



**Casa abierta al tiempo**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

**UNIDAD IZTAPALAPA**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**

**POSGRADO EN BIOLOGÍA**

**“Distancias de dispersión de semillas por el coyote (*Canis latrans*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en un bosque templado de la Sierra Madre Occidental, Durango, México”**

**TESIS**

Que para obtener el grado de  
**Maestro en Biología**

PRESENTA:

**John Winston Orta López**

Matricula: 2223803970

[Johnwinston2018@gmail.com](mailto:Johnwinston2018@gmail.com)

COMITÉ TUTORAL:

**Codirectores:**

Dr. Jorge I. Servín Martínez

Dr. Pablo Arturo Salame Méndez

**Asesor:**

Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa

**Jurado:**

Presidente: Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa

Secretario: Dr. Heliot Zarza Villanueva

Vocal: Dra. Laura Georgina Calva Benítez

Vocal: Dr. César Ricardo Rodríguez Luna

Iztapalapa, Ciudad de México, 18 de diciembre de 2025

La Maestría en Biología de la  
Universidad Autónoma Metropolitana  
pertenece al Padrón de Posgrados de Calidad del SECIHTI

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

**JOHN WINSTON ORTA LÓPEZ**

El día 18 de diciembre del año de 2025.

***Comité Tutorial y Jurado***

Codirector: Dr. Jorge I. Servín Martínez

Codirector: Dr. Pablo Arturo Salame Méndez

Asesor: Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa

Presidente: Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa

Secretario: Dr. Heliot Zarza Villanueva

Vocal: Dra. Laura Georgina Calva Benítez

Vocal: Dr. César Ricardo Rodríguez Luna

## **i. DEDICATORIA**

*A mi familia y amigos:*

*Les dedico esta tesis, por todo su cariño, apoyo y por siempre  
entender mi pasión por estudiar la naturaleza.*

## ii. AGRADECIMIENTO

En este espacio quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me acompañaron e instituciones que me apoyaron durante el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Jorge Servín, por guiarme en este camino de la investigación y siempre compartir su conocimiento, por todas sus asesorías y por sus enseñanzas durante los viajes de campo, por siempre creer en mi capacidad e impulsarme a ser siempre un excelente profesional.

Al Dr. Arturo Salame, por compartirme sus valiosos conocimientos en endocrinología, por sus revisiones, comentarios a la tesis y apoyo durante el trabajo de laboratorio en la UAM-I.

Al Dr. Jordan Golubov, por su asesoría y valiosas observaciones durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y a la maestría en biología de esta institución.

Al Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre (LECFS) de la UAM-X y todos sus colaboradores por el apoyo de equipo especializado e infraestructura para poder realizar esta investigación. A VISILMEX, A.C. por facilitar los vehículos todo terreno para el trabajo de campo.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada durante los dos años del posgrado, con CVU: 1255905.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, específicamente a la Reserva

de la Biosfera La Michilfa.

Al ejido San Juan de Michís, la comunidad indígena de la Peña y a sus autoridades por permitirnos ingresar a sus predios para desarrollar el trabajo de campo durante esta investigación.

A Pepe Medina, residente del INECOL en la Estación Biológica Piedra Herrada, y su familia, por su apoyo durante nuestras estancias en la Michilfa.

A Norma López Mora y Andrés Orta Camarillo, mis padres. Por todo su cariño y apoyo durante todos los años, por siempre confiar en mí y brindarme la educación básica necesaria para llegar a tener la educación superior que estoy adquiriendo.

A Andrés Orta y Karina Orta, mis hermanos. Por siempre creer en mí y ayudarme en todo momento que lo he necesitado.

A Hellen Romina, por su amor, comprensión y apoyo durante el desarrollo de mi posgrado.

A César Ricardo Rodríguez Luna, Miranda Isabel Rawlinson Marín, Mariana Hernández Silva, Aarón Alberto Romero Ruiz, Mauricio Sánchez Huerta y Jesús Antonio Álvarez por su amistad, compañía y colaboración durante el trabajo de campo.

## INDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCIÓN. ....	4
2. ANTECEDENTES. ....	6
3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN. ....	11
4. HIPÓTESIS. ....	12
5. OBJETIVOS. ....	12
5.1 GENERAL: .....	12
5.2 ESPECÍFICOS: .....	12
6. MÉTODOS. ....	13
6.1 ZONA DE ESTUDIO. ....	13
6.2 DISEÑO DE MUESTREO. ....	15
6.2.1 Estaciones Experimentales de Consumo (EEC) de frutos/semillas (Trampas de cebo). ....	15
6.3 TRABAJO DE LABORATORIO. ....	18
6.3.1 Determinación de pertenencia de las muestras. ....	18
6.3.2 Distancias de dispersión. ....	19
6.3.3 Tasa de visita a las EEC. ....	20
6.3.4 Determinación del sexo a partir del contenido de hormonas esteroides sexuales. ....	21
6.3.5 Asignación de sexo. ....	23
7. RESULTADOS. ....	23
7.1 ESTACIONES EXPERIMENTALES DE CONSUMO (EEC). ....	23
7.2 EXCRETAS COLECTADAS. ....	27
7.3 DISTANCIAS DE DISPERSIÓN. ....	28
7.4 TASA DE VISITA EEC .....	37
7.5 DETERMINACIÓN DE SEXO POR MEDIO DE LA CUANTIFICACIÓN DE HORMONAS ESTEROIDES SEXUALES. ....	44
8. DISCUSIÓN. ....	47
8.1 ESTACIONES EXPERIMENTALES DE CONSUMO (EEC). ....	47
8.2 RECOLECTA DE EXCRETAS. ....	49
8.3 DISTANCIAS DE DISPERSIÓN .....	51

<b>8.4 TASA DE VISITA EEC.</b> .....	55
<b>8.5 DETERMINACIÓN DE SEXO A PARTIR DE LA CUANTIFICACIÓN DE HORMONAS ESTEROIDES SEXUALES EN HECES.</b> .....	57
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.</b> .....	<b>61</b>
<b>ANEXO 1. DATOS DE LAS CONCENTRACIONES DE HORMONAS ESTEROIDES SEXUALES EN EXCRETAS CON SEMILLAS ARTIFICIALES DE COYOTES Y ZORRAS.</b> .....	73
<b>ANEXO 2. ARCHIVOS FOTOGRÁFICOS DE ALGUNAS DE LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES DE CONSUMO (EEC).</b> .....	75

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación de la zona de estudio y los centros de población o localidades presentes en la Reserva de la Biosfera La Michilía (RBLM), Durango, México. ....	15
<b>Figura 2.</b> Ubicación de las Estaciones Experimentales de Consumo (EEC) dentro de la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.....	25
<b>Figura 3.</b> Caminos, brechas y senderos recorridos para la colecta de excretas con semillas artificiales dentro de los Bosques Templados de la Sierra Madre Occidental, Durango. ....	27
<b>Figura 4.</b> Se muestran excretas recuperadas conteniendo semillas artificiales (cuentas de colores) pertenecientes a EEC con distintas coloraciones. ....	28
<b>Figura 5.</b> Eventos de distancia de dispersión de semillas para el Coyote ( <i>Canis latrans</i> ) a lo largo de un año de estudio en la RB La Michilía, Durango, México. ....	29
<b>Figura 6.</b> Distancias promedio de dispersión de semillas y su desviación estándar para cada temporada estacional en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	30
<b>Figura 7.</b> Distancias de dispersión de semillas por Coyotes ( <i>Canis latrans</i> ) a lo largo de un año en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	30
<b>Figura 8.</b> Distancias de dispersión de semillas realizadas por coyotes hembras (amarillo), y coyotes machos (azul) en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.....	31

<b>Figura 9.</b> Distancias calculadas para cada excreta con semillas artificiales dispersadas por coyotes en la temporada de otoño. ....	34
<b>Figura 10.</b> Distancias de dispersión de semillas por coyote (azul) y zorra gris (naranja) en la temporada de invierno. ....	35
<b>Figura 11 .</b> Distancias de semillas dispersadas por coyote (verde) y zorra gris (naranja) en el periodo de primavera. ....	35
<b>Figura 12.</b> Distancias de dispersión para la temporada de primavera desde los sitios de deposición de zorra gris ( <i>Urocyon cinereoargenteus</i> ) a las coordenadas medias de las EEC donde fueron consumidas en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango México. ....	36
<b>Figura 13.</b> Distancias de dispersión de semillas calculada para cada excreta de coyote en la temporada de verano. ....	37
<b>Figura 14.</b> Tasa de visita a las EEC para coyote y zorra gris durante la temporada de otoño en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	38
<b>Figura 15.</b> Tasa de visita a las EEC para coyote y zorra gris durante la temporada de invierno en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	40
<b>Figura 16.</b> Tasa de visita a las EEC para coyotes y zorra gris durante la temporada de primavera en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	41
<b>Figura 17.</b> Tasa de visita a las EEC para coyote y zorra gris durante la temporada de verano en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	43
<b>Figura 18.</b> Gráfico de las concentraciones de progesterona (P4), testosterona (T) y estradiol (E2) en cada excreta con semillas artificiales de ambas especies de cánidos. ....	44
<b>Figura 19.</b> Análisis de conglomerados de K-medias para asignar el sexo de las excretas de coyote y zorra gris con la suma de las concentraciones de progesterona y testosterona. ....	45
<b>Figura 20.</b> Análisis de conglomerado de K-medias para asignar el sexo de las excretas de coyotes y zorras grises con la suma de las concentraciones de progesterona, testosterona y estradiol. ....	46
<b>Figura 21.</b> Distribución de las muestras relacionando el sexo, la zona de colecta, el periodo estacional y el periodo biológico en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	47

## INDICE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Información de las EEC que simularon la ubicación de un árbol y donde se ofrecieron las semillas artificiales con un código de color distinto para cada zona. ...	25
<b>Tabla 2.</b> Se muestran las distancias topográficas calculadas de las EEC hasta el sitio de deposición de excretas con semillas artificiales. ....	31
<b>Tabla 3.</b> Datos para el cálculo de las tasas de visita a las EEC para zorra gris y coyote durante la temporada de otoño en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	38
<b>Tabla 4.</b> Datos obtenidos de la tasa de visita a las EEC de coyote y zorra gris durante la temporada de invierno en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	40
<b>Tabla 5.</b> Se muestran los datos obtenidos de la tasa de visita a las EEC de coyote y zorra gris durante la temporada de primavera en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Datos de las tasas de visita a las EEC calculada para coyotes y zorras durante la temporada de verano en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México. ....	43

## RESUMEN

Los mamíferos carnívoros, como el coyote (*Canis latrans*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), desempeñan un papel clave en los bosques templados de la Sierra Madre Occidental, no solo controlando poblaciones de herbívoros y roedores, sino también actuando como dispersores activos de semillas. Cuando estas especies consumen frutos y semillas, muchas de ellas preservan su viabilidad e incluso incrementan su capacidad de germinación tras el paso por su tracto, digestivo, favoreciendo así el proceso de reproducción de algunas plantas de la región. A pesar de su importancia, la información disponible sobre las distancias a las que dispersan las semillas es limitada. El objetivo de este trabajo fue determinar las distancias de dispersión de semillas consumidas por estas especies, desde el sitio de consumo hasta el lugar donde son defecadas en la Reserva de la Biosfera La Michilía. Para ello, se establecieron 20 Estaciones Experimentales de Consumo, distribuidas dentro cada 1000 m, en donde se ofrecieron 144,000 semillas artificiales, a lo largo de un año. Se midieron las distancias topográficas de dispersión mediante Sistemas de Información Geográfica. Se cuantificó la tasa de visita a las estaciones y se determinó el sexo de los individuos que consumieron las semillas mediante la cuantificación de hormonas esteroideas sexuales. Los resultados indicaron que los coyotes y las zorras dispersaron semillas a una distancia promedio de 1605.4 m (rango: 21–5,329 m), sin encontrar diferencias significativas entre las distancias exhibidas por hembras y machos. Este estudio es el primer esfuerzo experimental en México para calcular la distancia de

dispersión de semillas por mamíferos carnívoros silvestres y resalta su importancia como dispersores de semillas a larga distancia. El proceso de dispersión en el que intervienen fomenta el intercambio genético, dentro y entre poblaciones vegetales, contribuyendo al establecimiento de nuevas plántulas y mantenimiento espacial de la vegetación. Es fundamental destacar su función como dispersores activos de semillas para contrarrestar la percepción social negativa y considerarlos como especies clave en la dinámica, conservación y regeneración de los ecosistemas forestales.

**Palabras clave:** Cánidos, Conservación, Durango, endozoocoria, interacciones planta-animal, mamíferos.

#### **ABSTRACT**

Carnivorous mammals, such as the coyote (*Canis latrans*) and the gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*), play a key role in the temperate forests of the Sierra Madre Occidental, not only by controlling populations of herbivores and rodents, but also by acting as active seed dispersers. When these species consume fruits and seeds, many of them retain their viability and even increase their germination capacity after passing through their digestive tract, thus promoting the reproductive process of some plant species in the region. Despite their importance, available information on the distances at which they disperse seeds is limited. The aim of this study was to determine the seed dispersal distances of seeds consumed by these species, from the site of consumption to the location where they are defecated in the La Michilía Biosphere Reserve. To achieve this, 20 Experimental Feeding Stations were established, distributed every

1000 m, where 144,000 artificial seeds were offered over the course of one year. Topographic dispersal distances were measured using Geographic Information Systems. The visitation rate at the stations was quantified, and the sex of the individuals that consumed the seeds was determined through the quantification of sexual steroid hormones. The results indicated that coyotes and foxes dispersed seeds at an average distance of 1,605.4 m (range: 21–5,329 m), with no significant differences between the distances exhibited by females and males. This study represents the first experimental effort in Mexico to calculate seed dispersal distances by wild carnivorous mammals and highlights their importance as long-distance seed dispersers. The dispersal process in which they participate promotes genetic exchange within and between plant populations, contributing to the establishment of new seedlings and the spatial maintenance of vegetation. It is essential to emphasize their role as active seed dispersers in order to counteract negative social perceptions and to consider them as key species in the dynamics, conservation, and regeneration of forest ecosystems.

**Keywords:** Endozoochory, Function, Plant-Animal Interactions, Conservation.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los mamíferos del orden Carnívora son parte funcional en la dinámica de los bosques templados de la Sierra Madre Occidental, México. Estas especies desempeñan funciones como depredadores, controladores de poblaciones de herbívoros silvestres, como mamíferos pequeños (lagomorfos y roedores) y otras presas (Servín y Huxley, 1991; Palomares *et al.*, 1995; Schmitz *et al.*, 2000; Miller *et al.*, 2001 y Brashares *et al.*, 2010). Pero también, se ha demostrado su alta ingesta de material vegetal como frutos y semillas, como parte integral de su dieta en distintas regiones del mundo, por lo que se les puede considerar como efectivos dispersores de semillas (González-Varo *et al.*, 2013; Herrera *et al.*, 2016; Mise *et al.*, 2016 y Draper *et al.*, 2022). En México aún se tiene poca información de las interacciones planta-animal que involucran a mamíferos carnívoros (Servín y Huxley, 1991; Aranda *et al.*, 1995; Guerrero *et al.*, 2002; Rubalcava-Castillo *et al.*, 2020, 2021).

En las interacciones planta-animal, las especies vegetales presentan estrategias para la dispersión de sus semillas lejos de la planta madre, por medio de la interacción con especies animales que se benefician del consumo de sus frutos o semillas, en un síndrome denominado zoocoria. La zoocoria puede presentarse en dos formas: la epizoocoria, que es el transporte de semillas por adhesión a las estructuras externas (piel y pelos) de un animal; y la endozoocoria, que es la dispersión de semillas por ingesta de un agente animal (Van der Pijl, 1982). Estos tipos de dispersión se presentan con frecuencia en muchas de las especies

vegetales que habitan los bosques templados de Norte América, en específico para frutos y semillas de árboles relativamente grandes (Wilson, 1993; Fenner y Thompson, 2005). Sin embargo, esta interacción ha sido poco estudiada cuando participan especies animales como los mamíferos carnívoros, lo que limita nuestros conocimientos sobre dispersión endozoocórica en las interacciones planta-animal de esta naturaleza (Fedriani y Delibes, 2005).

El proceso de dispersión de semillas presenta tres componentes básicos: 1) la planta madre (componente sésil), que produce los frutos; 2) el componente de distancia entre las ubicaciones de origen y final o destino de la semilla; y, 3) un componente dinámico (animal), que realiza el movimiento que implica el evento de dispersión (Jordano, 2017). Cuando el componente dinámico lo representa un mamífero carnívoro, destacan tres rasgos funcionales que los convierten en notables dispersores de semillas en las interacciones planta-animal: 1) pueden consumir frutos de distintas especies endozoocóricas de la comunidad vegetal a lo largo de todo el año; 2) son capaces de consumir frutos y semillas de una gran variedad de formas y tamaños y, 3) no matan, ni dañan las semillas durante la ingesta y paso por el tracto digestivo de los frutos (González-Varo *et al.*, 2015). En estudios previos, se ha confirmado que la gran mayoría de las semillas que consumen siguen siendo viables después de pasar por el tracto digestivo de distintos carnívoros, además, muchas de ellas incrementan su probabilidad de germinación (Rubalcava-Castillo *et al.*, 2021). A pesar de ello, la información disponible sobre la distancia de dispersión de las semillas transportadas por estos mamíferos carnívoros aún es limitada.

Algunos de los métodos que se han utilizado para determinar las distancias de dispersión por especies endozoocóricas usan: 1) la combinación de datos de movimiento de los animales (radiotelemetría) con los tiempos de retención de semillas en el tracto digestivo (Hickey *et al.*, 1999), 2) marcadores genéticos para identificar las plantas madre de las semillas encontradas en los excrementos (Jordano *et al.*, 2007; González-Varo *et al.*, 2016) y 3) semillas artificiales (cuentas de colores o microesferas fluorescentes) o marcaje de semillas verdaderas por medio de polvos fluorescentes en puntos conocidos de ofrecimiento y consumo (Levey y Sargent, 2000; Reiter *et al.*, 2006; González-Varo *et al.*, 2013; Herrera *et al.*, 2016;).Hi Además, existen trabajos en lo que se ha propuesto la combinación de modelos espaciales, tiempos de retención y distancias de deposición, para comprender en profundidad las interacciones planta-animal y los procesos de dispersión de las semillas por esta interacción (Mise *et al.*, 2016).

En la presente investigación se plantea generar datos robustos que permitan plantear conclusiones sobre las distancias a las que son dispersadas las semillas consumidas por especies de carnívoros que habitan los bosques templados de la Reserva de la Biosfera La Michilía (RBLM), Durango, México.

## **2. ANTECEDENTES.**

La información sobre la función de los mamíferos carnívoros como posibles dispersores de semillas en México es aún escasa; sin embargo, en muchos de los estudios en los que se describe la dieta de algunas especies de mesocarnívoros como el coyote y la zorra gris se menciona que estos presentan una dieta muy variada que

depende de los elementos disponibles en cada sitio, en la mayoría de estas investigaciones encuentran que una parte importante de su dieta está conformada por frutos y semillas de diferentes especies vegetales y en algunas regiones se ha informado que este consumo es preferente en ciertas épocas del año (Paez, 1987; Servin y Huxley, 1991; Guerrero *et al.*, 2002; Medrano *et al.*, 2014; Wong-Smer *et al.*, 2022). Por lo que estas especies de mamíferos carnívoros deben estar participando activamente en los procesos de dispersión de semillas de los sitios que habitan y se debe considerar el estudio de estas interacciones, ya que la dispersión de semillas mediada por animales se vincula con el final del ciclo de reproducción de especies vegetales y el establecimiento de su descendencia, lo que tiene efectos sobre los procesos de sucesión, regeneración vegetal y por tanto de la conservación de éstos hábitats (González-Varo *et al.*, 2015; Fedriani y Delibes, 2005).

Algunos de los trabajos más recientes han generado datos sobre el efecto que tiene el paso de las semillas por el tracto digestivo de estas especies y los resultados obtenidos muestran que no hay efectos negativos e incluso los procesos de digestión tienen efectos positivos sobre la viabilidad y germinación de las semillas transportadas (Monroy *et al.*, 2005; Villalobos-Escalante *et al.*, 2014). En los bosques templados de la Sierra Madre Occidental de México también se ha reportado el consumo preferente de frutos y semillas dentro de la dieta de zorras y coyotes y en particular se mencionan los frutos de dos especies vegetales, una conocida como manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y la otra es el cedro o tazcate (*Juniperus deppeana*) (Servín y Huxley, 1991; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a; Hernández-Silva *et al.*, 2022).

En cuanto a la dispersión de semillas en particular coyotes y zorras se reconocen al menos dos de los tres componentes que son importantes como parte de la dispersión mediada por animales (zoocoría) que menciona Jordano (2017), el componente dinámico o móvil (coyotes y zorras), y el componente sésil (plantas que producen el fruto) del cual se han identificado distintas especies que son consumidas por esto mamíferos (Medrano *et al.*, 2014). Se ha determinado la cantidad promedio de semillas dispersadas y se han estudiado los efectos posteriores a los procesos de digestión sobre la viabilidad y germinación de las semillas (Rubalcava-Castillo *et al.*, 2020, 2021) pero aún falta generar información referente al tercer componente que refiere Jordano (2017), que son las distancias entre las ubicaciones de origen (consumo) y destino (deyección) de las semillas. Que es parte de los objetivos del presente estudio.

El estudio de las distancias de dispersión de semillas por mamíferos silvestres implica grandes retos metodológicos en el campo, algunos de los métodos se han probado en otros grupos como aves (Levey y Sargent, 2000) y también se han probado algunos de estos métodos en mamíferos voladores (Reitier *et al.*, 2006).

Para el caso de los mamíferos carnívoros existen pocos trabajos que midan las distancias de dispersión de semillas, algunos de los métodos más utilizados se basan en datos de distancias diarias recorridas calculadas a través de seguimiento de los animales por radiotelemetría y tiempos de retención intestinal para determinar las distancias promedio de dispersión (Hickey *et al.*, 1999) e incluso se ha utilizado el marcaje de semillas a través de microesferas plásticas o pigmentos fluorescentes y el

uso de semillas artificiales con distintas coloraciones a través de sitios de ofrecimiento, para su posterior búsqueda (González-Varo *et al.*, 2013; Mise *et al.*, 2016).

En el caso de la zorra y el coyote en la Reserva de la Biosfera la Michilía, se ha estimado el tamaño del ámbito hogareño (Servín y Huxley 1995; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021 b) y las distancias diarias recorridas (Servín *et al.*, 2003). Los coyotes presentan en promedio un ámbito hogareño de 9.1 km<sup>2</sup> y es mayor en machos que en hembras 10.6 km<sup>2</sup> y 6.1km<sup>2</sup> respectivamente. Las distancias diarias recorridas en machos son de 16.47 km y en hembras son de 12.51 km (Servín *et al.*, 2003). En cuanto a la zorra gris se observa un ámbito hogareño de 1.35 km<sup>2</sup> en promedio y es mayor en hembras que en machos 0.9 y 2.4 km<sup>2</sup> y en ambas especies se ha reportado que sus movimientos suelen estar determinados por las estaciones y los períodos biológicos (Servín *et al.*, 2014).

Estos datos también brindan información de que las distancias de dispersión potencialmente sean distintas si el evento fue ejecutado por un coyote o una zorra, y a nivel interespecífico si se llevó a cabo por una hembra o un macho.

La dispersión puede ser larga o de corta distancia y tener diferentes implicaciones a nivel de paisaje. Los eventos que mueven semillas a larga distancia son de importancia crítica y el estudio de la dispersión de semillas a larga distancia tienen datos muy limitados (Nathan *et al.*, 2008). Se considera un evento de dispersión de semillas a larga distancia, si la distancia es mayor a 100 metros y se ha observado que la dispersión a larga distancia ejecutada por carnívoros aumenta la tasa de propagación y colonización hacia nuevas áreas, con efecto sobre la población de

plantas debido a que los carnívoros tienden a desplazarse distancias mucho mayores que los herbívoros y además tienden a defecar sobre caminos rurales lo que permite la conectividad entre parches de vegetación (Suárez-Esteban, 2013; Hämäläinen *et al.*, 2017).

El uso combinado de las metodologías podría ayudar a generar información no solo de las distancias de dispersión de semillas, sino también de ser posible observar diferencias entre la dispersión realizada por hembra o machos.

Existen investigaciones en donde se ha utilizado la cuantificación de hormonas esteroides sexuales para la determinación del sexo tanto en sangre como en heces fecales. Las primeras investigaciones que utilizaron estas técnicas se realizaron en especies de reptiles y aves en cautiverio, utilizando principalmente muestra de sangre (Judd *et al.*, 1977), posteriormente se comprobó que las muestras fecales son igualmente confiables para la medición de hormonas esteroides sexuales (Bishop y Hall, 1991).

Una herramienta y metodología menos invasiva ha sido la cuantificación de concentraciones de hormonas esteroides sexuales (HES) en heces fecales de mamíferos, tanto para el monitoreo de los ciclos reproductivos, como para la determinación de sexo. Utilizando principalmente técnicas de radioinmunoensayo (RIA) y más recientemente los inmunoensayos enzimáticos (EIA). En el caso de la identificación del sexo se ha utilizado principalmente la relación de Testosterona/Progesterona (T/P4) o de Testosterona/Estradiol (T/E2) (Shideler *et al.*,

1993; Soto *et al.*, 2004; Barja *et al.*, 2006; Valdespino *et al.*, 2007; Escobar-Flores *et al.*, 2019).

En México trabajos como el de Soto *et al.* (2004) en donde se analizaron los perfiles de hormonas esteroides sexuales (HES) para una pareja de lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en cautiverio, usaron la suma de las concentraciones de Progesterona (P4), Testosterona (T) y Estradiol (E2) para determinar el sexo de las muestras y además realizar los perfiles hormonales anuales.

Los resultados que proporcionan las investigaciones antes mencionadas hacen evidente la importancia del estudio de los mecanismos de dispersión de semillas por mamíferos carnívoros, que por lo general realizan dispersiones a largas distancias. Sin embargo, dentro de las poblaciones de carnívoros también es posible observar diferencias en las distancias recorridas entre machos y hembras lo que también podría estar aportando complejidad al estudio de estos procesos de dispersión.

### **3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.**

¿Cuánta distancia promedio son dispersadas las semillas de táscate (*Juniperus deppeana*) consumidas por coyote (*Canis latrans*) en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango?

¿Cuánta distancia promedio son dispersadas las semillas de manzanita (*Arctostaphylos pungens*) consumidas por la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango?

¿El sexo influye en las distancias de dispersión de estas semillas consumidas por ambas especies?

#### **4. HIPÓTESIS.**

Sí, las poblaciones de coyote y zorra gris consumen distintas cantidades de frutos (*Juniperus deppeana* y *Arctostaphylos pungens*) en función de su abundancia y que es determinada por la fenología de las plantas; entonces se espera encontrar una variación significativa en el consumo de frutos a lo largo del año, así como en las distancias de dispersión de semillas por acción de estas especies de mamíferos dispersores.

#### **5. OBJETIVOS.**

##### **5.1 General:**

Determinar las distancias que son dispersadas las semillas consumidas por coyote (*Canis latrans*) y zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), en bosques templados en el sur de la Sierra Madre Occidental, Durango, México.

##### **5.2 Específicos:**

- Determinar las distancias de dispersión de semillas consumidas por zorra gris y coyotes a lo largo de la temporada seca y húmeda del año a partir del ofrecimiento de semillas artificiales y consumidas en estaciones experimentales de consumo (EEC).
- Estimar la cantidad promedio (número y biomasa) de semillas naturales consumidas, encontradas en las excretas de dos cánidos silvestres de la Reserva de la Biosfera La Michilía. Durango, México.

- Determinar la frecuencia de visita de coyotes y zorra gris, a las estaciones experimentales de consumo (EEC) de frutos con semillas marcadas.
- A partir de valorar el contenido de hormonas esteroides sexuales en las heces depuestas con semillas marcadas, se tratará de determinar el sexo de los individuos que las depusieron.

## **6. MÉTODOS.**

### **6.1 Zona de estudio.**

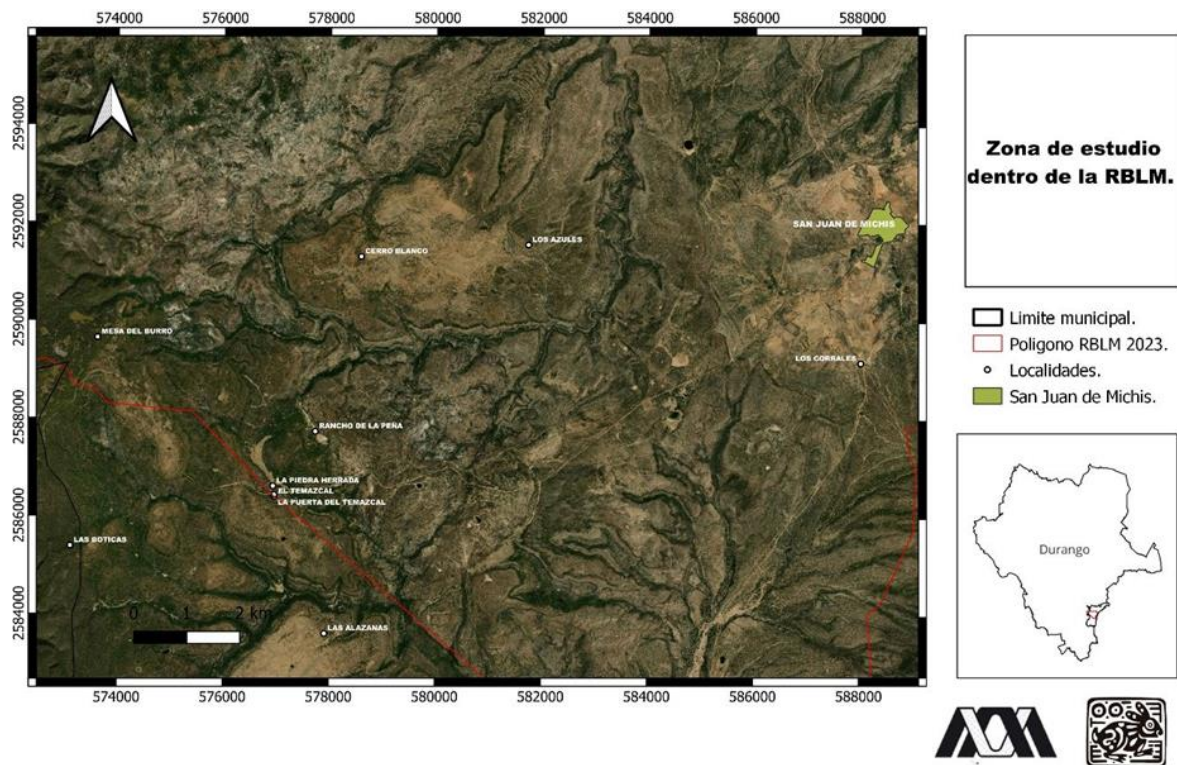
La zona de estudio se ubicó dentro de la Reserva de la Biosfera La Michilía (RBLM), Municipio de Súchil, Durango, entre las coordenadas extremas 23° 21'-23° 28' N y 104° 09'-104° 21' O. La RBLM cuenta con una superficie aproximada de 35,000 ha, clasificadas en cinco subzonas. La subzona de preservación (Cerro Blanco) tiene una superficie de 3,327 ha, donde se aplica una protección total. En el resto se subzonas se desarrollan actividades agrosilvopastoriles reguladas y privilegiando la conservación de los ecosistemas (Figura 1; Halffter, 1984; SEMARNAT, 2024;).

Biogeográficamente estos los bosques de la RBLM se encuentran inmersos en la denominada Zona de Transición Mexicana, que es una zona en donde se encuentran y mezclan la flora y fauna Neárticas y Neotropicales (Morrone, 2019; Cuervo-Robayo *et al.*, 2020). La zona tiene una variación altitudinal que va de los 2000 a los 3000 msnm. El clima al norte de la RBLM es templado semi-seco (BS1k) y en el resto de la RBLM domina el clima templado sub-húmedo (Cw; García, 2004). La temperatura promedio anual es de 12°C, con variaciones promedio mensuales que

van desde los 2°C (en invierno) hasta los 22°C (en verano). La precipitación promedio anual fluctúa entre 600 y 900 mm, con lluvias desde fines de mayo hasta septiembre; de octubre a enero las lluvias y nevadas son ocasionales, y la época seca se presenta de febrero a mediados de mayo (Gadsen y Reyes-Castillo, 1991).

La vegetación de la RBLM es representativa de un Bosque Mixto Templado, ya que se presentan cinco de los tipos de vegetación: bosque de coníferas, bosque de *Quercus*, pastizal, matorral xerófilo y vegetación acuática, siendo los dos primeros los dominantes por la superficie que ocupan (González-Elizondo *et al.*, 1993), donde las especies de táscate (*Juniperus deppeana*) y manzanita (*Arctostaphylos pungens*) son abundantes y ampliamente distribuidas en la región, formando bosque abiertos de táscate y matorrales de manzanita (Gadsen y Reyes-Castillo, 1991; González-Elizondo *et al.*, 1993).

La presencia humana es baja, sobre todo en la parte poniente de la RBLM, donde los principales núcleos poblacionales son rancherías o pequeñas propiedades con escasos números de habitantes, mientras que en la oriental se encuentran dos ejidos San Juan de Michis y El Alemán (Gadsen y Reyes-Castillo, 1991). Las principales actividades productivas en el área de amortiguación son la ganadería extensiva o de libre pastoreo y en pequeña escala la agricultura de temporal; siendo el maíz, el frijol, calabaza y la avena los cultivos principales, también se desarrolla la extracción de leña, aprovechamiento forestal y cacería de guajolote silvestre y venado cola blanca, por medio de programas autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2006, 2008).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la zona de estudio y los centros de población o localidades presentes en la Reserva de la Biosfera La Michilía (RBLM), Durango, México.

## 6.2 Diseño de muestreo.

### 6.2.1 Estaciones Experimentales de Consumo (EEC) de frutos/semillas

#### (Trampas de cebo).

Se establecieron experimentos de campo denominados Estaciones Experimentales de Consumo (EEC) de semillas marcadas, con el propósito de obtener datos sobre las distancias de dispersión de semillas de excretas de zorra gris y coyote. Cada EEC estuvo conformada por un recipiente conteniendo los cebos marcados (a manera de comedero), colocado en un punto conocido y georreferenciado dentro de las zonas de estudio, esto con el fin de simular la planta madre, ya sea táscate

(*Juniperus deppeana*) o manzanita (*Arctostaphylos pungens*), especies que representan un alto porcentaje del consumo de frutos y semillas para estos carnívoros (Servín y Huxley, 1991; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a).

En cada estación se ofrecieron a los organismos 1,500 semillas experimentales (cuentas plásticas de color), por cada día que se desarrolló un evento experimental. Las semillas experimentales, se integraron como parte de un cebo elaborado con carne molida de res (30 g) en forma de albóndiga, en la cual se incrustaron 150 semillas experimentales, además de sardina que, por su aroma, ayudó para atraer a los carnívoros a las distintas EEC o puntos de ofrecimiento.

En cada ECC se georrefenció el punto exacto de consumo, mediante un dispositivo GPS portátil (Garmin modelo e-trex 30). Este punto se comparó posteriormente con los sitios de deposición (sitio en que se encuentra la excreta, se recolecta y es georreferenciada) de las heces que contuvieron las señales plásticas (Varela y Bucher, 2006; Koike *et al.*, 2011; González-Varo *et al.*, 2013). Así mismo, en cada EEC se colocó un dispositivo no invasivo de registro remoto, cámara trampa (Cuddeback™, modelos C y E, y Bushnell Trophy HD), programadas para obtener tres fotografías y un video de 30 segundos, de todas las especies que visitaron y consumieron el cebo. Las estaciones de monitoreo estuvieron activas alrededor de 7 días, durante 24 horas en cada sitio del experimento, realizándose un recebo cada 36 horas para incrementar la probabilidad de consumo e ingesta de las semillas artificiales para su posterior localización.

Las EEC se instalaron durante los periodos de primavera, verano, otoño e invierno, coincidiendo con las épocas de mayor consumo de frutos: verano (agosto) y otoño (noviembre), y de menor consumo: invierno (marzo) y primavera (mayo) (Servín y Huxley, 1991). Cada una de las EEC estuvo separada al menos un kilómetro entre sí para disminuir la probabilidad de que los cebos fueran consumidos por los mismos individuos de cada especie. Para esto consideró el tamaño del ámbito hogareño y movimientos del coyote y la zorra gris que han sido estimadas en la zona de estudio y que presentan tamaños promedios de ámbito hogareño de 1.35 km<sup>2</sup> para la zorra gris (Servín *et al.*, 2014; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a) y 6.1 km<sup>2</sup> para el coyote (Servín y Huxley, 1995; Servín *et al.*, 2003; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021b).

Para reunir una muestra significativa. Se colocaron al menos seis estaciones de monitoreo durante siete días en dos localidades: “El ejido San Juan de Michis” y “La Peña”, sitios en la zona de amortiguación de la RBLM que presentan diferentes altitudes, distintos mosaicos de vegetación y distintos grados de manejo y conservación de los bosques templados de la zona.

Para obtener las coordenadas geográficas de los sitios de deposición, se realizó la búsqueda intensiva de excretas durante los días posteriores a la colocación de las estaciones, por medio de recorridos a pie y apoyados por vehículos todo terreno (Camioneta 4x4 y ATV 4x4) por brechas y senderos en un espacio de 7 km alrededor de las EEC, que frecuentemente son utilizados por especies de carnívoros y en donde es más fácil la localización de excretas. Las excretas son depuestas por estas especies

preferentemente sobre caminos y veredas, lo que las hace relativamente fácil de localizar (Servín y Huxley, 1991; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a).

Las heces recuperadas que contenían cuentas plásticas fueron medidas, georreferenciadas y asignadas en campo a la especie perteneciente por medio de guías especializadas y tomando en cuenta algunos aspectos como su coloración, forma, tamaño y diámetro más ancho (Servín y Huxley, 1991; Aranda, 2012; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a).

De cada excreta se tomó  $\approx 1$  g y se depositó en un tubo Eppendorf con alcohol etílico al 96%, se le asignó un número de identificación (ID) y se mantuvo en refrigeración. Estas muestras posteriormente se utilizaron para determinar el sexo del individuo que la depuso por medio de la cuantificación de hormonas esteroideas sexuales (Soto *et al.*, 2004; Barja *et al.*, 2006; Escobar-Flores *et al.*, 2019). El resto de las muestras de excretas recuperadas se secaron en una incubadora (Felisa FE-131) a 60°C y se analizaron por medio de la disgregación manual para obtener las semillas artificiales y determinar la estación de procedencia de acuerdo con la coloración.

### **6.3 Trabajo de laboratorio.**

#### **6.3.1 Determinación de pertenencia de las muestras.**

Todas las heces colectadas en campo fueron identificadas con base en su diámetro máximo y con ayuda de guías de identificación (Aranda, 2012). Con los datos colectados de las excretas, se realizó la estadística descriptiva y se construyó un histograma de frecuencias para determinar la distribución muestral de los tamaños de diámetros de las excretas de cada una de las especies. Para evitar errores, las

excretas que se traslaparon en la medida de sus diámetros se excluyeron de la muestra para tener mayor confianza en la asignación (Servín y Huxley, 1991).

### **6.3.2 Distancias de dispersión.**

La información correspondiente a las distancias de dispersión fue capturada en una base de datos. Los datos recopilados incluyeron los correspondientes a: i) las EEC; que incluyeron fecha, hora, temporada, coordenadas geográficas, tipo de vegetación presente y color de las semillas artificiales ofrecidas en cada sitio; y ii) coordenadas geográficas en donde se encontraron las deposiciones con semillas artificiales.

Para cada especie, se midió la distancia en línea recta (distancia euclidiana) entre las EEC y el sitio de deposición de la excreta marcada. Para ello se trazaron en un mapa las geoposiciones de las EEC, indicando las coloraciones de las semillas artificiales ofrecidas y por otra parte se integraron las coordenadas de las excretas marcadas recolectadas. Esto se realizó utilizando el programa QGIS (V. 3.30) y las herramientas de análisis de datos vectoriales para calcular la distancia euclidiana entre los puntos, trazando líneas rectas entre las coordenadas de las EEC y las deposiciones.

Para obtener medidas que consideraran el relieve del paisaje, se calculó la distancia topográfica, considerando la elevación y depresiones del terreno. Este análisis se realizó utilizando los datos obtenidos de un Modelo Digital de Elevación (MDE) generado por la misión SRTM (U.S. Geological Survey, 2015). La interpolación de los datos del MDE a las distancias euclidianas se realizó mediante el programa

ArcGis Desktop Versión 10.8 (Esri, 2020). A partir de un proceso de interpolación al modelo, se extrajeron los datos de elevación para cada punto y para las trayectorias de desplazamiento de los animales, lo que permitió calcular la coordenada Z (altitud) y, con ello, realizar el cálculo de distancias topográficas (González-Varo *et al.*, 2013). Se calcularon las distancias medias, mínimas y máximas, así como el promedio, varianza y desviación estándar. Cada evento fue clasificado según su longitud de dispersión; es decir, se denominaron Eventos de Dispersión a Larga Distancia (EDLD) cuando fueron superiores a 1000 m, o a Corta Distancia (EDCD), cuando fueron menores de 1000 m de acuerdo con la literatura consultada (Cain *et al.*, 2000; Vittoz y Engler, 2007; Nathan *et al.*, 2008).

### **6.3.3 Tasa de visita a las EEC.**

El análisis de los registros fotográficos consistió en seleccionar las imágenes que tuvieron registros de las especies que visitaron las EEC. La selección de las imágenes se realizó de manera sistemática, organizando las fotografías en carpetas según su ubicación, lo que facilitó su posterior clasificación y análisis. Este procedimiento se realizó para todas las especies que se observaron en las fotografías. Posteriormente, se seleccionaron únicamente las fotografías correspondientes a las especies de interés de este estudio: el coyote y zorra gris. Este procedimiento se realizó para todas las cámaras en las EEC y todas las temporadas del año. Se utilizó el programa Digikam versión 8.3.0 (digiKam Team, 2024), para editar los metadatos y etiquetar las fotografías mediante la asignación de la especie o especies fotografiadas, el número de individuos observados y aspectos relevantes del comportamiento o interacciones observadas.

Las fotografías etiquetadas fueron analizadas posteriormente mediante el paquete camtrapR: an R package for efficient camera trap data management (Niedballa *et al.*,2016) escrito en lenguaje de programación R (versión 4.3.3; R Core Team 2024). Se obtuvo la base de datos con los registros independientes (> 60 min; Zimmermann *et al.*,2016) para cada especie por cámara y temporada, así como el tiempo en el que estuvo activa cada cámara (esfuerzo de muestreo).

Se calculó la frecuencia o tasa de visita de las especies para cada uno de los sitios de monitoreo en donde estuvieron las EEC, utilizando la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ visita_{ij} = \frac{n}{Esfuerzo} \times 100$$

en donde: n representa el número de visitas independientes para cada i especie en cada punto j (bebedero, árbol, sitio, u algún otro), el Esfuerzo representa el número de días que se mantuvo activa la cámara trampa y 100 corresponde al coeficiente de corrección para hacer la tasa comparable con otras (Mandujano y Pérez-Solano, 2019).

Los resultados de la tasa de visita proporcionan una herramienta cuantitativa que se puede utilizar para comparar estos patrones entre las diferentes zonas u otras regiones de interés.

#### **6.3.4 Determinación del sexo a partir del contenido de hormonas esteroides sexuales.**

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de Ecofisiología Animal y Cambio Climático del Departamento de Biología de la Reproducción de la División

de Ciencias Biológicas y de la Salud (DCBS), UAM-Iztapalapa. Para determinar el sexo de la especie que produjo la deposición de cada uno de los excrementos que contenían las cuentas plásticas de color (“semillas artificiales”), se realizó la cuantificación de la concentración de hormonas esteroides sexuales (HES): progesterona (P4), testosterona (T) y estradiol (E2) (Salame-Méndez *et al.*, 2024). Para esto, se tomó en campo una porción fresca ( $\approx 1$  g) de cada una de las excretas y se depositó en un tubo Eppendorf de 1.5 ml con etanol al 96%. Estas muestras se mantuvieron en refrigeración a 4°C para evitar la evaporación del etanol durante su almacenamiento (Soto *et al.*, 2004 y Salame-Méndez *et al.*, 2024).

El procedimiento de cuantificación de P4, T y E2 en las heces con “semillas artificiales” se realizó con algunas modificaciones a partir de lo descrito por Soto *et al.* (2004). Cada muestra fecal se pesó en una balanza analítica (Adventurer, Ohaus, Parsippani, NJ, EE. UU.) para obtener el peso húmedo de la muestra fecal a partir de restar el peso promedio de tubos Eppendorf del mismo modelo. El peso así obtenido de la muestra fecal húmeda se utilizó para calcular la concentración de las HES.

Para cada se extrajo una alícuota que se transfirió a otro tubo al cual se le agregó un volumen conocido de etanol (v/v 1:20), y de esta dilución se realizó la cuantificación de P4, T y E2, utilizando kits comerciales (DRG Instruments GmbH, Alemania), a partir de la técnica de ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA). Las valoraciones de cada hormona esteroide sexual se hizo a partir del protocolo descrito por el fabricante en cada kit. La concentración de cada HES se

realizó con un espectrofotocolorímetro (Microplate Reader, MR 600, Dynatech Product®), expresando el resultado final en ng/g.

### **6.3.5 Asignación de sexo.**

A partir de los resultados obtenidos de las concentraciones de HES, se realizó un análisis de agrupamiento (clúster), utilizando el método de K-medias (Barja *et al.*, 2006; Palacio *et al.*, 2020) para agrupar las concentraciones de hormonas esteroides sexuales utilizando la relación de: progesterona + testosterona, y progesterona + testosterona + estradiol; a partir de considerar los valores de las tres HES, para la asignación de sexo del individuo. Se consideraron deposiciones de macho cuando la suma de las tres HES fue mayor y deposiciones de hembras cuando esta suma de concentraciones fue menor (Soto *et al.*, 2004; Barja *et al.*, 2006; Escobar-Flores *et al.*, 2019). Luego de obtener el dendograma de los grupos mediante el método de K-medias, se realizó la prueba de U de Mann-Whitney para determinar si, existieron diferencias significativas (Sokal y Rohlf, 1986; Zar, 1999); al encontrarse diferencias significativas entre los grupos entonces, se asignó el sexo del individuo que depuso la excreta con las “semillas artificiales”.

## **7. RESULTADOS.**

### **7.1 Estaciones experimentales de consumo (EEC).**

Se llevaron a cabo 26 experimentos de campo conformando 12 EEC (Figura 2), en seis sitios con características diferentes, tres en áreas de arbustos de manzanita

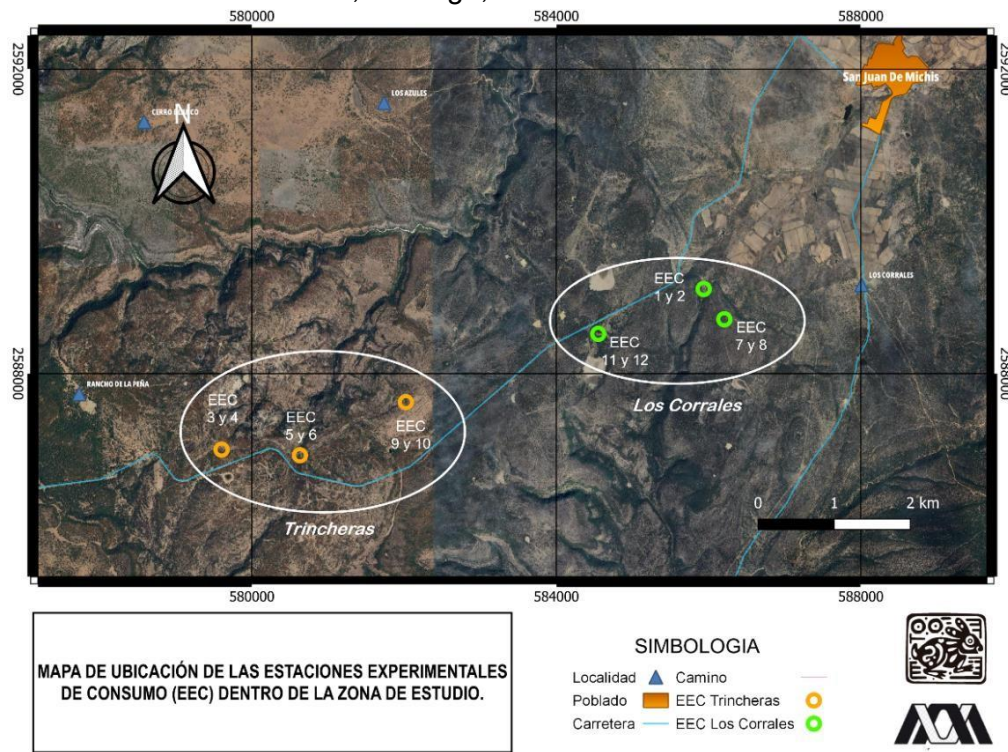
(*Arctostaphylos pungens*) y tres en bosque de táscate (*Juniperus deppeana*), abarcando las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno (Tabla 1).

En total, se ofrecieron 144,000 semillas artificiales (36,000 semillas por temporada). Se usaron 960 bolas de carne molida de 30 g cada una, lo que sumó un total de 28 kg de carne ofrecida. Se realizaron dos experimentos piloto en la zona de estudio, en los que se instalaron dos cámaras trampa con el objetivo de determinar las distancias apropiadas entre estaciones, la cantidad de semillas a ofrecer en cada experimento y el tiempo adecuado entre cada recebo. A partir de estos experimentos se determinaron las características de las Estaciones Experimentales de Consumo (EEC), que se mantuvieron en la misma ubicación durante todo el periodo de muestreo.

En la Tabla 1 se resumen las características principales de las EEC, las cuales se realizaron en 6 sitios diferentes. Estos experimentos se llevaron a cabo durante las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno. En total, se ofrecieron 144.000 semillas artificiales, es decir, 36.000 semillas por temporada. Estas fueron insertadas

en 960 bolas de carne molida de 30 g cada una, lo que sumó un total de 28 kg de carne ofrecida.

**Figura 2.** Ubicación de las Estaciones Experimentales de Consumo (EEC) dentro de la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.



**Tabla 1.** Información de las EEC que simularon la ubicación de un árbol y donde se ofrecieron las semillas artificiales con un código de color distinto para cada zona.

Información Estaciones Experimentales de Consumo (EEC)							
# EEC	Zona	Cámaras ID	Coloración de semillas artificiales	Periodo Estacional	Tipo de vegetación	Coordenadas Medias	
						X	Y
1	Trincheras	1	Azul Rey	Primavera	MM – BE	577460	2588468
2	Trincheras	2	Naranja	Primavera	MM -BE	579196	2587726
3	Trincheras	3,4	Rosa Pastel	Otoño	MM	579602	2587003
4	Trincheras	5,6	Rojo	Otoño	MM	580631	2586928

5	Trincheras	9,10	Azul Perla	Otoño	MM – BJ	582023	2587626
6	Los Corrales	11,12	Verde	Otoño	BJ	584550	2588523
7	Los Corrales	1,2	Azul Cielo	Otoño	BJ	585935	2589112
8	Los Corrales	7,8	Oro	Otoño	MM	586205	2588714
9	Trincheras	3,4	Coral	Invierno	MM	579602	2587003
10	Trincheras	5,6	Amarillo	Invierno	MM	580631	2586928
11	Trincheras	9,10	Blanco	Invierno	MM – BJ	582023	2587626
12	Los Corrales	11,12	Plateado	Invierno	BJ	584550	2588523
13	Los Corrales	1,2	Tornasol	Invierno	BJ	585935	2589112
14	Los Corrales	7,8	Rosa Oscuro	Invierno	MM	586205	2588714
15	Trincheras	3,4	Blanco Brillante	Primavera	MM	579602	2587003
16	Trincheras	5,6	Dorado Metálico	Primavera	MM	580631	2586928
17	Trincheras	9,10	Café	Primavera	MM - BJ	582023	2587626
18	Los Corrales	11,12	Negro	Primavera	BJ	584550	2588523
19	Los Corrales	1,2	Verde Limón	Primavera	BJ	585935	2589112
20	Los Corrales	7,8	Morado	Primavera	MM	586205	2588714
21	Trincheras	3,4	Azul Aqua	Verano	MM	579602	2587003
21	Trincheras	5,6	Vino	Verano	MM	580631	2586928
23	Trincheras	9,10	Multicolor	Verano	MM – BJ	582023	2587626
24	Los Corrales	11,12	Jade	Verano	BJ	584550	2588523
25	Los Corrales	1,2	Plomo	Verano	BJ	585935	2589112
26	Los Corrales	7,8	Naranja Metálico	Verano	MM	586205	2588714

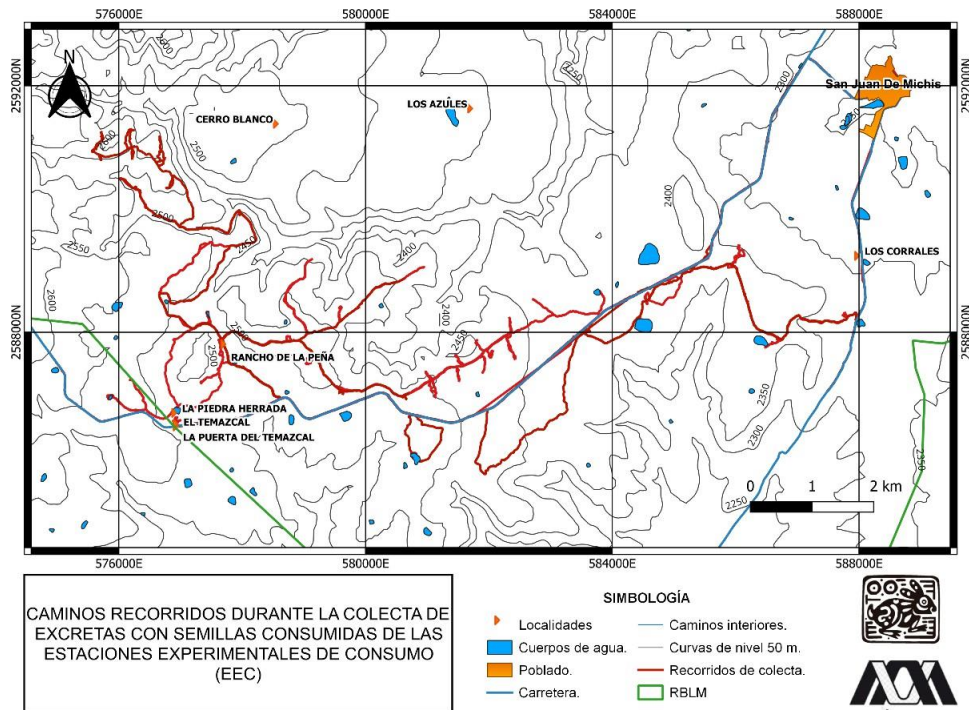
\*Matorral de Manzanita (MM)

\*Bosque Juniperus (BJ)

\*Bosque Encino (BE)

## 7.2 Excretas colectadas.

Se recorrieron en total 2,160 km donde se revisaron caminos y brechas; en promedio 540 km por temporada (Figura 3), de donde se recolectaron un total de 1,861 excretas, de las cuales 1,278 se asignaron a coyote (68.67%) y 583 (31.33%) fueron asignadas a zorra gris (Figura 4).



**Figura 3.** Caminos, brechas y senderos recorridos para la colecta de excretas con semillas artificiales dentro de los Bosques Templados de la Sierra Madre Occidental, Durango.



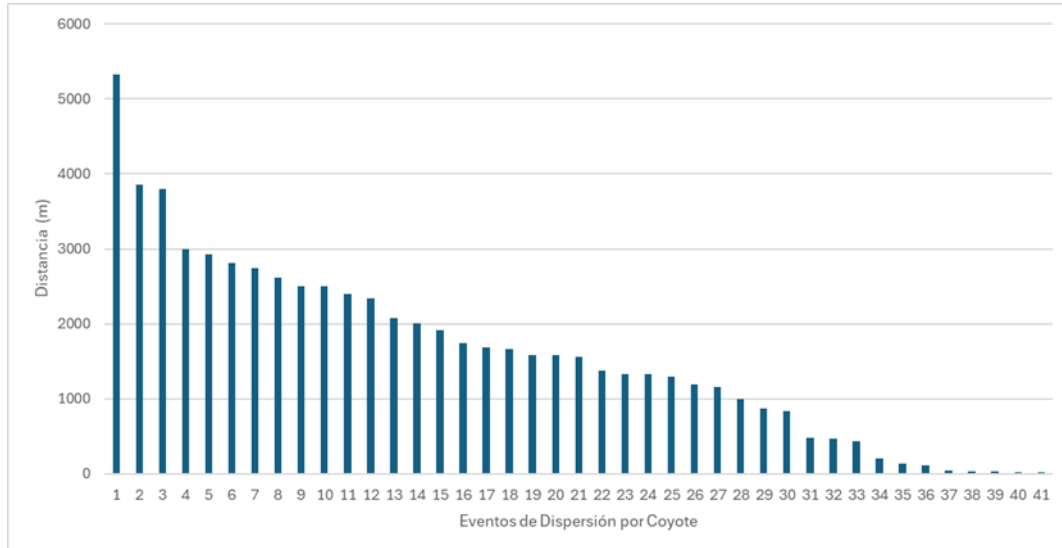
**Figura 4.** Se muestran excretas recuperadas conteniendo semillas artificiales (cuentas de colores) pertenecientes a EEC con distintas coloraciones.

### **7.3 Distancias de dispersión.**

De las 960 bolas de cebo ofrecidas en los EEC, se recuperaron un total de 34 excretas con semillas artificiales (3.54%) De las excretas recuperadas, 31 pertenecieron a coyote y 3 a zorra gris. En total se calcularon un total de 44 distancias de dispersión: 41 correspondieron a coyote y 3 a zorra gris. Los coyotes registraron 27 eventos de dispersión a larga distancia (65.8%) y 14 eventos de dispersión a corta distancia (34.15%). La zorra gris presentó 3 eventos de dispersión, todos de corta distancia (Tabla 2).

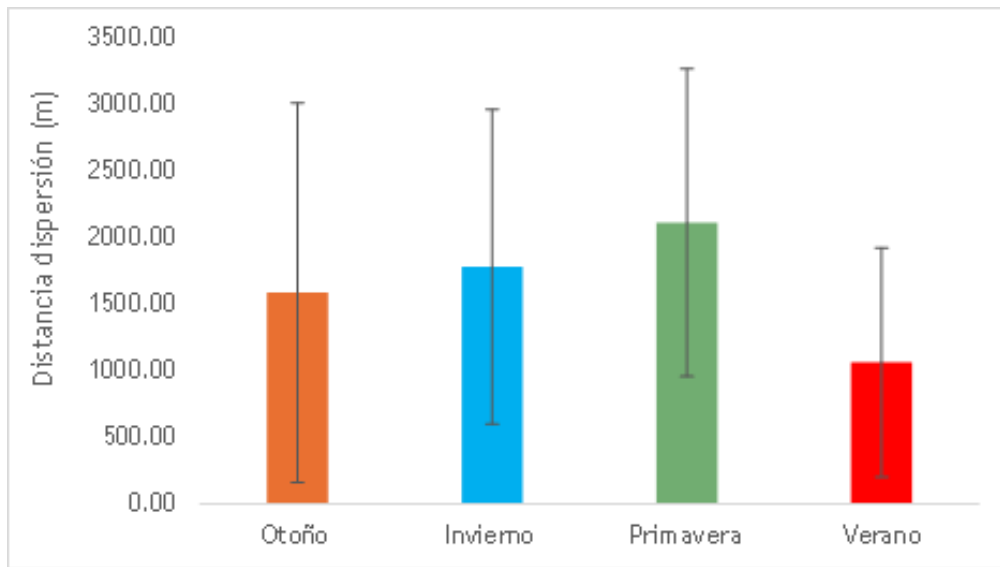
De manera anual, en la Figura 5, se muestran las distancias de dispersión de semillas por los coyotes. La distancia de dispersión promedio obtenida para coyote fue

1585.07 m  $\pm$  1217.70 (rango = 21–5,318 m). Mientras que, las distancia promedio encontrada para la zorra gris fue 236  $\pm$  194.77 (rango = 52–440 m; Tabla 2).

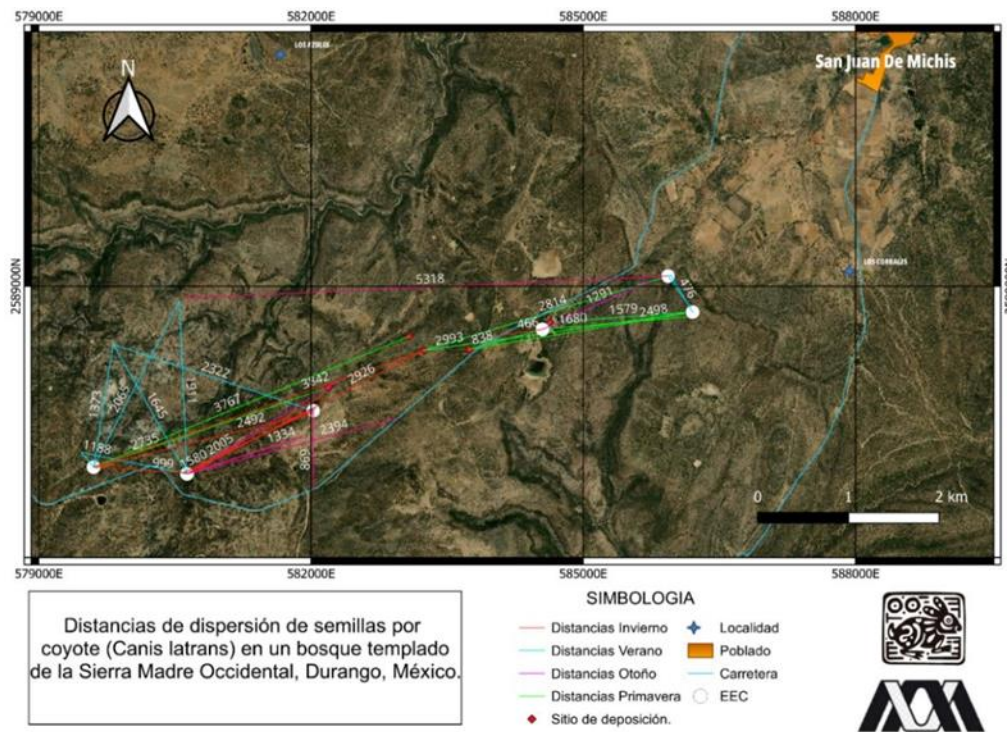


**Figura 5.** Eventos de distancia de dispersión de semillas para el Coyote (*Canis latrans*) a lo largo de un año de estudio en la RB La Michilía, Durango, México.

Las distancias de dispersión estacional se muestran en la Figura 6. Donde se destaca que fueron mayores en la temporada de primavera 2,119.44  $\pm$ 158.92 m y menores en la temporada de verano 1,066.72  $\pm$ 863.79 m (U = 22, p = 0.040). En las temporadas de otoño 1,591.81  $\pm$  1430.95 m e invierno 1,787.30  $\pm$  1185.32 m se presentaron distancias de dispersión promedio similares (U = 45, p = 0.152) (Figura 7).

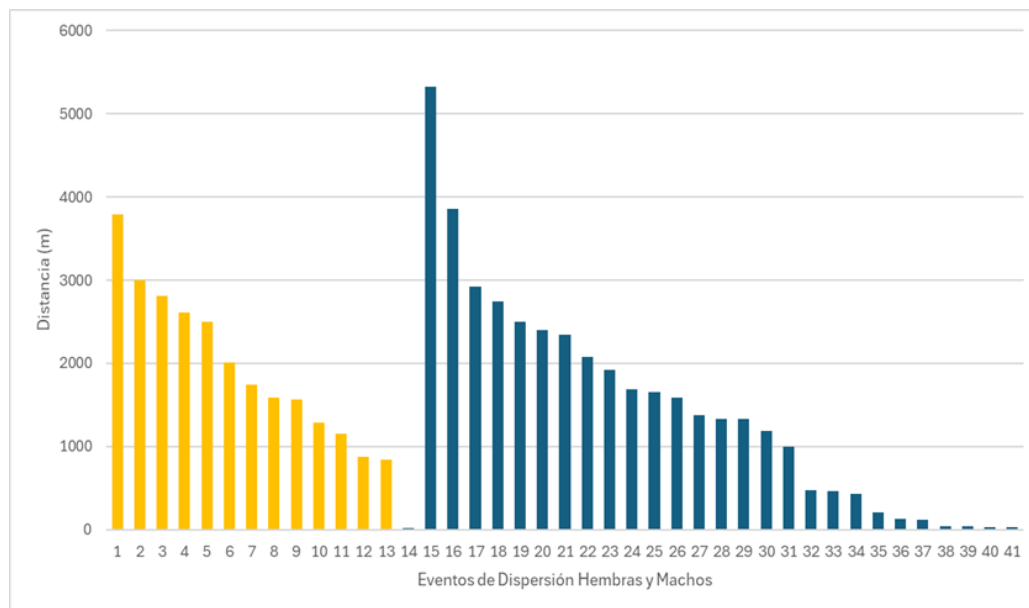


**Figura 6.** Distancias promedio de dispersión de semillas y su desviación estándar para cada temporada estacional en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.



**Figura 7.** Distancias de dispersión de semillas por Coyotes (*Canis latrans*) a lo largo de un año en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

En la Figura 8 se muestran las distancias de semillas dispersadas por coyotes, con un promedio de  $1,841.64 \pm 1,013.37$  m para hembras y de  $1,452.04 \pm 1,309.18$  m para los machos; las diferencias entre las distancias de dispersión no fueron estadísticamente significativas ( $t= 0.97$ ;  $P= 0.34$ )



**Figura 8.** Distancias de dispersión de semillas realizadas por coyotes hembras (amarillo), y coyotes machos (azul) en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

**Tabla 2.** Se muestran las distancias topográficas calculadas de las EEC hasta el sitio de deposición de excretas con semillas artificiales.

DISTANCIAS DE DISPERSIÓN							
Coyote ( <i>Canis latrans</i> )							
ID_ Temporada	EEC	Periodo Estacional	Temporada	Sexo	Diámetro max (mm)	Distancia Topográfica (m)	Tipo de dispersión
472	Azul Perla	Otoño	Húmeda	H	29	*21	EDCD
475	Azul Perla	Otoño	Húmeda	M	32	39	EDCD
341	Azul Perla	Otoño	Húmeda	H	36	869	EDCD
398	Azul Cielo	Otoño	Húmeda	M	27	*5329	EDLD

31	Roja	Otoño	Húmeda	M	Disgregada	133	EDCD
29	Roja	Otoño	Húmeda	M	Disgregada	1334	EDLD
30	Roja	Otoño	Húmeda	M	Disgregada	1334	EDLD
445	Roja	Otoño	Húmeda	H	24	1560	EDLD
413	Roja	Otoño	Húmeda	H	24	2006	EDLD
481	Roja	Otoño	Húmeda	M	21	2395	EDLD
261	Verde	Otoño	Húmeda	H	Disgregada	1291	EDLD
<hr/>							
359	Amarilla	Invierno	Húmeda	M	18.9	*36	EDCD
128	Amarilla	Invierno	Húmeda	H	Disgregada	1743	EDLD
339	Amarilla	Invierno	Húmeda	M	24.4	2927	EDLD
330	Blanca	Invierno	Húmeda	H	24.5	1154	EDLD
128	Blanca	Invierno	Húmeda	H	Disgregada	1581	EDLD
359	Coral	Invierno	Húmeda	M	18.9	999	EDCD
350	Coral	Invierno	Húmeda	M	Disgregada	2500	EDLD
339	Coral	Invierno	Húmeda	M	24.4	*3856	EDLD
282	Plateada	Invierno	Húmeda	M	22.1	466	EDCD
261	Tornasol	Invierno	Húmeda	H	23.6	2611	EDLD
<hr/>							
198	Blanca Brillante	Primavera	Seca	M	28.6	2747	EDLD
4V	Blanca Brillante	Primavera	Seca	H	27.8	*3793	EDLD
373	Morada	Primavera	Seca	M	25.9	1584	EDLD
397	Morada	Primavera	Seca	H	20.9	2503	EDLD
193	Morada	Primavera	Seca	H	24.9	2998	EDLD
373	Negra	Primavera	Seca	M	25.9	*112	EDCD
397	Negra	Primavera	Seca	H	20.9	838	EDCD
354	Negra	Primavera	Seca	M	27.7	1685	EDLD
193	Verde Limón	Primavera	Seca	H	24.9	2815	EDLD
<hr/>							
41	Azul Aqua	Verano	Húmeda	M	19.9	211	EDCD
80	Azul Aqua	Verano	Húmeda	M	Disgregada	1378	EDLD
83	Azul Aqua	Verano	Húmeda	M	19.9	2073	EDLD

42	Chaquira multicolor	Verano	Húmeda	M	16.5	*24	EDCD
41	chaquira vino	Verano	Húmeda	M	19.9	1188	EDLD
80	Multicolor	Verano	Húmeda	M	Disgregada	*2338	EDLD
72	Naranja Metálico	Verano	Húmeda	M	31.6	477	EDCD
72	Plomo	Verano	Húmeda	M	31.6	32	EDCD
107	Plomo	Verano	Húmeda	M	25.9	430	EDCD
80	Vino	Verano	Húmeda	M	Disgregada	1658	EDLD
83	Vino	Verano	Húmeda	M	19.9	1920	EDLD

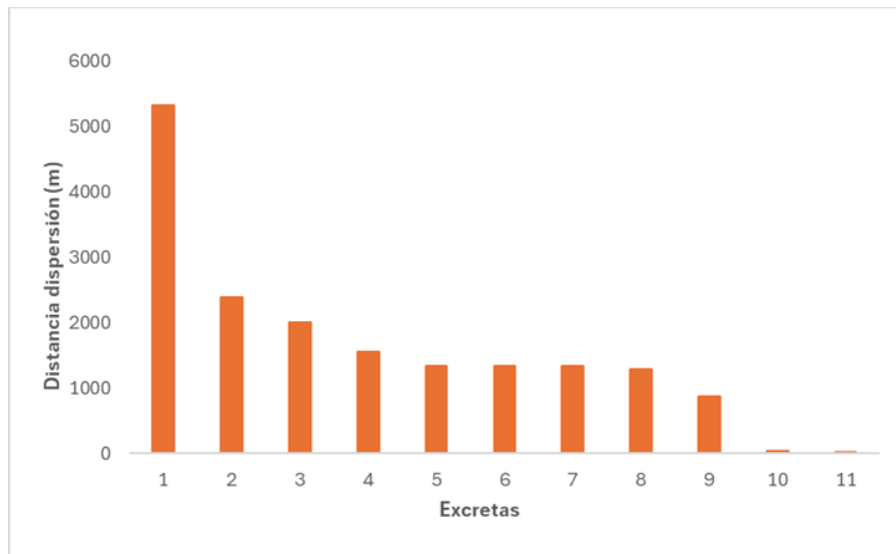
**Zorra gris (*Urocyon cinereoagenteus*)**

196	Azul Rey	Primavera	Seca	H	15.1	216	EDCD
12	Naranja	Primavera	Seca	H	14.9	*440	EDCD
360	Rosa Oscuro	Invierno	Húmeda	M	20.1	52	EDCD

\*Eventos de dispersión a larga distancia (EDLD)

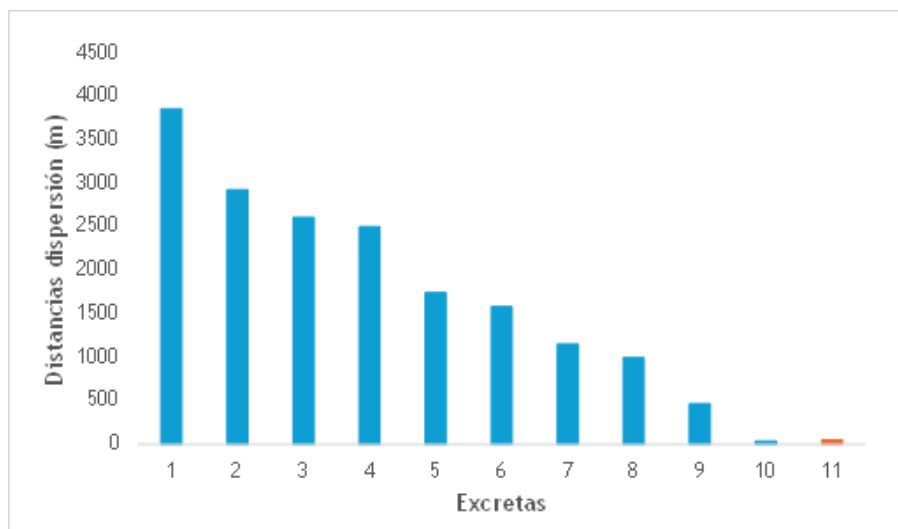
\*Eventos de dispersión a corta distancia (EDCD)

En la temporada de otoño se estimó una distancia máxima de dispersión de semillas por coyotes de 5,329 m, lo que corresponde al valor más alto registrado en esta investigación, así como una distancia mínima de 21 m (n = 11; Tabla 2). En promedio, los coyotes dispersaron semillas a una distancia de  $1,591.81 \pm 1430.95$  m (Figura 9). Por su parte la zorra gris no se logró recolectar ninguna muestra marcada durante esta temporada.



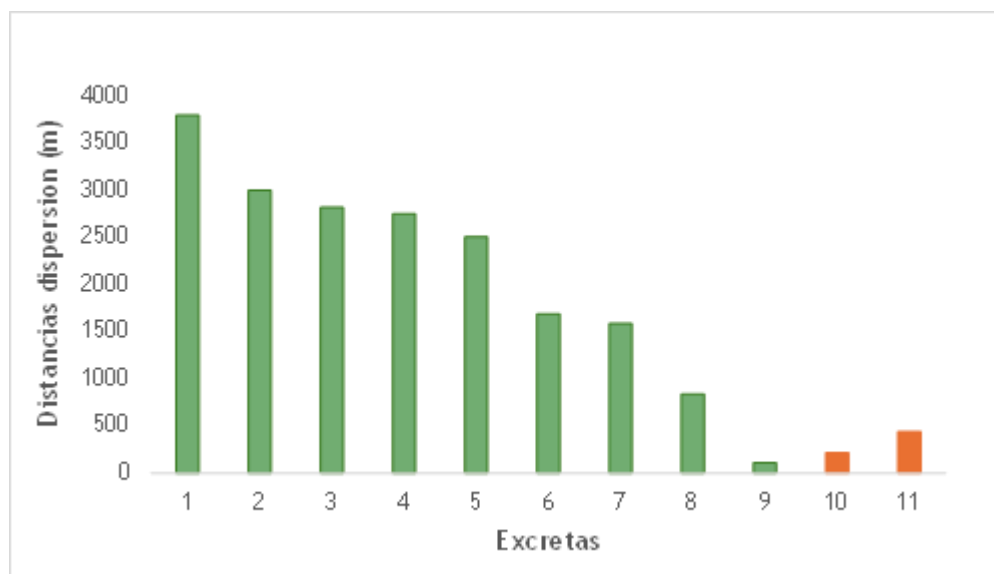
**Figura 9.** Distancias calculadas para cada excreta con semillas artificiales dispersadas por coyotes en la temporada de otoño.

Durante la temporada de invierno las distancias de dispersión máximas para el coyote fueron de 3,856 m y la distancia mínima de 36 m ( $n = 10$ ; Tabla 2). En promedio, los coyotes dispersaron semillas a  $1,787.30 \pm 1185.32$  m (Figura 10). Mientras que se obtuvo un dato de dispersión de semillas para la zorra gris con una distancia de 52 m.



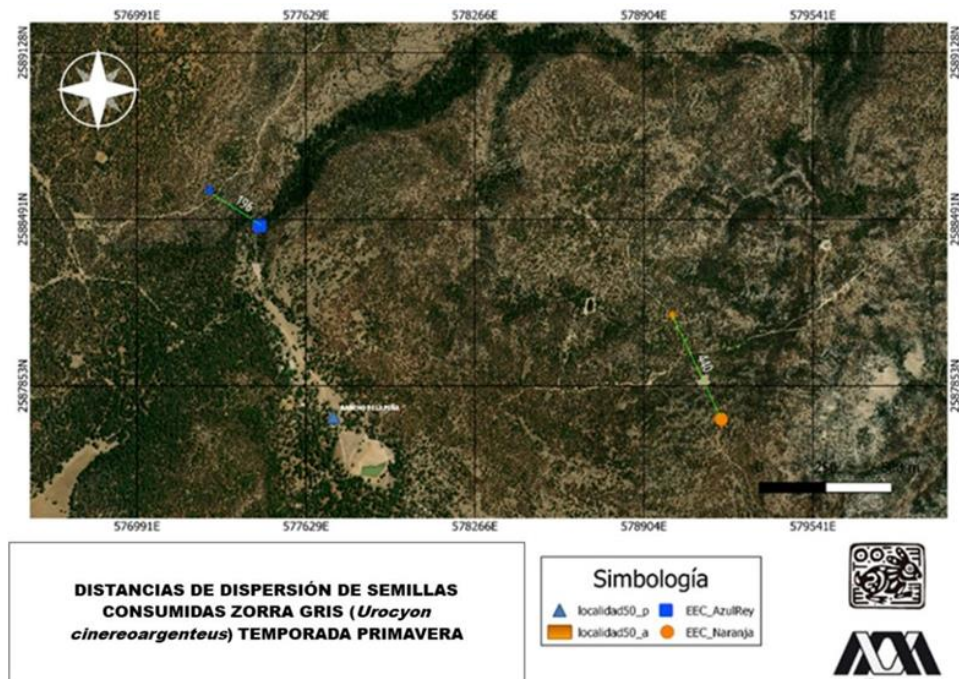
**Figura 10.** Distancias de dispersión de semillas por coyote (azul) y zorra gris (naranja) en la temporada de invierno.

Durante la temporada de primavera se obtuvo una distancia máxima de dispersión de 3,793 m y un valor mínimo de 112 m para las semillas dispersadas por coyotes (n = 9; Tabla 2). El promedio de dispersión para esta temporada fue de  $2,119.44 \pm 1158.92$  m (Figura 11).



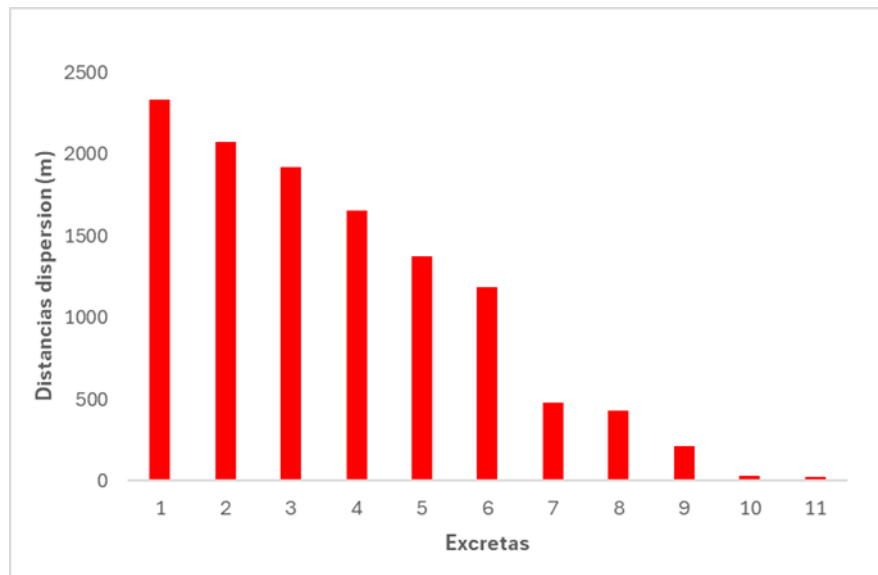
**Figura 11 .** Distancias de semillas dispersadas por coyote (verde) y zorra gris (naranja) en el periodo de primavera.

En el caso de la zorra gris se calcularon dos distancias de dispersión con valores de 196 m y 440 m (Figura 12).



**Figura 12.** Distancias de dispersión para la temporada de primavera desde los sitios de deposición de zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) a las coordenadas medias de las EEC donde fueron consumidas en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango México.

Para la temporada de verano se calculó una distancia máxima de dispersión de 2,338 m y una distancia mínima de 24 m para coyotes ( $n = 11$ ; Tabla 2). En promedio, los coyotes en verano dispersaron semillas a una distancia de  $1,066.72 \pm 863.79$  m (Figura 13).



**Figura 13.** Distancias de dispersión de semillas calculada para cada excreta de coyote en la temporada de verano.

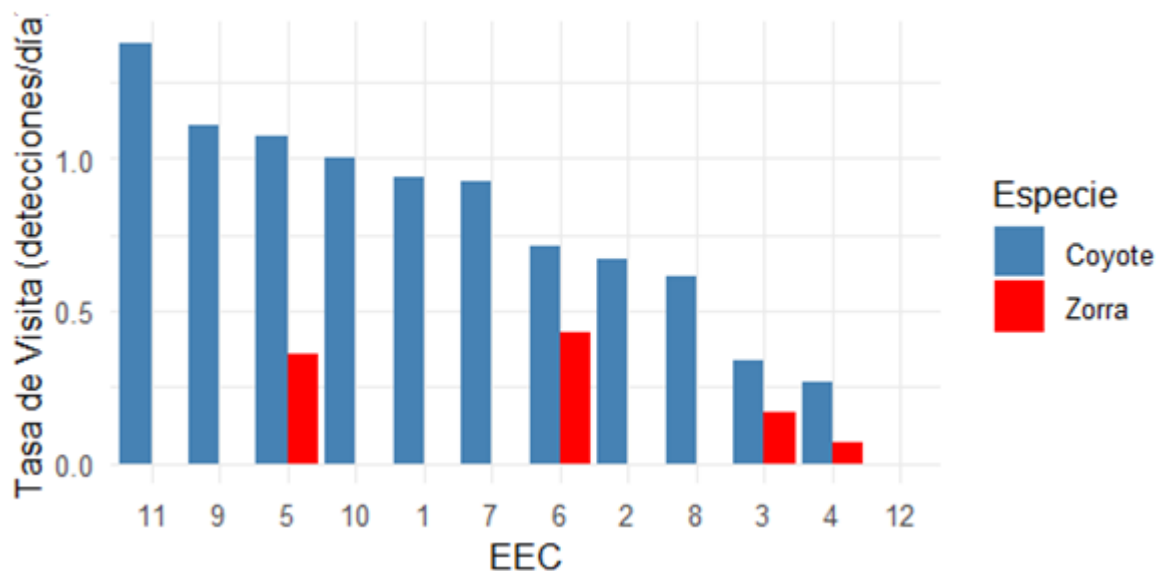
#### 7.4 Tasa de visita EEC

De manera general, se observó que el coyote visitó las 12 EEC a lo largo de todas las temporadas. En contraste la zorra gris, presentó su mayor actividad durante la temporada de invierno, periodo en el que fue registrada en al menos 7 de los 12 EEC (58.33%) que estuvieron activas.

En la temporada de otoño se observó que los coyotes visitaron 11 de las 12 EEC. La mayor tasa de visita fue en la EEC 11 con una tasa de visita de 1.4. Esta estación se encontró dentro del sitio denominado Los Corrales. Mientras que la EEC 12, no tuvo visitas (Tabla 3).

La zorra gris únicamente visitó cuatro estaciones de consumo y estas estaciones pertenecen a sitios dentro de la zona de Trincheras que corresponde a matorral de manzanita (*A. pungens*) y las mayores tasas de visita en esta temporada

fueron en las EEC 6 y 5 respectivamente con una tasa de visita de 0.4; sin tener visitas EEC 12 (Figura 14).



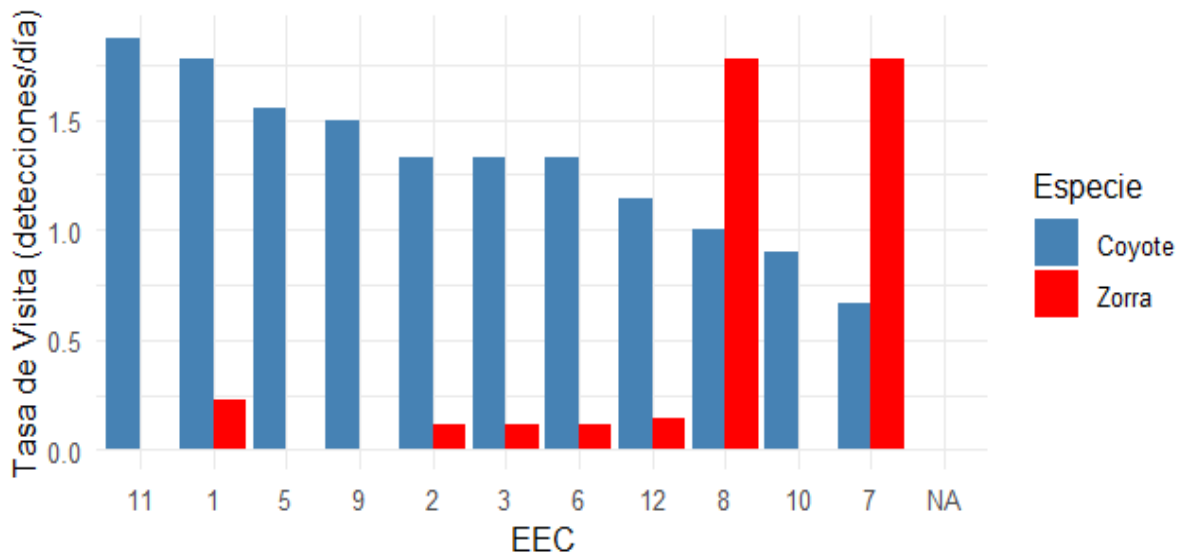
**Figura 14.** Tasa de visita a las EEC para coyote y zorra gris durante la temporada de otoño en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

**Tabla 3.** Datos para el cálculo de las tasas de visita a las EEC para zorra gris y coyote durante la temporada de otoño en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

Otoño						
EEC	Zorra			Coyote		
	Detecciones totales	Esfuerzo total	Tasa de visita	Detecciones totales	Esfuerzo total	Tasa de visita
1	0	16	0.00	15	16	0.94
2	0	15	0.00	10	15	0.66
3	1	6	0.16	2	6	0.66
4	1	15	0.06	4	15	0.26
5	5	14	0.36	15	14	1.07
6	6	14	0.43	10	14	0.71

7	0	13	<b>0.00</b>	12	13	<b>0.92</b>
8	0	13	<b>0.00</b>	8	13	<b>0.61</b>
9	0	9	<b>0.00</b>	10	9	<b>1.11</b>
10	0	9	<b>0.00</b>	9	9	<b>1.00</b>
11	0	8	<b>0.00</b>	11	8	<b>*1.38</b>
12	0	7	<b>0.00</b>	0	7	<b>0.00</b>

Durante la temporada de invierno, se observó que los coyotes visitaron 11 de las 12 EEC, es decir con una proporción de estaciones visitadas de 0.92. La estación 11 fue la que presentó la mayor tasa de visita con 1.9; mientras que, la estación 7 fue la que tuvo la menor tasa de visita con 0.7, ambas dentro de la zona denominada Los Corrales que corresponde a Bosques de Táscate (*Juniperus depeana*) (Tabla 4). Durante esta temporada, la zorra gris visitó 7 de las 11 cámaras colocadas, es decir con una proporción de estaciones visitadas de 0.64. En las cámaras 7 y 8 dentro de la zona de Los Corrales fue la que tuvo las mayores tasas de visita con 1.8, en ambos casos (Figura 15).

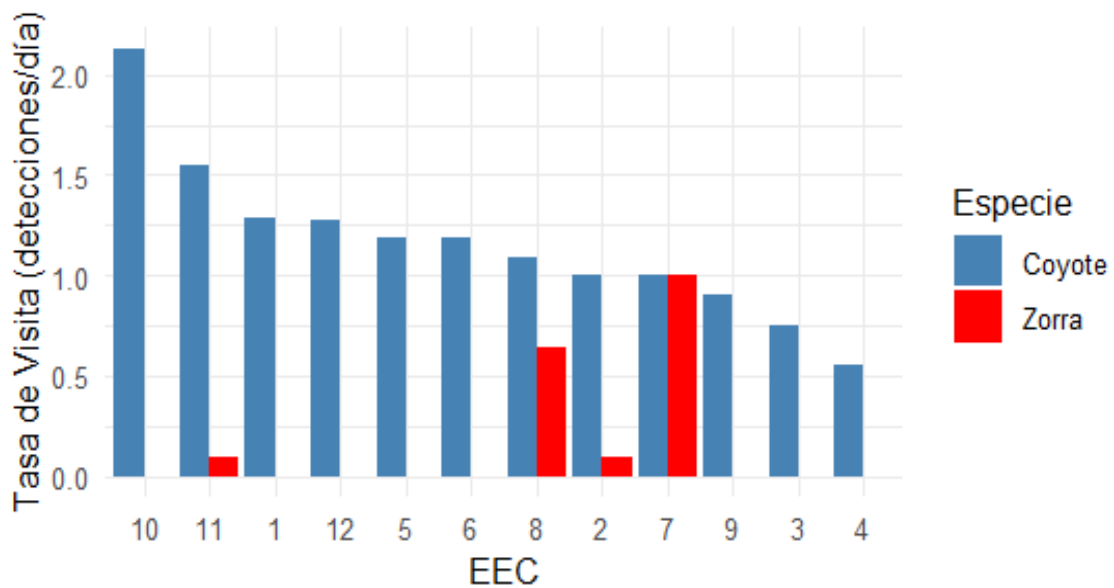


**Figura 15.** Tasa de visita a las EEC para coyote y zorra gris durante la temporada de invierno en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

**Tabla 4.** Datos obtenidos de la tasa de visita a las EEC de coyote y zorra gris durante la temporada de invierno en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

Invierno						
EEC	Zorra			Coyote		
	Detecciones totales	Esfuerzo total	Tasa de visita	Detecciones totales	Esfuerzo total	Tasa de visita
1	2	9	0.22	16	9	1.77
2	1	9	0.11	12	9	1.33
3	1	9	0.11	12	9	1.33
5	0	9	0.00	14	9	1.55
6	1	7	0.14	12	9	1.33
7	16	9	*1.77	6	9	0.66
8	16	9	*1.77	9	9	1.00
9	0	10	0.00	15	10	1.50
10	0	10	0.00	9	10	0.90
11	0	8	0.00	15	8	*1.87
12	1	7	0.14	8	7	1.14

En la temporada de primavera, el coyote realizó visitas en todas las EEC colocadas. La cámara 10 de la zona de Trincheras fue donde presentó el mayor valor de tasas de visitas con 2.1; mientras que, la cámara 4 se tuvo menor tasa de visitas con 0.6 (Tabla 5). La zorra gris durante esta temporada únicamente visitó 4 de los 12 sitios (0.33) (Figura 16), se encontró que la mayor tasa de visita fue de 1.0, en la zona de Trincheras (Tabla 5).



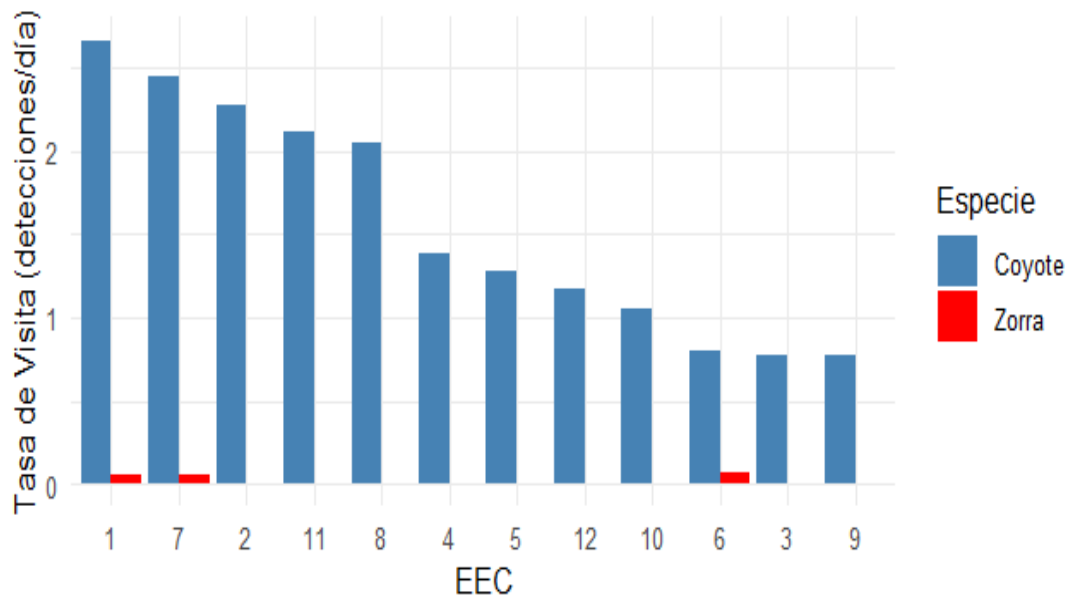
**Figura 16.** Tasa de visita a las EEC para coyotes y zorra gris durante la temporada de primavera en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

**Tabla 5.** Se muestran los datos obtenidos de la tasa de visita a las EEC de coyote y zorra gris durante la temporada de primavera en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

Primavera	
EEC	
	Zorra
	Coyote

	<b>Detecciones totales</b>	<b>Esfuerzo total</b>	<b>Tasa de visita</b>	<b>Detecciones totales</b>	<b>Esfuerzo total</b>	<b>Tasa de visita</b>
1	0	7	<b>0.00</b>	9	7	<b>1.28</b>
2	1	11	<b>0.09</b>	11	11	<b>1.00</b>
3	0	4	<b>0.00</b>	3	4	<b>0.75</b>
4	0	9	<b>0.00</b>	5	9	<b>0.55</b>
5	0	11	<b>0.00</b>	13	11	<b>1.18</b>
6	0	11	<b>0.00</b>	13	11	<b>1.18</b>
7	6	6	<b>*1.00</b>	6	6	<b>1.00</b>
8	7	11	<b>0.63</b>	12	11	<b>1.09</b>
9	0	10	<b>0.00</b>	9	10	<b>0.90</b>
10	0	8	<b>0.00</b>	17	8	<b>*2.12</b>
11	1	11	<b>0.09</b>	17	11	<b>1.54</b>
12	0	11	<b>0.00</b>	14	11	<b>1.27</b>

En la temporada de verano, se pudo notar que el coyote se presentó en todas las EEC (proporción de estaciones visitadas = 1), teniendo tasas de visita superiores a 2.0 en 5 de los 12 sitios (Figura 17). La EEC 1 fue en donde se presentó la mayor tasa de visita por parte del coyote, mientras que las tasas de visita más bajas se presentaron en las EEC 3, 6 y 9 con una tasa de 0.8 en los tres casos (Tabla 6). La zorra gris únicamente visitó 3 de las 12 EEC (0.25) y la mayor tasa de visita se presentó en la estación 6 en la zona de Trincheras con un valor de 1.0.(Figura 16)



**Figura 17.** Tasa de visita a las EEC para coyote y zorra gris durante la temporada de verano en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

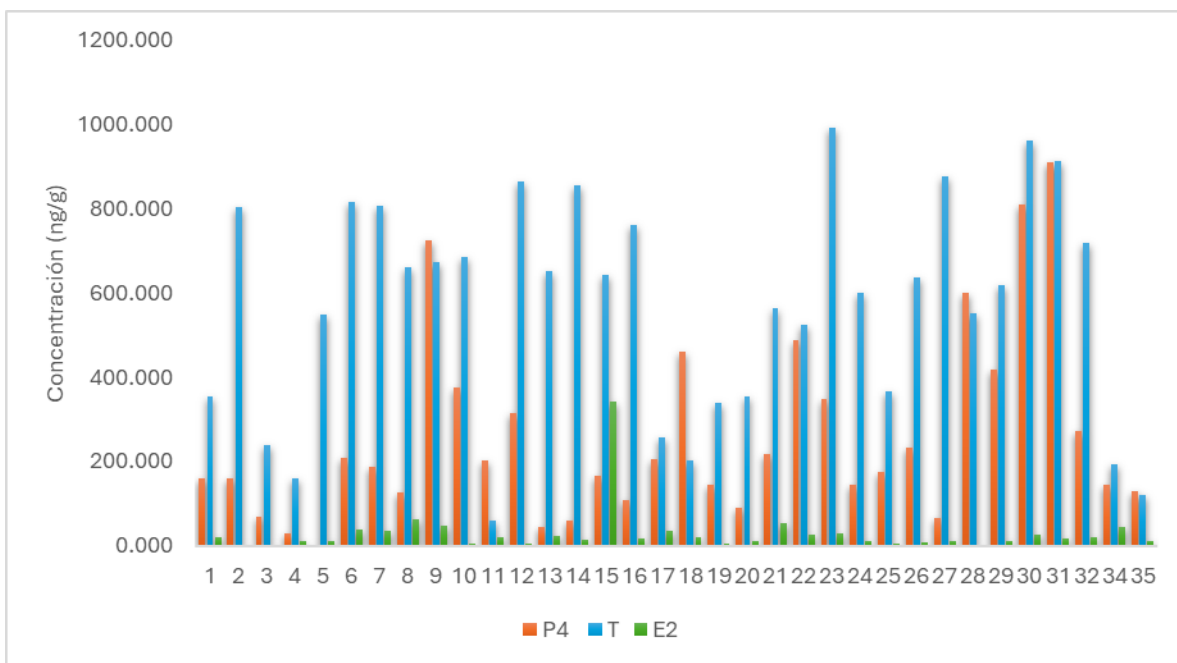
**Tabla 6.** Datos de las tasas de visita a las EEC calculada para coyotes y zorras durante la temporada de verano en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

Verano						
EEC	Zorra			Coyote		
	Detecciones totales	Esfuerzo total	Tasa de visita	Detecciones totales	Esfuerzo total	Tasa de visita
1	1	18	0.05	48	18	*2.66
2	0	18	0.00	41	18	2.27
3	0	18	0.00	14	18	0.77
4	0	18	0.00	25	18	1.38
5	0	18	0.00	23	18	1.27
6	1	15	0.06	12	15	0.80
7	1	18	0.05	44	18	2.44
8	0	18	0.00	37	18	2.05
9	0	18	0.00	14	18	0.77
10	0	18	0.00	19	18	1.05
11	0	18	0.00	38	18	2.11

12	0	18	0.00	21	18	1.16
----	---	----	------	----	----	------

### 7.5 Determinación de sexo por medio de la cuantificación de hormonas esteroides sexuales.

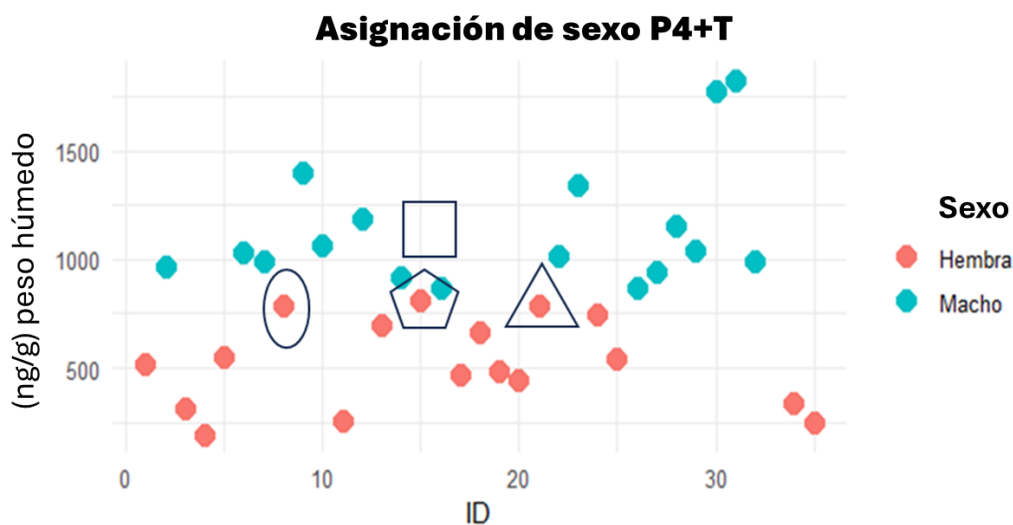
Se analizaron un total de 31 excretas de coyote y 3 de zorra gris, con menos de 24 horas de haber sido depositadas. Los datos de las concentraciones para cada una de las excretas se graficaron (Figura 18) y se realizó una tabla con la información de cada una de las muestras (Anexo 1).



**Figura 18.** Gráfico de las concentraciones de progesterona (P4), testosterona (T) y estradiol (E2) en cada excreta con semillas artificiales de ambas especies de cánidos.

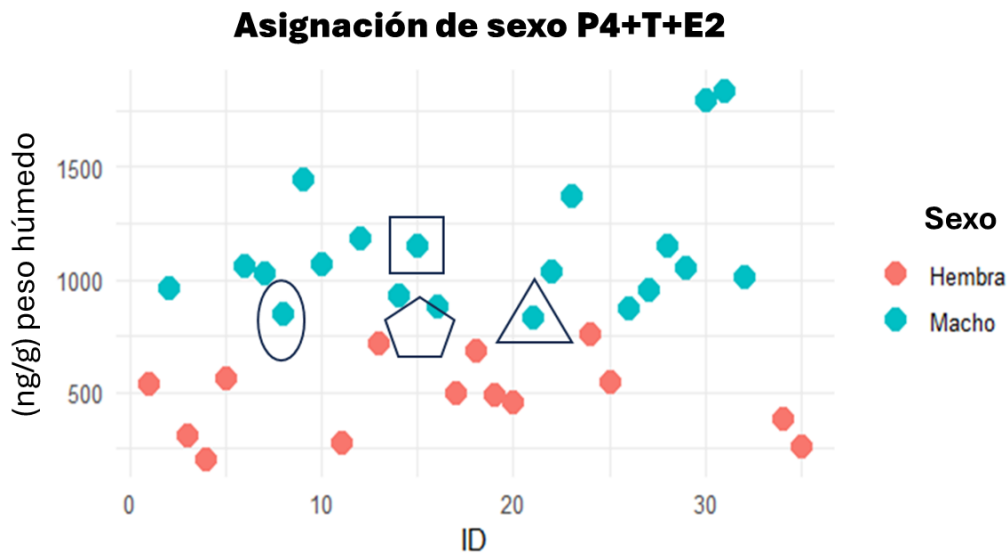
Se calculó la sumatoria de las concentraciones de progesterona y testosterona para las muestras de ambas especies (Figura 18). Los datos de las muestras se agruparon por especie y sexo en: 15 hembras y 16 machos para coyote; y 2 hembras

y 1 macho, en el caso de la zorra gris. Los valores de concentración para las hembras de coyote fueron de 259.39 a 809.40 ng/g P4 + T, mientras que para los machos los valores fueron de 866.86 a 1,826.81 ng/g P4 + T (Figura 19).



**Figura 19.** Análisis de conglomerados de K-medias para asignar el sexo de las excretas de coyote y zorra gris con la suma de las concentraciones de progesterona y testosterona.

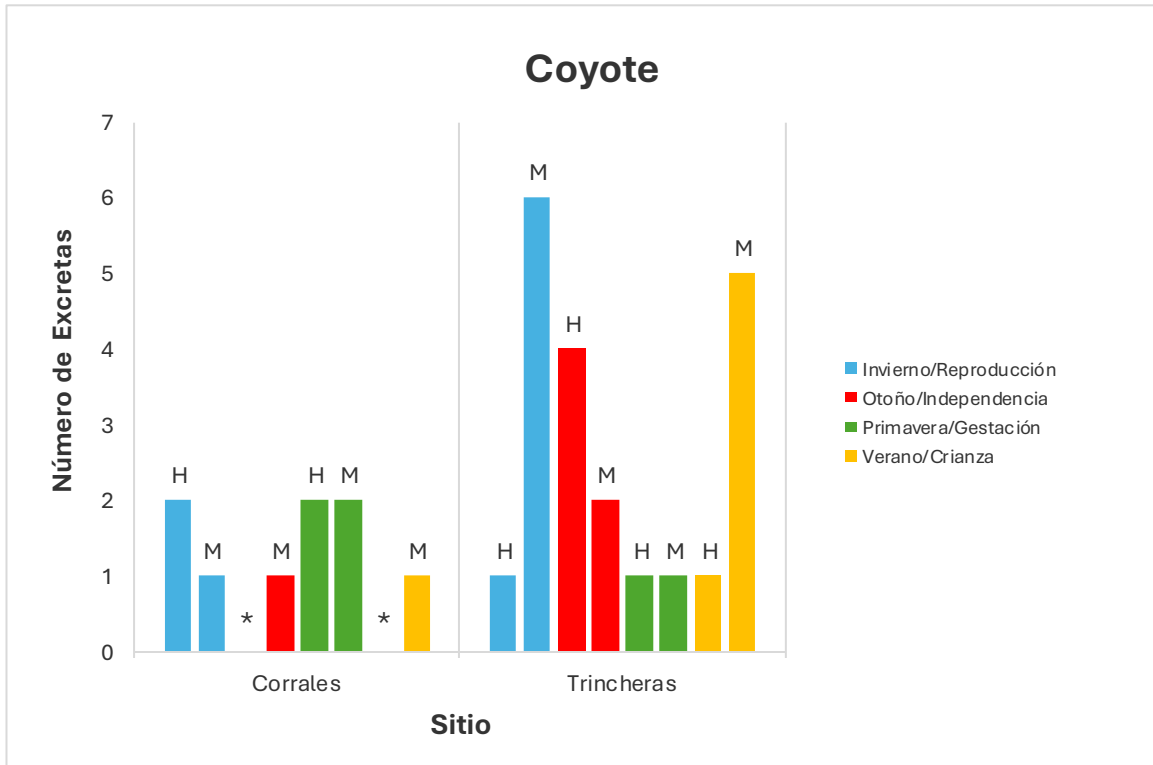
En el caso del análisis de las concentraciones de P4+T+E2 (Figura 20), las muestras de coyote se agruparon en 12 hembras y 19 machos. Mientras que, para el caso de la zorra gris, las muestras se mantuvieron igual, 2 hembras y 1 macho. Las concentraciones para hembras fueron de 200.27 a 757.89 ng/g P4+T+E2, mientras que para los machos fueron de 834.84 a 1,843.34 ng/g P4+T+E2 (Figura 20).



**Figura 20.** Análisis de conglomerado de K-medias para asignar el sexo de las excretas de coyotes y zorras grises con la suma de las concentraciones de progesterona, testosterona y estradiol.

Las muestras de coyote se agruparon de acuerdo con el sexo, el periodo biológico, periodo estacional y el sitio en donde fueron recolectadas. En el sitio denominado Trincheras, se encontraron 21 muestras en total de las cuales 14 pertenecieron a machos y 7 a hembras. Se encontraron muestras de todos los periodos estacionales y para todos los períodos biológicos. En el sitio denominado Los Corrales, se recolectaron en total 9 muestras; 5 pertenecieron a machos y 4 a hembras. En los períodos biológicos de crianza e independencia no se obtuvieron muestras de hembras para este sitio (Figura 21). Además, se integró la información de las distancias de dispersión y se agruparon los datos para determinar si hubo diferencias significativas entre las distancias de dispersión de hembras con respecto a machos. Se realizó una prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, los resultados indicaron

que no existieron diferencias significativas entre la distancia de dispersión por hembras y machos ( $p = 0.26$ ).



**Figura 21.** Distribución de las muestras relacionando el sexo, la zona de colecta, el periodo estacional y el periodo biológico en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México.

## 8. DISCUSIÓN.

### 8.1 Estaciones experimentales de consumo (EEC).

En esta zona de la Sierra Madre Occidental, el coyote y la zorra gris consumen frutos de dos especies vegetales abundantes: *J. deppeana* y *A. pungens* (Servín y Huxley, 1991 Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a; Hernández-Silva, 2022). En zonas con una vegetación similar, se han realizado estudios que demuestran que los coyotes y las zorras son importantes dispersores de

semillas de estas especies y que, inclusive, el paso de las semillas por su tracto digestivo no daña las semillas, sino que les confiere un mayor potencial de germinación (Ruvalcaba-Castillo *et al.*, 2020, 2021).

La dispersión de semillas por endozoocoria en mamíferos se ha reportado y estudiado en múltiples trabajos alrededor del mundo (Howe y Smallwood, 1982; Janzen y Martin, 1982; Van der Pijl, 1982; Schupp, 1993; Clark, 1998; Fedriani y Suárez-Esteban, 2015; Koike y Masaki, 2019). Sin embargo, los trabajos que reportan a los carnívoros como agentes dispersores, son menos numerosos (Alves-Costa y Eterovick, 2007; Fedriani y Delibes, 2005; Guitián y Munilla, 2010; Chakravarthy y Ratnam, 2015; Escribano-Avila, 2019; Kamler *et al.*, 2020 y Draper *et al.*, 2022). Este fenómeno podría atribuirse a la escasez de hábitats naturales extensos propicios para los carnívoros y a la continua desaparición de poblaciones de estas especies en latitudes templadas (Herrera, 1989).

En el caso de México, la información generada hasta el momento nos ha permitido saber cuáles son las especies de frutos que algunos carnívoros consumen, así como su afectación durante el proceso de digestión (Delibes *et al.*, 1986; Servín y Huxley, 1991; Aranda *et al.*, 1995; Villalobos-Escalante *et al.*, 2014; Armenta-Méndez *et al.*, 2020; Orta-López, 2019 y Ruvalcaba-Castillo *et al.*, 2020, 2021). Sin embargo, aún se cuenta con información muy limitada sobre el componente de distancia como factor clave en el proceso de dispersión de semillas, debido a la complejidad de la medición robusta de este tipo de datos (Jordano *et al.*, 2007).

Este estudio representa el primer trabajo que buscó generar información de las distancias de dispersión de semillas por mamíferos carnívoros. Existen un número limitado de trabajos que utilizaron semillas artificiales para determinar las distancias de dispersión (González-Varo *et al.*, 2013; Herrera *et al.*, 2016;). En este trabajo se comprobó que esta es una metodología viable para poder determinar las distancias de dispersión de semillas por carnívoros (González-Varo *et al.*, 2013 y Herrera *et al.*, 2016) en zonas de bosques templados (Mise *et al.*, 2016). Esta técnica, además, resulta accesible en cuanto a costos, ya que otras técnicas como la identificación mediante muestras de ADN implica gastos elevados, aunque puede ofrecer una mayor cantidad de información, como determinar el árbol fuente de cada semilla dispersada y las especies que contribuyeron a su dispersión (González-Varo *et al.*, 2014).

## **8.2 Recolecta de excretas.**

En el presente estudio se recolectaron 1861 excretas en total, de las cuales 1278 pertenecieron a coyote y 583 a zorra gris. Un tamaño de muestra grande en comparación con otros estudios en otras regiones a nivel mundial (Fedriani y Delibes, 2008; Mise *et al.*, 2016; González-Varo *et al.*, 2013; Herrera *et al.*, 2016) y en nuestro país (Ruvalcaba-Castillo *et al.*, 2020). Estudios previos realizados dentro de la zona de estudio para conocer los hábitos alimenticios y el traslape de nicho trófico, también han mostrado un número significativo de muestras, con cifras similares a los obtenidos en esta investigación (Servín y Huxley 1991; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a; Hernández-Silva, 2022).

En cuanto a la recolecta de excretas con semillas artificiales, se logró obtener un total de 34 muestras que nos permitieron calcular las distancias de dispersión de semillas, principalmente para coyotes. Esta cantidad de excretas con semillas recuperadas representa el 2.43% del total de excretas colectadas en un área de estudio que ocupa una extensión aproximada de 70,000 ha. Otros estudios como el de *Mise et al.* (2016), con solo 75.5 ha muestreadas han reportado porcentajes de recuperación superiores, pero el área de estudio no es comparable en tamaño. Estudios como el de *González-Varo et al.* (2013) reportan porcentajes de recuperación del 5% abarcando un área total de 25,000 ha. Números muy similares a los nuestros fueron reportados por *Herrera et al.* (2016), con 3% de semillas recuperadas en aproximadamente 30,000 ha.

Se cuantificó la cantidad de km recorridos para la búsqueda, acumulando un total de 2160 km, muy superior al esfuerzo reportado por otras investigaciones de alrededor de 300 km recorridos (*Herrera et al.*, 2016). Esto se pudo lograr, gracias a la infraestructura con la que cuenta el Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, que nos proporcionó los vehículos para realizar la investigación.

En cuanto a las muestras colectadas de zorra gris, se observó un bajo número de recolectas, lo cual se explica por una baja tasa de visita a las EEC. Estos resultados se discuten más adelante con los resultados de las tasas de visita.

### 8.3 Distancias de dispersión

Las distancias de dispersión se obtuvieron a partir de la recolecta de 34 excretas, que permitieron calcular alrededor de 44 distancias de dispersión desde las EEC hasta los sitios de deposición. Un punto por destacar es que en el presente estudio se calculó la distancia

topográfica y no la distancia euclidiana.

Es decir, se consideró la elevación del terreno, lo que ofrece datos de distancia con un nivel mayor de precisión, ya que la medición a través de distancias euclidianas pueden subestimar hasta en 20% las distancias de dispersión (González-Varo *et al.*, 2013). En este sentido, se debe destacar que, de acuerdo con revisiones realizadas, algunos estudios no mencionan a detalle el método específico mediante el cual se calcularon las distancias de dispersión (Mise *et al.*, 2016).

Este es uno de los pocos estudios sobre dispersión de semillas que se han realizado con especies de mamíferos carnívoros silvestres dentro de una Área Natural Protegida y de gran dimensión como lo es la RBLM. Se sabe que los coyotes en la zona de estudio presentan un tamaño promedio de ámbito hogareño de 9.1 km<sup>2</sup> (Servín y Huxley, 1995; Rodríguez-Luna *et al.* 2021b) y que pueden recorrer distancias diarias promedio de 16.47 km para los machos y alrededor de 12.51 km para las hembras (Servín y Huxley, 1995). Por su parte, la zorra gris presenta ámbitos hogareños de 1.35 km<sup>2</sup> en promedio, siendo mayores en hembras (2.4 km<sup>2</sup>) que en los machos (0.9 km<sup>2</sup>; Servín *et al.*, 2014; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021b). En ambas

especies se ha reportado que sus movimientos suelen estar determinados por las estaciones y los períodos biológicos (Servín *et al.*, 2014).

La mayor distancia de dispersión de semillas se presentó en la temporada de otoño (5,329 m) y fue durante el periodo biológico de independencia de juveniles. En este sentido, también se pudo observar que el periodo biológico en donde se observaron menores distancias de dispersión fue durante la crianza, siendo la mayor distancia recorrida en dicho periodo por una hembra (3,793 m). Estos resultados coinciden con los encontrados por Servín *et al.* (2014), quienes mencionan que las hembras recorren distancias más largas durante la temporada de cuidado de crías. Las distancias promedio de dispersión por coyotes fueron mayores en la temporada de primavera ( $2,119.44 \pm 386.30$  m) y menores en la temporada de verano ( $1,066.72 \pm 251.58$  m). Esto está relacionado con la abundancia y disponibilidad de frutos, que según estudios previos es mayor en la temporada de otoño e invierno y disminuye en las temporadas de primavera verano, cuando los frutos pasan a ser la segunda o tercera categoría alimenticia para ambas especies (Servín y Huxley 1991; Rodríguez-Luna *et al.*, 2021a; Hernández-Silva, 2022). Además, el periodo de fructificación de *J. deppeana* es de agosto a octubre, que corresponde a las temporadas de verano y otoño (Salazar-Figueroa, 2001).

Las distancias de dispersión que se calcularon, principalmente para coyotes, fueron en su mayoría eventos de dispersión a larga distancia, es decir eventos superiores a 1 km. En contraste, los eventos de dispersión registrados para zorra gris fueron exclusivamente de corta distancia. Existe una discusión sobre lo que se

considera un evento de dispersión a larga distancia. Algunos autores, como Cain *et al.* (2000), consideran como eventos de dispersión a larga distancia, aquellos que superan los 100 m. Sin embargo, para distancias de dispersión por mamíferos carnívoros, otros autores como González-Varo *et al.* (2013) sugieren que se debe considerar un evento de dispersión a larga distancia si la distancia es mayor a 1 km. Las distancias de dispersión calculadas en este estudio fueron en su mayoría eventos de dispersión a larga distancia, lo que demuestra que carnívoros como coyotes y zorras son

importantes dispersores a larga distancia. En comparación con otros estudios, los coyotes tuvieron una distancia de dispersión superior (~ 5 km). Herrera *et al.* (2016) encontraron que el núcleo de dispersión de semillas generada por mamíferos carnívoros en Portugal fue de hasta 1000 m, mientras que Jordano *et al.* (2007), señalaron que los mamíferos medianos dispersaron las semillas a largas distancias (50% de las semillas dispersadas a > 495 m). De esta forma, se corrobora el papel de los carnívoros como vectores de dispersión a larga distancia y, por lo tanto, su importancia dentro de las comunidades vegetales (Nathan *et al.* 2008). Por ejemplo, Jordano (2016) menciona que la dispersión a larga distancia puede conectar poblaciones dispares, lo que permite la conectividad genética, la colonización de hábitats vacantes y la expansión del área de distribución a través de paisajes cambiantes. Además, en términos de comunidades vegetales, estos procesos permiten mantener la persistencia global frente a las extinciones locales (Levin *et al.*, 2003). Se tiene bien documentado que muchas de las migraciones de plantas del Holoceno se debieron a procesos de dispersión a larga distancia (Cain *et al.*, 2000).

Otro punto importante, además de que coyotes y zorras están interviniendo en la dispersión a larga distancia, es que, en el caso de la RBLM, tienen preferencias en los sitios de deposición, ya que la gran mayoría de excretas se encontraron sobre caminos, brechas, senderos o en áreas descubiertas, y en menor frecuencia dentro en sitios cercanos a los árboles o dentro del bosque. Esta evidencia sugiere que los mamíferos dispersaron las semillas de forma selectiva a zonas descubiertas (Jordano *et al.*, 2007). En estudios como el de Suárez-Esteban *et al.* (2013), analizaron los sitios en los que frecuentemente defecan los carnívoros dispersores de semillas se dieron cuenta que utilizaban preferentemente caminos de terracería, brechas cortafuego o senderos, a lo que ellos denominaron “desarrollos lineales suaves” (DLS). En estos DLS pueden actuar como corredores de semillas en ambientes perturbados o fragmentados por el desarrollo de carreteras, lo que permite mantener la conectividad del paisaje. Sin embargo, también se debe revisar los efectos que tienen en la propagación de especies exóticas o invasoras.

En escenarios como la Michilía, esto es muy relevante, porque la mayoría de los caminos son de este tipo, ya que dentro de la reserva no está permitido el uso de caminos pavimentados. Así, tanto los coyotes como las zorras pueden ayudar en la conectividad de áreas y en escenarios de restauración de sitios que fueron utilizados como caminos antiguos. La RBLM también tiene un escenario muy particular, ya que con el tiempo se ha observado que las zonas de los grandes pastizales han sido cubiertas por nuevos bosques de *Juniperus*. Este escenario también podría estar ocurriendo debido a que esos sitios son frecuentemente visitados por coyotes en busca

de alimento. En épocas anteriores, estos sitios eran ocupados por grupos de lobos mexicanos (*Canis lupus baileyi*), especie actualmente extinta en la zona, realizando actividades de caza. Al no estar presente esta especie se ha generado el denominado efecto de “liberación de los depredadores”, teniendo efectos a nivel de paisaje (Crooks y Soulé, 1999; Prugh *et al.*, 2009; Ritchie y Johnson, 2009; Ripple *et al.*, 2013).

En general, existe poca información cuantitativa sobre eventos de dispersión a larga distancia y aun menos sobre eventos de dispersión de semillas a larga distancia por mamíferos carnívoros (Cousens *et al.*, 2010; Côrtes y Uriarte, 2013). Por ello, es necesario generar más información al respecto y determinar las distancias a las cuales los carnívoros pueden dispersar semillas, no solo en ecosistemas conservados, sino también en lugares que han sido fuertemente perturbados.

#### **8.4 Tasa de visita EEC.**

En el caso del coyote, se pudo observar que tuvo visitas en casi todas las EEC, mientras que la zorra gris presentó menores tasas de visita. En la temporada de verano, la zorra gris únicamente visitó tres de las doce cámaras colocadas, lo que explicaría la baja recolecta de sus excretas. El análisis de fotografías y videos obtenidos en las cámaras trampa reveló un patrón conductual relevante: aunque la zorra gris estuvo presente en varias EE, en repetidas ocasiones no consumió el cebo; en su lugar, realizó una conducta conocida como frotamiento de mejillas (Cheek rubbing), que se ha descrito como una forma de marcaje oloroso en varios mamíferos (Johnson, 1973) (Anexo 2). Este comportamiento observado brinda nuevas preguntas de investigación que se relacionan más con aspectos de comunicación química. La

frecuencia de este comportamiento en las EEC podría revelar que la zorra gris utilizó estos sitios para el marcaje oloroso más que como un recurso alimenticio (Johnson, 1973; Macdonald, 1980). Estas señales pueden tener diferentes funciones, como la delimitación de territorio, dar a conocer el estado reproductivo o señalar algún sitio o recurso alimenticio (Johnson, 1973; Allen *et al.*, 2017). Existen pocos trabajos que estudien este tipo de marcaje debido a lo poco frecuente que es observarlo (Bel *et al.*, 1999; Allen *et al.*, 2017). Cuando las zorras mostraron un comportamiento de cheek rubbing y no se alimentaron del cebo, podrían estar utilizando esta estrategia para frotarse sobre el aroma del coyote, esto para ocultarse de otros depredadores como el puma, el lince o incluso el coyote. Esto se puede argumentar al analizar los sitios y ver que, en muchos de estos lugares, se presentan primero individuos de coyote, dejan algún tipo de marcaje oloroso como orina o heces, y en muchas de las secuencias fotográficas se puede observar que la zorra llega posteriormente y se frota las mejillas sobre el cebo o, en ocasiones, sobre el suelo. Allen *et al.* (2017) mencionan que este comportamiento observado en la zorra gris puede disuadir la depredación intragremial.

Otra explicación es que el comportamiento de frotar las mejillas suele ser observado en varias especies de carnívoros, sobre todo en individuos machos, y se piensa que es un comportamiento para dejar su aroma sobre zonas que pueden ser visitados por otros machos o por hembras de la misma especie, y esto puede indicar su estado reproductivo (Gosling y McKay, 1990).

El comportamiento de frotar las mejillas pudo tener implicaciones en la recolecta de datos de distancia de dispersión para el caso de las zorras, lo que también

demuestra que aspectos del comportamiento de las especies y de sus interacciones deben considerarse para evaluar su potencial dispersor (Russo *et al.*, 2006); además, podría tener implicaciones en la manera en que el vector animal determine los sitios de alimentación y los sitios de destino en donde se depositan las semillas. En investigaciones de interacciones entre mesodepredadores y depredadores tope, se ha demostrado que los mesodepredadores cambian su comportamiento, siendo más cautelosos o incluso alterando su actividad de alimentación cuando se exponen a olores de grandes depredadores (Garvey *et al.*, 2016).

### **8.5 Determinación de sexo a partir de la cuantificación de hormonas esteroides sexuales en heces.**

La determinación del sexo de los individuos que depositaron las heces, permitió integrar más información sobre cómo se produce la interacción planta-sexo del animal en un ecosistema, es decir, la de coyotes y zorra gris por sexo y su repercusión espacio-temporal con la dispersión de dos especies de frutos en la RBLM. En nuestro caso se utilizó el método indirecto de sexado de las excretas a partir de la valoración de hormonas esteroides sexuales (progesterona- testosterona-estradiol). Esta técnica no invasiva es cada vez más utilizada en estudios con un enfoque ecofisiológico para conocer, por ejemplo, aspectos de la endocrinología reproductiva de distintas especies animales de interés pecuario como silvestres tanto en cautiverio como en vida libre (v. gr.: Khan *et al.*, 2002; Valdespino *et al.*, 2002; Dloniak *et al.*, 2004; Soto *et al.*, 2004; Lanyon *et al.*, 2005; Barja *et al.*, 2006; Kalbitzer y Heistermann, 2013; Escobar-Flores *et al.*, 2019). Esta metodología se basa en la hipótesis de la concentración diferencial de andrógenos y estrógenos debida al sexo en especies animales (Salame-Méndez y

Villapando-Fierro, 1998) es decir, mayor concentración de andrógenos en animales de sexo masculino y mayor concentración de estrógenos en animales de sexo femenino. De tal manera que a partir de esta hipótesis los individuos sexualmente maduros, las hembras producirán y secretarán más estrógenos, por ejemplo, estradiol, y producirán y secretarán menos andrógenos, por ejemplo, testosterona, siendo lo inverso para los individuos macho sexualmente maduros. Y como la progesterona que es la materia prima para la producción de andrógenos y estrógenos aunado a actuar como hormona, y en las hembras suele ser mayor durante eventos reproductivos implicados en su ciclo estral (o menstrual) como en la gestación (Salame-Méndez *et al.*, 2024), por lo tanto, es relevante utilizarla como indicador de la fisiología reproductiva femenina. De tal manera que las hembras tendrían más progesterona y estradiol que los machos. De ahí que para realizar el sexado de muestras fecales se ha utilizado la valoración de progesterona (P4), testosterona (T), y estradiol (E2) (Soto *et al.*, 2004; Barja *et al.*, 2006).

Para la determinación del sexo, se utilizó inicialmente la diferencia en las concentraciones de P4 y T en las muestras fecales ( $> [P4+T]$  = macho;  $< [P4+T]$  = hembra). Pero al realizar los análisis de K-medias propuesto por Barja *et al.* (2006) se pudo constatar que en tres muestras asignadas a un sexo (Figura 18: círculo (hembra), pentágono (hembra) y triángulo (hembra) y al realizar el mismo análisis estadístico pero con las tres HES (P4+T+E2), las tres muestras asignadas a un sexo fueron reasignadas a otro sexo (Figura 19: círculo (macho); pentágono (sin muestra) pasó al cuadro (macho) y triángulo (macho); por lo tanto, el realizar el sexado con las tres HES

en vez de solo dos permite tener más certidumbre en la asignación del sexo por medio de la valoración de HES, lo cual fue previamente sugerido por Soto *et al.* (2004). Por ejemplo, en la investigación realizada por Barja *et al.* (2006) con lobo ibérico, indican que, durante el año de estudio, las concentraciones de hormonas esteroides sexuales (P4+T+E2) fueron mayores en machos en comparación con las de hembras misma

relación que se tuvo en nuestra investigación y con la de Soto *et al.* (2004). Por lo que, con esta metodología no invasiva, los autores referidos indican que les permitió determinar el sexo de las excretas de los individuos estudiados y por tanto ser una herramienta útil, sencilla, reproducible y con un costo más accesible con respecto a otras, por ejemplo, a la determinación del sexo en especies de mamíferos silvestres en vida libre por medio del gen SRY/Sry en muestras biológicas.

En este estudio, se integró información ecofisiológica de los carnívoros y se realizó un análisis integral de los procesos de dispersión de semillas mediados por coyotes y zorras en los bosques de la Sierra Madre Occidental. Observamos que las hembras pueden recorrer distancias más largas en ciertos periodos, como la crianza, lo que brinda información de como la dispersión de semillas mediada por carnívoros no es un proceso uniforme, sino que se ve influenciado por aspectos de comportamiento, fisiológicos, entre otros, que determinan las distancias de dispersión y los sitios a donde son depositadas las semillas.

## **9. CONCLUSIONES**

La implementación de EEC con semillas artificiales permitió obtener datos sobre las distancias de dispersión de semillas por mamíferos carnívoros, aunado a conocer el lugar de consumo y el destino final de las semillas consumidas. Los coyotes tuvieron la mayor tasa de visita a las EEC, mientras que las zorras presentaron menores tasas de visita. El consumo de cebo fue mayor en coyotes y menor en zorras; sin embargo, las cámaras nos permitieron observar comportamientos expresados por la zorra gris como el check rubin, y evidenciar las causas del bajo consumo del cebo. Los coyotes dispersaron semillas a corta y larga distancia, mayormente a larga distancia. La distancia máxima de dispersión de coyotes fue superior a las reportadas para otros mesocarnívoros.

A partir de la cuantificación de hormonas esteroides sexuales en heces, fue posible realizar el sexado de todas las muestras analizadas. No hubo diferencias significativas entre las distancias de dispersión por parte de coyotes hembras y machos, pero sí se pudo observar que, en periodos biológicos como la crianza, se presentaron las menores distancias de dispersión en machos y mayores en hembras.

La combinación de distintos métodos, como la tecnología de las cámaras trampa y los sistemas de información geográfica, permiten obtener datos precisos de interacciones entre especies. Además, técnicas como el sexado en las heces a partir de las hormonas esteroides sexuales nos permite integrar información a nivel individual que puede enriquecer el estudio.

Es crucial destacar la función del coyote y la zorra gris como dispersores activos y eficientes de semillas para contrarrestar la percepción negativa que se tiene de ellos

en distintas regiones del país. Por lo tanto, es necesario considerar a los mamíferos carnívoros como elementos clave en la dinámica de los ecosistemas, contribuyendo en la conservación y regeneración de la estructura vegetal.

## **10. Bibliografía.**

- Alves-Costa, C. P., y Eterovick, P. C. (2007). Seed dispersal services by coatis (*Nasua nasua*, Procyonidae) and their redundancy with other frugivores in southeastern Brazil. *Acta Oecologica*, 32(1), 77-92.
- Allen, M. L., Gunther, M. S., y Wilmers, C. C. (2017). The scent of your enemy is my friend? The acquisition of large carnivore scent by a smaller carnivore. *Journal of Ethology*, 35, 13-19.
- Aranda, M., López-Rivera, N., y López-de Buen, L. (1995). Hábitos alimentarios del coyote (*Canis latrans*) en la Sierra del Ajusco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 65, 89-99.

- Aranda, M. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Armenta-Méndez, L., Gallo-Reynoso, J. P., Wilder, B. T., Gardea, A. A., Ortega-Nieblas, M. M., y Barba-Acuña, I. (2020). The role of wild canids in the seed dispersal of *Washingtonia robusta* (Arecaceae) in Sonoran Desert oases. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91 páginas.
- Barja, I., Silván, G., Illera, J., Rosellini, S., y Piñeiro, A. (2006). La cuantificación de hormonas esteroideas sexuales en heces de lobo ibérico (*Canis lupus signatus*): un método no invasivo de sexado como alternativa a los análisis moleculares. *Oppidum*, 2, 363-380.
- Bartel, S. L., y Orrock, J. L. (2021). An omnivorous mesopredator modifies predation of omnivore-dispersed seeds. *Ecosphere*, 12(2), e03369.
- Bel, M. C., Coulon, J., Sreng, L., Allainé, D., Bagnères, A. G., y Clement, J. L. (1999). Social signals involved in scent-marking behavior by cheek-rubbing in Alpine marmots (*Marmota marmota*). *Journal of Chemical Ecology*, 25, 2267-2283.
- Bishop, C. M., y Hall, M. R. (1991). Non-invasive monitoring of avian reproduction by simplified faecal steroid analysis. *Journal of Zoology*, 224(4), 649-668.
- Brashares, J. S., Prugh, L. R., Stoner, C. J., y Epps, C. W. (2010). Ecological and conservation implications of mesopredator release. In J. Terborgh y J. A. Estes (Eds.), *Trophic cascades: Predators, prey, and the changing dynamics of nature* (pp. 221–240). Island Press.
- Cain, M. L., Milligan, B. G., y Strand, A. E. (2000). Long-distance seed dispersal in plant populations. *American Journal of Botany*, 87(9), 1217-1227.
- Clark, J. S. (1998). Why trees migrate so fast: confronting theory with dispersal biology and the paleorecord. *The American Naturalist*, 152(2), 204-224.

- Chakravarthy, D., y Ratnam, J. (2015). Seed dispersal of *Vitex glabrata* and *Prunus ceylanica* by Civets (Viverridae) in Pakke Tiger Reserve, north-east India: spatial patterns and post-dispersal seed fates. *Tropical Conservation Science*, 8(2), 491-504.
- Cousens, R. D., Hill, J., French, K., y Bishop, I. D. (2010). Towards better prediction of seed dispersal by animals. *Functional Ecology*, 24(6), 1163-1170.
- Côrtes, M. C., y Uriarte, M. (2013). Integrating frugivory and animal movement: a review of the evidence and implications for scaling seed dispersal. *Biological Reviews*, 88(2), 255-272.
- Crooks, K.R. y Soulé, M.E. (1999). Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature* 400, 563–566.
- Cuervo-Robayo A.P., Ureta C., Gómez-Albores, M.A., Meneses-Mosquera, A.K., Téllez-Valdés, O., y Martínez- Meyer, E. (2020). One hundred years of climate change in Mexico. *PLoS ONE* 15(7): e0209808.
- Delibes, M., Hernández, L., y Hiraldo, F. (1986). Datos preliminares sobre la ecología del coyote y gato montés en el sur del Desierto de Chihuahua, México. *Historia Natural*, 6, 77-82.
- Delibes, M., Hernández, L., y Hiraldo, F. (1989). Comparative food habits of three carnivores in western Sierra Madre, Mexico. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 54(2), 107-110.
- Dloniak, S. M., French, J. A., Place, N. J., Weldele, M. L., Glickman, S. E., y Holekamp, K. E. (2004). Non-invasive monitoring of fecal androgens in spotted hyenas (*Crocuta crocuta*). *General and Comparative Endocrinology*, 135(1), 51-61.
- digiKam Team. (2024). digiKam (Version 8.3.0) [Software de gestión de fotografías]. KDE Community. <https://www.digikam.org>
- Draper, J. P., Atwood, T. B., Beckman, N. G., Kettenring, K. M., y Young, J. K. (2021). Mesopredator frugivory has no effect on seed viability and emergence under experimental conditions. *Ecosphere*, 12(8), e03702.

- Draper, J. P., Young, J. K., Schupp, E. W., Beckman, N. G., y Atwood, T. B. (2022). Frugivory and seed dispersal by carnivorans. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 864-864.
- Escobar-Flores, J. G., Salame-Méndez, A., Sandoval, S., y Martínez-Gallardo, R. (2019). Determinación de hormonas esteroides en heces de borrego cimarrón (*Ovis canadensis Shaw*) silvestres en Baja California, México. *Agro Productividad*, 12(6).
- Escribano-Avila, G. (2019). Non-specialized frugivores as key seed dispersers in dry disturbed environments: An example with a generalist neotropical mesocarnivore. *Journal of Arid Environments*, 167, 18-25.
- Fedriani, J. M., y Delibes, M. (2005). Dispersión de semillas por mamíferos en Doñana: beneficios del mutualismo y consecuencias para la conservación del Parque Nacional. *Proyectos de Investigación en Parques Nacionales*, 2008, 249-262.
- Fedriani, J.M., Suárez-Esteban, A. (2015). Frutos, semillas, y mamíferos frugívoros: diversidad funcional de interacciones poco estudiadas. *Ecosistemas* 24(3): 1-4. Doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-3.01
- Fenner, M., y Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana)*. 5a ed. Publicación del Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Garvey, P. M., Glen, A. S., y Pech, R. P. (2016). Dominant predator odour triggers caution and eavesdropping behaviour in a mammalian mesopredator. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 70(4), 481-492.
- Gosling, L. M., y McKay, H. V. (1990). Scent-rubbing and status signalling by male mammals. *Chemoecology*, 1, 92-95.

- González-Elizondo, S., González-Elizondo, M., y Cortes-Ortiz, A. (1993). Vegetación de la reserva de la biosfera "La Michilífa", Durango, México. *Acta Botánica Mexicana*, (22), 1-104.
- González-Varo, J. P., López-Bao, J. V., y Guitián, J. (2013). Functional diversity among seed dispersal kernels generated by carnivorous mammals. *Journal of Animal Ecology*, 82(3), 562-571.
- González-Varo, J. P., Arroyo, J. M., y Jordano, P. (2014). Who dispersed the seeds? The use of DNA barcoding in frugivory and seed dispersal studies. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(8), 806-814.
- González-Varo, J. P., Laffitte, J. M. F., Guitián, J., López-Bao, J. V., y Suárez- Esteban, A. (2015). Frugivoría y dispersión de semillas por mamíferos carnívoros: rasgos funcionales. *Revista Ecosistemas*, 24(3), 43-50.
- Guitián, J., y Munilla, I. (2010). Respuestas de mamíferos dispersores a la disponibilidad de frutos: serbal (*Sorbus aucuparia*) y carnívoros en hábitats montañosos del norte de España. *Acta Oecologica*, 36 (2), 242-247.
- Guerrero, S., Badii, M. H., Zalapa, S. S., y Flores, A. E. (2002). Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en un bosque tropical caducifolio de la costa sur del estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, (86), 119-137.
- Halffer, G. (1984). Las reservas de la biosfera: conservación de la naturaleza para el hombre. *Acta Zoológica Mexicana* (ns), (5), 1-50.
- Hämäläinen, A., Broadley, K., Droghini, A., Haines, J. A., Lamb, C. T., Boutin, S., y Gilbert, S. (2017). The ecological significance of secondary seed dispersal by carnivores. *Ecosphere*, 8(2), e01685.
- Herrera, C. M. (1989). Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals, and associated fruit characteristics, in undisturbed Mediterranean habitats. *Oikos*, 250-262.

- Herrera, J. M., de Sá Teixeira, I., Rodríguez-Pérez, J., y Mira, A. (2016). Landscape structure shapes carnivore-mediated seed dispersal kernels. *Landscape Ecology*, 31, 731-743.
- Hernández-Silva, M. (2022) El impacto de los mamíferos carnívoros de mediana y gran talla en la ganadería extensiva en un Área Natural Protegida de la Sierra Madre Occidental, Durango, México. [Tesis de Maestría no publicada]. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Hickey, J. R., Flynn, R. W., Buskirk, S. W., Gerow, K. G., y Willson, M. F. (1999). An evaluation of a mammalian predator, *Martes americana*, as a disperser of seeds. *Oikos*, 87, 499-508.
- Howe, H. F., y Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201-228.
- Janzen, D. H., y Martin, P. S. (1982). Neotropical anachronisms: the fruits the gomphotheres ate. *Science*, 215(4528), 19-27.
- Johnson, R. P. (1973). Scent marking in mammals. *Animal Behaviour*, 21(3), 521-535.
- Jordano, P., García, C., Godoy, J. A., y García-Castaño, J. (2007). Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(9), 3278-3282.
- Jordano, P. (2016). Chasing ecological interactions. *PLoS Biology*, 14(9), e1002559.
- Jordano, P. (2017). What is long-distance dispersal? And a taxonomy of dispersal events. *Journal of Ecology*, 105(1), 75-84.
- Judd, H. L., Bacon, J. P., Rüedi, D., Girard, J., y Benirschke, K. (1977). Sex determination: Determination of sex in the Komodo dragon *Varamis komodoensis* [Plates 45–47]. *International Zoo Yearbook*, 17(1), 208-209.

- Kalbitzer, U., y Heistermann, M. (2013). Long-term storage effects in steroid metabolite extracts from baboon (*Papio sp.*) faeces—a comparison of three commonly applied storage methods. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(5), 493-500.
- Kamler, J. F., Klare, U., y Macdonald, D. W. (2020). Seed dispersal potential of jackals and foxes in semi-arid habitats of South Africa. *Journal of Arid Environments*, 183, 104284.
- Khan, M. Z., Altmann, J., Isani, S. S., y Yu, J. (2002). A matter of time: evaluating the storage of fecal samples for steroid analysis. *General and Comparative Endocrinology*, 128(1), 57-64.
- Koike, S., Masaki, T., Nemoto, Y., Kozakai, C., Yamazaki, K., Kasai, S., ... & Kaji, K. (2011). Estimate of the seed shadow created by the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* and its characteristics as a seed disperser in Japanese cool-temperate forest. *Oikos*, 120(2), 280-290.
- Koike, S., y Masaki, T. (2019). Characteristics of fruits consumed by mammalian frugivores in Japanese temperate forest. *Ecological Research*, 34(2), 246-254.
- Lanyon, J., Smith, K., y Carrick, F. (2005). Reproductive steroids are detectable in the faeces of dugongs. *Australian Zoologist*, 33(2), 247-250.
- Levey, D. J., y Sargent, S. (2000). A simple method for tracking vertebrate-dispersed seeds. *Ecology*, 81(1), 267-274.
- Levin, S. A., Muller-Landau, H. C., Nathan, R., y Chave, J. (2003). The ecology and evolution of seed dispersal: a theoretical perspective. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 575-604.
- López-Tello, E., y Mandujano, S. (2017). Paquete camtrapR para gestionar datos de fototrampeo: Aplicación en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. *Revista Mexicana de Mastozoología (n. e.)*, 7(2), 13-37.

- Macdonald, D. W. (1980). Patterns of scent marking with urine and faeces amongst carnivore communities. In *Symposia of the Zoological Society of London* (Vol. 45, No. 107, p. e139).
- Mandujano, S., y Pérez-Solano, L. A. (2019). *Fototrampeo en R: Organización y Análisis de Datos. Volumen I*. Instituto de Ecología AC Xalapa, Ver., 248 pp. [ISBN: 978-607-7579-90-8]. *Revista Mexicana de Mastozoología* (n. e.), 10(1), 64-67.
- Medrano, R., Ramírez Piñero, M., y Guevara Sada, S. (2014). Una mirada a la dispersión de semillas en las excretas de mamíferos. *Cuadernos de Biodiversidad*, 46, 19–28.
- Mise, Y., Yamazaki, K., Soga, M., y Koike, S. (2016). Comparing methods of acquiring mammalian endozoochorous seed dispersal distance distributions. *Ecological Research*, 31(6), 881-889.
- Monroy, V. O., Ortega, A. M., y Velásquez, A. (2005). Dieta y abundancia relativa del coyote: un dispersor potencial de semillas. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F., México.
- Morrone, J. J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90.
- Nathan, R., Schurr, F. M., Spiegel, O., Steinitz, O., Trakhtenbrot, A., y Tsoar, A. (2008). Mechanisms of long-distance seed dispersal. *Trends in Ecology and Evolution*, 23(11), 638-647.
- Niedballa, J., Sollmann, R., Courtiol, A., y Wilting, A. (2016). camtrapR: an R package for efficient camera trap data management. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1457-1462.
- Orta-López, J.W. (2019) El coyote (*Canis latrans*) como dispersor de semillas en un bosque templado de la Sierra Madre Occidental, Durango, México [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad Autónoma Metropolitana.

- Paez, M. A. S. (1987). Hábitos alimenticios de la zorra, coyote y gato montés en la Sierra Tarasca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(62), 117-132.
- Palomares, F., Gaona, P., Ferreras, P., y Delibes, M. (1995). Positive effects on game species of top predators by controlling smaller predator populations: an example with lynx, mongooses, and rabbits. *Conservation Biology*, 9(2), 295-305.
- Palacio, F. X., Apodaca, M. J., y Crisci, J. V. (2020). Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R. *Fundación de Historia Natural Félix de Azara*.
- Prugh, L.R., Stoner, C.J., Epps, C.W., Bean, W.T., Ripple, W.J., Laliberte, A.S. y Brashares, J.S. (2009). The rise of the mesopredator. *Bioscience* 59, 779–791.
- R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing (Version 4.3.3). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reiter, J., Curio, E., Tacud, B., Urbina, H., y F. Geronimo. (2006). Tracking bat-dispersed seeds using fluorescent pigment. *Biotropica*, 38(1), 64-68.
- Ritchie, E.G. y Johnson, C.N. (2009). Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecol. Lett.* 12, 982–998
- Rodríguez-Luna, C., J. Servín, D. Valenzuela-Galván, y R. List. (2021a). Trophic niche overlap between coyotes and gray foxes in a temperate forest in Durango, Mexico. *PLoS ONE* 16(12): e0260325.
- Rodríguez-Luna, C., J. Servín, D. Valenzuela-Galván, y R. List. (2021b). Spatial ecological interactions between coyote and gray fox in a temperate forest. *Therya* 12(3):553-562.
- Rubalcava-Castillo, F. A., Sosa-Ramírez, J., Luna-Ruíz, J. J., Valdivia-Flores, A. G., Díaz-Núñez, V., y Íñiguez-Dávalos, L. I. (2020). Endozoochorous dispersal of forest seeds by carnivorous mammals in Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Ecology and Evolution*, 10(6), 2991-3003.

- Rubalcava-Castillo, F. A., Sosa-Ramírez, J., Luna-Ruíz, J. D. J., Valdivia-Flores, A. G., y Íñiguez-Dávalos, L. I. (2021). Seed dispersal by carnivores in temperate and tropical dry forests. *Ecology and Evolution*, 11(9), 3794-3807.
- Russo, S. E., Portnoy, S., y Augspurger, C. K. (2006). Incorporating animal behavior into seed dispersal models: implications for seed shadows. *Ecology*, 87(12), 3160-3174.
- Salame-Méndez, A., y Villalpando-Fierro, I. (1998). La diferenciación sexual en vertebrados: hipótesis y teorías. *Acta Zoológica Mexicana (ns)*, (73), 89- 110.
- Salame-Méndez A., Mancera-Jaime G., Castro-Campillo A., Ávila-Valle Z y Ramírez-Pulido J. (2024). Intraovularian evaluation of sexual steroid hormones during three reproductive events in two species of *Peromyscus* (Rodentia: Cricetidae). *Zoologia*, 41: e23032 / <https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v41.e23032>
- Salazar-Figueroa, R. 2001. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina. CATIE Volumen 2, Serie 48. p: 23-24.
- Schupp, E. W. (1993). Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetation*, 107, 15-29.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2006). Plan de Manejo Tipo de Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en climas áridos y semiáridos del Norte de México. Dirección General de Vida Silvestre.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2008). Plan de manejo tipo para el guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*). Dirección General de Vida Silvestre.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2024). Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera La Michilía. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Fecha de consulta: 16 de mayo de 2025. Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-manejo>

- Servín, J., y Huxley, C. (1991). La dieta del coyote en un bosque de encino-pino de la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Acta Zoológica Mexicana* (ns), (44), 1-26.
- Servín, J. y Huxley, C. (1995). Coyote home range size in Durango, Mexico. *Zeitschrift fuer Säugetierkunde*, 60, 119–120.
- Servín, J., V. Sánchez-Cordero, y Gallina. S. (2003). Distances traveled daily by coyotes (*Canis latrans*), in a Pine-Oak Forest in Durango, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 84(2):547-552.
- Servín, J., Bejarano, A., Alonso-Pérez, N., y Chacón, E. (2014). El tamaño del ámbito hogareño y el uso de hábitat de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en un bosque templado de Durango, México. *Therya*, 5(1), 257-269.
- Shideler, S. E., Ortuno, A. M., Moran, F. M., Moorman, E. A., y Lasley, B. L. (1993). Simple extraction and enzyme immunoassays for estrogen and progesterone metabolites in the feces of *Macaca fascicularis* during non-conceptive and conceptive ovarian cycles. *Biology of Reproduction*, 48(6), 1290-1298.
- Sokal, R. R., y Rohlf, F. J. (1986). *Introducción a la bioestadística* (Joaquín Gabarrón, Trad.; Vol. 5, pp. 380). Editorial Reverté.
- Soto, M. A., Salame-Méndez, A., Ramírez-Pulido, J., Yáñez, L., y Armella, M. Á. (2004). Valoración de hormonas esteroides en heces de una pareja de lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en cautiverio. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(2), 187-196.
- Suárez-Esteban, A., Delibes, M., y Fedriani, J. M. (2013). Barriers or corridors? The overlooked role of unpaved roads in endozoochorous seed dispersal. *Journal of Applied Ecology*, 50(3), 767-774.
- U.S. Geological Survey. (2015). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. U.S. Geological Survey. Date accessed: November 10, 2025. Available at: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1>

- Valdespino, C., Asa, C. S., y Bauman, J. E. (2002). Estrous cycles, copulation, and pregnancy in the fennec fox (*Vulpes zerda*). *Journal of Mammalogy*, 83(1), 99-109.
- Valdespino, C., Martínez-Mota, R., García-Feria, L. M., y Martínez-Romero, L. E. (2007). Evaluación de eventos reproductivos y estrés fisiológico en vertebrados silvestres a partir de sus excretas: evolución de una metodología no invasiva. *Acta zoológica mexicana*, 23(3), 151-180.
- Van der Pijl, L. (1982). *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Berlin: Springer- Verlag.
- Varela, O., y Bucher, E. H. (2006). Passage time, viability, and germination of seeds ingested by foxes. *Journal of Arid Environments*, 67(4), 566-578.
- 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 costa de Oaxaca, México. *Therya*, 5(1), 355- 363.
- Vittoz, P., y Engler, R. (2007). Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica*, 117, 109-124.
- Willson, M. F. (1993). Mammals as seed-dispersal mutualists in North America. *Oikos*, 159-176.
- Wong-Smer, J. R., Soria-Díaz, L., Horta-Vega, J. V., Astudillo-Sánchez, C. C., Gómez-Ortiz, Y., y Mora-Olivo, A. (2022). Dieta y abundancia relativa de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* (Carnivora: Canidae) en el Área Natural Protegida Altas Cumbres, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 38, 1-16.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis* (4th ed., pp. 1–663). Prentice Hall.
- Zimmermann, F., Foresti, D., Rovero, F., 2016. Behavioural studies. In: Rovero, F., Zimmermann, F. (Eds.), *Camera Trapping for Wildlife Research*. Pelagic Publishing, Exeter, UK (pp. 142–167)

**Anexo 1.** Datos de las concentraciones de hormonas esteroides sexuales en excretas con semillas artificiales de coyotes y zorras.

CUANTIFICACIÓN DE HORMONAS SEXUALES EN EXCRETAS CON SEMILLAS ARTIFICIALES											
ID	ID Temporada	Fecha	Periodo Biol.	Sitio	Especie	P4 (ng/g)	T (ng/g)	E2 (ng/g)	P+T+E (ng/g)	Sexo	Distancias de dispersión (m)
1	341/O	15/11/2023	Independencia	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	160.804	354.990	19.35	535.141	Hembra ♀	869
2	398/O	17/11/2023	Independencia	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	159.892	804.660	0.56	965.112	Macho ♂	5329
3	413/O	17/11/2023	Independencia	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	69.659	239.901	0.16	309.724	Hembra ♀	2006
4	445/O	19/11/2023	Independencia	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	30.014	158.211	12.05	200.278	Hembra ♀	1560
5	472/O	21/11/2023	Independencia	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	2.778	549.847	10.96	563.589	Hembra ♀	21
6	475/O	21/11/2023	Independencia	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	209.850	817.637	38.00	1065.488	Macho ♂	39
7	481/O	21/11/2023	Independencia	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	186.557	806.363	35.27	1028.192	Macho ♂	2395
8	29/I	17/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	126.233	662.461	62.22	850.917	Macho ♂	1334
9	30/I	17/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	726.457	672.344	47.29	1446.090	Macho ♂	1334
10	31/I	17/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	376.812	687.086	5.23	1069.125	Macho ♂	133
11	261/I	24/01/2024	Reproducción	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	200.837	58.561	18.39	277.792	Hembra ♀	2611
12	282/I	25/01/2024	Reproducción	Los corrales	<i>Canis latrans</i>	316.252	866.511	5.16	1187.923	Macho ♂	466
13	330/I	25/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	44.304	651.693	23.07	719.071	Hembra ♀	1154
14	339/I	25/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	60.258	854.848	12.58	927.691	Macho ♂	2927
15	350/I	25/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	164.918	644.484	341.73	1151.129	Macho ♂	2500

16	359/I	26/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	106.599	761.228	16.93	884.762	Macho ♂	999
17	261/I	24/01/2024	Reproducción	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	206.711	257.649	34.51	498.875	Hembra ♀	2611
18	128/I	21/04/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	461.778	202.745	20.06	684.586	Hembra ♀	1743
19	123/I	20/01/2024	Reproducción	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	145.161	338.649	3.85	487.661	Hembra ♀	1291
20	193/P	23/04/2024	Gestación	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	91.106	353.502	10.03	454.643	Hembra ♀	2815
21	198/P	23/04/2024	Gestación	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	218.332	564.250	52.27	834.847	Macho ♂	2747
22	373/P	30/04/2024	Gestación	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	488.889	525.731	25.15	1039.770	Macho ♂	1584
23	354/P	28/04/2024	Gestación	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	348.387	993.228	28.09	1369.706	Macho ♂	1685
24	397/P	01/05/2024	Gestación	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	144.750	601.305	11.84	757.897	Hembra ♀	2503
25	4/V	23/07/2024	Crianza	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	173.469	367.272	3.33	544.069	Hembra ♀	3793
26	41/V	29/07/2024	Crianza	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	231.214	635.654	8.31	875.178	Macho ♂	211
27	42/V	29/07/2024	Crianza	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	65.934	878.477	10.67	955.078	Macho ♂	24
28	72/V	03/08/2024	Crianza	Los Corrales	<i>Canis latrans</i>	600.000	550.565	0.09	1150.652	Macho ♂	32
29	80/V	06/08/2024	Crianza	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	418.006	620.379	12.09	1050.472	Macho ♂	1658
30	83/V	06/08/2024	Crianza	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	810.256	963.773	27.30	1801.326	Macho ♂	1920
31	107/V	09/08/2024	Crianza	Trincheras	<i>Canis latrans</i>	911.447	915.371	16.53	1843.347	Macho ♂	430
32	360/I	27/01/2024	Reproducción	Los corrales	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	271.255	720.356	18.86	1010.474	Macho ♂	52
33	124/P	10/06/2023	Crianza	Trincheras	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	145.320	192.071	42.67	380.065	Hembra ♀	440
34	196/P	09/06/2023	Crianza	Trincheras	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	128.000	119.968	11.65	259.621	Hembra ♀	216

**Anexo 2.** Archivos fotográficos de algunas de las Estaciones Experimentales de Consumo (EEC).







Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00248

Matricula: 2223803970

Distancias de dispersión de semillas por el coyote (*Canis latrans*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en un bosque templado de la Sierra Madre Occidental, Durango, México.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 18 del mes de diciembre del año 2025 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA  
DRA. LAURA GEORGINA CALVA BENITEZ  
DR. CESAR RICARDO RODRIGUEZ LUNA  
DR. HELIOT ZARZA VILLANUEVA

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

MAESTRO EN BIOLOGÍA

DE: JOHN WINSTON ORTA LOPEZ

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.



JOHN WINSTON ORTA LOPEZ  
ALUMNO

REVISÓ  
  
MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ  
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

DRA. EDITH ARENAS RIOS

PRESIDENTE

DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA

VOCAL

DRA. LAURA GEORGINA CALVA BENITEZ

VOCAL

DR. CESAR RODRIGUEZ LUNA

SECRETARIO

DR. HELIOT ZARZA VILLANUEVA