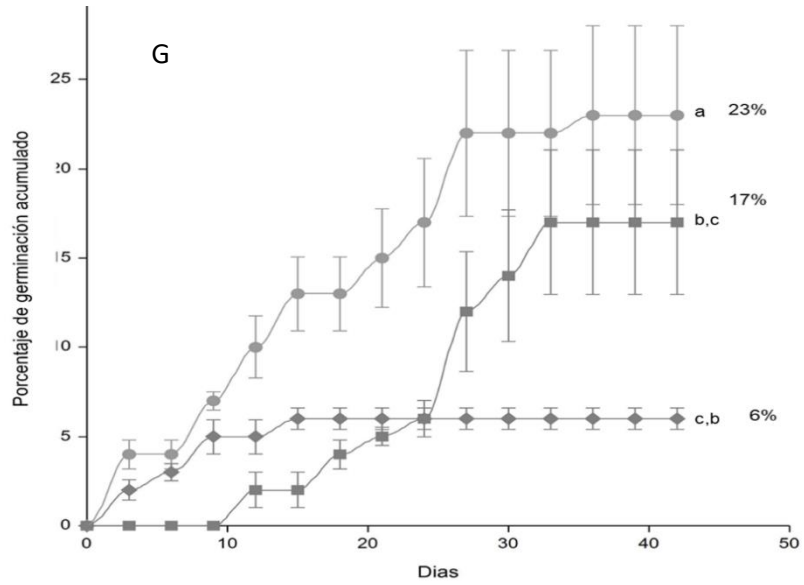
Las semillas de *Z. pedunculata* consumidas por *C. latrans* germinaron ocho días después de la siembra, estas semillas mantuvieron una germinación constante durante

todo el ensayo hasta alcanzar el 22% de la muestra. En comparación, las semillas ingeridas por *U. cinereoargenteus* iniciaron el proceso de germinación 18 días después de que empezaron a germinar las semillas excretadas por *C. latrans* y el porcentaje final de germinación de estas semillas fue del 7% de la muestra. Sin embargo, las semillas control no germinaron durante todo el ensayo. Al comparar los porcentajes de germinación de los tratamientos de *C. latrans*, *U. cinereoargenteus* y el control se identificaron diferencias considerables entre éstos ( $H = 60.1948$ ,  $P < 0.0001$ ). Por otro lado, durante todo el periodo de germinación, la velocidad de germinación de las semillas defecadas por *C. latrans* y *U. cinereoargenteus* aumentó considerablemente en comparación con las semillas control ( $H = 62.6094$ ,  $P < 0.0001$ ) (Figura 13; Tabla 8 y 9).

Las semillas de *Stenocereus stellatus*, control y de *U. cinereoargenteus*, germinaron después de los ocho días de que fueron sembradas, la proporción de semillas germinadas, en ambos tratamientos, fue incrementando constantemente hasta alcanzar el 66% de la muestra del grupo control y 76% de la muestra de las semillas defecadas. Al comparar los porcentajes de germinación de ambos tratamientos no se identificaron diferencias significativas entre las semillas control y las defecadas ( $U = 1550.5$ ,  $P = 0.1893$ ). Pero, en el caso de la tasa de germinación las semillas ingeridas iniciaron la germinación con una velocidad mayor a las semillas del grupo control y estas fueron estadísticamente diferentes ( $U = 1340$ ,  $P = 0.0157$ ) (Figura 14, Tabla 10).

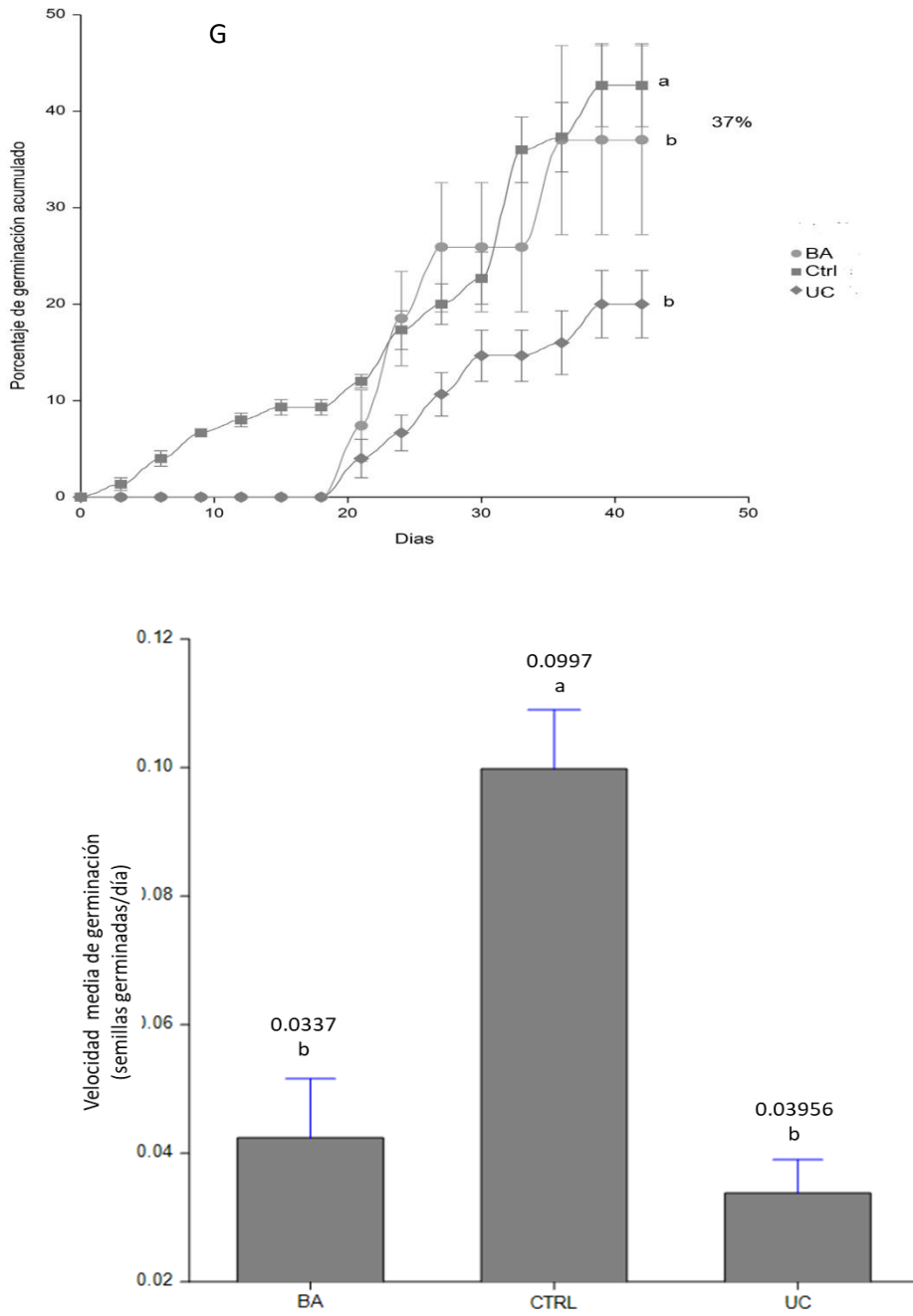
#### **4.4 Porcentaje de viabilidad de las semillas no germinadas.**

Al comparar los porcentajes de viabilidad de las semillas no germinadas, se encontraron diferencias significativas entre las semillas de *M. geometrizans* ingeridas por *U. cinereargenteus* y el grupo control ( $\chi^2 = 8.979$ ,  $P = 0.0027$ ). Por último, se observaron diferencias entre el porcentaje de viabilidad de las semillas de *S. stellatus* control y las ingeridas por *U. cinereargenteus* ( $\chi^2 = 6.3700$ ,  $P = 0.0116$ ). En el resto de los tratamientos no se identificaron diferencias importantes en los porcentajes de viabilidad (Tabla 10).

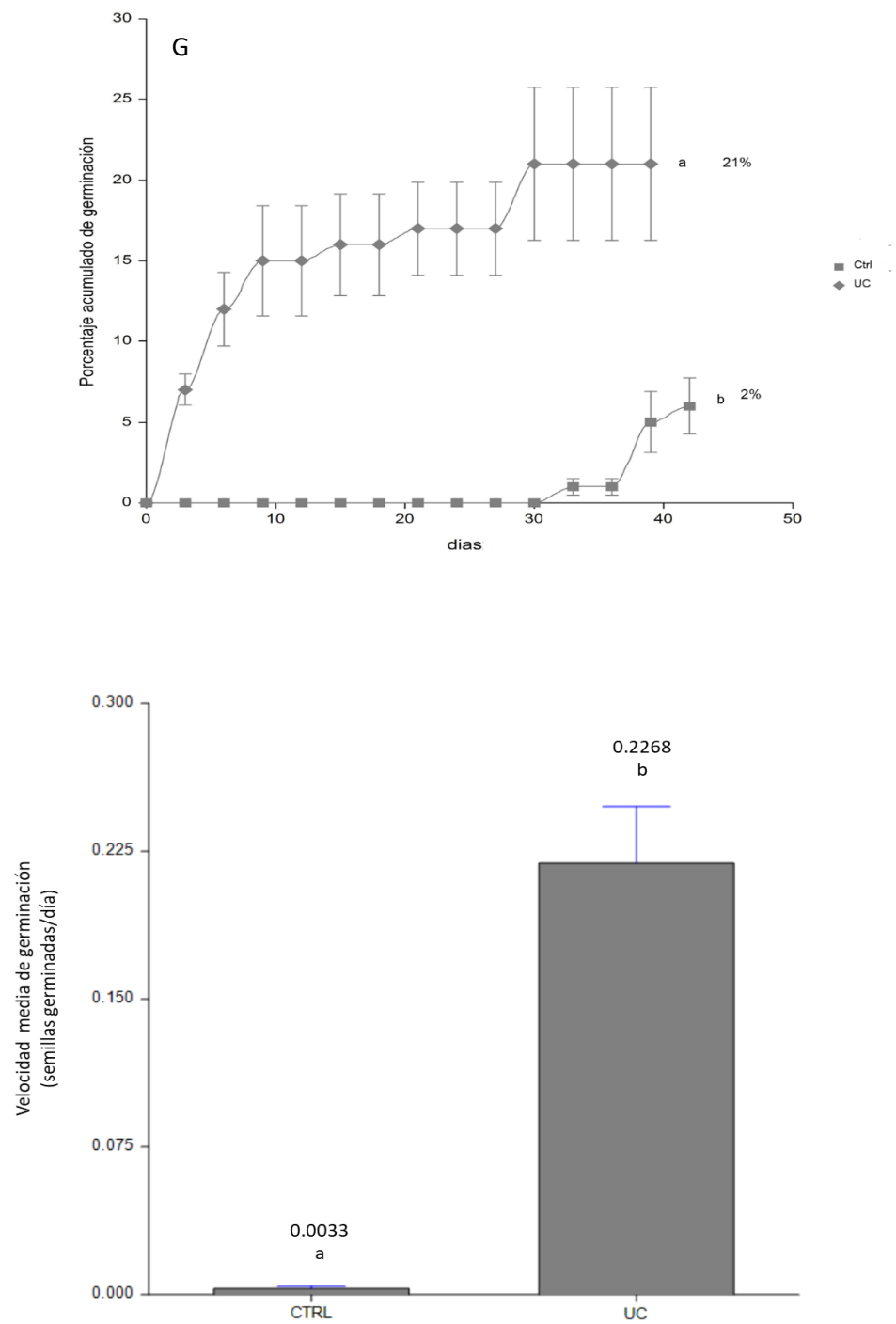


**Figura 9.** Porcentaje de germinación acumulada (G) y Velocidad de germinación (V) de *M. geometrizans* para cada tratamiento *B. astutus* (BA), *U. cinereargenteus* (UC), control (Ctrl). Las letras minúsculas diferentes refieren a que son tratamientos con diferencias significativas. Las barras representan el error estándar.

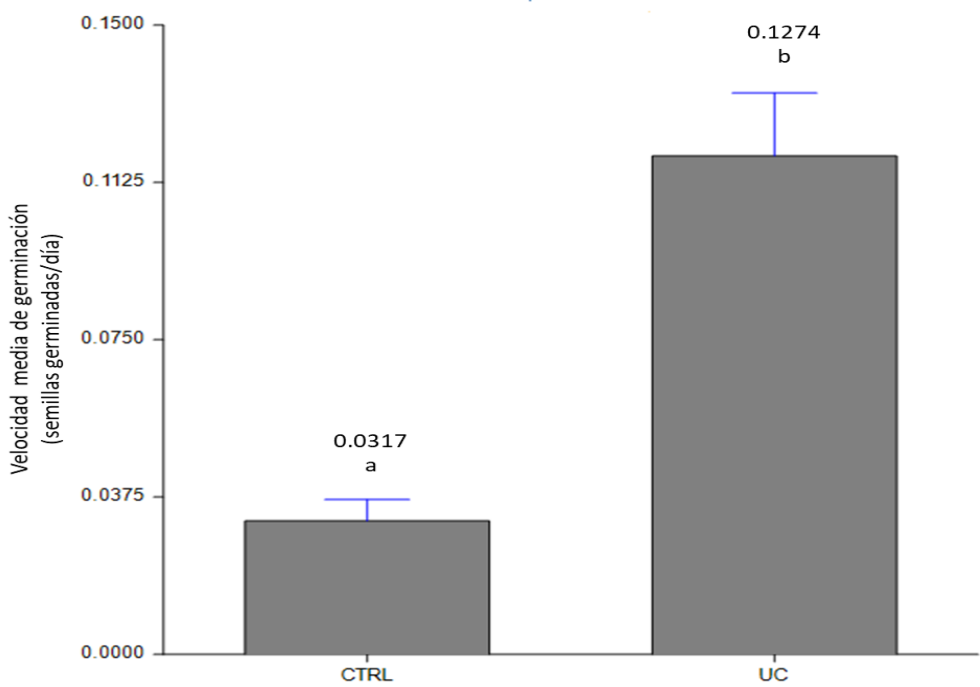
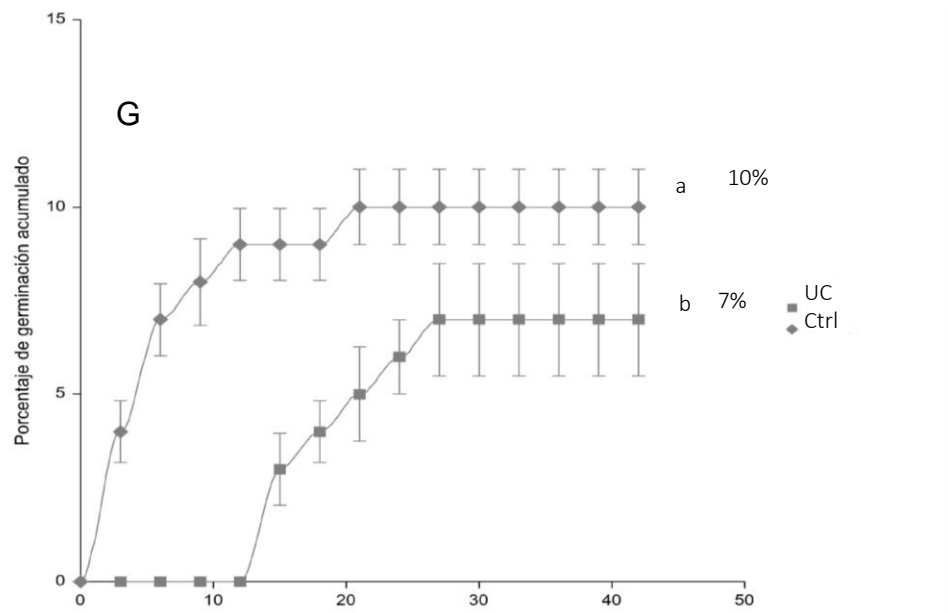




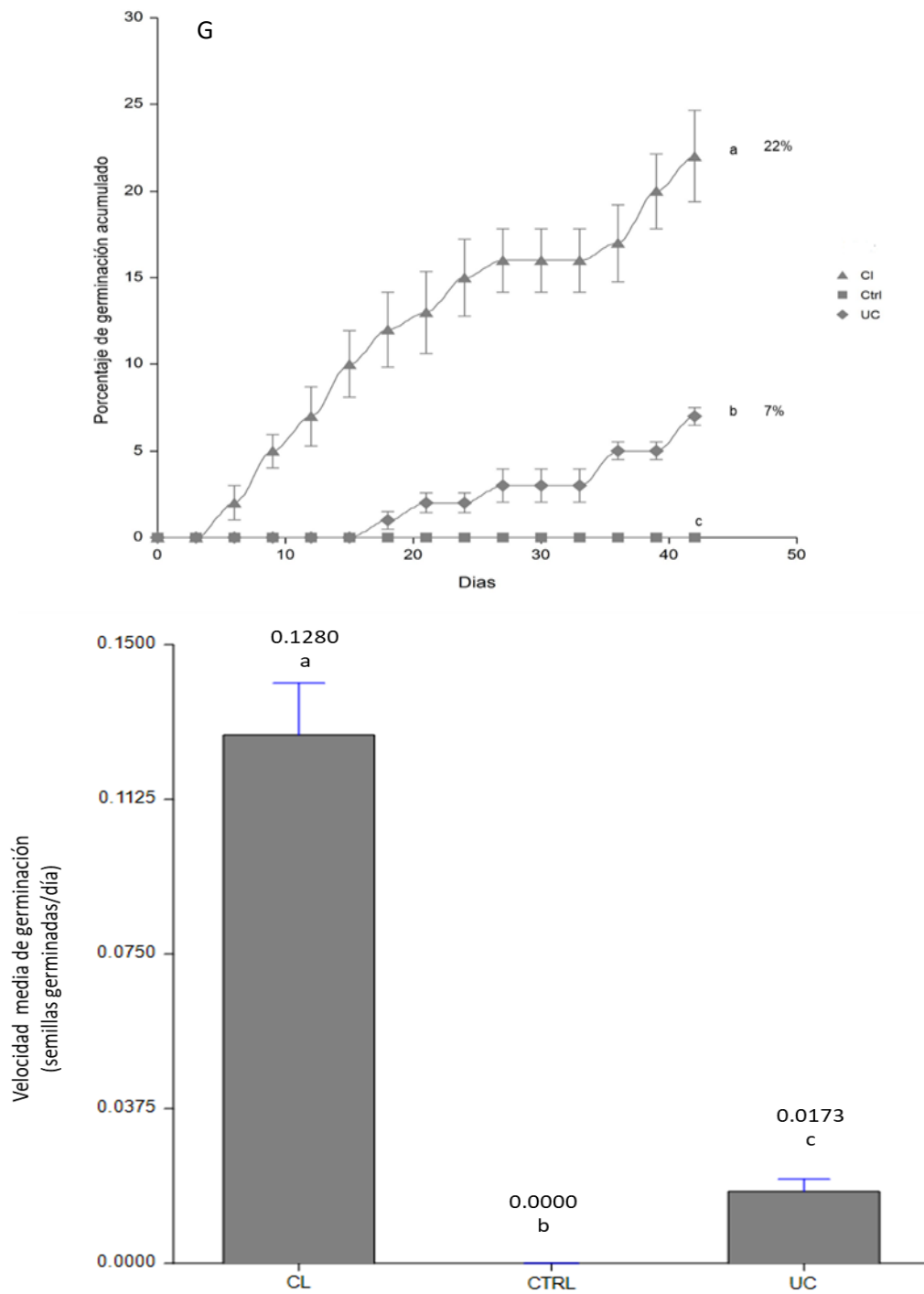
**Figura 10.** Porcentaje de germinación acumulada (G) y Velocidad de germinación (V) de *C. tetramerum* para cada tratamiento. *B. astutus* (BA), *U. cinereargenteus* (UC), control (Ctrl). Las letras minúsculas diferentes refieren a que son tratamientos con diferencias significativas. Las barras representan el error estándar.



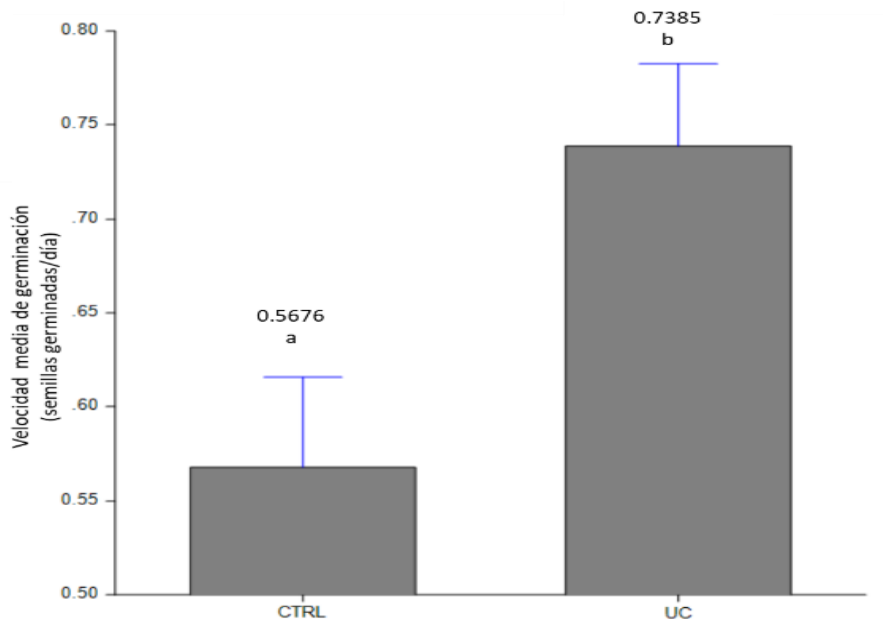
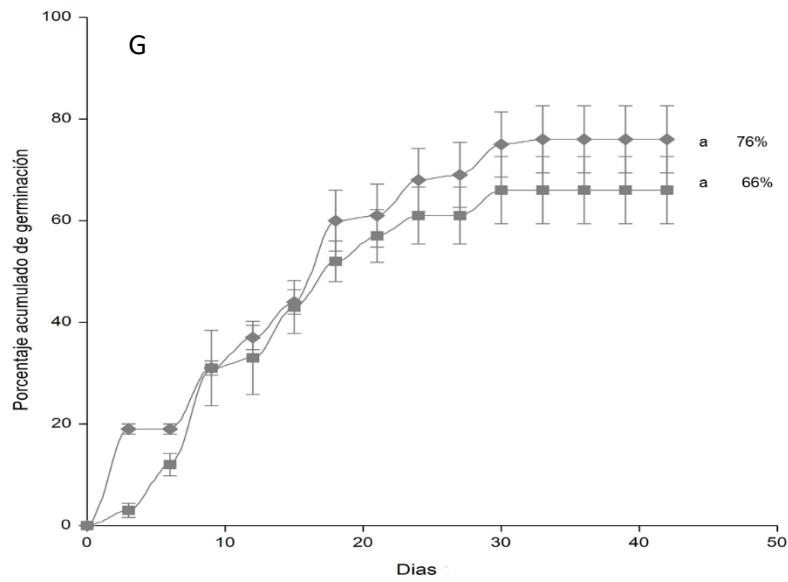
**Figura 11.** Porcentaje de germinación acumulada (G) y Velocidad de germinación (V) de *P. chrysacanthus* para cada tratamiento *U. cinereargenteus* (UC) y control (Ctrl). Las letras minúsculas diferentes refieren a que son tratamientos con diferencias significativas. Las barras representan el error estándar.



**Figura 12** Porcentaje de germinación acumulada (G) y Velocidad de germinación (V) de *P. laevigata* para cada tratamiento *U. cinereargenteus* (UC) y control (Ctrl). Las letras minúsculas diferentes refieren a que son tratamientos con diferencias significativas. Las barras representan el error estándar.



**Figura 13.** Porcentaje de germinación acumulada (G) y Velocidad de germinación (V) de *Z. pedunculata* para cada tratamiento. *C. latrans* (CL), *U. cinereargenteus* (UC) y control (CTRL). Las letras minúsculas diferentes refieren a que son tratamientos con diferencias significativas. Las barras representan error estándar.



**Figura 14.** Porcentaje de germinación acumulada (G) y Velocidad de germinación (V) de *Stenocereus stellatus*. para cada tratamiento *U. cinereargenteus* (UC) y control (Ctrl). Las letras minúsculas diferentes refieren a que son tratamientos con diferencias significativas. Las barras representan el error estándar.

**Tabla 8.** Estadísticos generados a partir de los análisis de Kruskal Wallis. TX (Tratamiento), CTRL (Control), UC (*U. cinereoargenteus*), BA (*B. astutus*) y CL (*C. latrans*).

Espece vegetal	Tratamiento	Mediana	H	Probabilidad
Porcentaje de germinación				
<i>M. geometrizans</i>	Control	4	18.862	0.00008
	<i>U. cinereoargenteus</i>	4		
	<i>B. astutus</i>	8		
<i>C. tetramerum</i>	Control	13.33	20.3845	0.00004
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0		
	<i>B. astutus</i>	0		
<i>Z. pedunculata</i>	Control	0	60.1948	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0		
	<i>C. latrans</i>	12		
Velocidad de germinación				
<i>M. geometrizans</i>	Control	0.2381	28.5307	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0.25		
	<i>B. astutus</i>	0.7142		
<i>C. tetramerum</i>	Control	0.09523	44.6099	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0		
	<i>B. astutus</i>	0		
<i>Z. pedunculata</i>	Control	0	62.6094	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0.0833		
	<i>C. latrans</i>	0.533		

**Tabla 9.** Comparacione múltiples de Kruskal-Wallis(Prueba de Dunn) valores de Z. Las medianas son significativamente diferentes sí Z es mayor a 1.9600. Ctrl (Control), UC (*U. cinereoargenteus*), BA (*B. astutus*) y CL (*C. latrans*).

Porcentaje de germinación				Velocidad de germinación			
<i>M. geometrizans</i>	Ctrl	UC	BA	<i>M. geometrizans</i>	Ctrl	UC	BA
Ctrl	0	1.0517	<b>4.2886</b>	Ctrl	0	1.6219	<b>5.2435</b>
UC	-	0	<b>3.2942</b>	UC	-	0	<b>3.6216</b>
BA	-	-	0	BA	-	-	0
<i>C. tetramerum</i>	Ctrl	UC	BA	<i>C. tetramerum</i>	Ctrl	UC	BA
Ctrl	0	<b>4.623</b>	<b>3.2073</b>	Ctrl	0	<b>6.225</b>	<b>4.9559</b>
UC	-	0	0.6696	UC	-	0	0.2102
BA	-	-	0	BA	-	-	0
<i>Z. pedunculata</i>	Ctrl	UC	CL	<i>Z. pedunculata</i>	Ctrl	UC	CL
Ctrl	0	<b>3.3298</b>	<b>8.8651</b>	Ctrl	0	<b>3.2259</b>	<b>9.0223</b>
UC	-	0	<b>5.5352</b>	UC	-	0	<b>5.7726</b>
CL	-	-	0	CL	-	-	0

**Tabla 10 .** Estadísticos generados a partir de los análisis U de Mann-Whitney.TX (Tratamiento), CTRL (Control), UC (*U. cinereoargenteus*), BA (*B. astutus*) y CL (*C. latrans*).

Especie vegetal	Tratamiento	Mediana	U	Z	Probabilidad
Porcentaje de germinación					
<i>P.chrysacanthus</i>	Control	0	238	-8.6014	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	17			
<i>P. laevigata</i>	Control	4	907	-4.8977	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	12			
<i>Stenocereus stellatus</i>	Control	28	1550.5	-1.3124	0.18938
	<i>U. cinereoargenteus</i>	36			
Velocidad de germinación					
<i>P.chrysacanthus</i>	Control	0	308.5	-8.465	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0.13075			
<i>P. laevigata</i>	Control	0.0238	672.5	-4.1952	<0.0001
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0.0954			
<i>Stenocereus stellatus</i>	Control	0.5394	1340	-2.4163	0.0157
	<i>U. cinereoargenteus</i>	0.6667			

**Tabla 11.** Comparación de los porcentajes de viabilidad de las semillas que no germinaron después de los 45 días que duraron los ensayos de germinación. CTRL (Control), UC (*U. cinereoargenteus*), BA (*B. astutus*) y CL (*C. latrans*).

Especie vegetal	Comparación (p1 VS p2)	p1	p2	Estadístico $\chi^2$	Probabilidad
<i>M. geometrizzans</i>	ctrl VS uc	54.22 (45/83)	31.91 (30/94)	8.979	<b>0.0027</b>
	ctrl VS ba	54.22 (45/83)	44.16(34/77)	1.1618	0.2034
	ba VS uc	54.22 (45/83)	33.3 (30/94)	7.668	<b>0.0056</b>
<i>C. tetramerum</i>	ctrl VS uc	60.47(26/44)	45.21 (33/73)	2.117	0.1456
<i>P. chrysacanthus</i>	ctrl VS uc	81.63(80/18)	74.68(59/79)	1.253	0.263
<i>P. laevigata</i>	ctrl VS uc	13.98 (13/93)	15.56(14/90)	0.09	0.7636
<i>Z. pedunculata</i>	ctrl VS cl	90 (90/100)	92.31 (72/78)	0.285	0.5933
	ctrl VS uc	90 (90/100)	82 (77/93)	2.146	0.143
	uc VS cl	82 (77/93)	92.31 (72/78)	3.424	0.0643
<i>S. stellatus</i>	ctrl VS uc	75 (24/32)	40 (8/20)	6.37	0.0116

En la tabla 12 se resumen los diferentes resultados obtenidos para cada una de las seis especies vegetales que fueron consumidas por especies del orden Carnivora y que se consideraron para los ensayos de germinación.

**Tabla 12.** Resumen gráfico de los resultados obtenidos de los ensayos de germinación en el porcentaje de germinación, velocidad de germinación y porcentaje de viabilidad de las especies vegetales que se consideraron para los ensayos de germinación. Aumentó la germinación (+), afectó la germinación (-) y no se encontraron diferencias entre los tratamientos (0).

Especie	<i>C. latrans</i>			<i>U. cinereargenteus</i>			<i>B. astutus</i>		
	Porcentaje de germinación	Velocidad de germinación	Porcentaje de viabilidad	Porcentaje de germinación	Velocidad de germinación	Porcentaje de viabilidad	Porcentaje de germinación	Velocidad de germinación	Porcentaje de viabilidad
<i>M. geometrizans</i>				-	-	-	+	+	0
<i>C. tetramerum</i>				-	-	0	-	-	0
<i>P. chrysacanthus</i>				+	+	0			
<i>P. laevigata</i>				+	+	0			
<i>S. stetalatus</i>				0	+	0			
<i>Z. pedunculata</i>	+	+	0	+	+	0			



## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Semillas consumidas por carnívoros

En años anteriores al 2018, en el área de estudio, se realizaron colectas de excretas para determinar lo que los carnívoros ingerían. Se describieron 12 morfoespecies distintas de semillas en 330 excretas colectadas (Lopez-Ramos, 2018). Sin embargo, en las colectas realizadas a partir de febrero 2018 hasta enero 2019, la cantidad de excretas colectadas fue menor que en años anteriores; adicionalmente, de las 12 morfoespecies mencionadas por López-Ramos (2018) solamente se lograron determinar los taxones de ocho tipos de semillas, *M. geometrizans*, *C. tetramerum*, *P. cysacanthus*, *P. laevigata*, *Z. pedunculata*, *C. erecta*, *Stenocereus stellatus*. y Graminae.

En general, las tres especies de carnívoros se comportaron como generalistas y llegaron a consumir semillas, aunque no la misma cantidad, *U. cinereargenteus* fue el carnívoro que consumió una mayor cantidad de especies vegetales y de semillas durante todo el año que se realizó el muestreo.

Las semillas de *M. geometrizans*, *P. laevigata*, *C. tortuosa*, *Z. pedunculata* y *S. stellatus* encontradas en excretas de los carnívoros de Santo Tomas Otlaltepec coincide con lo reportado para excretas colectadas en el Valle de Zapotitlán de las Salinas en Puebla, aunque en este trabajo no aclaran a que especies de carnívoros pertenecen las excretas (Zarco-Mendoza *et al.*, 2018).

En las excretas de *C. latrans* colectadas para este trabajo, la categoría de semillas fue representada por *Z. pedunculata*, *P. laevigata*, *C. tetramerum* y de la familia Graminea, adicionalmente, las semillas del género *Prosopis sp.* y de la familia Graminae también se han reportado en las heces este animal para otras zonas semiáridas del país (Grajales-Tam González-Romero , 2013).

La alimentación de *U. cinereargenteus* se caracterizó por tener un alto contenido de semillas, categoría que muchas veces fue el componente principal en la dieta de esta especie de zorra (Hockman y Chapman , 1983). En la presente investigación, se observaron en total siete taxones vegetales consumidos por este carnívoro y de estos siete taxones, los géneros *Castela sp.*, *Stenocereus sp.* y *Prosopis sp.* han sido reportados en excretas colectadas en Baja California Sur (Pártida-Pérez, 2010).

En las excretas de *B. astutus* colectadas en Santo Tomás Otlaltepec se registraron semillas de *P. laevigata* y *M. geometrizzans*, el registro de estas especies coincide con lo reportado en excretas de *B. astutus* colectadas en un matorral xerófilo del estado de Hidalgo (Nava *et al.*, 1999). Los elementos de origen vegetal son una categoría importante en la dieta de *B. astutus* (Castellanos Morales *et al.*, S.F. ).

La omnivoría en los carnívoros y el consumo de materia vegetal se explica a partir de la estructura de la mandíbula y de la forma de los dientes carnasiales (el primer molar inferior y el último premolar superior). La función de estos dientes es cortar el tejido animal; por ello, el último premolar superior de los carnívoros se asemeja a una cuchilla estrecha, mientras que el primer molar inferior tiene tres

cuspides alargadas, de tal manera que cuando se cierran asemejan el corte de una tijera. Sin embargo, esto cambia en ciertas especies de carnívoros que tienen comportamientos omnívoros; por ejemplo, la dieta de *Procyon lotor* (mapache) se caracteriza por ser variada e incluir elementos de invertebrados y frutos, esta gran variedad de alimentos se refleja en la morfología de los dientes carnasiales, el premolar superior tiene un contorno cuadrado en donde ya no se observa la forma de cuchilla alargada y el molar inferior tienen una forma cuadrada y con mayor volumen, lo que permite una molienda efectiva del alimento (Van Valkenburgh, 2007).

## **5.2 Germinación y viabilidad**

En general, los porcentajes de germinación de *M. geometrizans* obtenidos de semillas provenientes de los frutos y excretas fueron bajos en comparación con otros estudios en los que se indica que las semillas superan el 50% de germinación de la muestra (Pérez-Villafaña y Valiente-Banuet, 2009); y que, el porcentaje de germinación es mayor en las semillas de las excretas en comparación con aquellas provenientes de los frutos (Zarco-Mendoza *et al*, 2018).

Las diferencias que se encontraron en la germinación de las semillas de *M. geometrizans* consumidas por *B. astutus* en comparación con las semillas defecadas por *Urocyon cinereargenteus* se puede explicar a partir del comportamiento de cada dispersor. Generalmente, *B. astutus* es un animal con hábitos terrestres pero también arborícolas. De esta manera, se ha reportado que este carnívoro escala cactáceas, esquivando las espinas de éstas, para poder consumir sus frutos (Chevalier, 2005). A diferencia de *B. astutus*, *U. cinereargenteus* es un animal con hábitos terrestres, por

ello, probablemente los frutos consumidos por esta especie animal fueron los que se encontraban en el suelo, lo cuál pudo haber afectado la viabilidad de las semillas porque éstas tienen un mayor riesgo de ser atacadas por patógenos (Gold et al., 2004). Este proyecto no tiene un diseño que permita probar este efecto, sin embargo, sería interesante continuar esta línea de investigación.

El decremento en la germinación de las semillas de *C. tetramerum* ingeridas por carnívoros no ha sido reportado en otras investigaciones. Aunque, en otras especies de *Citharexylum*, se ha identificado que las semillas requieren de una escarificación mecánica para incrementar los porcentajes de germinación (Pérez-Suárez, 2011), no obstante, este aumento no ocurrió con la posible escarificación ofrecida por los carnívoros.

El tamaño de las semillas puede ser un factor que afecte a la viabilidad de éstas cuando son ingeridas por algún carnívoro, en esta investigación las semillas de *C. tetramerum* fueron las semillas que mayor tamaño tenían en comparación con el resto de las especies vegetales consumidas por carnívoros; algunas de las semillas de *C. tetramerum* presentaban ropturas en la testa, aunque no se cuantificó el porcentaje de semillas que presentaban estas características. En un estudio similar realizado en Xalapa, Veracruz, también se ha observado una tendencia de que a mayor tamaño de la semilla mayor es el grado de daño (Rodríguez-Matla com. Pers).

En este trabajo, *U. cinereargenteus* no alteró la viabilidad de las semillas de *Pilosocereus chrysacanthus* y mejoró el porcentaje y velocidad de germinación. Para esta especie de cactácea no existen registros previos a esta investigación de la

presencia de semillas de esta cactácea en excretas de *U. cinereargenteus*. Sin embargo, para algunas especies de *Pilosocereus sp.* se ha considerado que las aves son sus dispersores potenciales debido a que estos animales tienen altas tasas de consumo de los frutos (Wendelken y Martin, 1987). También, en esta ocasión debido a la altura que llegan a tener estas plantas y la altura a la que se encuentran sus frutos probablemente *U. cinereargenteus* interactuó como un dispersor secundario.

Las diferencias encontradas en esta investigación en la germinación de *P. laevigata* consumidas por carnívoros y el control no concuerda con lo reportado para las semillas colectadas en Zapotitlán, en donde, no se observaron diferencias significativas en los porcentajes de germinación de las semillas consumidas por carnívoros y el control (Zarco-Mendoza *et al.*, 2018). El aumento en la velocidad de germinación registrado en este trabajo también difiere con lo reportado para la germinación de semillas de *P. alba* ingeridas por zorros culpeos, ya que en esa investigación no se detectaron diferencias (Maldonado *et al.*, 2018). La similitud o diferencia en la velocidad de germinación, entre las semillas control y las de excretas, se debe al tiempo de retención que tuvieron las semillas en el tracto digestivo del carnívoro, ya que las semillas necesitan estar el tiempo suficiente en el tracto digestivo para que la testa sea reducida y así facilitar la permeabilidad de la semillas (Traveset *et al.*, 2007).

La germinación de *Ziziphus pendunculata* se incrementó después de que las semillas fueron consumidas por *C. latrans* y *U. cinereargenteus*. La nula germinación de las semillas control también ha sido reportada en otras especies de este género.

Por ejemplo, al comparar la germinación de *Ziziphus amole* se observó que las semillas control, las cuales no recibieron ningún tratamiento previo de escarificación, éstas no germinaron (Zarco-Mendoza *et al.*, 2018). Adicionalmente, se ha observado que para la especie *Ziziphus mistol* es necesario que las semillas rompan con la latencia física impuesta por una testa leñosa. Por ello, las semillas de estas especies requieren de tratamientos de escarificación físicos y químicos que permitan la permeabilidad del agua hacia el embrión (Araoz y Dellongo, 2006).

La similitud en los porcentajes de germinación de *S. stellatus* de las semillas ingeridas por *U. cinereargenteus* y las control indican que al ser consumidas por este carnívoro no fueron dañadas, por lo tanto, *U. cinereargenteus* es un dispersor legítimo de *S. stellatus*. Generalmente, las aves y los murciélagos se les ha identificado como los dispersores legítimos y eficientes de algunas especies del género *Stenocereus sp.* porque estos vertebrados mantienen o incrementan de manera importante los porcentajes y tasas de germinación. Además de que la mayoría de las semillas ingeridas por aves y murciélagos son depositadas debajo del dosel de las plantas y esto favorece a las condiciones microambientales necesarias para la germinación de cactáceas (García-Ruiz *et al.*, 2018).

A partir de los resultados generados en esta investigación se puede decir que los carnívoros también interactúan como dispersores legítimos de semillas en ecosistemas semiáridos debido a que, en lo general, mantienen la viabilidad de las semillas que consumen y en algunas ocasiones favorecen los porcentajes de germinación y/o la velocidad de germinación.

### 5.3 Dispersión de semillas

Generalmente, las grandes distancias de dispersión son el producto de dispersores de gran tamaño, como los carnívoros, por el tamaño de su ámbito hogareño (Nathan *et al.*, 2008). Se ha demostrado que las semillas transportadas en el tracto digestivo de los carnívoros pueden viajar distancias entre uno y tres kilómetros (González-Varo *et al.*, 2013) . Este aumento de la distancia entre la planta parental y las semillas puede contribuir a la supervivencia de éstas porque disminuye la densidad de semillas, reduciendo así la depredación predispersión. Adicionalmente, las distancias grandes de dispersión también reduce la competencia intraespecífica (Murray, 1986).

Es importante visualizar el proceso de dispersión de semillas como un sistema complejo. Este proceso inicia con un dispersor primario en donde la posibilidad de que ocurra la germinación y establecimiento de la plántula al final de la primera fase de dispersión es baja porque el dispersor puede depositar las semillas en un sitio que no tenga los requerimientos necesarios para la germinación, aunque, esto depende del comportamiento del dispersor porque algunos animales las depositan en sitios potencialmente favorables. Por ello, algunos dispersores secundarios pueden contribuir a este proceso, al mover las semillas por segunda ocasión a sitios que son más propicios para la germinación y establecimiento de las plantulas (Vander Wall y Longland , 2002).

En este trabajo, la mayoría de las semillas que no germinaron durante los ensayos mantuvieron su viabilidad y al comparar los porcentajes de viabilidad estos fueron similares entre los tratamientos. Estas similitudes en los porcentajes de indican que las semillas consumidas por carnívoros se mantienen viables después de ser ingeridas y defecadas por estos dispersores, lo cual podría favorecer que algunas de las semillas puedan ser removidas por un dispersor secundario.

En la endozoocoria los dispersores secundarios: hormigas, escarabajos y algunos roedores, pueden reubicar a las semillas a sitios que contribuyen a su sobrevivencia. Estos dispersores entierran a las semillas y reducen la posibilidad de que sean atacadas por algún depredador o patógeno. Además, de que estas nuevas condiciones pueden favorecer la germinación y establecimiento de las semillas (Vander Wall y Longland , 2004). Sin embargo, el dispersor secundario también puede enterrar las semillas a una gran profundidad provocando así que no germinen y que éstos individuos se pierdan para siempre.



## 6. CONCLUSIONES

En general, los carnívoros, con hábitos omnívoros, presentes en el matorral xerófilo de Santo Tomás Otlaltepec están interactuando con las plantas como dispersores legítimos de estas porque al consumir sus semillas conservan su viabilidad y mantienen o incrementan los porcentajes de germinación y velocidad de germinación. En esta investigación se identificaron a tres especies de carnívoros como dispersores legítimos de semillas, *Urocyon cinereargenteus*, *Bassariscus astutus* y *Canis latrans*.

La mayor parte de las semillas registradas en las heces fecales fueron encontradas en excretas de *U. cinereargenteus*. En la mayoría de las semillas, el tratamiento de escarificación proporcionado por este animal fue positivo para la planta. Por ejemplo, en las semillas de *P. chrysacanthus* el porcentaje de germinación y velocidad de germinación aumentaron considerablemente; también, se observó que en las semillas defecadas de *P. laevigata* y *S. stellatus* mantuvieron la viabilidad y no afectó a su germinación. Solamente, en las semillas de *M. geometrizans* y *C. tetramerum* se observó que el consumo de estas semillas por *U. cinereargenteus* afectó al proceso de germinación.

Para la germinación de las semillas consumidas por *B. astutus* se encontraron efectos positivos en el porcentaje de germinación y velocidad de germinación de las semillas de *M. geometrizans* ingeridas por este carnívoro incrementaron en comparación con el resto de los tratamientos. Aunque, para las semillas de *C. tetramerum* la germinación decreció.

En el caso de las semillas ingeridas por *Canis latrans* se comprobó que este carnívoro es dispersor legítimo de la especie *Ziziphus pedunculata* debido a que mantuvo la viabilidad de las semillas y logró romper la latencia de estas semillas incrementando el porcentaje de germinación y velocidad de germinación.

Los sistemas de dispersión de semillas pueden ser multifacéticos; por ello, sería pertinente que en futuras investigaciones se cuestionara qué ocurre con las semillas después de que son dispersadas legítimamente por los carnívoros y sí existen otros dispersores que propicien mejores condiciones microambientales para la germinación y establecimiento.

## 7. LITERATURA CITADA

Besnier Romero, F. (1989). Ensayos de germinación. En F. Besnier Romero, *Semillas: Biología y Tecnología* (págs. 495-524). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Acevedo-Quintero, J., y Zamora-Abrego, J. (2016). Papel de los mamíferos en los procesos de dispersión y depredación de semillas de *Maurita flexuosa* (Arececeae) en la Amazonia. *Revista de Biología Triopical*, 64: 5-15.

Aranda Sánchez, J. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Ciudad de México: CONABIO.103-161.

Araoz, S. y Dellongo, O. (2006). Tratamientos pregerminativos para romper la dormición física impuesta por el endocarpo en *Ziziphus mistol* Greisebach. *Quebracho*(13), 56-65.

Baskin, C. y Baskin, J. M. (2001). *Seeds; Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, California : Academic Press .

Bustamante, R. y Canals L., M. (1995). Dispersal quality in plants: how to measure efficiency and effectiveness of seed disperser. *Oikos*, 73(1), 133-136.

Castellanos Morales, G., Garcia Peña, N., y List, R. (S.F.). Ecología del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereargenteus*). *Historia natural y ecología de poblaciones*, 371-381..

Chevalier, C. (2005). Water economy of free-living and captive ringtails, *Bassariscus astutus* (Carnivora:Procyonidae) in the Sonoran desert. En V. Sánchez-Cordero, y R. Medellín, *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa* (págs. 113-129). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

CONANP. (2013). Programa de manejo Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Ciudad de México, Distrito Federal, México. Pag. 38

Cruz-Espinoza, A., González-Pérez G. E., Santos-Moreno A. (2010). Dieta del Coyote (*Canis latrans*) en Ixtepeji, Sierra Madre de Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo*, 8(1), 33-46.

Cruz-Jácome, O., Lopez-Tello, E., Delfín-Alonso, C. y Mandujano, S. (2015). Riqueza y abundancia relativa de mamíferos medianos y grandes en una localidad en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *THERYA*, 6(2), 435-448.

Debussche, M. e Insenmann, P. (1989). Fleshy characters and the choices of bird and Mammal seed Dispersers in mediterranean region. *Oikos*, 56(3), 327-338.

Fernández, G.y Johnston, M. (1986). *Fisiología Vegetal*. IICA. San José, Costa Rica:

Franco-Quimbay, J. y Rojas-Robles , R. (2015). Frugivoría y dispersión de semillas de la palma *Oenocarpus batua* en dos regiones con diferente estado de conservación . *Actualidades Biológicas* 37: 33-44.

Gallina Tessaro, S. (2012). Técnicas para conocer la dieta. En S. Gallina Tessaro, y C. López González, *Manual de Técnicas para el estudio de la fauna* (págs. 215-235). Ciudad de México: Instituto de Ecología A.C.,Universidad Autónoma de Querétaro, INE-SEMARNAT.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen* Ciudad de Mexico : Universidad Nacional Autónoma de México .

García-Ruiz , M., Ruán-Tejada , I., Zuloaga-Aguilar , M. e Iñiguez-Dávalos , L. (2018). Characterization of endozoochorous dispersal of pitayo *Stenocereus*

*querateoensis*, in Autlán, Jalisco, Mexico. *Ethology Ecology and Evolution*, 30(5), 447-460.

Gold, K., León-Lobos, P. y Way, M. (2004). *Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica*. La Serena, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi.

González-Pérez, A. (2016). *Diversidad y ecología trófica del gremio de mamíferos mesodepredadores en Santo Tomás Otlaltepec, Puebla*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.

González-Varo, J., López-Bao, J. y Guitián, J. (2013). Functional diversity among seed dispersal kernels generated by carnivorous mammals. *Journal of Animal Ecology*, 82, 562-571.

González-Varo, J., Fedriani, J., López-Bao, J., Guitián, J., y Suárez-Esteban, A. (2015). Frugivoría y dispersión de semillas por mamíferos carnívoros: rasgos funcionales. *Ecosistemas*, 23(3), 43-50.

Grajales-Tam, K. y González-Romero, A. (2013). Determinación de la dieta estacional coyote (*Canis latrans*) en la región norte de la Reserva de la Biosfera Mapimi, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 553-564.

Granados Sánchez, D. (2002). *Ecología y dispersión de plantas*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo Edo. México, 115.

Harrison, R. (2012). Ringtail (*Bassariscus astutus*) Ecology and behavior in Central New Mexico. *Western North American Naturalist*, 72(4), 495-506.

Herrera, C.M. (1989). Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals and associated fruit characteristics, in undisturbed mediterranean habitats. *Oikos*, 55(2), 250-262.

Hockman , G. y Chapman , J. (1983). Comparative feeding habits of red foxes (*Vulpes vulpes*) and gray foxes (*Urocyon cinereargenteus*) in Maryland. *The American Midland Naturalist*, 110(2), 276-285.

INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tehuacán, Puebla: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Disponible en línea en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21018.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21018.pdf); última consulta: 15 de diciembre 2019.

López Ríos , G. (1993). *Ecología de la dispersión* . Texcoco: Universidad Autónoma de Chapingo .

López-Ramos, A. (2018). Estructura ecológica funcional del gremio de mesodepredadores en el matorral xerófilo de Otlaltepec Puebla. Tesis de Maestría en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Maldonado, D., Loayza , A., García , E., y Pacheco, L. (2018). Qualitative aspects of the effectiveness of culpeo foxes (*Lycalopex culpaeus*) as disperesers of *Prosopis alba* in Bolivian dry valley. *Acta Oecologica* 87: 29-33.

Martínez-Cárdenas, M. L., Cabrera-Jiménez M.C., Carmona A., Varela-Hernández, G. J. (2006). Promoción de la germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaun y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. *Cactáceas y Suculentas mexicanas*. 51 (4), 111-121.

Martinez-Vázquez, J., González-Monroy, R. y Díaz-Díaz, D. (2010). Hábitos alimentarios del coyote en el parque nacional Pico de Orizaba. *THERYA*, 1(2), 145-154.

Monroy, O., Ortega, M. y Velazquez , A. (2003). Dieta y abundancia relativa del coyote: un dispersor potencial de semillas. En A. Velázquez , A. Torres , y G.

Bocco, *Las enseñanzas de San Juan* (págs. 565-591). México D.F.: Instituto Nacional de Ecología- SEMARNAT.

Morales-Paredes, C., E. Valdivia , C. y Sade , S. (2015). La frugivoria por cánidos nativos (*Lycalopex spp.*) y alóctonos (*Canis lupus familiares*) reduce la germinación de semillas de litre (*Lithrea caustica*) en Chile central. *Bosque* 36(3): 481-486.

Murray , D. (1986). *Seed dispersal* . Cetreccourt, Australia: Academic Press Australia.

Nathan, R., Schurr, F., Spiegel , O., Stenitz , O., Trakhtenbrot , A., y Tsoar , A. (2008). Mechanisms of long-distance seed dispersal. *Trends in Ecology and Evolution* , 638- 647.

Nava V., V., Tejero , J. y Chávez , C. B. (1999). Hábitos alimentarios del cacomixtle *Basariscus Astutus* (Carnívora :Procyonidae) en un matorral xerófilo de Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología serie de Zoología*, 70(1), 51-63.

Partida-Pérez, M. (2010). Determinación de la dieta estacionall de la zorra gris (*Urocyon cinereargenteus*) en la sierra Mechudo, Baja California Sur, México. *Informe final de servicio social*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Pérez-Suárez, B. (2011). Observaciones sobre la germinación de tres especies del género *Citharexylum* empleadas en restauración ecológica. *Colombia Forestal*, 137-143.

Pérez-Villafaña, M. y Valiente-Banuet , A. (2009 ). Effectiveness of dispersal of ornithocorous cactus *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae) in patchy environment. *The open Biology Journal* , 101-113.

Pijl, L. V. (1972). *Principles of dispersal in higher plants*. New York: Springer-Verlag New York. Heidelberg. 139

Sakamoto, Y. y Takatsuki , S. (2015). Seeds recovered from the droppings at latrines of the raccoon dog (*Nycterentes procyonoides viverrinus*): The possibility of seed dispersal. *Zoological Society of Japan*, 157-162.

Schupp, W., Jordano , P., y Gómez , J. (2010). Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*, 188, 333-353.

Toriz C., M. (2014). Estudio de los mesodepredadores de la zona de Santo Tomás Otlattepec Puebla. Tesis de la Maestría en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa.

Vander Wall , S. y Longland , W. (2002). Diplochory and evolution of seed dispersal. En F. Pierre-Michel, E. Lambert , P. Hulme , y S. Vander Wall (Edits.), *Seed fate, predation, dispersal and seedling establishment* . Wallingford : CAB International.

Vander Wall, S. y Longland , W. (2004). Diplochory: are two seed dispersers better than one? *Trends in Ecology and Evolution*, 19(3), 155-161.

Van Valkenburgh, B. (2007). Déja vu: the evolution of feeding morphologies in the Carnivora. *Integrative and Comparative Biology*, 47(1), 147-163. Obtenido de <https://academic.oup.com/icb/article/47/1/147/633344>

Villalobos Escalante , A., Buenrostro-Silva , A. y Sánchez- de la Vega , G. (2014). Dieta de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* y su contribución a la dispersión de semillas en la costaa de Oaxaca, México. *THERYA*, 5(1), 355-363.

Weller, S. (2010). *Plantas de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán Volumen I: Especies de Puebla*. Peace Corps United States Agency Intenational Development.

Willson, M. (1993). Mammals as Seed-Dispersal Mutualists in North America. *Oikos*, 67(1), 159-176.



Zar, J. (1999). *Bioestatistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

Zarco-Mendoza, P., Ríos-Casanova , L. y Godínez-Alvarez , H. (2018).  
Dispersión y germinación de semillas ingeridas por carnívoros en el valle de  
Zapotitlán de las Salinas, México. *Polibotánica*, 46:139-147.

**ANEXO I. FOTOGRAFÍA DE LOS CARNÍVOROS DISPERSORES DE SEMILLAS Y DE LAS PLANTAS DISPERSARON**



*Canis latrans* (Coyote)



*Urocyon cinereargenteus* (zorra gris).



*Bassariscus astutus* (Cacomixtle)

Fotografías obtenidas de los trabajos de Toriz (2014) y López-Ramos (2018).

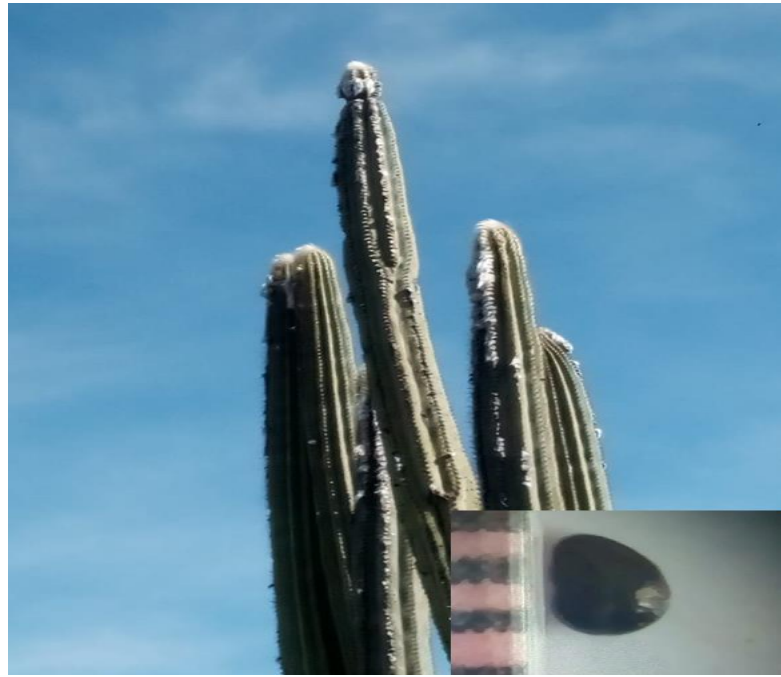


*Myrtillocactus geometrizans* (Garambullo).



*Citharexylum tetramerum* (Cetuna)

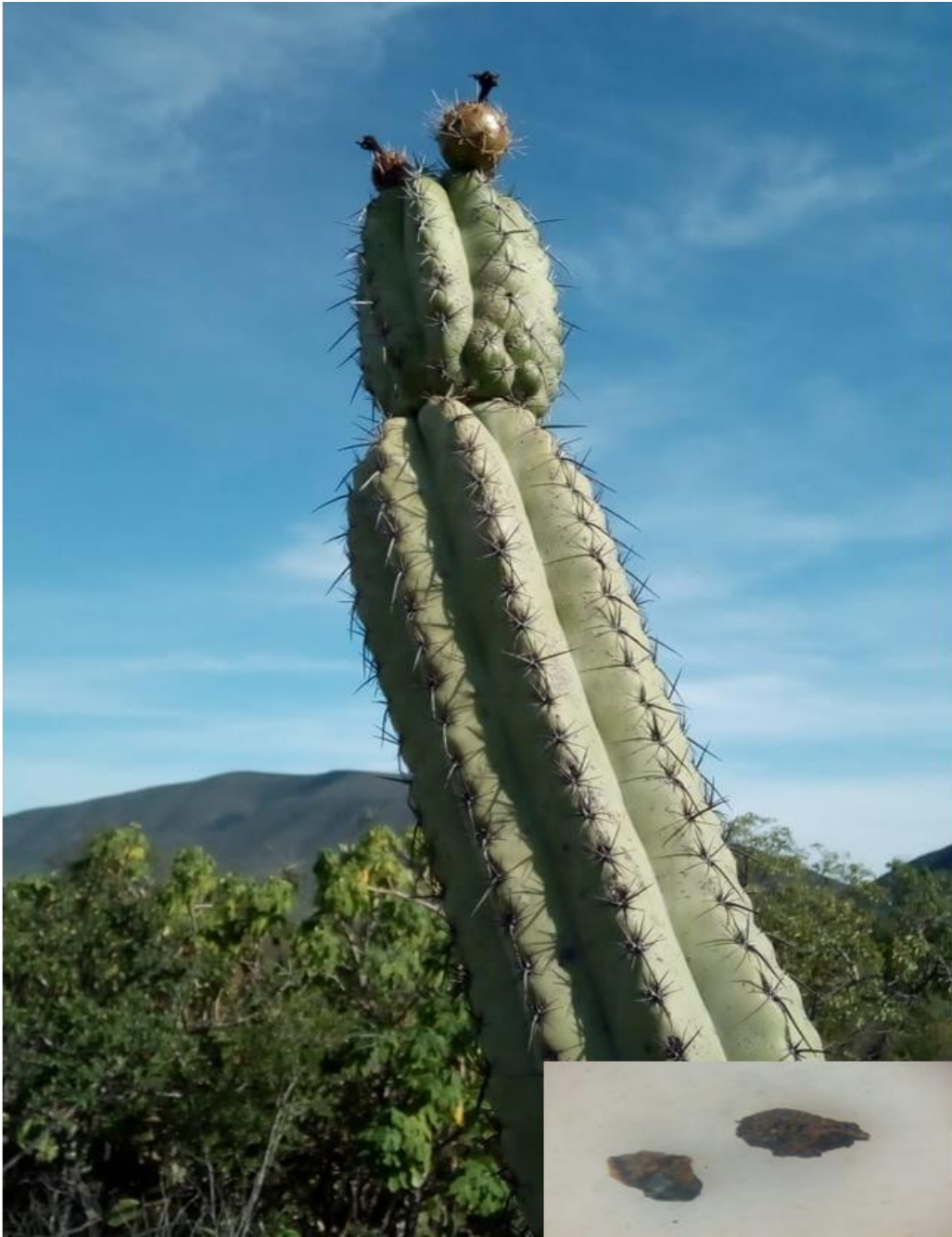




*Pilosocereus chrysacanthus* (Pitayo de abuelito)



*Prosopis laevigata* (Mezquite)



*Stenocereus stellatus* (Pitayo)





*Ziziphus pedunculata* (Manzanita)



ANEXO II. Constancias de las presentaciones de la tesis dirigidas a la comunidad de Santo Tomás Otlaltepec



Casa abierta al tiempo  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Ciudad de México a 11 de diciembre de 2019

C. Aurora Martínez Reyes  
Comisariado de Bienes Comunes  
Santo Tomás Otlaltepec, Pue.  
PRESENTE

Por este medio la Universidad Autónoma Metropolitana quiere manifestarle su agradecimiento por todas las facilidades que Ud., la oficina a su digno cargo y en general toda la población otorgaron al Biol. Adrián González Pérez para la realización de tesis de maestría con el proyecto "Mamíferos del orden Carnívora como dispersores de semillas en una zona semiárida del estado de Puebla" dentro del programa de Maestría en Biología de esta casa de estudios. Sin su valiosa colaboración no se hubiera podido llevar a cabo este proyecto.

Como agradecimiento presentamos a Ud. una copia del documento que se presenta como elemento base del mismo y que quedará registrado en los archivos oficiales de esta Universidad.

Reiterándole mi más profundo agradecimiento le envío un cordial saludo

ATENTAMENTE:  
"Casa Abierta al Tiempo"

DR. MIGUEL ÁNGEL ARMELLA VILLALPANA,  
Director de la casa de Maestría  
DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD -Iztapalapa  
Departamento de Biología  
Av. San Rafael Atlixo No. 186, Iztapalapa, Iztapalapa, 06040 México, D.F. AP 55-525 Tel: 5624-46 96 Fax: 5624-4688  
correo electrónico: maag@unam.mx

*Recibi: Trabajo impreso  
del Biólogo Adrián González  
Pérez  
Para que se lo entregue  
al presta Comisariado  
de los Bienes Comunes  
de Santo Tomás Otlaltepec*



**Secretaría  
de Educación**  
Estado de Puebla

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA SUPERIOR  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN PRIMARIA  
JEFATURA DE SECTOR 18  
SUPERVISIÓN ESCOLAR DE LA ZONA 886  
ESCUELA PRIMARIA "JUSTO SIERRA" C.C.T. 210PR224HV



"2019. Año del Gaucho del Sur, Emiliano Zapata"

**Asunto:** Constancia de impartición de Pláticas.

Santo Tomás Otaltepec, Ateocal, Puebla a 11 de Diciembre de 2019

**A QUIEN CORRESPONDA,**

**PRESENTE.**

El que suscribe C. Profr. Jorge Félix Méndez, Director de la Escuela Primaria "Justo Sierra", C.C.T. 210PR224HV, ubicada en la comunidad de Santo Tomás Otaltepec, del Municipio de Ateocal, Pue. **HACE CONSTAR** que el biólogo **ADRIAN GONZALEZ PEREZ**, impartió pláticas a los alumnos de 4º, 5º y 6º grado, así como a los alumnos de 1º, 2º y 3er. Grado, sobre el tema "Carrivoras dispersores de semillas".

Se extiende la presente a petición del interesado para usos y fines necesarios a que haya lugar a los once días del mes de Diciembre de Dos mil diecinueve.



**ATENTAMENTE**

**EL DIRECTOR DE LA ESCUELA**  
C. Profr. JORGE FÉLIX MÉNDEZ  
C.C.T. 210PR224HV  
ESCUELA PRIMARIA "JUSTO SIERRA"  
C.C.T. 210PR224HV  
A.T.E. 210PR224HV

Original Interesado  
C. Profr. Dirección de la Escuela  
C. Profr.

Escuela de la escuela  
Ateocal, Puebla No. 4  
Santo Tomás Otaltepec, Ateocal, Pue.  
E-Mail:  
jfelixm2141@gmail.com





SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
 SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
 DIRECCIÓN DE TELESECUNDARIAS  
 JEFATURA DE SECTOR DE GOBIERNO ESTADAL  
 SUPERVISIÓN ESCOLAR ODS  
 ESCUELA "JOSÉ MARÍA ARTEAGA" C.C.Y. 21ETV0155J



El que suscribe: C. Prof. David Castelán Domínguez, Director de la Escuela Telesecundaria "JOSÉ MARÍA ARTEAGA" C.C.Y. 21ETV0155J, por medio de la presente:

**HACE CONSTAR**

QUE EL BIOL. ANDRIAN GONZALEZ PÉREZ

Acreditó a impartir una exposición "Carnívoros como dispersores de semillas"

La cual se realizó el Día: **Viernes 13** de diciembre del presente año **2019**, a partir de las **8:00 hrs.**, en las instalaciones de la **Escuela Telesecundaria "José María Arteaga"**, ubicada en Calle 2 sur, No.1, Santo Tomás Otatepec, Atexcal Pue.

A petición del interesado y para los fines legales que le convengan, se extiende la presente en Santo Tomás Otatepec, Atexcal Pue el **13** día del mes de **diciembre** de **2019**.



**ATENTAMENTE**  
 SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
 SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
 DIRECCIÓN DE TELESECUNDARIAS  
 JEFATURA DE SECTOR DE GOBIERNO ESTADAL  
 SUPERVISIÓN ESCOLAR ODS  
 ESCUELA "JOSÉ MARÍA ARTEAGA" C.C.Y. 21ETV0155J  
**DIRECTOR**  
 PROF. DAVID CASTELÁN DOMÍNGUEZ

Caja Registrada Sector 001  
 Calle Arroyo de los Baños

Colegio 146, 1 y 1/2, Santo Tomás Otatepec

C. P. 70841

Cerro Escobedo, Santiago de las Animas



Mamíferos del orden Carnívora como dispersores de semillas en una zona semiárida del estado de Puebla.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 13:30 horas del día 19 del mes de diciembre del año 2019 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

M. EN C. MARIA DE LA ASUNCION SOTO ALVAREZ  
DR. JOSE ALEJANDRO ZAVALA HURTADO  
DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA  
MTRA. MARIA DE LOURDES MARTINEZ CARDENAS

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaría la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN BIOLOGIA  
DE: ADRIAN GONZALEZ PEREZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

*Aprobar*

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

ADRIAN GONZALEZ PEREZ  
ALUMNO

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ  
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISION DE CBS

DRA. SARA LUCÍA CAMARGO RICALDE

PRESIDENTE

M. EN C. MARIA DE LA ASUNCION SOTO ALVAREZ

VOCAL

DR. JOSE ALEJANDRO ZAVALA HURTADO

VOCAL

DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA

SECRETARIA

MTRA. MARIA DE LOURDES MARTINEZ CARDENAS