



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Alimentación y especialización individual del oso  
negro (*Ursus americanus* Pallas, 1780) en el  
noroeste de México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A:

**Axel Edrei Cerón Luna**



**DIRECTORA DE TESIS:  
Dra. Nalleli Elvira Lara Díaz**

**CIUDAD DE MÉXICO, 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por el apoyo económico y logístico otorgado para realizar el presente proyecto. Al Dr. Carlos A. López González por su guía y facilidades otorgadas para el uso de material y equipo del Laboratorio de Zoología. A la Biól. Gabriela Camargo Aguilera por su apoyo en los análisis genéticos. Al Dr. Robert W. Jones por su apoyo en la identificación de artrópodos. Al personal y estudiantes involucrados en los proyectos por su apoyo en la colecta de muestras.

A Soluciones Ambientales ITZENI AC por su apoyo logístico y económico para la realización de este proyecto.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) por el apoyo económico a través de los siguientes programas y proyectos. Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo (PROCER) Ejercicio Fiscal 2018, "Programa de reintroducción y adaptación de lobo mexicano en la Sierra Madre Occidental", "Conservación de carnívoros en riesgo en Bavispe y localidades clave". Programa de Manejo de Áreas Naturales Protegidas (PROMANP) Ejercicio Fiscal 2018 y 2017, "Seguimiento al monitoreo biológico de oso negro americano en la Sierra Madre Occidental" y "Consolidación de las acciones de conservación y manejo del oso negro americano en la Sierra Madre Occidental", respectivamente. PROCER ejercicio Fiscal 2016, "Seguimiento a la reintroducción de lobo mexicano en la Sierra Madre Occidental", "Fortalecimiento de las acciones de conservación y manejo de las poblaciones de oso negro en la Sierra Madre Occidental". Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), Ejercicio Fiscal 2015, "Conservación de la población de lobo mexicano en la Sierra Madre Occidental". PROCER Ejercicio Fiscal 2014, "Monitoreo y Manejo de la Población Reintroducida de Lobo Mexicano", "Conservación y Manejo de las Poblaciones de Oso Negro en la Sierra Madre Occidental".

Al personal de las Áreas Naturales Protegidas Reserva de la Biosfera Janos, Área de Protección de Flora y Fauna Campo Verde, Área de Protección de Flora y Fauna Bavispe, Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca, Área de Protección de Flora y Fauna Papigochic y Parque Nacional Cumbres de Majalca.

A las y los habitantes de las localidades muestreadas, por permitir el acceso a sus propiedades y apoyar en la colecta de muestras.

A mi asesora de tesis la Dra. Nalleli E. Lara Díaz, por su ayuda, paciencia y comprensión. Por compartir sus conocimientos al ayudarme en todo momento y seguir alimentando el entusiasmo en la investigación y siempre alentarme.

Al Biól. Jorge Luis Reyes Díaz por su orientación y acompañamiento en el análisis de muestras.

Al Dr. Miguel A. Armella Villalpando, la Dra Zamira A. Ávila Valle, la M. en C. Teresa Ruíz Olvera, y el M. en C. Yuri Glebskiy, parte de los miembros del jurado, por sus observaciones y conocimientos aportados al trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

Antes que nada quiero agradecer a Dios por permitir me llegar a esta etapa de mi vida, me dio salud y fortaleza.

Agradecer a mis padres Rosa y Francisco, abuelos, hermanos Abigail y Jesua, tías, tíos, primos, primas y pareja Juan Carlos, por su apoyo y amor incondicional durante todo el proceso.

A mi mascota Bayolet que ha sido mi compañera de vida y que me acompañó cada noche que estuve trabajando, con su amor y apoyo emocional.

A los amigos que he hecho en el transcurso de mi vida y a los que me apoyaron, con palabras de aliento y compañía.

Al equipo de trabajo que conocí durante esta curva de aprendizaje y trabajo, en especial a Jorge, Asdrubal, Coco Tafoya y todo el equipo madriguera.

Para mis profesores que aman su vocación y apoyaron en mi formación durante mi periodo de estudiante, por su apoyo, dedicación y conocimiento, ya que en el camino de la enseñanza es grato encontrar a los profesores que te motivan, alientan a seguir adelante y comparten su conocimiento. Disfruté mucho cada clase desde la formación temprana hasta la profesional.

Y a todas las personas que directa o indirectamente formaron parte de este proceso.

Infinitas gracias, para aquellas personas que aún continúan en mi vida y aquellos que ya partieron.

# Contenido

<b>RESUMEN</b>	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>2. ANTECEDENTES</b>	4
2.1 Características generales del oso negro	4
2.2 Dieta del oso negro	5
2.3 Especialización individual	6
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	8
<b>4. HIPÓTESIS</b>	8
<b>5. OBJETIVOS</b>	9
5.1 Objetivo general	9
5.2 Objetivos particulares	9
<b>6. MÉTODOS</b>	9
6.1 Área de Estudio	9
a) Ubicación	9
b) Clima	11
c) Elevación	12
d) Vegetación	12
e) Áreas Naturales Protegidas y actividades económicas	13
6.2 Trabajo de campo	14
6.3 Análisis genético para determinar especie, individuo y sexo	14
6.4 Caracterización de dieta	15
a) Identificación de componentes	15
b) Frecuencia y porcentaje de aparición	15
c) Diversidad de la dieta entre sexos, temporada y tipo de vegetación	16
d) Grado de especialización individual	17
<b>7. RESULTADOS</b>	18
7.1 Muestras e identificación genética	18
7.2 Caracterización de dieta	20
7.3 Diversidad de la dieta entre sexos, temporada y tipo de vegetación	24
7.4 Especialización individual	27
<b>8. DISCUSIÓN</b>	28
8.1 Estudios ecológicos con base en monitoreo indirecto	29
8.2 Caracterización y diversidad de la dieta	29
8.3 Especialización individual	32

<b>9. CONCLUSIONES</b>	36
<b>10. PERSPECTIVAS A FUTURO</b>	37
<b>11. REFERENCIAS</b>	38
<b>12. ANEXOS</b>	46
<b>Anexo 1.</b> Cuadro de índices empleados en el estudio de nivel de especialización, rangos y evaluación.	46
<b>Anexo 2.</b> Ejemplos de componentes encontrados en la categoría material de origen animal en muestras de excrementos de oso negro en el noroeste de México.	47
<b>Anexo 3.</b> Ejemplos de componentes encontrados en la categoría semillas y frutos en muestras de excrementos de oso negro en el noroeste de México.	48
<b>Anexo 4.</b> Ejemplo de componentes encontrados en la categoría material de origen vegetal en muestras de excrementos de oso negro en el noroeste de México.	49
<b>Anexo 5.</b> Componentes encontrados en la alimentación del oso negro en el noroeste de México por tipo de vegetación. BE – Bosque de encino, BEP – Bosque de encino – pino, BPE – Bosque de pino encino, BP – Bosque de pino.	50

# **Alimentación y especialización individual del oso negro (*Ursus americanus* Pallas, 1780) en el noroeste de México**

## **RESUMEN**

El oso negro está en peligro de extinción en México debido principalmente a la reducción del 80% en su área de distribución. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la dieta del oso negro y el grado de especialización individual en el noroeste de México como una medida de resiliencia. Se colectaron 164 excrementos entre 2014 a 2018. Se identificó el sexo e individuo de cada muestra, por medio de un análisis genético. Sus componentes se separaron, identificaron y clasificaron en: semillas y frutos, materia vegetal, y materia animal. Se estimó la frecuencia y porcentaje de aparición, y el índice de diversidad de Shannon-Wiener, que fueron comparados entre sexos, temporada y tipo de vegetación con una prueba de  $X^2$  y t de Student, respectivamente. La especialización individual se calculó a través de seis índices de grado de agrupamiento, sobreposición y similitud de la dieta. Se identificaron 34 componentes en la dieta, principalmente semillas y frutos (59.65%). La diversidad en la dieta fue mayor para machos ( $H' = 2.76$ ) que para hembras ( $H' = 2.54$ ), pero no se encontraron diferencias significativas entre sexos y temporadas. Se obtuvo un nivel medio de especialización individual (0.45 a 0.60) y un bajo grado de agrupamiento (0.07 a 0.22). La diversidad en la dieta y el grado de especialización individual entre las subpoblaciones indican la plasticidad y potencial de adaptabilidad de la especie ante los cambios en su ambiente.

**Palabras clave:** Cambio climático, dieta, plasticidad, resiliencia, Sierra Madre Occidental, *Ursus americanus*

## 1. INTRODUCCIÓN

El oso negro (*Ursus americanus*, Pallas 1780) es el carnívoro más grande de México, además de ser la única especie de la familia Ursidae presente en el país (Ford, 1981; Doan-Crider y Hellgren, 1996; Sánchez-Cordero et al., 2014). A nivel mundial se enlista dentro del Apéndice II de CITES (CITES, 2019), dentro de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) se encuentra en la categoría preocupación menor (LC; Garshelis et al., 2016) y para el país se encuentra dentro de la categoría de “En Peligro de Extinción (P)”, excepto la población de la Serranía del Burro en Coahuila que se encuentra sujeta a Protección Especial (Pr) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019), principalmente debido a la destrucción y fragmentación de su hábitat, que ha llevado a la reducción de su área de distribución en más del 80% (Delgadillo Villalobos, 2001; Delfín Alfonso et al., 2011; Scheick y McCown, 2014). El incremento de la población humana, una pobre economía, la contaminación urbana, la sobreexplotación de los recursos, el aumento de la cacería furtiva y el comercio ilegal, han sido factores detonantes en la pérdida del hábitat del oso negro y la disminución de sus poblaciones (Silva Hurtado, 2004).

En general, los registros con los que se cuenta para la especie en el país se han considerado incompletos y fragmentados, pero se ha determinado que la distribución histórica de la especie se encuentra dentro de las zonas montañosas y boscosas en las ecorregiones de Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental e Islas del Cielo, dentro de los estados de Coahuila, Tamaulipas, Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Sinaloa, San Luis Potosí, Jalisco, Nayarit y probablemente Aguascalientes; su distribución se encuentra restringida actualmente en los estados más norteños (Delfín Alfonso et al., 2011). También pueden encontrarse ocasionalmente dentro de áreas semidesérticas y de matorral (Hellgren, 1993; Doan-Crider y Hellgren, 1996).

Al ser un gran carnívoro, juega un papel clave en el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que habita, por ejemplo, como estabilizador de presas o de carnívoros de menor talla por medio de la competencia (Miller et al., 2001; Elmhagen y Rushton, 2007; Enders y Vander Wall, 2012). Así mismo, puede tener un papel ecológico como dispersor de semillas (Rogers y Applegate, 1983; Auger et al., 2002; Enders y Vander Wall, 2012), ya que su dieta se basa en 80% de componentes vegetales (Doan Crider, 1995; Costello et al., 2001). En este sentido, el estudio de la composición de la dieta y el grado de especialización individual toman importancia para comprender su papel en los ecosistemas y la posible resiliencia de sus poblaciones.



Por una parte, conocer los hábitos alimenticios de una especie ayuda en la comprensión del papel que desempeñan en el ecosistema, cómo hacen uso del hábitat, cuáles son sus necesidades biológicas y ecológicas, y cómo la energía obtenida de los componentes de su dieta influye en el desempeño de sus actividades como termorregulación, cortejo, movimiento, reproducción, crecimiento, entre otras (Powell y Seaman, 1990; Noyce y Coy, 1990; Silva Hurtado, 2004). Adicionalmente, los estudios de dieta son importantes cuando se desea manejar y conservar a una especie en particular, ya que permiten evaluar cómo cambia su alimentación a lo largo del tiempo dependiendo de la calidad del alimento consumido, la estacionalidad u otros cambios en el ambiente (Korschgen, 1971; Gallina Tessaro y López González, 2011).

Los recursos alimenticios presentan diferencias en cuanto a su distribución, abundancia, composición nutricional, así como el costo energético que emplea un individuo para su manejo, captura y su procesamiento (Korschgen, 1971; Baldwin y Bender, 2009; Gallina Tessaro y López González, 2011). Por ello, el aprovechamiento de los recursos por los individuos de una población también puede ser diferente, influyendo en su sobrevivencia y éxito reproductivo dentro del nicho (Morrison et al., 1992). Considerando que el nicho de una especie es el rango de condiciones ambientales, físicas y bióticas en el cual una especie puede vivir y reproducirse (Peterson, 2003; Milesi y López de Casenave, 2005), un mecanismo para cuantificar la amplitud del nicho (y su variación), puede ser a través de las características de la dieta de una población.

Dentro de la variación del nicho alimenticio de una población, pueden existir especialistas individuales, que son aquellos individuos cuyo nicho puede ser sustancialmente más estrecho que el del resto de su población, es decir, se alimentan de una menor diversidad de recursos (Herrera et al., 2008; Araújo et al., 2011). Esta diferencia en la dieta no siempre es atribuible al sexo, edad, o grupo morfológico (Schoener, 1986), por lo que se relaciona con el grado en que la dieta del individuo se encuentra restringida en relación con la de su población (Bolnick et al., 2003). Los animales con dietas diversas (generalistas), deberían de ser más resistentes a las fluctuaciones, naturales y antropogénicas, en la disponibilidad de recursos, en comparación con aquellos que presentan baja diversidad en la dieta (especialistas); esto se debe a que una alta diversidad en los recursos utilizados proporciona flexibilidad ante la falta de disponibilidad o pérdida de cualquier otro recurso particular, dando una mayor capacidad a la especie para ser exitosa dentro de su hábitat (Vázquez y Simberloff, 2002; Pin Koh et al., 2004; Futuyma y Moreno, 2012).

La presencia de especialización individual, fuerte o débil puede influir en la diversificación evolutiva a largo plazo, así como en la dinámica de las poblaciones y las interacciones

ecológicas de las especies a corto plazo (Bolnick et al., 2007; Araújo et al., 2011). Por ejemplo, existe una hipótesis en cuanto a la variación del nicho, la cual indica que probablemente las poblaciones tienden a hacerse generalistas cuando se liberan de la competencia interespecífica, por lo cual el nicho se expande y se produce una mayor variación entre individuos en lugar de una mayor amplitud de nichos individuales (Hutchinson, 1957; Van Valen, 1965).

Así, el estudio de dieta dentro de las poblaciones de oso negro en el noroeste de México puede brindar un panorama sobre su amplitud del nicho, grado de especialización individual y potencial resiliencia.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Características generales del oso negro

El oso negro pertenece al orden Carnivora, dentro de la familia Ursidae (Cuadro 1). Dependiendo de su localización geográfica en Norteamérica y del alimento que se encuentre disponible dentro del área, su peso oscila entre 90 a 276 kg en machos, y de 40 a 70 kg en hembras; en México alcanza los pesos más bajos (Larivière, 2001; Moreno Arzate, 2008; SEMARNAT y CONANP, 2012). El color del pelaje es relativamente uniforme y varía del negro azulado, gris azulado, marrón chocolate, canela e incluso beige; las fases de color de los individuos pueden cambiar durante mudas consecutivas e incluso de manera ocasional aparecen marcas blancas en el pecho (Larivière, 2001; SEMARNAT y CONANP, 2012).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del oso negro.

<b>Clase</b>	Mammalia
<b>Orden</b>	Carnivora
<b>Familia</b>	Ursidae
<b>Género</b>	<i>Ursus</i>
<b>Especie</b>	<i>Ursus americanus</i>

Son animales polígamos y solitarios, excepto durante la época de apareamiento, cuando las hembras se encuentran con sus crías o cuando se congregan en sitios de alimentación (CONANP y SEMARNAT, 2009). La época reproductiva generalmente ocurre durante los meses de junio a agosto, pero puede variar de acuerdo con el área de distribución; en

climas más cálidos, la época de celo ocurre en los meses de mayo y junio, mientras que en climas más fríos ocurre durante los meses de julio y agosto (Larivière, 2001). El periodo de gestación dura aproximadamente de seis a siete meses, por ello los oseznos nacen en los meses de enero y febrero (Larivière, 2001). Las camadas llegan a tener de una a cuatro crías, donde las hembras son las únicas que presentan un cuidado parental; las crías permanecen con su madre uno o dos años, con un intervalo de uno a cuatro años entre un nacimiento y otro (Larivière, 2001; Doan y Hewitt, 2005). Los osos negros suelen alcanzar la madurez sexual a partir de los dos años (Larivière, 2001; Navarro-Serment, 2016).

Esta especie presenta hábitos diurnos y crepusculares, con algunos picos de actividad al amanecer y al atardecer, suelen presentar una actividad más nocturna en la temporada de lluvias (Delgadillo Villalobos, 2001; Moreno Arzate, 2008; Lara-Díaz et al., 2018).

## **2.2 Dieta del oso negro**

El desarrollo de investigaciones de dieta a través de la colecta del material biológico facilita el estudio de la conducta, particularmente en especies cuya observación directa es difícil (Livaitis et al., 1996; Ojasti y Dallmeier, 2000). Particularmente en mamíferos, la colecta de excrementos es un método accesible, económico y no invasivo, en comparación con otros métodos de muestreo como el análisis de contenido estomacal (Mersmann et al., 1992; Ojasti y Dallmeier, 2000; Gallina Tessaro, 2015).

En grandes carnívoros como el oso negro, la caracterización de su dieta se ha dado principalmente a través del estudio de muestras fecales. Se sabe que la dieta del oso negro es omnívora y oportunista, con variación de acuerdo con su área de distribución (Doan Crider, 1995). En el norte (Alaska, Canadá y Estados Unidos de América) se compone principalmente de salmón, hormigas y larvas de hormigas, bayas (e.g., arándanos, moras azules, zarzaparrilla silvestre), juníperos, gramíneas, piñones, dientes de león, ungulados, aves, pequeños mamíferos, y carroña, entre otros (Raine y Kansas, 1990; Romain et al., 2013). En el sur de su distribución (México y sur de EUA) se incluyen semillas y frutos de alta producción como bellotas (*Quercus* spp.), madroño (*Arbutus xalapensis*), juníperos (*Juniperus* spp.), piñones (*Pinus cembroides*), ciruelos (*Prunus* spp.), además de elotillo (*Conopholis mexicana*), tunas (*Opuntia* spp.) y zacates (Doan Crider, 1995; Delgadillo Villalobos, 2001).

La dieta de los osos negros también varía dependiendo de la temporada (Baldwin y Bender, 2009; Romain et al., 2013). En la época invernal hay presencia de poco alimento en el ambiente y las condiciones climáticas para su obtención son adversas; es por lo que desde fines del verano y durante todo el otoño, consumen alimento en mayores cantidades,

principalmente ricos en grasas y carbohidratos, lo que les permite aumentar de manera significativa las reservas de grasa para sobrevivir durante el invierno (Fair, 1990; McDonald y Fuller, 2005; Hewitt y Doan-Crider, 2007). Las bellotas (*Quercus* spp.) son uno de los alimentos más importantes durante todo el año, aunque también se pueden encontrar otras especies vegetales como nopales, suculentas, piñones, o frutos de nopal (Delgadillo Villalobos, 2001). Se ha visto que el material de origen herbáceo es consumido principalmente durante el verano, mientras que el consumo de bellotas tiende a aumentar durante el otoño y se mantiene constante hasta enero (Alien y Pelton, 1998). Entre los meses de julio y agosto en el norte de Coahuila, se ha registrado el consumo de cerezas (*Prunus virginiana*) y uvas silvestres (*Vitis* sp.); a finales del verano consumen el fruto de los nopales (Doan Crider, 1995). Estudios nutricionales señalan el consumo de zacates y tallos en primavera, frutos suculentos de los matorrales y frutos de árbol en verano, y una mezcla de frutos duros y blandos en invierno, tomando en cuenta que la disponibilidad del alimento varía de manera regional, y durante el verano es generalmente una época de abundancia y diversidad de alimentos (Delgadillo Villalobos, 2001).

En las zonas boscosas adyacentes al desierto chihuahuense en Texas y Coahuila, la mayor parte de su alimentación se encuentra compuesta por plantas suculentas (*Opuntia* sp., *Agave* sp.), así como por frutos de *Quercus* sp. y *Juniperus* sp. (Doan Crider, 2003). En la Sierra de San Luis, en Sonora, la manzanita (*Arctostaphylos pungens*), y los frutos de junípero constituyen principalmente el alimento del oso negro (Martínez Muñoz, 2001; Moreno Arzate, 2008). La materia de origen animal es importante de manera local y existe una gran importancia en el consumo de los insectos (*Formicidae*), así como de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí europeo (*Sus scrofa*), escarabajos (*Coleoptera*), carroña de manera ocasional y algunos otros vertebrados como aves, reptiles y en algunos casos, ganado (Delgadillo Villalobos, 2001; Costello et al., 2001; Lariviere, 2001; SEMARNAT y CONANP, 2012). En Sierra del Nido en el estado de Chihuahua, se han reportado en excrementos de oso negro restos de bellotas (*Quercus emoryi*, *Q. arizonica*), elotillo (*Conopholis* spp), agrito (*Rhus trilobata*), pino piñonero (*Pinus cembroides*), manzanita, pastos, cardo (*Cirsium* spp.), ciprés (*Cupressus arizonica*) y táscate (*Juniperus deppeana*; Costello et al., 2001; Ortiz Ortiz, 2012; Navarro Serment, 2016).

### **2.3 Especialización individual**

Desde un punto de vista ecológico, el nicho es visto como una propiedad de la especie o población (Bolnick et al., 2002), de modo que el nicho ecológico permite identificar el papel de cada especie dentro de un ecosistema (Morlans, 2004). Considerando que el nicho ecológico es definido como los patrones de uso de los recursos por una especie (Pianka,

1986), el nivel de especialización depende de las interacciones ecológicas como competencia (intra e interespecífica), y depredación, así como de la oportunidad ecológica, relacionada con la diversidad de recursos disponibles y la estabilidad ambiental (Araújo et al., 2011).

Roughgarden (1974) propuso que la amplitud del nicho total de una población (TNW, por sus siglas en inglés), es decir, la suma total de las variedades de recursos utilizados por una especie tiene dos componentes: 1) la variación en el uso de recursos dentro de los individuos o componente intraindividual (WIC, por sus siglas en inglés), y 2) la variación entre individuos o componente interindividual (BIC, por sus siglas en inglés). De este modo, la variación del nicho es establecida cuando los individuos no tienen una distribución de recursos común (Bolnick et al., 2002).

El índice que mide los niveles de especialización toma valores entre 0 (especialización fuerte) a 1 (generalizado/ especialización débil; Bolnick et al., 2002; 2003). A medida que el índice de especialización individual se acerca a uno, indica que todos los individuos ocupan o hacen uso del rango completo del nicho de la población. Aquellos números que se alejan de 1 indican una superposición interindividual decreciente, es decir, los individuos usan menos recursos en común, lo cual indica una mayor especialización individual (Bolnick et al., 2002).

La especialización individual también se relaciona con la competencia. Una población que presenta una gran variación de la dieta entre individuos puede dividirse en grupos, donde los individuos van a presentar una mayor competencia hacia el interior de cada grupo, pero una competencia baja entre grupos (Araújo et al., 2008). De esta forma, la amplitud del nicho se puede reducir o incrementar, entre subgrupos o individuos, obteniendo diferentes valores en cuanto al nivel de especialización individual (Araújo et al., 2011). A pesar de que aquellos individuos que son generalistas tienen acceso a una amplia gama de recursos y gracias a ello poseen una mayor adecuación que los individuos más especializados, esto tendrá sus excepciones cuando los individuos tienen capacidades limitadas para usar una gran variedad de presas, por lo cual la amplitud del nicho individual puede disminuir aun cuando el nicho de la población se diversifique (Bolnick et al., 2007).

El grado de especialización individual varía ampliamente entre especies y poblaciones, lo cual refleja una gran variedad de mecanismos fisiológicos, conductuales y ecológicos que pueden generar variaciones intrapoblacionales, por lo que la especialización individual tiene grandes implicaciones ecológicas, evolutivas y de conservación (Bolnick et al., 2003). Incluso en ciertas especies consideradas generalistas ecológicas (e.g., omnívoros, desde

un punto de vista trófico) que hacen uso de una amplia diversidad de recursos, se ha encontrado que se componen de individuos relativamente especializados, que en conjunto hacen uso total de los recursos dentro del nicho (Bolnick et al., 2007).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El deterioro ambiental, incluyendo la fragmentación y pérdida de hábitat, ha sido uno de los principales causantes de la pérdida de biodiversidad (Esquivel, 2002; INEGI, 2015). Sumado a esto, el cambio climático ha provocado entre otros efectos, la modificación de los patrones normales de lluvias (e.g., las temporadas de lluvia se han retrasado o han sido intensas en diversas zonas de México) o de temperatura (e.g., periodos de sequía prolongados (González-Elizondo et al., 2012; INEGI, 2015). Ambos factores aumentan el riesgo de extinción y de completa pérdida del hábitat natural en muchas poblaciones silvestres (FAO, 2013). La diversidad en la alimentación y la modificación de patrones conductuales son características que permiten la adaptación de individuos ante los cambios en su ambiente (Bolnick et al., 2003), por lo que el análisis de los componentes en la dieta del oso negro y el grado de especialización individual, permitirán evaluar la tolerancia de esta especie en peligro de extinción y el potencial para la permanencia de sus poblaciones en México.

### **4. HIPÓTESIS**

- Siguiendo el patrón general de alimentación del oso negro (Doan Crider, 1995; Costello, et al., 2001), alrededor del 80% de los componentes encontrados en la dieta dentro de las Áreas Naturales Protegidas del noroeste de México serán de origen vegetal. El resto de los componentes corresponderá a materia de origen animal.
- No habrá diferencias en la diversidad de componentes en la dieta de hembras y machos, debido a que los individuos de ambos sexos aprovecharán los recursos disponibles. Sin embargo, si se encontrarán diferencias de acuerdo con la época del año. Al inicio de lluvias (18 de junio al 21 de septiembre) habrá mayor presencia de alimentos de origen animal debido a su cercanía con el extenso periodo de sequía (CONABIO, 2014). Hacia el final de las lluvias (22 de septiembre al 02 de diciembre) habrá una mayor disponibilidad de alimento de origen vegetal aumentando su presencia en la dieta, con diferencias de componentes entre los tipos de vegetación en relación con los tiempos de fructificación de las especies (Martínez-Yrizar et al., 2010).

- La especialización individual se encuentra relacionada con la amplitud de nicho respecto a la riqueza y diversidad de los recursos y el grado de agrupamiento alrededor de los recursos (Bolnick et al., 2002, 2003; Araújo et al., 2011). En los osos negros habrá un nivel medio de especialización individual al ser una especie generalista (Doan Crider, 1995), donde los individuos presentarán una diversidad menor de recursos en comparación con el nicho de la población, con un grado de agrupamiento alto entre subgrupos, generando grupos discretamente especializados en distintos conjuntos de recursos utilizados (Bolnick et al., 2002, 2003).

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

- Caracterizar la dieta del oso negro como base para evaluar el grado de especialización individual en el noroeste de México.

### **5.2 Objetivos particulares**

- Caracterizar la dieta del oso negro a través de la identificación y proporción de los componentes en los excrementos colectados.
- Evaluar las diferencias en diversidad de componentes de la dieta del oso negro con base en el sexo, temporada (inicio de lluvias y final de lluvias) y tipo de vegetación.
- Evaluar el nivel de especialización individual del oso negro en el noroeste de México.

## **6. MÉTODOS**

### **6.1 Área de Estudio**

#### **a) Ubicación**

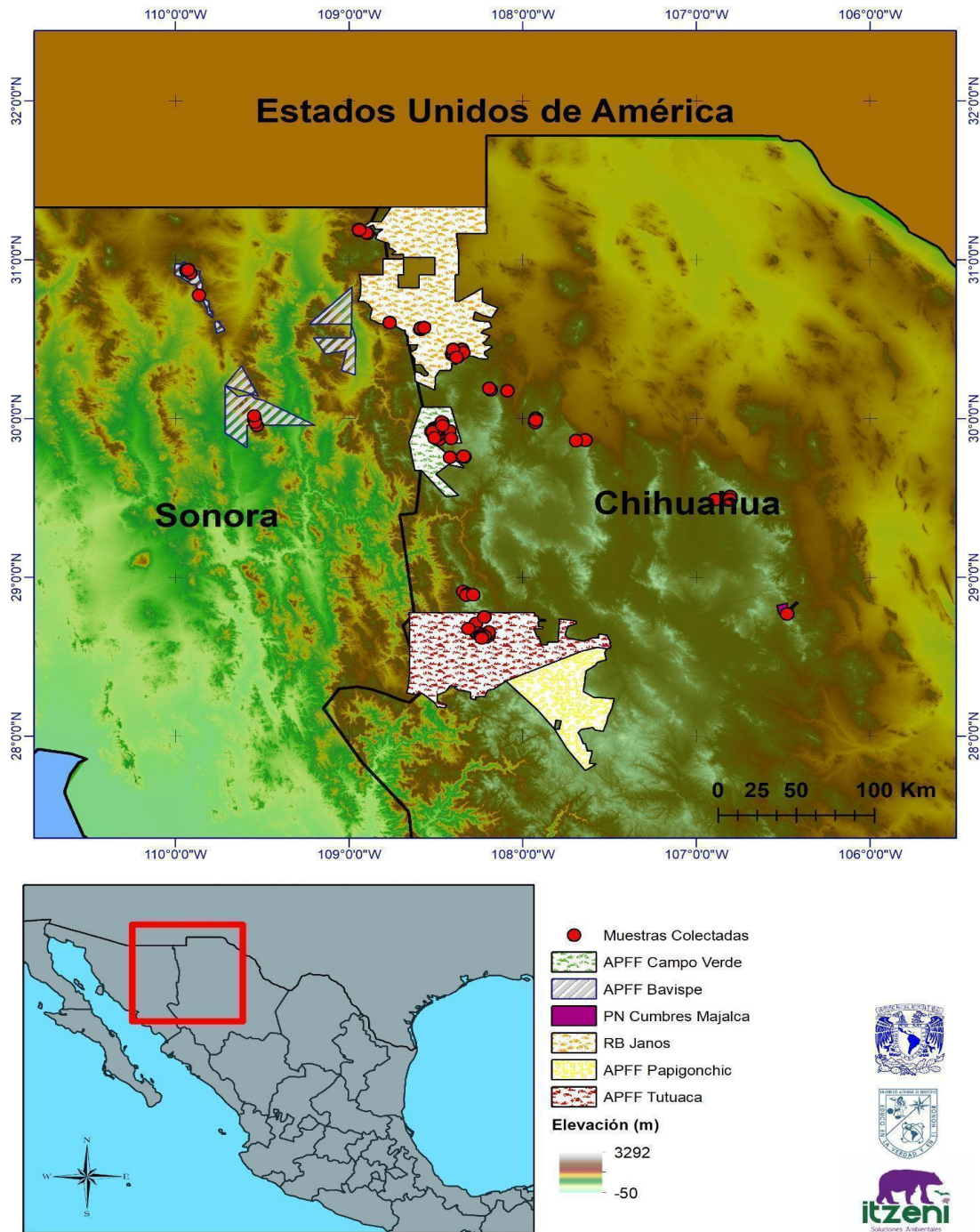
El estudio se realizó en el norte de la Sierra Madre Occidental (SMOcc) e Islas del Cielo, en los estados de Sonora y Chihuahua (Figura 1), entre los límites 31°10'57.47" - 28°37'29.15" latitud norte, y 109°55'31.56" - 106°48'6.56" longitud oeste. Los municipios donde se realizaron los muestreos fueron Agua Prieta, Fronteras y Huásabas, en el estado de Sonora, y Casas Grandes, Janos, Ignacio Zaragoza, Madera, Namiquipa y Temósachi, en el estado de Chihuahua.

La SMOcc en el norte encuentra sus límites desde el sureste de Arizona, el noroeste del desierto de Sonora y el oriente del desierto de Chihuahua, que es el desierto de mayor

superficie del continente. La SMOcc sigue hacia el sur por los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Nayarit, llegando hasta el borde norte de Jalisco (Descroix et al., 2005; González-Elizondo et al., 2012).

La SMOcc realiza la captación y abastecimiento de agua y sedimentos de manglares de Marismas Nacionales, y presenta una alta diversidad de especies y alta proporción de endemismos (Descroix et al., 2004; González-Elizondo et al., 2012). En el norte de la SMOcc, entre los estados de Sonora y Chihuahua, se encuentra la ecorregión de las Islas del Cielo, montañas rodeadas de pastizales y matorrales, que también presentan una gran biodiversidad gracias a su influencia biogeográfica, donde convergen dos regiones climáticas, templada y subtropical, además de estar localizadas entre los desiertos chihuahuense y sonorense, y dos cordilleras principales (las Montañas Rocosas en EUA y la SMOcc en México; Montañez Armenta et al., 2011).





**Figura 1.** Ubicación de las zonas de colecta de excrementos entre 2014 a 2018 para caracterizar la dieta del oso negro en el norte de la Sierra Madre Occidental e Islas del Cielo.

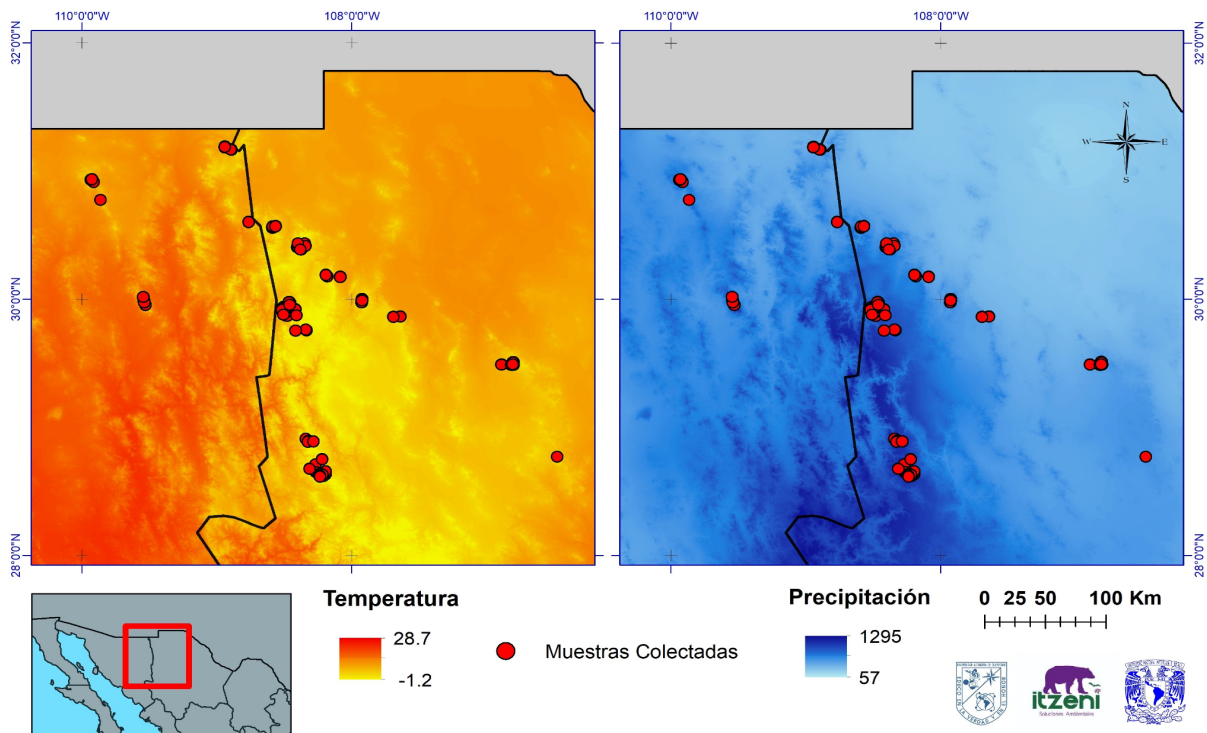
### b) Clima

Los climas que se presentan principalmente en la región de acuerdo con el sistema de Köppen modificado por García (2004) son, en la sección transversal de la SMOcc, de oriente a poniente, generalmente secos y semisecos (de tipo BS/ semiseco, semicálido), en

el piedemonte y estribaciones al oriente, norte y noroeste, climas templados y semifríos (CY C (E)), en la parte alta y parte media, semisecos hacia la vertiente oriental y subhúmedos hacia la occidental. También se encuentra clima semicálido (A (C)) y (A) C en la vertiente occidental, y cálido (A/ temperatura media del mes más frío superior a 18° C, sin heladas) en las partes bajas y cañadas de la Sierra.

La temporada de lluvias es en verano (w) y generalmente los climas presentan una marcada estacionalidad anual, con excepción de algunos donde las lluvias están uniformemente repartidas durante todo el año (proporción alta de lluvias en invierno). En la SMOcc la precipitación promedio anual varía entre 500 a 1000 mm (Figura 2), pero en las zonas de mayor altitud la precipitación oscila entre 700 a 1200 mm (CONABIO, 2014). En el norte de la SMOcc el clima es más extremo, hay una marcada oscilación diaria y anual de temperaturas con heladas severas durante el periodo invernal (Ortiz Álvarez y Vidal Zepeda, 2005; González-Elizondo et al., 2012). En las zonas más altas y frías de la SMOcc la temperatura tiene un rango promedio anual entre 6° C a 14° C (CONABIO, 2014), pero en zonas de menor elevación se encuentra alrededor de 26° C (Reyes-Gómez et al., 2009; Figura 2).

El clima de las Islas del Cielo es generalmente árido y cálido, con lluvias que llegan del oeste en el invierno, y tormentas ciclónicas que llegan del sur en verano (López Hoffman y Quijada-Mascareñas, 2012). En las zonas con una mayor elevación se presentan climas templados, con sequías y heladas en el norte, mientras que hacia el sur estos climas no son tan marcados y hay mayor precipitación (Wilson, 2006; Molina Frenner y Van Devender, 2010). La temperatura media anual y precipitación total anual varían con la elevación y oscilan entre 8° C a 23° C y de 250 mm a 800 mm, respectivamente (López Hoffman y Quijada-Mascareñas, 2012). En el noreste de Sonora, las lluvias se pueden presentar en verano e invierno, con periodos secos en otoño y primavera (Molina Frenner y Van Devender, 2010), mientras que al noroeste de Chihuahua los meses más calurosos son de abril a julio, los meses más fríos a finales de noviembre y mediados de febrero, y el periodo de lluvias generalmente es de principios de junio a finales de octubre (CONABIO, 2007a, 2007b, 2014).



**Figura 2.** Temperatura promedio anual ( $^{\circ}$  C) y precipitación anual (mm) en el área de estudio dentro de la Sierra Madre Occidental e Islas del Cielo.

### c) Elevación

La Sierra Madre Occidental es el complejo montañoso más grande de México, que se extiende cerca de 1,500 km de longitud y alcanza una altura de hasta 3,000 msnm (Descroix et al., 2005).

Las Islas del Cielo consisten en alrededor de 40 complejos montañosos separados, que cubren en conjunto 180,000 km<sup>2</sup>, con elevaciones de la cima de las montañas que van desde 1,800 a 3,267 msnm; las montañas están separadas por valles de pastizales semidesérticos de 15 a 25 kilómetros de ancho, tierras altas del desierto de Sonora y matorral del desierto de Chihuahua (López Hoffman y Quijada-Mascareñas, 2012).

### d) Vegetación

La SMOcc es un gran corredor biológico para especies boreales y tropicales de montaña, destacando las plantas leñosas y las herbáceas (Felger et al., 1997 en González-Elizondo et al., 2012).

La convergencia de flora de diversos orígenes y una gran variedad de hábitats, dan una gran diversidad a nivel mundial y nacional de asociaciones de pino, encino y madroño, con la mayor superficie de bosques templados del país (González-Elizondo, 1997; Van

Devender et al., 2012). Se presentan bosque de pino, bosque mixto de coníferas, bosque de pino-encino, bosque de encino y manchones de bosque mesófilo de montaña, así como pequeñas comunidades de chaparrales, matorral perennifolio, zonas de ecotono hacia pastizal y matorral xerófilo, además de matorral subtropical con pequeñas áreas de bosque tropical subcaducifolio (González-Elizondo et al., 2006; Challenger y Soberón, 2008; Van Devender et al., 2010). La diversidad incluye tres géneros dominantes, con 24 especies de *Pinus* que corresponde al 46% del total nacional, 56 especies de *Quercus* (34% de las especies presentes en el país) y siete de *Arbutus*, mismas representadas a nivel nacional (González Elizondo et al., 2012). Se han reconocido tres grandes grupos de vegetación y comunidades: madreña, madreña-xerófilo y tropical (Brown et al., 1998; González-Elizondo y Márquez Linares, 2006; González-Elizondo et al., 2012).

La vegetación de las Islas del Cielo se encuentra representada principalmente por bosques templados de encino-pino, vegetación subtropical, matorral espinoso de piedemonte y matorral espinoso costero en algunas zonas (Martínez-Yrizar et al., 2010; Montañez Armenta et al., 2011). Una de las características principales del matorral espinoso es la presencia de *Lysiloma divaricatum* que forma parte del estrato arbóreo, además de *Brahea brandegeei*, una especie de palma que forma densas poblaciones en la parte alta de los cerros y acantilados; dentro de estas zonas se han registrado más de 115 especies de árboles de matorral espinoso (Molina Freaner y Van Devender, 2010).

#### **e) Áreas Naturales Protegidas y actividades económicas**

En el área de estudio se encuentran seis Áreas Naturales Protegidas (ANPs): Reserva de la Biosfera Janos (RB Janos), Área de Protección de Flora y Fauna Campo Verde (APFF Campo Verde), Área de Protección de Flora y Fauna Bavispe (APFF Bavispe), Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca (APFF Tutuaca), Área de Protección de Flora y Fauna Papigochic (APFF Papigochic), y Parque Nacional Cumbres de Majalca (PN Cumbres de Majalca; Figura 1).

Las principales actividades económicas, dentro y fuera de las ANPs, son ganadería, aunque también destaca la agricultura y aprovechamiento forestal; en el APFF Campo Verde, por ejemplo, existen aserraderos activos, algunos productores también cuentan con cultivo de truchas (Cuevas, 2006; Suárez Chaparro, 2015; Reyes Escalante et al., 2019). Dentro del APFF Bavispe se desarrollan adicionalmente actividades mineras (Pallanez Murrieta y Moreno Vázquez, 2016).

La deforestación y el sobrepastoreo, en conjunto con la irrigación de cultivos, provocan cambios de uso del suelo, así como pérdida de la cubierta vegetal nativa, siendo

problemáticas principales al interior de las ANPs (CONANP y SEMARNAT, 2013; Reyes Escalante et al., 2019). Así mismo, la infiltración de contaminantes a mantos acuíferos, debido a actividades agrícolas, industriales y urbanas, ponen en riesgo la calidad del agua y la vegetación, que proporciona refugio y protección a la fauna silvestre, principalmente en zonas ribereñas (Juárez Arellano, 2009).

## **6.2 Trabajo de campo**

Los excrementos de oso negro fueron colectados de manera aleatoria en trabajos previos durante el periodo 2014 a 2018, en nueve municipios dentro y en la zona de influencia de las ANPs, APFF Bavispe, RB Janos, APFF Campo Verde, APFF Tutuaca, APFF Papigochic y PN Cumbres de Majalca.

Cada muestra fue almacenada dentro de una bolsa de papel estraza, rotulada con el nombre de la localidad, coordenadas geográficas y fecha. Las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente para su posterior análisis. Una vez secas, las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Zoología de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) para su análisis.

## **6.3 Análisis genético para determinar especie, individuo y sexo**

Se contó con 164 muestras de excrementos de oso negro dentro del área de estudio. A cada muestra se le raspó la parte superficial para obtener células epiteliales para la extracción de DNA. Por medio de este análisis se corroboró la especie a trabajar, se determinó el sexo y se identificaron las muestras a nivel de individuo. Este análisis fue implementado por parte del personal del Laboratorio de Zoología de la UAQ como se describe a continuación.

En cada muestra de células epiteliales se siguió el protocolo desarrollado por Varas (2010), usando el mini kit QIAmp <sup>®</sup>DNA Stool para la extracción de DNA mitocondrial, que posteriormente fue amplificado por reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Las amplificaciones se purificaron usando un sistema de purificación de ADN Wizard PCR Prep (Promega, Madison, Wisconsin). Las secuencias amplificadas se enviaron a MacroGen Sequencing Service para la secuenciación; posteriormente fueron revisadas y alineadas (programa Sequencher 4.6; Camargo-Aguilera et al., 2017). Para la identificación de individuos se seleccionaron 10 microsatélites previamente documentados (G10X, G1D, G10A, G10B, G10M, G10J, G10O, CXX20, G10L, Mu50; Paetkau y Strobeck, 1994), los cuales fueron amplificados por la técnica de PCR. Estos productos fueron enviados a MacroGen<sup>®</sup> para un análisis de fragmentos y se utilizó Genotyper versión 3.7<sup>®</sup> para calcular

con precisión el tamaño de los fragmentos y desechar genotipos ambiguos o con una mala amplificación. Para la determinación de sexo se usaron los fragmentos ZFX/ZFY (5'-CTGTGCATAACTTTGTTCC-3', y 5'-TCATAAGGTAGTCCTCACA-3') y SRY (F 5'-GATCAGTGGCAAACAGGAGAA-3' y R, 5'-AGTTTCTGTGCCTCCTGGAA-3') en una PCR con un ciclo de desnaturalización del DNA a 94° C durante 2 min, seguidos de 60 ciclos de amplificación (desnaturalización a 94° C durante 20 s, alineamiento 51° C durante 30 s y una extensión a 72° C) y un ciclo de extensión fina de 72° C por 3 min, seguido de una electroforesis en gel de agarosa al 2% que se tiñó con bromuro de etidio (Woods et al., 1999).

## **6.4 Caracterización de dieta**

### **a) Identificación de componentes**

Posterior al raspado de la superficie de cada muestra, cada excremento se desbarató de manera manual. Con la ayuda de pinzas de disección se separaron los componentes, agrupándolos en tres categorías: 1) semillas y frutos, 2) materia de origen vegetal (pastos y fibras), y 3) materia de origen de animal (pelo, huesos, plumas e invertebrados). Los componentes posteriormente se separaron en bolsas de papel rotuladas (fecha, número de muestra, categoría del componente (Silva Hurtado, 2004). Los datos recabados se almacenaron en una base de datos en Excel®.

Posteriormente, los componentes se observaron con microscopio estereoscópico (frutos, semillas, insectos, plumas y material de origen vegetal) y óptico (pelos para identificación de escamas y médula). Para la identificación de los componentes al nivel taxonómico más bajo posible, se utilizaron diferentes claves, guías y listados taxonómicos (Takeshi Arita y Aranda, 1987; Epple y Epple, 1995; Moore et al., 1997; Everitt et al., 2002; Baca Ibarra y Sánchez Cordero, 2004; Pech-Canche et al., 2009; Baca Ibarra et al., 2010; CONABIO, 2018), así como comparación con material presente en el Laboratorio de Zoología de la UAQ. Además, se contó con el apoyo de expertos de la UAQ para identificar diversos componentes, particularmente en el caso de insectos y algunas especies vegetales. Finalmente se tomó un registro fotográfico a manera de referencia e identificación.

### **b) Frecuencia y porcentaje de aparición**

Después de la identificación de los componentes de cada muestra se estimó la frecuencia de aparición (FA) y el porcentaje de aparición (PA) para cada categoría de alimento (semillas y frutos, materia de origen vegetal, materia de origen animal) y para el total de las muestras.

La FA de una presa expresa la proporción de muestras que contiene una presa, sin considerar la importancia del total de presas (Rangel-Aguilar y Gallo-Reynoso, 2013). Esta se estimó como el número de veces que se presentó una presa (componente) en relación con el número total de presas (componentes) examinadas, multiplicado por 100, ya que se presenta en porcentaje (Lagler, 1977):

$$FA = (n/NE) \times 100$$

Donde FA = Frecuencia de aparición, n = Número de veces que aparece una presa, y NE = Número total de veces que aparecen todas las presas.

El PA es la proporción del consumo de una presa en relación con las demás, así se puede conocer la presa más importante. El PA se calculó como (Villarreal Méndez, 2012):

$$PA = (Fi / N) \times 100$$

Donde Fi = Número de excrementos donde se encuentra la especie i, N = Número total de excrementos.

### **c) Diversidad de la dieta entre sexos, temporada y tipo de vegetación**

Se evaluó si existían diferencias significativas en el número de componentes consumidos por grupo de alimentos (semillas y frutos, materia de origen vegetal, y materia de origen animal) entre sexos (hembra/macho), temporadas, y tipo de vegetación, mediante tres pruebas de  $X^2$  (Nuñez et al., 2000). Debido a que las muestras se colectaron principalmente en la segunda mitad del año, se consideraron dos temporadas: inicio de lluvias (18 de junio al 21 de septiembre) y finales de lluvias (22 de septiembre al 02 de diciembre). El tipo de vegetación fue identificado para cada muestra con base en sus coordenadas geográficas y la capa nacional de Uso de Suelo y Vegetación (INEGI, 2016), mediante el programa ArcGIS ver. 10.3 (ESRI, 2012). Las muestras colectadas se ubicaron dentro de cuatro tipos de vegetación: bosque de pino (BP), bosque de pino-encino (BPE), bosque de encino-pino (BEP) y bosque de encino (BE). Las pruebas de  $X^2$  se implementaron en el programa Excel®.

Adicionalmente, se estimó la diversidad de los componentes en la dieta del oso negro a través del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), evaluando la presencia de diferencias significativas entre sexos y temporadas. Para ello se siguió el procedimiento propuesto por Hutcheson (1970, en Moreno, 2001) basado en una prueba de t de Student. El índice de Shannon-Wiener se calcula como:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde  $p_i$  = proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos (Moreno, 2001).

Para la estimación de diferencias significativas basado en la prueba de  $t$ , se empleó la fórmula utilizada en Moreno (2001):

$$t = H_{p_1} - H_{p_2} / D \text{ var}$$

Donde  $H_p$  = índice de diversidad ponderado,  $D \text{ var}$  = Diferencia de las varianzas entre dos muestras.

#### **d) Grado de especialización individual**

Para estimar el nivel de especialización individual (WTdMC) para la población de oso negro en el noroeste de México, las muestras se clasificaron en cuatro tipos de vegetación, al igual que en los análisis de diversidad: BP, BPE, BEP y BE.

Posteriormente se estimó la amplitud del nicho total de la población (TNW). El índice TNW indica la variación en el uso de los recursos dentro de la población, y está dividido en dos componentes, variación intraindividual (WIC) y variación interindividual (BIC; Roughgarden, 1974; Bolnick et al., 2002):

$$1) \text{ WIC} = E [\text{Var} (X_j | i)]$$

$$2) \text{ BIC} = \text{Var} [ E (X_j | i)]$$

$$3) \text{ TNW} = \text{Var}(x_{ij})$$

Dónde:  $E$  - Índice especialización individual;  $\text{Var}$  - Varianza,  $x_{ij}$  - componente de la  $j$ -ésima presa de la dieta del individuo  $i$ .

El nivel de especialización individual de la población se calculó como  $\text{WTdMC} = \text{WIC}/\text{TNW}$  (Roughgarden, 1974; Bolnick et al., 2002).

Adicionalmente al índice WTdMC se estimaron cinco índices ecológicos más con respecto a la amplitud del nicho individual y poblacional, que indican el uso de recursos de los individuos (Zaccarelli et al., 2013; Anexo 1).

- **Índice E.** Es una medida de especialización individual en donde en ausencia de variación del nicho interindividual su valor es 0, este aumenta hacia 1 con el aumento



de la variación interindividual (variación total en el consumo de presas, en un grupo de individuos entre sí).

- **$C_{ws}$** . Es una medida de modularidad, que indica el grado relativo de agrupamiento, donde el valor de  $C_{ws}$  es 0 cuando no hay modularidad, es decir cuando los individuos forman grupos discretos especializados en diferentes conjuntos de recursos, mientras que  $C_{ws} > 0$  si la red es modular, que hace alusión a los individuos que toman muestras al azar del nicho de la población, y  $C_{ws} < 0$  si el grado de agrupación de la red es bajo, indicando que la variación de la dieta tiene lugar a nivel de individuos.
- **Emc**. A través de una prueba de Monte Carlo recalcula los índices E y  $C_{ws}$ , para evaluar la variación de la dieta de los individuos, bajo la hipótesis nula  $H_0$  de que la variación dentro la dieta surge de individuos que toman una muestra estocástica de una distribución compartida de recursos. Una E con valor de 0 indica que no hay presencia de especialización y una E con valor de 1 indica una especialización fuerte (Onnela et al., 2005; Samaraki et al., 2007).
- **Overlap**. Calcula la superposición de la dieta por parejas de individuos y posteriormente se compara entre todos los individuos presentes en una muestra.
- **Psical**. Es una medida de especialización individual, basada en la superposición por pares promedio de la distribución del nicho de los individuos y de la población.

El nivel de especialización individual y el resto de los índices se estimaron por medio de la paquetería RinSp (Zaccarelli et al., 2020) en el programa Rstudio (RStudio Team, 2020).

## 7. RESULTADOS

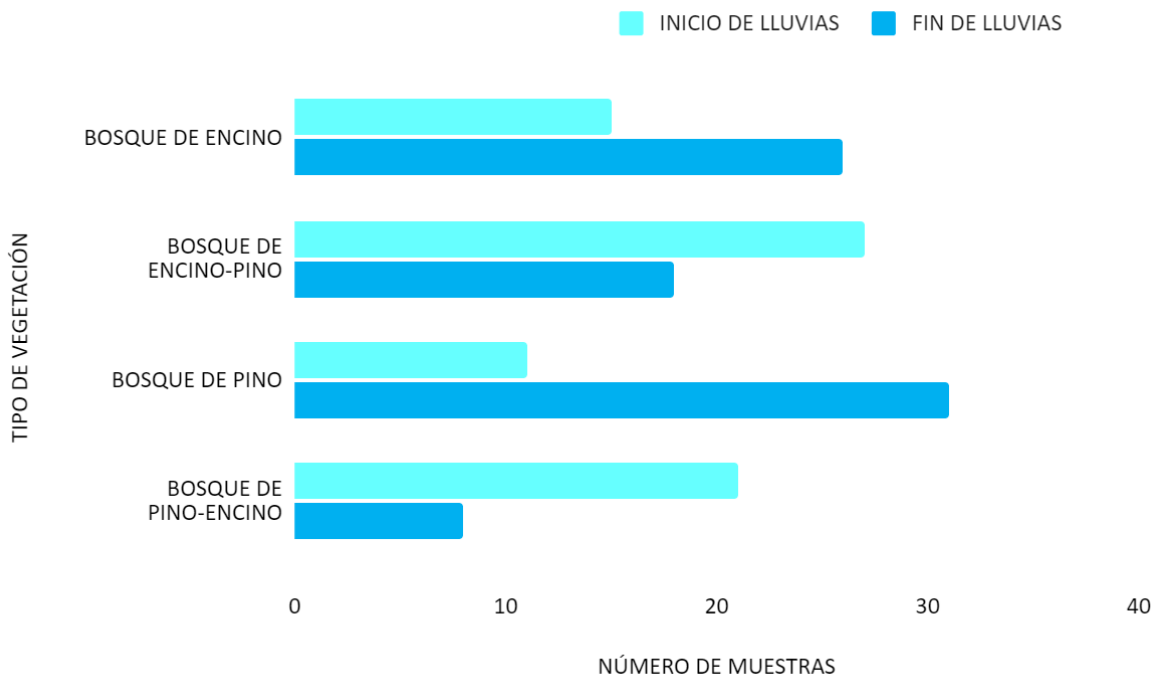
### 7.1 Muestras e identificación genética

De las 164 muestras de oso negro colectadas, a través de los análisis genéticos se logró determinar el sexo y el individuo para 145 muestras; el resto ( $n = 19$  muestras) no amplificaron.

De las muestras identificadas, 43 fueron de hembras y 102 de machos (1:2.37). Las muestras de hembras pertenecieron a 21 individuos diferentes, mientras que las de machos a 26 individuos diferentes (1:1.24).

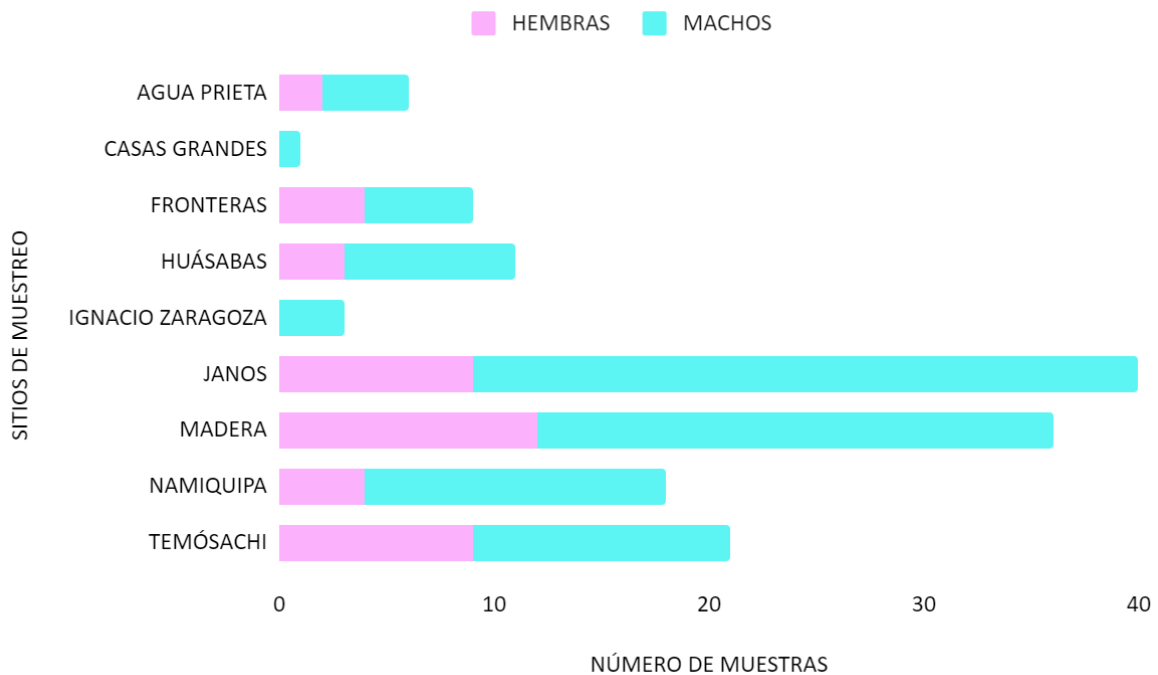
Considerando el total de muestras, en la temporada de inicio de lluvias se contó con 78 excrementos, con una proporción sexual de 1:3.26 (6 muestras no identificadas), mientras

que para la temporada de fin de lluvias se contó con 86 muestras, con una proporción sexual de 1:2.14 (13 muestras no identificadas). Por tipo de vegetación se obtuvo un rango de 32 a 45 muestras para cada uno. En los bosques de pino-encino y encino-pino se contó con más muestras en el periodo de inicio de lluvias, caso contrario para el bosque de pino y bosque de encino, con más muestras en el periodo de fin de lluvias (Figura 3).



**Figura 3.** Número total de muestras de excremento de oso negro, de acuerdo con cuatro tipos de vegetación y temporadas de inicio de lluvias y final de lluvias.

Geográficamente, para las muestras que se pudieron identificar a nivel de sexo, se recolectaron más muestras en los municipios de Madera (n = 41) y Janos (n = 40) respectivamente, mientras que el menor número fue colectado para los municipios de Agua Prieta (n = 6) y Casas Grandes (n = 3; Figura 4).



**Figura 4.** Número de excrementos de oso negro colectados por municipio y sexo en el periodo 2014 a 2018.

## 7.2 Caracterización de dieta

Se encontraron 34 componentes al analizar todas las muestras de excremento de oso negro ( $n = 164$ ; Cuadro 2, Anexos 2 a 4). La categoría que presentó un mayor número de componentes consumidos fue la de materia animal ( $n = 18$  componentes), seguido de semillas y frutos ( $n = 12$  componentes) y finalmente la categoría de materia vegetal presentó el menor número de componentes ( $n = 4$  componentes).

En la categoría de semillas y frutos se identificaron 12 componentes, siendo la más importante en frecuencia (59.65%) y porcentaje de aparición (103.66%). En esta categoría destaca la ingesta e importancia de frutos de *Juniperus sp.*, seguida por *Actostaphylos pungens*, *Quercus sp.* y *Zea mays* (Cuadro 2; Figura 5). La categoría de materia de origen vegetal tuvo cuatro componentes, con una FA y PA de 14.39 y 25%, respectivamente. Dentro de esta categoría, los componentes más destacados fueron *Nolina microcarpa* y *Dasyilirion sp.* (Cuadro 2; Figura 5). En conjunto, las categorías de semillas y frutos, y materia de origen vegetal formaron el 74.04% de FA en la dieta de los osos negros.

En la categoría de origen animal se encontró la mayor cantidad de componentes ( $n = 18$ ), y la categoría fue la segunda en importancia con una FA = 25.96 y un PA = 45.12. Entre los

componentes que destacan por su frecuencia de aparición se encuentran los insectos de la familia Formicidae (hormigas) con una FA en conjunto de 8.42%, sobrepasando los valores de los componentes restantes en esta categoría (Cuadro 2, Figura 5). El consumo de vertebrados e invertebrados tuvo una FA similar, con 12.63% y 13.33%, respectivamente (Cuadro 2; Figura 5).

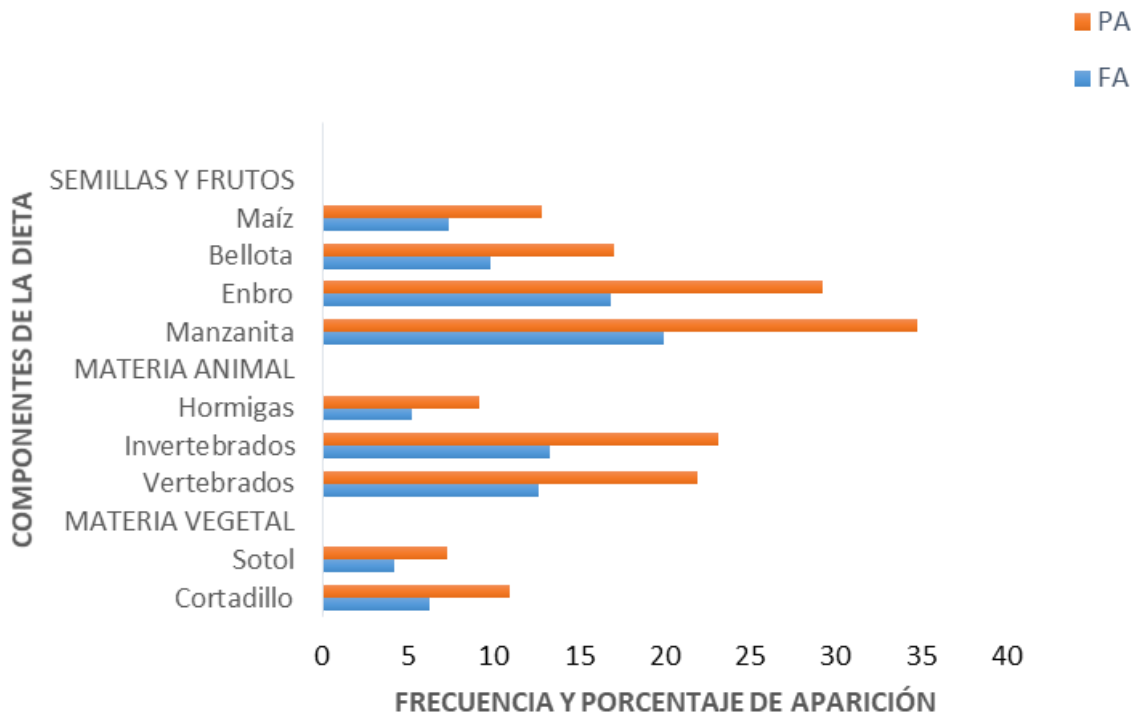
Los componentes más importantes en cada categoría de acuerdo con el porcentaje de aparición (PA) fueron para la materia de origen vegetal *Nolina microcarpa*, para la de origen animal la familia Formicidae, y para semillas y frutos el género *Juniperus* (Cuadro 2; Figura 5).

**Cuadro 2.** Componentes identificados dentro de la dieta del oso negro (*Ursus americanus*) en el noroeste de México, donde se analizaron un total de 164 muestras de excremento. FA – frecuencia de aparición, PA – porcentaje de aparición, \* - categoría taxonómica no identificada. Materia de origen vegetal - estructura de la planta como raíces, tallo u hojas; Materia de origen animal - cualquier tipo de vestigio como pelo, garras, plumas, élitros, entre otros; Semillas o frutos – partes reproductivas de las plantas.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común	FA	PA
<b>Materia de origen vegetal</b>							
Equisetopsida	Asparagales	Asparagaceae	<i>Nolina</i>	<i>Nolina microcarpa</i>	Cortadillo	6.32	10.98
			<i>Dasyllirion</i>	*	Sotol	4.21	7.32
			<i>Yucca</i>	*	Yuca	3.51	6.10
	Fabales	Fabaceae	<i>Prosopis</i>	*	Mezquite	0.35	0.61
<b>Materia de origen animal</b>							
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus</i>	*	Hormiga carpintera	3.16	5.49
			*	*	Hormiga	5.26	9.15
		Aphelinidae	*	*	Avispa parásita	0.70	1.22
	Coleoptera	*	*	*	Escarabajo	2.46	4.27
		Dytiscidae	*	*	Escarabajo acuático	0.35	0.61
	Orthoptera	Acrididae	*	*	Saltamontes	0.35	0.61
		*	*	*	Saltamontes	0.35	0.61
	*	*	*	*	Insecto 1	0.35	0.61

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común	FA	PA
Arachnida	Scorpiones	Diplocentridae	<i>Diplocentrus</i>	*	Escorpión dentado	0.35	0.61
Mammalia	Rodentia	Cricetidae	<i>Peromyscus</i>	*	Ratón de campo	2.81	4.88
			<i>Microtus</i>	*	Meteorito	1.40	2.44
		Sciuridae	<i>Sciurus</i>	*	Ardilla	0.35	0.61
	Artiodactyla	Bovidae	<i>Bos</i>	<i>Bos taurus</i>	Vaca	2.81	4.88
		Cervidae	<i>Odocoileus</i>	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	0.70	1.22
		Tayassuidae	<i>Dicotyles</i>	<i>Dicotyles angulatus</i>	Pecarí de collar	0.35	0.61
	Carnivora	Mephitidae	<i>Mephitis</i>	*	Zorrillo	3.16	5.49
Aves	*	*	*	*	Plumas (indeterminado)	0.35	0.61
*	*	*	*	*	Huesos (indeterminado)	0.70	1.22
<b>Semillas y frutos</b>							
Equisetopsida	Cupressales	Cupressaceae	<i>Juniperus</i>	*	Enebro	20.00	34.76
	Ericales	Ericaceae	<i>Arctostaphylos</i>	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita	16.84	29.27
			<i>Arbutus</i>	*	Madroño	0.70	1.22
	Fabales	Fabaceae	<i>Prosopis</i>	*	Mezquite	0.70	1.22
			<i>Quercus</i>	*	Bellota	9.82	17.07
	Poales	Poaceae	<i>Zea</i>	<i>Zea mays</i>	Maíz	7.37	12.80

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común	FA	PA
	Asparagales	Asparagaceae	<i>Yucca</i>	*	Yuca	1.40	2.44
	Rosales	Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	0.70	1.22
	Caryophyllales	Cactaceae	<i>Ferocactus</i>	*	Biznaga	0.35	0.61
	Solanales	Solanaceae	<i>Solanum</i>	*	*	0.35	0.61
*	*	*	*	*	Semilla 1 (Indeterminado)	1.05	1.83
*	*	*	*	*	Semilla 2 (Indeterminado)	0.35	0.61



**Figura 5.** Porcentaje de aparición (PA) y frecuencia de aparición (FA) de los principales componentes por categoría dentro de la dieta de oso negro en el noroeste de México.

### 7.3 Diversidad de la dieta entre sexos, temporada y tipo de vegetación

En las muestras asociadas a machos se encontraron 29 componentes mientras que para las hembras se registraron 20 componentes (Cuadro 3). No se encontraron diferencias significativas en el número de componentes por categoría para las hembras y machos de oso negro ( $X^2 = 0.280$ ,  $gl = 2$ ,  $p > 0.05$ ).

**Cuadro 3.** Número de componentes en la dieta de oso negro registrados por sexo (hembras/machos) en el periodo de estudio. Entre paréntesis se indica como referencia el número de componentes totales registrados.

Sexo	No. Componentes
Hembras	20 (34)
Machos	29 (34)

En todas las categorías, los machos tuvieron un mayor número de componentes. En la categoría materia de origen vegetal, los machos presentaron un componente más que las hembras, correspondiente a *Prosopis* sp. Para la materia animal, los machos tuvieron como componentes únicos (no presentes en las hembras) a la familia Dytiscidae, a los géneros



*Microtus* y *Diplocentrus*, y a la especie *Dicotyles angulatus*, así como componentes sin identificar: insecto 1 y huesos. En esta categoría, las hembras tuvieron como componentes únicos a *Sciurus sp.* y plumas sin identificar. Para la categoría de semillas y frutos se registró únicamente en los machos la presencia de Semillas 1 y 2 (indeterminadas), así como *Prosopis sp.* y *Solanum sp.*, mientras que, en las hembras no se presentó ningún componente diferente dentro de la categoría.

En la temporada de inicio de lluvias se encontraron 25 componentes, mientras que en la temporada final de lluvias se registraron 26 componentes (Cuadro 4). De acuerdo con la prueba de  $X^2$  no se encontraron diferencias significativas en el número de componentes por categoría entre ambas temporadas ( $X^2 = 0.744$ ,  $gl = 2$ ,  $p > 0.05$ ).

**Cuadro 4.** Número de componentes en la dieta de oso negro registrados por temporada de inicio de lluvias y final de lluvias en el periodo de estudio. Entre paréntesis se indica como referencia el número de componentes totales registrados.

Categoría	Inicio de lluvias	Final de lluvias
Materia de origen vegetal	4 (4)	3 (4)
Materia de origen animal	14 (18)	13 (18)
Semillas y frutos	7 (12)	10 (12)

En la temporada de final de lluvias, dentro de la categoría materia de origen vegetal, el componente que no se registró fue el mezquite (*Prosopis sp.*). En la materia de origen animal los componentes exclusivos de la temporada de inicio de lluvias fueron: ortópteros, organismos de la familia Dytiscidae, *Dicotyles angulatus* y plumas no identificadas, mientras que en la temporada final de lluvias fueron miembros de la familia Acrididae, insecto 1 (indeterminado), *Sciurus sp.*, y género *Diplocentrus*. En la categoría de semillas y frutos los componentes encontrados únicamente al inicio de lluvias fueron: semilla 1 (indeterminada) y *Prunus serotina*. A finales de lluvias los componentes fueron: *Zea mays*, *Arbutus sp.*, *Solanum sp.*, *Ferocactus sp.*, y semilla 2 (indeterminada).

Al comparar las tres categorías de componentes dentro de los cuatro tipos de vegetación, para el bosque de encino-pino y bosque de encino se encontraron 21 componentes en cada uno, en el bosque de pino 20 componentes, y para el bosque de pino-encino 16

componentes (Cuadro 5). Una muestra que contenía *Prosopis* sp. no fue incluida en los análisis por ser la única encontrada en pastizal. Por medio de una prueba de  $X^2$ , se determinó que no hubo diferencias significativas en el número de componentes entre los cuatro tipos de vegetación ( $X^2 = 1.433$ ,  $gl = 6$ ,  $p > 0.05$ ).

**Cuadro 5.** Número de componentes en la dieta de oso negro registrados por tipo de vegetación en el periodo de estudio. Entre paréntesis se indica como referencia el número de componentes totales registrados.

Tipo de vegetación	Materia vegetal	Materia animal	Semillas y frutos	Total de componentes
Bosque de encino	3 (4)	10 (18)	8 (12)	21 (34)
Bosque de encino-pino	3 (4)	13 (18)	5 (12)	21 (34)
Bosque de pino	3 (4)	9 (18)	8 (12)	20 (34)
Bosque de pino-encino	3 (4)	7 (18)	6 (12)	16 (34)

En ninguno de los cuatro tipos de vegetación se presentaron componentes exclusivos dentro de la categoría de material de origen vegetal. En el resto de las categorías, la mayoría de los componentes se comparten entre al menos dos tipos de vegetación. Es importante destacar que el mayor número de componentes consumidos se presentó en el bosque de encino y bosque de encino-pino (21 componentes), gracias a la gran producción de cubierta vegetal (alimento para el oso negro y sus presas; Ávila-Sánchez et al., 2018).

A través del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), se evaluó la diversidad, considerando ambas temporadas (inicio de lluvias y final de lluvias), obteniendo una diversidad mayor en la dieta de machos que la registrada en hembras; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre sexos (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de componentes consumidos por machos y hembras, dentro de ambas temporadas para el oso negro en el noroeste de México.

Temporada	Sexo	Índice de diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ )		
		$H'$	t	Nivel de confianza

Inicio de llluvias y Final de llluvias	Hembras	2.543	1.644 (gl = 140)	0.05 (p = 0.1024)
Inicio de llluvias y Final de llluvias	Machos	2.760		

#### 7.4 Especialización individual

En general, de 34 componentes encontrados en la dieta del oso negro, dentro del bosque de pino se registraron 20 componentes, para el bosque de pino-encino 16 componentes, en el bosque de encino 21 componentes, y para el bosque de encino-pino un total de 21 componentes (Anexo 5).

La estimación del índice de especialización individual WTdMC (WIC/TNW), obtuvo su valor más alto en el BEP (0.601), mientras que el valor más bajo fue para el BP (0.456; Cuadro 7). Tomando en consideración que el rango de este índice va de 0 (cada individuo usa solo un tipo de presa) a 1 (todos los individuos son generalistas), estos valores indican un valor de especialización individual media para la población de oso negro.

La mayor variación interindividual dentro del nicho (índice E), así como el mayor grado de agrupamiento  $C_{ws}$  (modularidad) se presentaron el BP. En el caso de  $C_{ws}$ , el rango de valores obtenidos fue bajo, por lo que no se presenta una modularidad marcada. Para el índice E<sub>mc</sub>, el valor más alto se presentó dentro del tipo de hábitat BP con 0.357 y el más bajo en BPE con 0.272, todos indicando una selección de recursos. El índice de sobreposición (overlap), que mide el coeficiente de superposición por pares de individuos, fue mayor en el BPE y menor en el BP. Finalmente, el índice Psical, que indica la similitud promedio entre la dieta de cada individuo y la dieta de la población (IS), fue mayor en el BPE (0.374); considerando que el rango va de 0 (los individuos usan conjuntos más pequeños que la dieta de la población) a 1 (todos los individuos consumen el conjunto completo de recursos de la población), se utiliza solo un subconjunto pequeño del total de recursos de la población por tipo de vegetación. El valor de todos los índices se presenta en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Índices empleados en la estimación del nivel de especialización individual para el oso negro (*Ursus americanus*) en el noroeste de México de acuerdo con el tipo de hábitat (vegetación). E - variación interindividual dentro del nicho;  $C_{ws}$  - grado de agrupamiento;

Emc - remuestreo bajo una Ho para calcular E; Overlap - similitud de la dieta por pares de individuos; Psical (IS) - similitud promedio entre la dieta de cada individuo y la dieta de la población); WTdMC - grado de especialización individual. En rojo se indican los valores más altos.

Índice	Encino	Encino-Pino	Pino-Encino	Pino
<b>E</b>	0.800	0.804	0.750	<b>0.829</b>
<b>C<sub>ws</sub></b>	0.115	0.214	0.071	<b>0.221</b>
<b>Emc</b>	0.290	0.341	0.272	<b>0.357</b>
<b>Overlap</b>	0.199	0.196	<b>0.250</b>	1.171
<b>Psical</b>	0.279	0.308	<b>0.374</b>	0.259
<b>WTdMC</b>	0.557	<b>0.601</b>	0.523	0.456

## 8. DISCUSIÓN

El presente estudio constituye una de las primeras investigaciones sobre la dieta del oso negro, basada en monitoreo indirecto durante múltiples años y en múltiples áreas del noroeste de México, integrando una serie de descriptores de especialización individual a partir de datos brindados por el objeto de estudio, contribuyendo al entendimiento de su éxito de supervivencia, adaptabilidad (tiempo ecológico) y plasticidad en el comportamiento, más aún debido a las modificaciones antropogénicas en su entorno natural y el impacto sobre la especie.

El estudio, centrado en la dieta del oso negro demostró que el consumo de los componentes ha sido similar a lo previamente reportado, respecto a su dieta a lo largo de su distribución (Willson y Gende, 2004). Las bases alimenticias entre sexos resultaron ser similares, por lo que las diferencias se podrían explorar con base en la presión ejercida por el ambiente, el nivel nutricional de los individuos o el aporte energético de los recursos (Camp Youngs et al., 2011), más que a la presencia o ausencia de los componentes. En

este sentido tampoco hay diferencias entre temporadas, pero si hay recursos únicos utilizados por temporada. Así mismo, las pruebas basadas en especialización individual demostraron una plasticidad media para el oso negro en el noroeste de México, que puede favorecer la permanencia de las poblaciones, siempre y cuando no se produzcan cambios ambientales drásticos, indicando la importancia de la conservación del hábitat.

### **8.1 Estudios ecológicos con base en monitoreo indirecto**

Las pruebas de DNA realizadas por el personal de la UAQ ayudaron en la identificación de la especie de la cual provenían las muestras, así como sexo e individuo de oso negro. A partir de una pequeña cantidad de muestra biológica para la obtención de DNA, con el apoyo de la técnica de PCR, se lograron amplificar millones de copias de fragmentos de los marcadores de interés. Únicamente 19 de 164 muestras no se lograron amplificar debido a que el material se encontraba dañado, lo cual indica 88.4% de éxito en la amplificación de DNA a partir de células epiteliales de excremento. Para todas estas muestras se pudo identificar la especie de origen como *Ursus americanus*, así como el sexo e individuo.

El éxito en la amplificación de DNA destaca el empleo de métodos no invasivos de muestreo, evitando interacciones directas con los individuos y posible daño durante la toma de muestras; adicionalmente la obtención de muestras como excrementos y su procesamiento son mucho más económicas que la captura y manejo de individuos (Korschgen, 1971; Murie, 1974; Gallina Tessaro y López-González, 2011). También es importante considerar que este tipo de muestreo indirecto permite aumentar el tamaño de muestra, y realizar estudios a mediano plazo.

Gracias a la identificación exacta de las muestras, se logró trabajar con ellas, ya que a pesar de que existen manuales de rastreo que incluyen la identificación de excrementos, la mayoría de las ocasiones no se puede identificar a simple vista, ya que pueden no cumplir los criterios señalados para identificar cada muestra de acuerdo con su especie (color, forma, composición, tamaño, etc.; Gallina Tessaro y López González, 2011). Además, las técnicas de obtención de DNA apoyaron a eliminar muestras no correspondientes a la especie, la identificación entre los sexos (hembras y machos), así como individuos, gracias a lo cual se puede identificar la variación en el consumo de los recursos (Doan-Crider y Hellgren, 1996), y con lo cual se pudo llevar a cabo el análisis de especialización individual.

### **8.2 Caracterización y diversidad de la dieta**

La dieta del oso negro en el noroeste de México presentó un mayor número de componentes dentro de la categoría de semillas y frutos (FA de 60%), seguido de

componentes en la categoría de materia animal (FA de 25%) y por último los componentes dentro de la categoría de materia vegetal (FA de 14%). Las semillas y frutos, junto con la materia vegetal, representan el 74% de la dieta, lo que coincide con otros estudios de dieta en la región, y en general para la especie (Doan Crider, 1995; Costello et al., 2001). Al igual que en este trabajo, en EUA se ha encontrado que 75% de la dieta de los osos negros corresponde a materia vegetal (Costello et al., 2001), mientras que, en la Sierra de Picachos, al noreste de México, se ha determinado que aproximadamente el 97% de la dieta consta de materia vegetal (Martínez Muñoz et al., 2014).

El número de componentes encontrados dentro del presente estudio fue de 34, mayor al registrado en estudios previos en México, ya que Martínez Muñoz et al. (2014) detectaron 28 componentes, mientras que Juárez Casillas (2006), registró en total 20 componentes alimentarios. Dentro del trabajo de Moreno Arzate (2008) se identificaron dentro de la Sierra del Nido 17 componentes alimenticios, y en la Sierra de San Luis un total de 21. El mayor número de componentes registrados pudo estar asociado a un mayor esfuerzo de muestreo, incluyendo la duración del periodo de muestreo, así como el número de muestras con las que se trabajó. Así mismo, el área geográfica cubierta en el presente estudio (Figura 1) fue mayor que en los estudios anteriores. Sin embargo, es necesario puntualizar que no se detectaron nuevos componentes dentro de la dieta del oso negro (i.e., componentes no incluidos en otros estudios), tomando en consideración que al menos cinco componentes (insecto 1, huesos, plumas, semilla 1 y 2) no se lograron determinar debido a su deterioro.

La materia animal fue la categoría más diversa en relación con el mayor número de componentes encontrados. Este tipo de alimento puede beneficiar al oso negro ocasionalmente al brindarle una mayor variedad de la que puede hacer uso dentro de su dieta en relación con la abundancia disponible (Delgadillo Villalobos, 2001). Dentro de esta categoría, el consumo de ganado fue bajo (3%), probablemente porque se espera que éste sea mayor en la época seca (Peña-Mondragón y Castillo, 2013; Koike et al., 2013; De la Rosa Aguilar, 2017), de modo que en los periodos muestreados (inicio y fin de lluvias) hubo disponibilidad de otros recursos tanto vegetales como animales. El oso negro es una especie oportunista, y el ganado no es considerado como una presa natural para la especie (Peña-Mondragón y Castillo, 2013), por lo que cuando se presenta generalmente se relaciona con la época de baja disponibilidad de otros recursos (Doan y Hewitt, 2005), y también puede relacionarse con alteraciones antrópicas dentro de su hábitat natural y disminución de sus fuentes principales de alimento (Delfín Alfonso et al., 2011), además de fenómenos como incendios, que pueden incidir en la pérdida de recursos alimenticios, y por lo tanto detonar las causas de la depredación sobre ganado o zonas de cultivo (Delfín

Alfonso et al., 2011; Peña-Mondragón y Castillo, 2013). El consumo de ganado pudo ser a través de una depredación directa o como encuentro oportunista de carroña de una cabeza de ganado perdida por otras causas (e.g., intoxicación, enfermedad, entre otras; Royo et al., 2008; CONABIO, 2014). Esto potencialmente implica un daño al ganado por parte del oso negro de nulo a muy bajo. Sin embargo, el conflicto real o percibido relacionado con la pérdida de ganado es una constante amenaza para esta especie en peligro de extinción, y son temas que es necesario explorar, donde el muestreo de excrementos de oso negro, particularmente en épocas de bajos recursos puede ayudar a interpretar la intensidad del conflicto real.

El número de componentes o su diversidad dentro de la dieta del oso negro no indicó diferencias significativas entre sexos al nivel de identificación y comparación que se utilizó en este estudio. Si bien, las bases alimenticias entre machos y hembras son similares (Doan y Hewitt, 2005), y nos ayuda a entender la amplitud del nicho para la especie (Araújo et al., 2011), no todos los componentes se encontraron presentes en ambos sexos, siendo posible que las diferencias se den a nivel ecofisiológico en relación al valor nutricional de los componentes y el aporte energético que presentan, ya que esto va acorde a sus papeles biológicos (e.g., gestación, búsqueda de pareja), y necesidad de nutrientes conforme a su etapa de desarrollo, como es señalado dentro de la teoría del forrajeo óptimo (Costello et al., 2001).

Respecto a las temporadas utilizadas en el presente estudio (inicio y fin de lluvias), tampoco se encontraron diferencias significativas en el número de componentes y diversidad de acuerdo con las categorías de materia vegetal, semillas y frutos y materia de origen animal. Únicamente se observó una tendencia a la disminución del consumo de manzanita (*Arctostaphylos pungens*) de la primera a la segunda temporada, ya que el fruto madura a finales de primavera o verano (Márquez Linares, 2004), lo que también pudo llevar a un aumento del consumo de juníperos relacionado con la temporada de maduración del fruto (Zamora Serrano et al., 2012). La presencia de maíz (*Zea mays*) corresponde a los periodos de cosecha tras su cultivo en el norte de México entre abril y julio (SAGARPA et al., 2017); particularmente en el municipio de Madera, Chihuahua, su consumo puede ser de manera oportunista por algunos individuos cercanos a las plantaciones. De este modo, las diferencias de la dieta en las temporadas de estudio se pueden relacionar más a la identidad de las especies y período de maduración, que a la cantidad y diversidad por categorías.

No encontrar diferencias significativas en los componentes de la dieta entre sexos, temporadas y tipos de vegetación, permitió realizar las aproximaciones de especialización

individual. Debido a que su diferenciación en el uso de los recursos no son tan marcadas (variación del nicho) podemos suponer, que si bien los individuos coexisten y seleccionan de forma activa los recursos del entorno compartido, los cambios en las variaciones de su nicho no tienen suficiente presión a nivel de los tipos de vegetación, dimorfismo sexual ecológico, ontológico y a su historia de vida, para diferenciar sus preferencias alimenticias por completo (Araújo et al., 2011) y solo se observó un recambio de algunos de los recursos empleados entre los sexos de una temporada a otra.

### **8.3 Especialización individual**

La estimación del grado de especialización individual de la población de oso negro en el noroeste de México se realizó de manera longitudinal de 2014 a 2018 (exceptuando 2015, por falta de muestras), separando las muestras colectadas e identificadas en cuatro grupos, de acuerdo con el tipo de vegetación y empleando diferentes estimadores para su cuantificación (Zaccarelli et al., 2013).

A través de los componentes identificados en la dieta de cada individuo, fue posible estimar la variación del nicho dentro de los individuos y población. Una de las descripciones que trata de expresar la importancia del nicho ecológico, así como su significado, determina que consideramos al nicho ecológico como aquel lugar, que, en relación con su zona geográfica, expresa condiciones apropiadas para el crecimiento, desarrollo y supervivencia de una especie, además de que todas las especies se encuentran en interacción constante y directa con los factores ambientales (temperatura, humedad, presión atmosférica, etc.; Bolnick et al., 2007; López García, 2007). De acuerdo con las características y variables ambientales o ecológicas, el nicho da los recursos precisos que requiere un organismo para su sobrevivencia. Emplear el nicho haciendo uso de los componentes de dieta, dentro de los diferentes tipos de vegetación que brindan hábitats marcados y sostienen de esta forma diferentes comunidades, pueden presentar una competencia al compartir un mismo hábitat, ya sea ligera o inexistente (López García, 2007). Es por lo que, a través de los componentes de la dieta, podemos analizar qué tanto se superponen los nichos de los individuos o poblaciones, tomando un enfoque cuantitativo de los elementos en relación con dos descriptores: amplitud (suma total de las variedades de recursos empleados por una especie) y sobreposición (demanda simultánea de diferentes recursos por dos o más especies). Así, el alimento es una de las dimensiones relevantes del nicho, ya que al analizarlo se observa la variedad de recursos dentro de la dieta de la especie, grado de interacción y niveles tróficos (Guerrero et al., 2002).



El índice E indicó mayor variación interindividual en el bosque de pino (0.829), es decir que la variación en el consumo de los recursos difiere casi por completo entre los individuos (Araújo et al., 2008). Esto puede relacionarse con el alto nivel de diversidad que presenta el tipo de vegetación, debido a que son considerados centros de diversificación y presentan una alta tasa de reemplazo de especies (Ávila-Sánchez et al., 2018). Además, provee de un gran número de recursos disponibles a los individuos para su consumo, en relación con que cubre una porción importante de la SMOcc (aproximadamente el 12% de la superficie), y aunque presenta dominancia de especies de *Pinus*, cuenta con diferentes estratos arbóreos, herbáceos, arbustivos y rasantes (González-Elizondo et al., 2012). Dentro del tipo de vegetación de bosque de pino, de los 34 componentes registrados en este trabajo, se localizaron ocho elementos.

El grado de agrupamiento ( $C_{ws}$ ) también obtuvo su mayor valor en el bosque de pino (0.221), aunque es un valor relativamente bajo, indicando que hay dispersión en el uso de recursos (Bolnick et al., 2003; Araújo et al., 2008; Zaccarelli et al., 2013), y relacionándose con el índice E, ya que por la amplia variación interindividual hay menor grado de agrupamiento. Tal dispersión se podría relacionar con la fragmentación o perturbación del hábitat, que genera una distribución diferente de los recursos disponibles dentro de los tipos de vegetación, por lo que la oportunidad ecológica depende del tamaño de los parches y la diversidad de microhábitats (Araújo et al., 2011). Tomando en consideración los diferentes aprovechamientos de suelo que se presentan en el área de estudio (ganadería, agricultura, aprovechamiento forestal, minería, etc.), la deforestación y el sobrepastoreo pueden ser causas de las diferencias en los parches de vegetación, debido a la pérdida de la cubierta vegetal nativa (Lamas y Dressino, 2002; González-Elizondo et al., 2012; CONANP y SEMARNAT, 2013; Reyes Escalante et al., 2019).

La magnitud de la variación de la dieta entre individuos depende del nivel de competencia intra e interespecífico, oportunidad ecológica y depredación (Araújo et al., 2011). De acuerdo con los valores obtenidos dentro del estudio (Cuadro 7), los individuos de la población mostraron un nivel medio-bajo de competencia, ya que al menos dentro de la prueba Psical (uso de los recursos) los valores fueron de 0.259 - 0.374, indicando un bajo uso del conjunto de recursos de la dieta de la población.

El índice Emc fue bajo, más cercano a cero en todos los tipos de vegetación, indicando que hay una baja selección de los recursos. Estudios previos indican que los osos negros basan su selección de alimentos de acuerdo con la disponibilidad de fuentes de alimentos naturales o antropogénicos, actuando de forma oportunista (Powell et al., 1994; Camp Youngs et al., 2011).

El índice Overlap fue bajo para todos los tipos de vegetación (0.171 - 0.250), indicando una superposición de dieta débil. El oso negro, considerado una especie omnívora, consume una gran variedad de alimentos dentro de su dieta, incluyendo vertebrados pequeños, carroña, frutos, plantas, insectos, y modificando su alimentación en relación con la abundancia y calidad nutricional de los alimentos de estación a estación, así como de un año a otro (Powell y Seaman, 1990). Además, son animales que recorren grandes distancias (e.g., 15 - 68 km; Costello, 2010) para aprovechar la disponibilidad de alimento (Larivière, 2001), bajando de esta forma el nivel de competencia intraespecífica a nivel de dieta entre los individuos de la población, y por lo tanto la sobreposición en su dieta.

El índice Psical tuvo valores más cercanos a cero para todos los tipos de vegetación (0.279 - 0.3742), señalando que no todos los individuos de la población consumen el conjunto completo de recursos, si no que usan conjuntos mucho más pequeños de la dieta (Araújo et al., 2011; Zaccarelli et al., 2013), lo que puede asociarse a que la toma de subconjuntos implica un menor desgaste energético y un mayor valor de aprovechamiento a nivel nutricional para el individuo (Powell et al., 1994; Delgadillo Villalobos, 2001), así como el aprovechamiento de los recursos disponibles.

Finalmente, el índice WTdMC, mostró un grado medio de especialización individual (0.456 - 0.601) con base en la variación de la amplitud de nicho de la población, tomando en cuenta la variación inter e intraindividual (Herrera et al., 2008; Araújo et al., 2011). Un valor bajo del índice (población especializada) indica vulnerabilidad ante amenazas de extinción (Bommarco et al., 2010). De este modo, un nivel medio de especialización en la población de una especie en peligro de extinción es importante, ya que podría presentar algún tipo de compensación funcional en el uso de los recursos. En el caso del oso negro, el uso de diferentes recursos por parte de los individuos se encuentra limitado por la morfología funcional, la capacidad cognitiva o la capacidad digestiva que presentan, al compararlos entre individuos y de manera general con la población (Svanbäck y Persson, 2004; Araújo et al., 2011). Adicionalmente, se podría tomar en consideración y para futuros estudios la carga parasitaria, ya que podrían presentar niveles medios en relación con un nivel medio de especialización y de interacción entre individuos (Bolnick et al., 2003). La carga parasitaria a largo plazo podría afectar la supervivencia de algunos individuos al compartir zonas de alimentación y por lo tanto un subconjunto de los componentes de la dieta (Johnson et al., 2009). También es de notarse que las especies generalistas, al incluir en su dieta una variedad de componentes, pueden estar expuestas a múltiples especies de parásitos, que incluso en una baja frecuencia puede tener más consecuencias que una

exposición mayor a un número limitado de parásitos (Curtis et al., 1995; Bolnick et al., 2003).

Señalando a la población con un uso sustancial en los recursos, que es generado por medio de las interacciones ecológicas, competencia inter e intraespecífica además de la oportunidad ecológica (disponibilidad de recursos, capacidad de supervivencia y reproducción), y que cada individuo difiere dentro de su dieta ya que presenta diferencias en los requerimientos fisiológicos, los niveles medios de especialización podrían mostrar un mantenimiento de las poblaciones a largo plazo, siempre y cuando las características de su nicho se mantengan y estas condiciones no se vean más afectadas (Araújo et al., 2011).

La presencia de especialización individual puede ser variable a lo largo del tiempo, ya que es afectada por la riqueza, diversidad y disponibilidad de alimento, además de la capacidad de cada individuo en la detección, obtención y digestión de sus presas, sin dejar de lado que cada individuo puede presentar diferentes dietas óptimas (Navarro et al., 2017). Las desventajas de contar con un nicho más reducido para la obtención de sus recursos, presentaría una menor capacidad de adaptación a las nuevas condiciones de su entorno, sin embargo, si las condiciones del entorno fueran favorables, las estrategias para un forrajeo especializado, serían más idóneas, ya que implica una nula competencia al menos a nivel intraespecífico (Courbin et al., 2018), con lo cual se reduciría el tiempo de búsqueda de recursos, optimizando la energía de los individuos (Powell y Seaman, 1990; Silva Hurtado, 2004). Nuestra población de estudio presenta variación en el nivel de especialización individual alrededor de 0.5 (Cuadro 7), dando como resultado un nivel de especialización intermedio. Si el nivel de especialización individual disminuye de forma considerable hacia una población más generalista, conlleva a una posible competencia más fuerte entre individuos, e incluso a ser más susceptibles a una carga parasitaria mayor debido a la variedad del consumo de componentes (Bolnick et al., 2003). Por otra parte, un aumento súbito en el nivel de especialización individual puede implicar una disminución en la población, a la par del deterioro de su nicho de alimentación (Silva Hurtado, 2004; Bommarco et al., 2010; Ortiz Ortiz, 2012), por lo que la estimación regular de la especialización individual cobra relevancia.

De manera histórica, las variaciones del nicho se han atribuido a cambios de nicho ontogénicos y dimorfismo sexual ecológico (Lamas y Dressino, 2002; Araújo et al., 2011), por lo que son aspectos importantes para considerar en investigaciones futuras. La variación entre individuos en los atributos ecológicos (e.g., preferencia de presas) puede cambiar de manera sustancial la dinámica de las poblaciones, aumentando o disminuyendo el grado de especialización individual en la población, y a su vez la variación del nicho

puede afectar la dinámica ecológica (Bolnick et al., 2007; Herrera et al., 2008; Araújo et al., 2011).

Cuando los recursos preferidos son escasos, los individuos amplían su nicho tomando recursos no utilizados anteriormente, generando que el ancho del nicho individual WIC dependa de la diversidad de recursos disponibles (oportunidad ecológica), rasgos fenotípicos y la abundancia de recursos. En cuanto al BIC (componente entre individuos del ancho total del nicho), diferentes dietas óptimas son usadas de acuerdo con criterios de optimización (ej. eligen recursos para minimizar el riesgo de depredación, menor aversión al riesgo y maximizar la ingesta de energía). Estos pueden diferir en las dietas, por diferencias fisiológicas (ej. las hembras en la lactancia consumen recursos que de otro modo no sería óptimo para obtener nutrientes específicos), su capacidad para lograr sus dietas óptimas (ej. individuos dominantes aseguran mejores áreas o recursos, los subordinados son incapaces de acceder a los recursos preferidos). Las variaciones de la dieta dependen de las diferencias fenotípicas, afectando preferencias de los recursos del consumidor, requisitos fisiológicos y/o el rango social (Araújo et al., 2008, 2011). La competencia intraespecífica reduce la disponibilidad de recursos preferidos, generando que los individuos expandan su nicho a recursos más valiosos (mayor WIC). La competencia interespecífica aumenta la especialización individual ya que BIC aumenta (diverge) más rápido que WIC (por lo que llevará a WIC/TNW a ser más pequeño). La variación del nicho a través de la especialización individual no se ha considerado en muchos estudios por parecer rara o débil, pero puede generar un impacto dentro de la dinámica ecológica de las poblaciones (Bolnick et al., 2003). La teoría del forrajeo predice que la competencia intraespecífica puede aumentar o disminuir la especialización (Araújo et al., 2011). Desde la perspectiva de los osos negros, podemos interpretar que los rangos utilizados para su forrajeo, pueden implicar estrategias benéficas para los mismos, en la obtención de los recursos, que presenten las mejores aptitudes para su supervivencia actual.

Un nivel de especialización individual medio, indica también una plasticidad media ante los cambios ambientales. Esto implica que existirá dificultad en la capacidad de cambios adaptativos ante los cambios ambientales realmente rápidos dentro del nicho de las poblaciones de oso negro, lo cual puede afectar a corto plazo a las mismas poblaciones, si el nivel de especialización no disminuye (Lamas y Dressino, 2002; Bolnick et al., 2003; Araújo et al., 2011). Por ello, ante cambios rápidos en su nicho de dieta, los osos negros tendrán que modificar sus patrones de comportamiento y optar hacia una dieta más generalista para favorecer la persistencia de sus poblaciones, aumentando de esta forma su nivel de plasticidad (Whitlock, 1996; Bozinovic et al., 2011; Püttker et al., 2013). Finalmente,

es importante ahondar en cómo contribuye la variación genética en las próximas generaciones y las diferencias en la alimentación, así como en el número de individuos y su segregación en los nichos de dieta (DeSantis et al., 2022).

## **9. CONCLUSIONES**

- El estudio de muestras obtenidas de manera indirecta complementado con análisis genéticos que permiten identificar la especie, sexo e individuo, brinda información ecológica valiosa sobre el uso de recursos y la amplitud del nicho, con potencial para apoyar estrategias de manejo y conservación.
- La dieta de los osos negros en el noroeste de México se compone principalmente de materia de origen vegetal (74%), entre las que destacan semillas y frutos, sin embargo, la mayor diversidad de artículos es de origen animal (18 componentes).
- No se presentaron diferencias entre la composición de la dieta entre sexos y temporadas monitoreadas de acuerdo con las categorías estudiadas, lo que permitió evaluar el grado de especialización individual. Sin embargo, se detectó reemplazo en el consumo de recursos en relación con los periodos de fructificación, por lo que la identidad de los recursos será importante en estudios ecofisiológicos.
- El nivel de especialización individual dentro de la población de oso negro en el noroeste de México es medio, con un bajo grado de agrupamiento. Esto indica que si bien es una especie generalista y los individuos pueden utilizar diferentes recursos, su plasticidad no es tan alta ante los cambios drásticos en su ambiente.

## **10. PERSPECTIVAS A FUTURO**

- En futuros trabajos se debería tomar en cuenta el aporte energético obtenido por cada uno de los ítems encontrados dentro de la dieta, para una mayor comprensión de la selección del alimento por la especie y su relación con el aporte energético o valor nutricional.
- De ser posible considerar la edad, etapa de desarrollo y diferencias fenotípicas entre los individuos (peso, talla, jerarquía social).
- Realización de un estudio de diversidad y riqueza dentro de las zonas de muestreo del material biológico.

- Considerar los eventos antropogénicos (incendios) que alteran las zonas de forrajeo y la disponibilidad de alimento, y la influencia que ejerce sobre los individuos dentro de una población.

## 11. REFERENCIAS

- Alien, T. G., Pelton, M. R. (1998). Field analysis of black bear scats in coastal North Carolina. 11th. Int. Conf. Bear Res. Management. Gatlinburg, Tennessee. USA, p. 71
- Araújo, M. S., Bolnick, D. I., Y Layman, C. A. (2011). The ecological causes of individual specialization. *Ecology letters*, 14(9), 948–958. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01662.x>
- Araújo, M. S., Guimarães, P. R., Jr, Svanbäck, R., Pinheiro, A., Guimarães, P., Dos Reis, S. F., Bolnick, D. I. (2008). Network analysis reveals contrasting effects of intraspecific competition on individual vs. population diets. *Ecology*, 89(7), 1981–1993. <https://doi.org/10.1890/07-0630.1>
- Auger J., Meyer S. E., Black H. L. (2002). Are American Black Bears (*Ursus americanus*) Legitimate Seed Dispersers for Fleshy-fruited Shrubs? *The American Midland Naturalist*, 147(2), 352-367. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2002\)147\[0352:AABBUA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2002)147[0352:AABBUA]2.0.CO;2)
- Ávila-Sánchez, P., Sánchez-González, A., Catalán-Heverástico, C., Almazán-Núñez, R. C., Jiménez-Hernández, J. (2018). Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. *Polibotánica*, (45), 101-113. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.8>
- Baca Ibarra, I. I., Sánchez-Cordero, V., Stoner, K. (2010). Morfología del pelo en mamíferos terrestres. Instituto de Biología. UNAM.
- Baca Ibarra, I. I., Sánchez Cordero, V. (2004). Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 75 (1), 383-437.
- Baldwin, R. A. Bender, L. C. (2009). Foods and Nutritional components of diets of black bear in Rocky Mountain National Park, Colorado. Journal Article. *Canadian Journal Zoology*, 87 (11), 1000-1008. <https://doi.org/10.1139/Z09-088>.
- Bolnick, D. I., Svanbäck, R., Araújo, M. S., Persson, L. (2007). Comparative support for the niche variation hypothesis that more generalized populations also are more heterogeneous. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(24), 10075–10079. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703743104>.
- Bolnick, D. I., Svanbäck, R., Fordyce, J. A., Yang, L. H., Davis, J. M., Hulse, C. D., Forister, M. L. (2003). The Ecology of Individuals: Incidence and Implications of Individual Specialization. *The American Naturalist*, 161, 1 - 28. <https://doi.org/10.1086/343878>.
- Bolnick, D. I., Yang, L. H., Fordyce, J. A., Davis, J. M., Svanbäck, R. (2002). Measuring Individual-Level Resource Specialization. *Ecology*, 83(10), 2936–2941. <https://doi.org/10.2307/3072028>.
- Bommarco, R., Biesmeijer, J. C., Meyer, B., Potts, S. G., Pöyry, J., Roberts, S. P., Steffan-Dewenter, I., Öckinger, E. (2010). Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277, 2075 - 2082. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.2221>.
- Bozinovic, F., Piero C., John, I. S. (2011). Physiological Correlates of Geographic Range in Animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42 (1), 155–79. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145055>.
- Brown, D. E., Reichenbacher, F., Franson, S. E. (1998). A classification of North American biotic communities, University of Utah Press.
- Camargo-Aguilera, M. G., Lara-Díaz, N. E., Coronel-Arellano, H., López-González, C. A. (2017). One black bear (*Ursus americanus*) connects the great sierras: Genetic evidence. *Therya*, 8(3), 277-282. <https://doi.org/10.12933/therya-17-493>.
- Camp Youngs, North Carolina Bear Hunters Association, Safari Club International-Triangle Chapter, U.S. Fish and Wildlife Service, Vectronic Aerospace, Weyerhaeuser. (2011). Approaches to Addressing Bear Management Challenges in eastern North America: Using data to improve bear monitoring efforts and management decisions, de Camp Youngs, North Carolina Bear Hunters Association, Safari Club International-Triangle

- Chapter, U.S. Fish and Wildlife Service, Vectronic Aerospace, Weyerhaeuser Sitio web:  
[https://www.bearbiology.org/wp-content/uploads/2017/10/20th\\_Eastern\\_Black\\_Bear\\_Workshop\\_Proceedings\\_Low.pdf](https://www.bearbiology.org/wp-content/uploads/2017/10/20th_Eastern_Black_Bear_Workshop_Proceedings_Low.pdf).
- Challenger, A. Soberón J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En capital natural de México: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. (1), 87-108.
- CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). (2019). Apéndice I, II, III. Consultado en: <https://cites.org/esp/app/appendices.php>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2018). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Registros de ejemplares, versión 2017-12. Publicación en el Geoportal y Enciclovida. México. Disponible. Sitio web: <https://enciclovida.mx/>
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2007a). Región terrestre prioritaria Sierra de San Luis-Janos. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp\\_045.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_045.pdf).
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2007b). Región terrestre prioritaria Sierra del Nido-Pastizal del Flores Magón. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp\\_047.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_047.pdf).
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2014). La biodiversidad en Chihuahua. Estudio de Estado. Consultado en: [https://www.academia.edu/es/65865647/La\\_biodiversidad\\_en\\_Chihuahua\\_estudio\\_de\\_estado](https://www.academia.edu/es/65865647/La_biodiversidad_en_Chihuahua_estudio_de_estado)
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2009). Ficha de identificación. Especies prioritarias. Oso negro. Consultado en: [https://www.conanp.gob.mx/pdf\\_especies/oso\\_negro.pdf](https://www.conanp.gob.mx/pdf_especies/oso_negro.pdf)
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). Reserva de la biosfera de Janos. p. 171.
- Costello, M. C., Jones D. E., Green Hammond K. A., Inman R. M., Imnman K. H., Thomson B. C., Deither R. A., Quigley H. (2001). A study of black bear ecology in New Mexico with models for population dynamics and habitat suitability. Federal aid in wildlife restoration project W-131-R. New Mexico Department of Game and Fish. Santa Fe, U. S. A.
- Courbin, N., Besnard, A., Péron, C., Saraux, C., Fort, J., Perret, S., Tornos, J., Grémillet, D. (2018). Short-term prey field lability constrains individual specialization in resource selection and foraging site fidelity in a marine predator. *Ecology Letters*, 21(7), 1043–1054. <https://doi.org/10.1111/ele.12970>.
- Cuevas, T. (2006). Gestión del Turismo Alternativo: Caso noroeste de Chihuahua México. [www.esade.edu](http://www.esade.edu).
- Curtis, M. A., Berube, M., Stenzel, A. (1995). Parasitological evidence for specialized foraging behavior in lake-resident Arctic char (*Salvelinus alpinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52:186–194.
- De la Rosa Aguilar, I. (2017). Percepción social hacia el oso negro (*Ursus americanus*) en la zona metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad de Estudios Superiores Morelia.
- Delfín-Alfonso, C. A., López-González, C. A., Lara-Díaz, N. E. (2011). El oso negro americano en el noroeste de México: recuperación de registros de ocurrencia. *Acta zoológica mexicana*, 27(3), 777-801. Consultado en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372011000300010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000300010&lng=es&tlng=es).
- Delgadillo Villalobos, J. A. (2001). Ecología nutricional del oso negro en la sierra Maderas del Carmen, Coahuila, México. Universidad Autónoma de Nuevo León.



- DeSantis, L. R., Pardi, M. I., Du, A., Greshko, M. A., Yann, L. T., Hulbert Jr, R. C., Louys, J. (2022). Global long-term stability of individual dietary specialization in herbivorous mammals. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1968), 20211839. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1839>.
- Descroix, L., Estrada, J., González Barrios, J. L., Viramontes, D. (2005). La Sierra Madre occidental. IRD. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.5436>.
- Doan-Crider, D. L. (2003). Movements and spatiotemporal variation in relation to food productivity and distribution, and population dynamics of the Mexican black bear in the Serranias Del Burro, Coahuila, Mexico. Texas A & M University-Kingsville.
- Doan-Crider, D. L. (1995). Population characteristics and home range dynamics of the black bear in northern Coahuila, Mexico. Texas A & M University Kingsville.
- Doan-Crider, D. L., Hellgren, E. C. (1996). Population characteristics and winter ecology of black bears in Coahuila, Mexico. *Journal of Wildlife Management*, 60(2), 398-407.
- Doan-Crider, D., Hewitt, D. G. (2005). El oso negro mexicano regresa de manera natural. CONABIO. *Biodiversitas*, 63, 1-5.
- Elmhagen, B., Rushton, S. P. (2007). Trophic control of mesopredators in terrestrial ecosystems: top-down or bottom-up? *Ecology letters*, 10(3), 197-206. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.01010.x>.
- Enders, M. S., Vander Wall, S. B. (2012). Black bears *Ursus americanus* are effective seed dispersers, with a little help from their friends. *Oikos*, 121, 589-596. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19710.x>.
- Epple, O. A., Epple, E. L. (1995). A field guide to the plants of Arizona. Falcon.
- Esquivel, E. (2002). Lluvia y sequía en el norte de México. Un análisis de la precipitación histórica en Chihuahua. Gaceta ecológica.
- ESRI. (2012). ArcGIS desktop: release 10.3. Environmental Systems Research Institute. Redlands, California.
- Everitt, H. J., Drawe, L. D., Lonard, I. R. (2002). Trees, shrubs & cacti of south Texas. Texas tech University press.
- Fair, Jeff. (1990). The great American bear. North Word Press. Inc. WI. 191.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2013). La fauna silvestre en un clima cambiante. Roma (Italia). Consultado en: <https://www.fao.org/3/i2498s/i2498s.pdf>
- Ford, B. (1981). Black bear. The spirit of the wilderness. Houghton Mifflin Company. Boston. Massachusetts. 182.
- Futuyma, D. J., Moreno G. (2012). The evolution of ecological specialization. *Annual review of ecology and systematics*. 19, 207-233. Consultado en: <http://www.jstor.org/stable/2097153>.
- Gallina Tessaro, S. (2015). Manual de técnicas del estudio de la fauna. Instituto de Ecología (1ra ed.), A.C. Xalapa, Veracruz, México. En línea: [http://www.inecol.edu.mx/inecol/libros/Manual\\_de\\_técnicas\\_delestudio\\_de\\_la\\_fauna.pdf](http://www.inecol.edu.mx/inecol/libros/Manual_de_técnicas_delestudio_de_la_fauna.pdf)
- Gallina Tessaro, S., López González, C. A. (2011). Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5 ed.). México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Garshelis, D. L., Scheick, B. K., Doan-Crider, D. L., Beecham, J. J., Obbard, M. E. (2016). *Ursus americanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41687A114251609. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T41687A45034604.en>.
- González-Elizondo, S. M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González, L., López-Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta botánica mexicana*, (100), 351-403. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-71512012000300012&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512012000300012&lng=es&tlng=es).

- González-Elizondo, S. M., Márquez Linares, M. A. (2006). Vegetación y ecorregiones de Durango., 1st ed, Journal of Chemical Information and Modeling. México. [https://www.researchgate.net/profile/M-Socorro-Gonzalez-Elizondo/publication/322244135\\_Vegetacion\\_y\\_Ecorregiones\\_de\\_Durango/links/5bd9ba8092851c6b279c733a/Vegetacion-y-Ecorregiones-de-Durango.pdf](https://www.researchgate.net/profile/M-Socorro-Gonzalez-Elizondo/publication/322244135_Vegetacion_y_Ecorregiones_de_Durango/links/5bd9ba8092851c6b279c733a/Vegetacion-y-Ecorregiones-de-Durango.pdf).
- González-Elizondo, M. S. (1997). Centers of plant diversity: a guide and strategy for their conservation. Americas. World Wide Fund for Nature (WWF) and ICUN - World Conservation Union (3).
- Guerrero, S., Badii, M. H., Zalapa, Silvia S., 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. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372002000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372002000200007&lng=es&tlng=es).
- Hellgren, E. C. (1993). Status, distribution, and summer food habits of the black bears in Big Bend National Park. *Southwestern Naturalist*, 38, 77–80.
- Herrera, L. G. M., Korine, M. C., Fleming, T. H., Arad, Z. (2008). Dietary implications of intrapopulation variation in nitrogen isotope composition of an old world fruit bat. *Journal of Mammalogy*, 89 (5), 1184-1190.
- Hewitt, D. G., Doan-Crider, D. L. (2007). Metapopulations, food and people: Bear management in northern Mexico. In: wildlife science: Linking ecological theory and management applications. 165-181.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks: Cold Spring Harbor symposium. *Quantitative Biology*, 22, 415–427.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2015). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2016). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala: 1:250000. Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250s6gw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250s6gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no).
- Johnson, C. K., Tinker, M. T., Estes, J. A., Conrad, P. A., Staedler, M., Miller, M. A., Jessup, D. A., Mazet, J. A. (2009). Prey choice and habitat use drive sea otter pathogen exposure in a resource-limited coastal system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(7), 2242–2247. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806449106>
- Juárez Arellano, S. (2009). Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). [http://www.ramsar.org/ris/key\\_ris\\_index.htm](http://www.ramsar.org/ris/key_ris_index.htm).
- Juárez Casillas, L. A. (2006). Hábitos alimentarios del oso negro (*Ursus americanus*) en la Sierra de Picachos, Nuevo León, México. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Koike, S., Nakashita, R., Naganawa, K., Koyama, M., Tamura, A. (2013). Changes in diet of a small, isolated bear population over time. *Journal of Mammalogy*, 94(2), 361-368.
- Korschgen, L. J. (1971). Procedures for food-habits analysis. Wildlife management techniques. The Wildlife Society–Washington, D. C. 233–250.
- Lagler, K. F., Bandach, J. E., Miller, R. R., May Passino, D. R. (1977). Ictiología. AGT Editor S.A, México D.F 489pp.
- Lamas, S. G., Dressino, V. (2002). El cambio conceptual como una forma de adaptación. El caso de la Reina Roja. *Revista de Filosofía y Teoría Política*, (34). [http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.190/pr.190.pdf](http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.190/pr.190.pdf)
- Lara-Díaz, N. E., Coronel-Arellano, H., López-González, C. A., Sánchez-Rojas, G., Martínez-Gómez, J. E. (2018). Activity and resource selection of a threatened carnivore: the case of black bears in northwestern Mexico. *Ecosphere* 9(1):e01923. [10.1002/ecs2.1923](https://doi.org/10.1002/ecs2.1923).
- Larivière, S. (2001). *Ursus americanus*. *Mammal species*, 3, 1–11.

- <https://doi.org/10.2307/0.647.1/2600780>
- Livaitis, J. A., Titus, K., Anderson, E. M. (1996). Measuring vertebrate use of terrestrial habitats and food. En: Bookhout, T.A. Research and management techniques for wildlife and habitats. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland. 254–274.
- López García, M. A. (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental. Tesis de maestría. Centro de investigaciones en Matemáticas, A.C. Guanajuato, México.
- López Hoffman, L., Quijada-Mascareñas, A. (2012). Madrean Sky islands, North America. Climate and Conservation: Landscape and Seascape Science, Planning, and Action. Island press, Washington, DC. 217–226. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-203-7>.
- Márquez Linares, M. A. (2004). Distribución, germinación y estructura de poblaciones de *Arctostaphylos pungens* HBK, y su relación con el fuego en Durango, México. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Martínez Muñoz, A., (2001). Capacidad de carga para el oso negro (*Ursus americanus eremicus*) de los ecosistemas de las Serranías del Carmen Coahuila. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Martínez Muñoz, A., Delgadillo Villalobos, J. A., Herrera González, D. E., González Salinas, J. (2014). Nutrición del oso negro (*Ursus americanus eremicus*) en las serranías del Carmen, Coahuila. Ciencia UANL, 17 (68): 39-48. ISSN 1405-9177
- Martínez-Yrizar, A., Felger R.S., Búrquez, A. (2010). Los ecosistemas terrestres: un diverso capital natural. En: F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México. 129-156.
- Mersmann, T. J., Buehler, D. A., Fraser J. D., Seegar, J. K. D. (1992). Assessing bias in studies of bald eagles food habits. *Journal of Wildlife Management*, 5, 73–78.
- Milesi, F. A., Lopez de Casenave, J. (2005). El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecología austral*, 15(2), 131-148. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1667-782X2005000200004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2005000200004&lng=es&tlng=es).
- Miller B., Dugelby B., Foreman D., Martinez del Río C., Noss R., Phillips M., Reading R., Soulé M., Terborgh, J., Willcox L. (2001). The Importance of Large Carnivores to Healthy Ecosystems. *Endangered Species UPDATE*, 18(5).
- Molina Freaner, F. E., Van Devender, T. R. (2010). Diversidad biológica de Sonora, 1st ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Montañez Armenta, M. P., Yanes-Arvalo, G., Silva-Kurumiya, H. (2011). Manejo de recursos naturales en la sierra de Sonora bajo el esquema de UMAFOR. Casos de estudios: Sierra Alta y Sierra la Madera. *Ra Ximhai*, 7, 187–194.
- Moore, T. D., Spence, L. E., Dugnolle, C. E., Hepworth, W. G. (1997). Identification of the dorsal guard hairs of some mammals of Wyoming. Wyoming Game and Fish Department.
- Moreno Arzate, C. N. (2008). Ecología conductual del oso negro (*Ursus americanus*) en la Sierra Madre Occidental. Instituto de Ecología A.C. Tesis de Maestría.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad: Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p. Revista de Biología Tropical, 49(3-4), 1300-1302. Consultado en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442001000300090&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000300090&lng=en&tlng=es)
- Morlans, M. C. (2004). Introducción a la ecología de poblaciones. Universidad de Veracruz. Consultado en: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Morlans-2004.pdf>
- Morrison, M. L., Marcot, B.G., Mannan, R.W. (1992). Wildlife habitat relationships. University of Wisconsin Press.
- Murie, O. J. (1974). Animal tracks. Houghton Mifflin, Boston, Massachusetts.
- Navarro, J., Grémillet, D., Ramírez, F., Afán, I., Bouten, W., Forero, M. G. (2017). Shifting

- individual habitat specialization of a successful predator living in anthropogenic landscapes. *Marine Ecology Progress Series*, 578, 243-251.
- Navarro-Serment, C. (2016). El oso negro en el noreste de México, guía para conocerlo mejor y vivir en paz con él. Ciudad de México. CONABIO. 72.
- Noyce, K. V., Coy, P. L. (1990). Abundance and productivity of bear food species in different forest types of northcentral Minnesota. *International Conference on Bear Research and Management*, 8, 169-181.
- Nuñez, R., Miller, B., Lindzey, F. (2000). Food habits of jaguars and pumas in Jalisco, Mexico. *Journal of Zoology*, 252, 373-379. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2000.tb00632.x>.
- Ojasti, J., Dallmeier, F. (2000). Manejo de fauna silvestre neotropical. Estados Unidos: Smithsonian Institution/MAB Program (5).
- Onnela J. P., Saramaki J., Kertesz J., Kaski K. (2005). Intensity and coherence of motifs in weighted complex networks. *Physics Review E* 71: 065103
- Ortiz Álvarez, M. I., Vidal Zepeda R. (2005). Población expuesta a inviernos fríos en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín de Geografía, UNAM*, (59), 93-112.
- Ortiz Ortiz, A. (2012). Distribución y abundancia de oso negro (*Ursus americanus eremicus*) en la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Paetkau, D., Strobeck, C. (1994). Microsatellite analysis of genetic variation in black bear populations. *Molecular Ecology* 3(5), 489-495. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1994.tb00127.x>
- Pallanez Murrieta, M., Moreno Vázquez, J. L. (2016). Conflicto socioambiental entre el gobierno y los mineros: la historia de un área natural protegida en el norte de México. *Región y Sociedad* 28. <https://doi.org/10.22198/rys.2016.66.a195>
- Pech-Canche, J. M., Sosa-Escalante, J. E., Cruz, M. E. K. (2009). Guía para la identificación de pelos de guardia de mamíferos no voladores del Estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana De Mastozoología (Nueva Época)*, 13(1), 7-33. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2009.13.1.33>.
- Peña-Mondragón, J. L., Castillo, A. (2013). Depredación de ganado por jaguar y otros carnívoros en el noreste de México. *Therya*, 4, 431-446. <https://doi.org/10.12933/therya-13-153>.
- Peterson, A. T. (2003). Predicting the geography of species invasions via ecological niche modeling. *Quarterly Review of Biology*, 78, 419-433.
- Pin Koh, L., Dunn, R. R., Sodhi, N. S., Colwell, R. K., Proctor, H. C., Smith, V. S. (2004). Species coextinctions and the biodiversity crisis. *Science*, 305, 1632-1634. <https://doi.org/10.1126/science.1101101>
- Powell, R. A., Seaman, D. E. (1990). Production of Important Black Bear Foods in the Southern Appalachians. *Bears: Their Biology and Management*, 8, 183-187. <https://doi.org/10.2307/3872918>.
- Powell, R. A., Zimmerman, J. W., Seaman, D. E. (1994). Ecology and behaviour of North american black bears: Home ranges, habitat and organization. Chapman & Hall. 203.
- Püttker T., Bueno, A. A., Dos Santos de Barros, C., Sommer S., Pardini R. (2013). Habitat specialization interacts with habitat amount to determine dispersal success of rodents in fragmented landscapes, *Journal of Mammalogy*, 94(3), 714-726, <https://doi.org/10.1644/12-MAMM-A-119.1>
- Raine, M., Kansas, J. L. (1990). Seasonal food habits and distribution by elevation in Banff National Park, Alberta. *International Association of Bear Research and Management. Their Biology and Management*. 8, 297-304. <http://www.jstor.org/stable/3872932>
- Rangel-Aguilar, O., Gallo-Reynoso, J. (2013). Hábitos alimentarios de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en el Río Bavispe-Yaqui, Sonora, México. *Therya*, 4, 297-309. <https://doi.org/10.12933/therya-13->
- Reyes Escalante, A. Y., Suárez Chaparro, R. H., Pintó Fusalba, J. (2019). Análisis del paisaje en "Campo Verde", área natural protegida del estado de Chihuahua, México. *Revista Turismo. Estudios y prácticas* (8).

- Reyes-Gómez, V. M., Díaz, S., Equihua, M. (2009). Implementación de un sistema de monitoreo de sequías meteorológica e hidrológica para la región IV Río Bravo. Informe técnico 1, Proyecto CONAGUA-CONACYT 2006
- Rogers, L., Applegate, R. D. (1983) Dispersal of Fruit Seeds by Black Bears, *Journal of Mammalogy*, 64(2), 310–311, <https://doi.org/10.2307/1380564>.
- Romain, D. A., Obbard, M. E., Atkinson, J. L. (2013). Temporal variation in food habits of the American Black Bear (*Ursus americanus*) in the boreal forest of northern Ontario. *Canadian Field-Naturalist*, 127(2), 118–130.
- Roughgarden, J. 1974. Niche width: biogeographic patterns among Anolis lizard populations. *American Naturalist* 108: 429-411.
- Royo, M. H., Sierra Tristán, J. S., Morales Nieto C. R., Carrillo R., Melgoza Castillo A., Jurado P. (2008). Estudios ecológicos de pastizales. Capítulo III. En: rancho experimental La campana 50 años de investigación y transferencia en pastizales y producción animal. A.H. Chávez S. Libro técnico no. 2 INIFAP/CIRNOC. Chihuahua, Chihuahua México. 213.
- RStudio Team. (2020). RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA. Consultado en: <http://www.rstudio.com/>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2017). Agenda técnica Agrícola - Chihuahua, Sagarpa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Ciudad de México.
- Saramaki J., Kivela M., Onnela J. P., Kaski K., Kertesz, J. (2007). Generalizations of the clustering coefficient to weighted complex networks. *Physics Review E*. 75: 027105
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G., Rodríguez-Moreno, A. (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 496-504.
- Scheick, B. K., McCown, W. (2014). Geographic distribution of American black bears in North America. *Ursus*, 25, 24–33
- Schoener, T. W. (1986). Resource partitioning in ecological communities. *Community ecology pattern and process*. Blackwell Scientific, Boston. 91–126.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2019). MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 14 de noviembre de 2019. Consultado en: DOF - Diario Oficial de la Federación
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2012). Programa de acción para la conservación de la especie: oso negro americano (*Ursus americanus*). Dirección de Comunicación y Cultura para la Conservación - CONANP, México.
- Silva Hurtado, M. del C. (2004). Hábitos alimenticios del oso negro (*Ursus americanus*) en la sierra de San Luis, Sonora, México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Suárez Chaparro, R. H. (2015). Valoración de los atributos y las preferencias paisajísticas en la gestión turística de las áreas naturales protegidas: El caso de Chihuahua, México. Tesis doctoral, Universitat de Girona.
- Svanbäck, R., Persson, E. v. (2004). Morphology in perch affects habitat specific feeding efficiency. *Functional Ecology*, 18, 503–510.
- Takeshi Arita, H., Aranda, M. (1987). Técnica para el estudio y clasificación de los pelos. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa Veracruz, México.
- Van Devender, T. R., Avila-Villegas, S., Emerson, M., Turner, D., Flesch, A. D., Deyo, N. S. (2012). Merging science and management in a rapidly changing world: Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago III.
- Van Devender, T. R., Felger, R. S., Fishbein, M., Molina-Freaner, F. E., Sánchez Escalante,

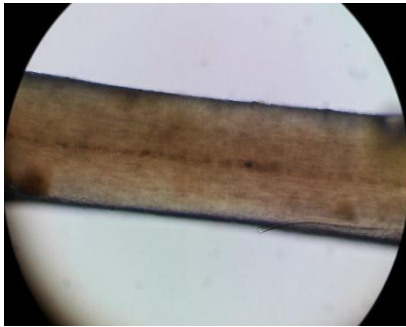
- J. J., Reina-Guerrero, A. L. (2010). Biodiversidad de las plantas vasculares.
- Van Valen, L. (1965). Morphological variation and width of ecological niche. *The American Naturalist*, 99, 377-390.
- Varas, C., López-González, C. A., Ramirez, J., Krausman, P., Culver, M. (2010). Conservation genetics of black bears in the Sky Islands of Arizona and Northern México. In *Southwestern Desert Resources* (Halvorson, W., C. van Ripper, and C. Schwalbe, eds.). University of Arizona Press. Tucson, U. S. A., 275-281
- Vazquez, D. P., Simberloff, D. (2002). Ecological specialization and susceptibility to disturbance: Conjectures and refutations. *The American Naturalist*, 159, 606–623. <https://doi.org/10.1086/339991>.
- Villarreal Méndez, J. (2012). Variación estacional en la dieta y traslape en el nicho alimenticio entre coyote (*Canis latrans* Say, 1823) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775) en una zona rural de la porción sur del altiplano mexicano. Universidad de Guadalajara.
- Whitlock, M. C. (1996). The Red Queen Beats the Jack-Of-All-Trades: The Limitations on the Evolution of Phenotypic Plasticity and Niche Breadth. *The American Naturalist*, 148, S65–S77. Consultado en: <http://www.jstor.org/stable/2463048>
- Wilson, M. (2006). The western al the edge of the tropics. Restoring Connections. Newsl. Sky Islands Alliance. 9.
- Woods, J. G., Paetkau, D., Lewis, D., McLellan, B. N., Proctor, M., Stobek, C. (1999). Genetic tagging of free-ranging black and brown bears. *Wildlife Society Bulletin* 27:616-627.
- Zaccarelli, N., Bolnick, D. I., Mancinelli, G. (2013). RInSp: an R package for the analysis of individual specialization in resource use. *Methods in Ecology and Evolution*, <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12079>.
- (2020). RInSp: an R package for the analysis of individual specialization in resource use. *Methods in Ecology and Evolution*, <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12079>.
- Zamora Serrano, C., Cruz Chávez, F. J., López Martínez, J. (2012). Tecnología para la preservación de *Juniperus comitana* Mart. y *J. deppeana* var. *gambona* (Mart.) R. P. Adams. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(11), 91-98. Consultado en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322012000300008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000300008&lng=es&tlng=es).

## 12. ANEXOS

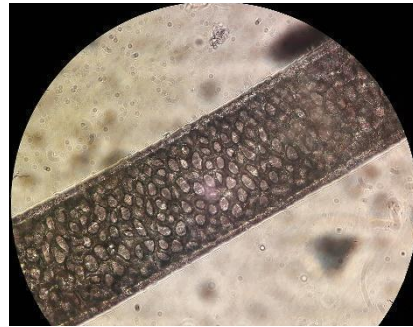
**Anexo 1.** Cuadro de índices empleados en el estudio de nivel de especialización, rangos y evaluación.

ÍNDICES	RANGO	EVALUACIÓN
<b>E</b>	Escala 0 a 1	0: Ausencia en la variación del nicho interindividual 1: Mayor presencia de variación del nicho interindividual
<b>C<sub>ws</sub></b>	Escala 0 a 1	0: Ausencia de modularidad C <sub>ws</sub> > 0: Presencia de modularidad (los individuos forman grupos discretos especializados en distintos conjuntos de recursos). C <sub>ws</sub> < 0: El grado de agrupación de la red es más bajo, la variación de la dieta tiene lugar a nivel del individuo
<b>Emc</b>	Escala 0 a 1	0: Los individuos realizan una selección de los recursos y no son tomados de forma estocástica. 1: Los ítems son seleccionados estocásticamente
<b>Overlap</b>	Escala 0 a 1	0: Coeficiente de superposición bajo entre pares de individuos 1: Coeficiente de superposición alto entre pares de individuos
<b>Psical</b>	Escala 0 a 1	0: Los individuos usan conjuntos más pequeños de la dieta de la población. 1: Todos los individuos consumen el conjunto completo de recursos de la población.
<b>WTdMC</b>	Escala 0 a 1	0: Bajo nivel de superposición entre interindividual, marca un alto nivel de especialización. 1: Indica un bajo nivel de especialización (los individuos son generalistas), hacen uso del rango completo

**Anexo 2.** Ejemplos de componentes encontrados en la categoría material de origen animal en muestras de excrementos de oso negro en el noroeste de México.



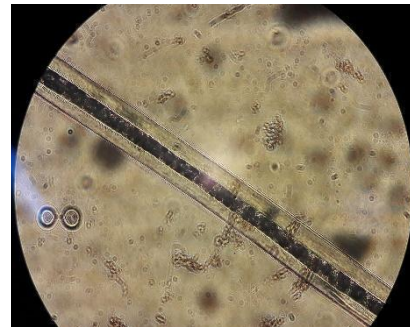
**Médula de pelo de vaca**  
(*Bos taurus*)



**Médula de pelo de venado cola blanca**  
(*Odocoileus virginianus*)



**Élitros y cabezas de escarabajos de agua**  
(Dytiscidae)



**Médula de pelo de zorrillo**  
(*Mephitis sp.*)



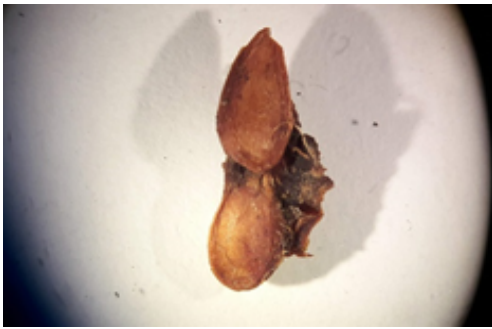
**Anexo 3.** Ejemplos de componentes encontrados en la categoría semillas y frutos en muestras de excrementos de oso negro en el noroeste de México.



**Semillas de ferocactus**  
(*Ferocactus sp.*)



**Semillas de yuca**  
(*Yucca sp.*)



**Semilla de mezquite**  
(*Prosopis sp.*)



**Semilla de solanum**  
(*Solanum sp.*)



**Manzanita**  
(*Arctostaphylos pumgens*)



**Arbutus**  
(*Arbutus sp.*)

**Anexo 4.** Ejemplo de componentes encontrados en la categoría material de origen vegetal en muestras de excrementos de oso negro en el noroeste de México.



**Materia vegetal identificada como Nolina**  
(*Nolina microcarpa*)



**Materia vegetal identificada como Sotol**  
(*Dasyllirion sp.*)



**Materia vegetal identificado como Yucca**  
(*Yucca sp.*)

**Anexo 5.** Componentes encontrados en la alimentación del oso negro en el noroeste de México por tipo de vegetación. BE – Bosque de encino, BEP – Bosque de encino – pino, BPE – Bosque de pino encino, BP – Bosque de pino.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común	Tipo de vegetación
Equisetopsida	Asparagales	Asparagaceae	<i>Nolina</i>	<i>Nolina microcarpa</i>	Cortadillo	BP/BEP/BE/BPE
			<i>Dasyilirion</i>	*	Sotol	BP/BEP/BE/BPE
			<i>Yucca</i>	*	Yuca	BP/BEP/BE/BPE
	Fabales	Fabaceae	Prosopis	*	Mezquite	Pastizal* (Fuera de estudio)
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Camponotus	*	Hormiga carpintera	BP/BEP/BE/BPE
			*	*	Hormiga	BP/BEP/BE/BPE
		Aphelinidae	*	*	Avispa parásita	BEP/BE
	Coleoptera	*	*	*	Escarabajo	BP/BEP/BE/BPE
		Dytiscidae	*	*	Escarabajo acuático	BEP
	Orthoptera	Acrididae	*	*	Saltamontes	BEP
		*	*	*	Saltamontes	BEP
	*	*	*	*	Insecto 1	BP
Arachnida	Scorpiones	Diplocentridae	<i>Diplocentrus</i>	*	Escorpión dentado	BEP
Mammalia	Rodentia	Cricetidae	<i>Peromyscus</i>	*	Ratón de campo	BP/BEP/BE
			<i>Microtus</i>	*	Metorito	BEP/BPE/BE
		Sciuridae	<i>Sciurus</i>	*	Ardilla	BEP

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común	Tipo de vegetación
	Artiodactyla	Bovidae	<i>Bos</i>	<i>Bos taurus</i>	Vaca	BP/BEP/BPE
		Cervidae	<i>Odocoileus</i>	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	BE/BP
		Tayassuidae	<i>Dicotyles</i>	<i>Dicotyles angulatus</i>	Pecarí de collar	BE
	Carnivora	Mephitidae	<i>Mephitis</i>	*	Zorrillo	BP/BEP/BE/BPE
Aves	*	*	*	*	Plumas (indeterminado)	BE
*	*	*	*	*	Huesos (indeterminado)	BP/BPE
Equisetopsida	Cupressales	Cupressaceae	<i>Juniperus</i>	*	Enebro	BP/BEP/BE/BPE
	Ericales	Ericaceae	<i>Arctostaphylos</i>	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita	BP/BEP/BE/BPE
			<i>Arbutus</i>	*	Madroño	BP/BEP
	Fabales	Fabaceae	<i>Prosopis</i>	*	Mezquite	BE
			<i>Quercus</i>	*	Bellota	BP/BEP/BE/BPE
	Poales	Poaceae	<i>Zea</i>	<i>Zea mays</i>	Maíz	BP/BE/BPE
	Asparagales	Asparagaceae	<i>Yucca</i>	*	Yuca	BPE/BE
	Rosales	Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>Prunus serotina</i>	Capulín	BP/BE
	Caryophyllales	Cactaceae	<i>Ferocactus</i>	*	Biznaga	BP
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum</i>	*	*	BP	
*	*	*	*	*	Semilla 1 (Indeterminado)	BEP/BPE

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Tipo de vegetación</b>
*	*	*	*	*	Semilla 2 (Indeterminado)	BE