



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**“ZONAS DE RIESGO ENTRE HUMANO OSO NEGRO EN EL
NORTE DE MÉXICO”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTA:

NUÑEZ TORRES MARIA FERNANDA

TUTORA ACADÉMICA:

DRA. MARTHA M. ZARCO GONZÁLEZ

COMITÉ TUTORAL

DR. OCTAVIO MONROY VILCHIS

DR. ROGELIO CARRERA TREVIÑO

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. 4 de diciembre
del 2018**



FORMATO LIBERACIÓN DE TESIS

Toluca, México a 13 de noviembre de 2018

DRA. MARÍA CRISTINA CHÁVEZ MEJÍA
COORDINADORA DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PRESENTE

Por medio de la presente me dirigí a Usted, para hacer de su conocimiento que la tesis: "Zonas de riesgo por interacciones entre humano-oso negro en el Norte de México" que presenta la C. **María Fernanda Nuñez Torres** egresada de la **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, de la Facultad de Ciencias, No. Matricula 1630677**, ha sido revisada y se ha comprobado que la información y datos son originales y verdaderos, no copiados de ningún otro trabajo ya existente con excepción de los aportes de las propias fuentes bibliográficas han arrojado y que se encuentran debidamente registradas en el presente y que en nuestro juicio cumple con todos los requisitos metodológicos y de contenido, para que pueda ser sometida a examen de grado.

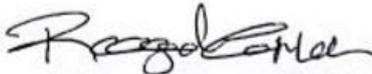
Sin otro particular, envió un cordial saludo

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2018, Año del 190 aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"


Dra. Martha Mariela Zarco González
Tutora Académica


Dr. Octavio Monroy Vilchis
Tutor adjunto


Dr. Rogelio Carrera Treviño
Tutor adjunto

c.c.p. Responsable del PCARN en el organismo correspondiente
c.c.p. Jefe de control escolar del espacio donde se encuentre adscrito el alumno
c.c.p. Difusión cultural del espacio académico
c.c.p. Archivo

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca,
Estado de México C.P. 50090.
Tel. (722) 2965552/1806124
1806136 ext. 6500
pcarn@uaemex.mx
icar.uaemex.mx

PCARN

Dedicatoria

A Dios que nunca me soltó de la mano...

A los osos negros, esos seres que viven entre la vida y la muerte desde la gestación, cuando se preparan para el invierno y para sobrevivir ante las adversidades, las cuáles hemos puesto en su camino con nuestras acciones; en el día a día de un país tan complejo como México, gracias por permitirme estudiarlos, por enseñarme que lo podía lograr.

Resumen

El oso negro (*Ursus americanus*) es una especie en peligro de extinción y el único úrsido en México. Para este estudio, se recopilaron registros de interacciones humano-osos negros, entre los años 2005 y 2017, las cuales incluyen: conflictos (consecuencias negativas inmediatas de cada evento tanto para el oso y/o el humano) y avistamientos en los estados del norte de México exceptuando la península de Baja California y considerando como límite divisorio del norte al eje volcánico neo transversal. El presente trabajo describió el riesgo y la probabilidad de ocurrencia de una interacción humano-osos negros en el norte de México a través de proyecciones espaciales bajo una representación geográfica. Las herramientas metodológicas fueron: los registros interacciones humano-osos negros, variables ambientales bajo el referente de la delimitación de provincias biogeográficas, todas en formato digital. Lo anterior, permitió la implementación de principios teóricos de Modelos de Nicho Ecológico (MNE) y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Además, en las diferentes herramientas metodológicas, fueron considerados dos tipos de algoritmos por sus características: inteligencia artificial y distancias ambientales. Por otro lado, los criterios de evaluación fueron: el AUC, el ROC parcial y validación de campo. Finalmente, las proyecciones espaciales fueron seleccionadas bajo el criterio de evaluaciones con rendimientos moderado a altos, para aplicar el criterio de consenso/ensamble, con la fórmula de la media ponderada. Las interacciones, *a priori* a las predicciones espaciales, con mayor porcentaje de frecuencia fue el consumo de ganado, pero para las interacciones *a posteriori* en las predicciones espaciales, validación de campo, el mayor porcentaje fue en casos de atropellamientos.

Bajo los diferentes antecedentes y los casos de interacciones que finalizan en una consecuencia negativa para conservación de *U. americanus*, es necesario generar información de las interacciones como una consecuencia de la fragmentación del hábitat y con ello los cambios en los hábitos alimenticios del oso negro, esto como consecuencia de identificar como alimento fácil el que está en asentamientos humanos (camino, carreteras, rural y urbano). Esto representa un peligro para los humanos y la conservación del úrsido en el Norte de México.

Agradecimientos

Gracias al CONACYT, que me permitió llevar cabo esta tesis como becaria a través del cvu: 783292.

Gracias a la Universidad Autónoma del Estado de México y al Posgrado de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por hacer posible mi estadía y matricularme en la institución, para culminar esta tesis.

Gracias a la Secretaría del Medio Ambiente de Coahuila a su digno líder el director Ing. Jorge Guerrero Salcedo con su gran equipo en campo del Ing. Salvador Lara Cervantes, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Nuevo León que en su equipo el Biól. Oliver Castillo Hernández nos apoyó y guió incondicionalmente, y Parques y Vida Silvestre de Nuevo León, quienes nos apoyaron para la recopilación de registros en campo.

Gracias a mis tutores Dra. Martha M. Zarco González y Dr. Octavio Monroy Vilchis por considerarme candidata para la asignación del tema y por el tiempo para la presentación y defensa de esta tesis; en especial a mi “maestro oso” Dr. Rogelio Carrera Treviño, que en campo me enseñó lo que el escritorio jamás te da, que me abrió la puerta de su casa con una familia maravillosa, y la puerta del laboratorio con un equipo lleno de pasión por lo que hacen, muchas gracias.

A mi familia: primos, primas, tíos, tías, y humanito Emiliano.

A mi madre Guadalupe que me enseñó a no darme por vencida y confiaba en mí, aunque le diera miedo que anduviera lejos de casa, te amo mami.

A mi padre Fernando que me enseñó que había guerras pérdidas y otras por las que valía la pena andar, pero siempre con dignidad, te amo papá.

A mi hermano Guillermo, su familia Lupita y en especial a mi cielo azul Mi'ñu, los amo, son parte de mis motivaciones.

A mis 4 abuelos: Natalia, Domingo, Ángeles y Manuel, que me enseñaron que hay cosas para siempre: la verdad, familia y el amor. En especial el abuelo Manuel que ya no está y siempre fue mi ángel guardián, con mi padrino Luis y mi tío Toño.

A mi familia oso en Monterrey: Sandra, Erick, Ilen, Sebastián, la abuelita Irma, y yoshi, a su lado nunca me sentí lejos de casa, gracias por aceptar mis botas llenas de tierra cada que regresaba de la sierra. Gracias Mónica y tía Juli por ser el medio para llegar a mi familia oso.

Al laboratorio de Fauna Silvestre de la FMVZ-UANL, que hicieron de mi estancia en el norte, meses llenos de aprendizajes, toda una manada de gente con causa, ¡la raza!: Azaneth, Julio (mi team zoetil-chimichanga), Lupita, Vicky, Humberto, Karla, Daniel, Juan Pablo, Omar, Lili, Adán y Ángel gracias por ser gente en momentos difíciles, por la solidaridad.

A Alejandra “gato” porque eres la bióloga norteña más a toda madre que conocí, además excelente guía de turistas, líder, amiga y gente con pasión por lo que hace, gracias por ser mi hombro, por escucharme y aconsejarme, te quiero mucho, ¡miau!

A Natalia, que abrió el camino en esta brecha de estudio, que me apoyó para entender lo complejo del tema y se convirtió en una gran guía, compañera y amiga oso, gracias Nati.

Al Dr. Fernando X. Plata, que me dijo: cuándo la comida no te gusta... ¡come rápido!; luego creí que debía hacer rápido todo, gracias, hasta lo más terrible tiene una razón de ser.

Al Dr. Germán D. Mendoza Martínez, por darme bases en mi hermosa alma mater mi casa abierta al tiempo, mi amada Universidad Autónoma Metropolitana.

A mis compañeros y amigos en el posgrado, que fueron increíbles, gracias por hacerme reír tanto, por escucharme, apoyarme, por sus consejos y solidaridad, gracias: Catalina, Ericka, Sarahí, Fernanda, Liliana, Maristela, Víctor, Alfredo y Mauricio.

A la Dra. Pilar Rueda que es una gran amiga, científica y consejera, gracias Pili por todo.

Al Dr. Juárez Casillas, por su tiempo, conocimiento, consejos, comprensión y gran disponibilidad para ser parte de esto.

A Diana Doan-Crider por sus consejos para enriquecer el texto, así como para delimitar la estacionalidad, de acuerdo a su amplia experiencia.

A los papas de mi novio, Ma. Alberta y Daniel que también son mi familia, gracias por su apoyo y por mi compañero, amigo, cómplice, confidente, colega, mi teacher y uno de mis motores: ¡Ruidoso!, que lo amo, que nunca me dejó tirar la toalla y que me hacía reaccionar y siempre me daba un abrazo cuándo me desmoronaba, diciendo: tú estás aquí por los osos...que fue a la sierra, más que por lo nuestro por la causa, aunque es MVZ de ciudad, Daniel Alberto gracias por todo, gracias mi chico punk, te amo.

Contenido

Página

Lista de cuadros, gráficas y figuras.....	9
Introducción general (incluye revisión de literatura y justificación).....	10
Hipótesis.....	24
Objetivos.....	25
Material y método.....	26
Resultados.....	31
Capítulo 1.....	32
Discusión general.....	56
Conclusión general.....	60
Referencias bibliográficas.....	62
Glosario.....	66
Referencias bibliográficas del glosario.....	68

Lista de cuadros, gráficas y figuras en: CAPÍTULO 1.

	Página
Table 1. Algorithms used for spatial predictions of human-bear interactions (HBI) with data from 2005-2016 in Northern Mexico	37
Table 2. Percent contribution of each variable to the risk model and marginality by variable in probability model. Data from 2005-2016 in Northern Mexico	39
Table 3. Performance of individual and ensemble models in predicting HBI using data from 2005-2016 in Northern Mexico	40
Table 4. Predicted area in each quartile of two ensemble models	41
Table 5. Frequency of each type of record in data used to generate the spatial predictions, those that were verified in the field, as well as during the periods of hyperphagia's and pre-hyperphagia's periods	43
Figure 1. Study area of HBI	35
Figure 2. HBI probability model	41
Figure 3. HBI risk model	42
Figure 4. Field validation to probability model of HBI	44
Figure 5. Field validation to Risk model of HBI	44

Introducción general

En la última década *Ursus americanus* o el oso negro americano, plantígrado, mamífero del orden Carnívora y el único úrsido en México ha sido una especie estudiada con diferentes objetivos, pero un criterio en común: la presencia condicionada al hábitat (condiciones ambientales) y por lo tanto, la fragmentación de su distribución histórica; siendo el úrsido de mayor distribución en América del Norte, desde hace 3 millones de años, que extiende sus poblaciones en México, específicamente en: áreas geográficas como el Pacífico y el Atlántico (Doan-Crider, 1995; Juárez-Casillas *et al.*, 2013a).

En México la fragmentación del hábitat es una de las consecuencias negativas para la especie ya que se clasifica como una especie en peligro de extinción (P), con las 3 subespecie presentes en México: *Ursus a. amblyceps*, *Ursus a. machetes* y *Ursus a. eremicus*, esta última con una población sujeta a protección especial (Pr) en la Sierra del Burro, Coahuila (NOM-059; SEMARNAT 2010).

Por otro lado, la alimentación del oso negro es clasificada como de oportunista y omnívora, al adaptar su alimentación por las diferentes condiciones de estacionalidad y recursos en el hábitat (Sierra-Corona *et al.*, 2005), la selección del hábitat se ve condicionada ante la fragmentación y determina la presencia de la especie según las variables ambientales con sus múltiples combinaciones (Moreno-Arzate *et al.*, 2008). Con lo anterior, la conservación de la especie tiene una relación constante con el aumento en la densidad de población humana y por tanto con asentamientos humanos: en Norteamérica se ha tenido un objetivo en común mantener alejado al oso negro de estas áreas, pues su presencia en estas zonas posee consecuencias negativas para ambas especies el oso negro y el humano (Garshelis *et al.*, 2010). Además, en México es considerado el mamífero que causa mayores pérdidas económicas para la población humana en las áreas de producción agropecuaria en el Noroeste del país (Peña-Mondragón *et al.*, 2013).

Por otro lado, en Estados Unidos y Canadá se reporta que existe la relación oso negro-humano desde hace más de 20 años y se han generado acciones para la gestión y consecuencias de tal relación para la conservación de la especie con acciones soportadas en la investigación y difusión, esto gracias a The International Bear News (IBN) 2015, International Association for Bear Research and Management (IBA), Forestry and Forest Products Reserch Institute con The Biology of Bear Intrusion, que actúa de manera incluyente para diferentes especies de osos

a nivel mundial con The International Union for Conservation of Nature/ Species Survival Commission (IUCN/SSC) Bear Specialist Group University of Montana-USA, Black Bear Management Plan for New York State 2014-2024, The Department of Wildlife Nevada's Bear Ecology and Conservation-2004- Nevada, Forest and Wildlife Research Center, Managing Human-Black Bear Conflicts-Mississippi State University College of Forest Resources, entre otras; esto ha permitido la generación de censos poblacionales efectivos, reproducciones exitosas y monitoreadas, identificación de indicadores o factores de riesgo humano-oso, control de eventos fatales, programas de educación ambiental, consecuencias de recolonización y flujos genéticos, entre otras investigaciones benéficas para ambas especies. En México, el ejemplo pionero y que congrega algunos planes de acción para la conservación del oso negro fue la publicación de Delgadillo-Villalobos (2011).

El hábitat y distribución del oso negro ha sido descrito y caracterizado en los diferentes estados del norte de México; en el Noreste (Nuevo León, parte de Coahuila y Tamaulipas) se describen diferentes tipos de matorral y bosques (tropical, mesófilo y templado) como las vegetaciones predominantes en zonas conservadas como la reserva de la Biosfera "El Cielo" (Jiménez-Guzmán *et al.*, 1991). Así también, la Sierra Madre Oriental que de manera histórica se extendía hasta Zacatecas (Leopold, 1959); además, existen áreas de traslape con asentamientos humanos con altitudes de 400 a 1200 msnm y clasificaciones de vegetación como matorrales y bosques (Salinas-Camarena, 2015). En contraste, en el Noroeste se describen área de pastizales, ecosistemas áridos, condiciones fisiográficas con valles intermontanos y bosque templado, este último como un área de hábitat potencial en las zonas más altas, que políticamente corresponden a Sonora, Chihuahua, Durango y parte de Coahuila (Leopold, 1959; Espinosa-Flores *et al.*, 2012) siendo los bosques predominantes para la Sierra Madre Occidental en su distribución (Leopold, 1959). Por otro lado, es importante considerar la capacidad de recorrer grandes distancias para este plantígrado, ya que esto determina su amplia distribución; en las hembras el ámbito hogareño se reporta de 6.5 a 25 km² (Fair, 1990; Rogers, 1977) y en los machos se reporta de 73.8 a 119.6 km² (Doan-Crider & Hellgreen, 1996). Así como su curiosidad, ya que el oso negro se caracteriza por ser una especie de úrsido curioso, con oído y olfato calificados de muy agudos (SEMARNAT-CONANP, 2012). El ámbito hogareño es determinado por el sexo: los

machos se dispersan de la madre a la edad de 1 o 2 años, con un radio de dos a seis veces el área que habitó con la madre y hay un mayor movimiento cuando son adultos (Larivière, 2001). En el caso de las hembras, se reporta con una superposición con el área de la madre y tales acciones no representan un problema, ya que el oso negro no es territorial, sino en el período reproductivo; aunque también es común que las hembras habiten las áreas con mayor cantidad de recursos, esto lo podríamos asociar a la cantidad de reservas energéticas que necesitan para la gestación y lactancia, si consideramos que por la disponibilidad de recursos se puede discernir que la mayor actividad del oso negro para el consumo como parte de su dieta es por la disponibilidad de materia vegetal y al considerar factores climáticos y ambientales, para el consumo de su dieta (Costello, 2008; López-González *et al.*, 2010).

Al condicionar su actividad por la alimentación, es importante mencionar que el oso negro también es capaz de viajar largas distancias en busca de alimento fácil, es decir, sin competencia con otros animales, y el mejor ejemplo son los desechos humanos, zonas agrícolas y ganaderas; tal actividad se ha reportado como variable por estacionalidad, según los alimentos disponibles, esto al recorrer distancias fuera de su área ya establecida y con mayor frecuencia en machos sub adultos a diferencia de las hembras que no salen de su ámbito hogareño, estos estudios para Estados Unidos (Belant *et al.*, 2011).

En México los estudios de la relación oso negro-humano son limitados, y bajo el referente de diferentes estudios en países pioneros como Estados Unidos y Canadá, acerca de esta relación, se debe considerar que los avistamientos de oso negro en asentamientos humanos no siempre son conflictivos, ya que en ocasiones se limitan a encuentros, o bien sí se integran conflictos y encuentros en una misma área, entonces se definen como: interacciones, con consecuencias negativas o positivas, así como los diferentes factores o atractivos para que los osos se involucren en los asentamientos humanos (Merkle *et al.*, 2011; Baruch-Mordo, 2012). La especie es parte del conflicto fauna silvestre-humano; al ser una constante histórica como mamífero depredador que consume ganado doméstico y sembradíos; por lo que enfrenta medidas de control letal por los productores agropecuarios (McManus *et al.*, 2013).

El oso negro ha modificado sus hábitos alimenticios por la disponibilidad de alimento y lo han clasificado como un especie con sinantropía fluctuante, lo que significa que se adapta fácilmente a nuevas condiciones e identifica como alimento fácil el que se encuentra en los asentamientos humanos (Baruch-Mordo, 2012; Ditmer *et al.*, 2015; Johnson *et al.*, 2015). Esta especie tiene importancia ecológica, ya que su extinción implica modificar redes tróficas, y el equilibrio ecológico del ecosistema implicado, al ser una especie sombrilla (Bull *et al.*, 2001; 2007; Svoboda *et al.*, 2011; Seger *et al.*, 2013), determina la abundancia de algunos frutos e insectos y regula a otras especies dentro de su distribución (Bull *et al.*, 2001; Belant *et al.*, 2006).

Con el panorama anteriormente descrito, es necesario generar información de interacciones humano-osos negros y dar soluciones que le permitan al oso negro mantenerse alejado de las poblaciones humanas para contribuir a su conservación. Así, la presente tesis se implementó como herramientas metodológicas la modelación de nicho ecológico (MNE) y los sistemas de información geográfica (SIG), con casos de interacciones humano-osos negros, para identificar las variables asociadas a las Interacciones humano-osos negros (IHO), con la finalidad de predecir las áreas propicias a IHO. Esto a través de diferentes familias de algoritmos que generaron un consenso por familia y entonces obtener dos proyecciones: una de probabilidad y otra de riesgo, donde pueden ocurrir tales interacciones y que esto permita dirigir recursos humanos, económicos y gestiones en las áreas implicadas, corroborando con validación de campo, *a posteriori* a las evaluaciones estadísticas que describen el desempeño del modelo con buen desempeño predictivo (Marmion *et al.*, 2009; Grenouillet *et al.*, 2011).

Revisión de literatura

Taxonomía

Super-reino: *Eukaryota*

Reino: *Animalia*

Phylum: *Chordata*

Clase: *Mammalia*

Orden: *Carnivora*

Sub-orden: *Caniformia*

Familia: *Ursidae*

Subfamilia: *Ursinae*

Género: *Ursus*

Subgénero: *Euarctos*

Especies: *americanus*

(Pallas, 1780)

Características físicas

El oso negro, se caracteriza por ser un mamífero grande, de color negro y uniforme, que puede variar en una escala de negro a café en el cuerpo, según la subespecie, pero para el hocico se caracteriza por ser café además, posee orejas redondas y pequeñas en proporción al cuerpo, (Aranda-Sánchez, 2012), tiene una cola corta y ojos pequeños, la longitud de un adulto se mide de los hombros a los pies siendo de 0.9 a 1.5 m de longitud. Una característica de dimorfismo sexual, es la diferencia del peso y tamaño, se reporta que los machos son 20% más grandes frente a las hembras. A partir de los 17 meses en que se separan de la madre, los machos pesan desde 90 kg y conforme crecen se han reportado machos que alcanzan hasta 300 kg y en hembras de 41 a 136 kg (Pelton *et al.*, 1999; Larivière, 2001; Belant *et al.*, 2011).

Es un mamífero plantígrado (Pelton *et al.*, 1999), posee cinco dedos en los miembros anteriores y posteriores, así como cojinetes plantares que se pueden extender hasta el talón, las diferencias en las huellas de los miembros anteriores con los posteriores, es que los primeros poseen un largo promedio de 15cm por un ancho de 13cm, frente a los posteriores con un largo promedio de 17cm, por un ancho de 12cm, y una separación de 40 a 60 cm entre la distancia de las huellas de miembros anteriores con los posteriores, durante la caminata del úrsido, se describe

como carnívoro con la siguiente fórmula dentaria: (I 3/3 C 1/1 P 4/4 M 2/3)² (Aranda-Sánchez, 2012).

Hábitat

El oso negro se ha localizado históricamente en bosques que se caracterizan por ser áreas ricas en vegetación y que se describen geológicamente como escarpadas, con pronunciadas pendientes, como el caso del altiplano Chihuahuense y la meseta Central, que conforma parte del hábitat de poblaciones de oso negro, en México (Delfín-Alonso *et al.*, 2011; Monroy-Vilchis *et al.*, 2016) pero, en las últimas décadas, también se describen como límites de asentamientos humanos, esto se reporta frecuentemente en Estados Unidos y Canadá y para México no ha sido una excepción en los últimos años (Peña-Mondragón *et al.*, 2013).

En Texas, los avistamientos de oso son asociados a un hábitat con pendientes, áreas alejadas de carreteras y superficies de vegetación desnuda, pero cercanos a fuentes de agua (Rice *et al.*, 2009). El clima es un factor importante para constituir el tipo de hábitat, en Santa Mónica, al noreste de Chihuahua, se describe con un clima seco-templado con verano cálido y precipitación anual de 400 mm y una temperatura media anual de 12 a 17 °C, así como una pendiente promedio de 8.6° a 9° y 2102 msnm, con 210 días libre de heladas, esta área se caracterizó por poseer cinco tipos de vegetación en el área de estudio: encino-pino, encino, pino-encino, bosque denso y pastizales (Verdugo-Valenzuela, 2005).

El hábitat en México para la población con protección especial, en la Serranía del Burro Coahuila, se caracteriza por tener laderas empinadas, rocosas y suelos poco profundos, pedregosos de alrededor de 1.400 a 1.800 msnm de altitud, donde también se describe con *Quercus spp.*, áreas de chaparrales, y se reportan lluvias a finales del verano y principios del otoño, con una producción alta de escorrentía lo que provoca inundaciones severas (Doan-Crider *et al.*, 1995). En el caso de las hembras, se reporta que el hábitat se ve condicionado, de manera más frecuente por la disponibilidad de alimento (López-González *et al.*, 2010).

Distribución en México

Como ya se mencionó anteriormente, este úrsido se ha distribuido en América desde hace tres millones de años. En México, se reporta que desde 1950 hay avistamientos de los osos en el norte de Coahuila, en la Sierra de las Maderas, la Sierra del Pino y la Sierra de San Marcos; en la Sierra Madre Occidental; en la

Reserva Indígena Mezquital al sur de Durango; en la Sierra de Pinabete al oeste del Río Bolaños en Jalisco, y a lo largo de los límites entre Jalisco y Nayarit, así como Aguascalientes, San Luis Potosí, Zacatecas y Jalisco (Doan-Crider *et al.*, 2005).

Históricamente la distribución del oso negro se ha modificado, tales cambios han sido muy evidente a mediados del siglo XX, para el año de 1994, hubo una reducción del 20 % por lo que se clasificó en peligro de extinción (Juárez-Casillas *et al.*, 2013b).

En el 2013, se obtuvo el primer registro avalado por PROFEPA-Hidalgo, de presencia de oso negro, en el Estado de Hidalgo, esto en el Aguaje de Cerro Prieto en el norte de Hidalgo, donde un grupo de pobladores reportó haber matado a un oso negro como represalia por ataque a un borrego, reporte realizado en el 2005, por lo que cuando se acudió a revisar los restos en el 2013, la descomposición del cadáver era muy avanzada, por lo tanto sólo fue posible recuperar el cráneo, con el que se realizó un análisis del gen mitocondrial región control (373 pb), y así se logró determinar que pertenecía a la subespecie *Ursus americanus eremicus* (Rojas-Martínez & Juárez-Casillas, 2013), que es reportada por SEMARNAT/CONANP en el 2012, en la Sierra Madre Oriental bajo protección especial (Pr) (SEMARNAT-CONANP, 2012). Para el 2015, se reportó el primer registro de *U. americanus*, en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México (Carrera-Treviño *et al.*, 2001).

Reproducción, alumbramiento e hibernación

La reproducción de estos mamíferos se da una vez que alcanzan la madurez sexual, en hembras ocurre entre los 2 y 8 años de edad, en los machos la edad reproductiva inicia a los 2 años, como en todas las especies de mamíferos existe una edad óptima para la reproducción y para el oso negro no hay excepción, ya que se reporta que en hembras el óptimo es de 3 a 5 años de edad y para los machos el mayor desempeño sexual es entre los 4 y 5 años (Belant *et al.*, 2011) aunque algunos estudios reportan en machos el éxito reproductivo en individuos de 7 años de edad (Costello *et al.*, 2009). La cópula está condicionada por estacionalidad, en el caso de las hembras, el estro ocurre desde mediados de mayo a mediados de agosto, en el caso de los machos el fotoperiodo dependiente de la estacionalidad regula el ciclo reproductivo con aumentos en el ciclo de testosterona que es independiente de los factores nutricionales (Larivière, 2001). Esto a través de la prolactina que en

machos, interviene en la síntesis de Catepsina D, andrógenos y citrato, a nivel prostático, lo que va a promover un aumento en la cantidad del semen como respuesta al estímulo sexual, estacional en *U. americanus* (Bartke, 2004). El oso negro se caracteriza por tener varias parejas a lo largo de su vida y los machos pelean por la hembra receptiva; una vez que ocurre la fecundación del óvulo, la implantación no ocurre de manera inmediata, el blastocito se implantará en los meses de noviembre o diciembre, así la gestación tendrá una duración de 215 días promedio (6 a 7 meses) (Larivière, 2001). Esto coincide con el invierno: periodo de hibernación, lo que determina la inversión nutricional-energética para este período, siendo fundamentales las reservas de grasa para las hembras, lo que condiciona una reabsorción de blastocito de no existir suficientes fuentes energéticas, en tal periodo gestacional, estas fuentes energéticas deben ser suficientes para las primeras 10 o 12 semanas de lactancia (Pelton *et al.*, 1999). Este tipo de gestación y alumbramiento, con neonatos inmaduros y condicionados a las reservas energéticas de la madre son posibles, por la respuesta que como especie tiene los úrsidos en el aumento de la lipogénesis, con un 46% de grasa (SEMARNAT-CONANP, 2012). Lo que significa, que es una adaptación para dosificar la utilización de sustratos glucogénicos durante un largo ayuno, por lo que con el alumbramiento durante la hibernación la hembra recupera el contenido de agua por medio de las excretas de los oseznos, lo que es una clave metabólica y energética para la madre (Oftedal *et al.*, 1993). Una vez que nacen los oseznos, la madre los alimenta con seis glándulas mamarias funcionales, pudiendo tener camadas de dos a cuatro crías, con un peso promedio de 250 gramos, ciegos y con poco pelaje; estas crías van a permanecer con la madre hasta los 17 meses, y así se limitará que la reproducción de la hembra ocurra cada dos años y condicionada a la presencia de fuentes energéticas que el medio le provee para alimentarse (Pelton *et al.*, 1999).

Etología

El oso negro en su comportamiento se diferencia claramente entre hembras y machos, ya que los machos son solitarios, y en cambio las hembras se acompañan de sus crías, de no ser así, es porque se encuentran en período reproductivo (SEMARNAT-CONANP, 2012). Las hembras establecen territorialidad solo en el verano, para la reproducción. La jerarquía es fundamental en el oso negro, ya que

los adultos dominan a los jóvenes, en el caso de los machos los territorios y la lucha por las hembras ocurre con gestos de amenaza, sonidos, estampado de pies, movimientos mandibulares, y aunque no es frecuente, se puede llegar al contacto físico y la muerte en periodos reproductivos por una hembra, la cual para aceptar al macho realizando un pequeño gruñido, siendo el macho quien marcará los árboles con mordidas y arañazos en las cortezas, y así determinará la estructura social con el resto de osos machos en la población; por otro lado, la comunicación de la hembra a sus crías se da por un ronroneo (Pelton *et al.*, 1999).

El oso negro se describe como oportunista por lo que se adapta fácilmente, aunque se caracterizan por ser muy curiosos, con ayuda de su olfato que se califica de agudo (SEMARNAT-CONANP, 2012). En el periodo de hibernación se reporta un mayor movimiento cuando los osos adultos manifiestan bajos niveles de testosterona; para el caso de las hembras el hábito hogareño es mayor, ya que es frecuente una sobre-posición con el área de la madre, tales acciones no representan un problema, ya que el oso negro es territorial solo durante el período reproductivo; también, es común que las hembras habiten las áreas con mayor cantidad de recursos, al considerar factores climáticos y ambientales, para el consumo como parte de su dieta (Costello, 2008; López-González *et al.*, 2010). Al condicionar su actividad por la alimentación, en pequeñas distancias, es importante mencionar que el oso negro también es capaz de viajar largas distancias en busca de desechos humanos, zonas agrícolas y ganaderas, tal actividad se ha reportado como variable por estacionalidad, según los alimentos disponibles, donde se recorren distancias fuera de su área ya establecida y se reportan con mayor frecuencia en machos sub adultos, con una dispersión del 100% en ellos a diferencia de un 95% de las hembras que no salen de su ámbito hogareño (Belant *et al.*, 2011).

Hábitos alimenticios

El oso negro se califica de carnívoro por su fórmula dentaria, *Ursus americanus* es una especie omnívora y oportunista, condicionada a los recursos que medio le provee y no un carnívoro estricto (Leopold, 1959). El oso negro también se ha estudiado bajo el criterio de ser dispersores de semillas de especies de frutos carnosos, con evidencias que muestran tal dispersión de semillas en especies como

la uva de Oregón (*Mahonia repens*), esto por muestreo de heces durante el verano y el otoño (Auger *et al.*, 2002). También se reportan estudios con aves y osos, entre los que no se reportan diferencias significativas, para la dispersión y germinación de semillas, aún y cuando las semillas tienen un tiempo de retención menor en aves, con 15-45 min y en osos varía de horas a un día (Traveset *et al.*, 1997).

En una revisión histórica para el norte de México, se describe los alimentos encontrados en la dieta del oso negro: Sotol (*Dasyliñon sp.*), yuca (*Yucca spp*), elotillo (*Conopholis mexicana*), encino (*Quercus spp*), manzanita (*Ziziphus obtusifolia*), ciruelo (*Polistes spp*), Musgos (*Bryophita*) y lima de la sierra (*Rhus microphylla*), etc; entre la materia animal se reporta: Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado bura (*Odocoileus hemionus*), zorrillo (*Mephitis spp*), conejo (*Sylvilagus spp*), ganado doméstico (*Bos sp*), cerdo silvestre (*Sus scrofa*), jabalí (*Tayassu tajacu*) y Coyote (*Canis latrans*); en el consumo de insectos se describen hallazgos de: Gorgojos (*Scarabeidae*), hormigas (*Hymenoptera*), mariposas (*Polillas lepidoptera*), termitas (*Isoptera*) y avispas (*Vespidae*), en áreas adyacentes a Sierra Maderas del Carmen, Coahuila (Delgadillo-Villalobos, 2001).

En Sierra Picachos, Nuevo León, la dieta del oso negro es reportada por estacionalidad: secas, lluvias y post-lluvias, en un período anual, donde se identificaron: plantas con un 73.4%, seguido de los animales con 6.8% y un 9.3% de fragmentos sin determinar, de estos porcentajes ninguno tuvo evidencias de ganado en las heces (Juárez-Casillas *et al.*, 2013c).

Para la Sierra Madre Occidental en la Sierra San Luis, Sonora, es otra área que reporta una población de *U. americanus*, y que se analizó durante un periodo de dos años, donde en el primer año, el consumo prioritario, fue el de materia vegetal, con un 61.1%, de biomasa consumida, con la especie manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y juniperos (*Juniperus sp.*). En el siguiente año se mostró una reducción drástica en el consumo vegetal y la población de oso negro tuvo un mayor consumo carnívoro, con un incremento en el consumo del ganado doméstico del 97.3% y un aumento del 61.1% en venado cola blanca, lo que representa más del 60% total de la biomasa consumida, y el hallazgo de encontrar consumo de escorpiones (*Eloncillencis diplocentrus*), que antes no se había reportado en la dieta del oso negro (Sierra-Corona *et al.*, 2005). En el caso de Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, se reporta un consumo oportunista, y preferente de materia vegetal, donde los frutos de junípero son parte de la dieta diaria, según los indicios en excretas de

adultos, para el caso de osos reportan consumo preferencial de bellotas, siendo juniperus y bellotas, los alimentos con mayores indicios (excretas), con muestreos realizados de principio de enero a principio de abril y con una abundancia relativa baja en *Ursus americanus* (Ortiz-Ortiz, 2012). Los estudios en el estado de Coahuila se han extendido a otras áreas, como Sierra Maderas del Carmen, donde se identificaron a lo largo de primavera, verano, otoño e invierno, 28 componentes clasificados en frutos y semillas, herbáceas, hojas, gramíneas, mamíferos, insectos y otros componentes no identificados, de lo que se obtuvo una Densidad Relativa (DR) de materia vegetal, con el 94% de los componentes en excretas colectadas del verano de 1998 a la primavera de 1999, la presencia de materia animal fue de 6 %, pero para junio se reportó un 82.9% de material vegetal, lo que se asocia, a la baja disponibilidad de alimento en el área de estudio, lo que confirma que los hábitos alimenticios del oso negro son dependientes de la estación del año, a causa de la disponibilidad de recursos (Delgadillo-Villalobos, 2001). En el Noroeste de Chihuahua, en el Rancho Santa Mónica, se reportó un consumo de 10 especies vegetales, pertenecientes a 4 familias que son: *Cupressaceae*, *Fagaceae*, *Poaceae* y *Agavaceae*; los componentes restantes de la dieta fueron insectos de los Ordenes de *Coleoptera*, *Orthoptera* y el Orden *Hymenoptera*. Loaiza-López (2005) con muestreos de febrero a junio, en el mismo rancho encontró indicios (excretas) con el mismo tipo de vegetación en el área de bosque denso y pino (Verdugo-Valenzuela, 2005).

Los estudios de nutrición en nuestro país aquí expuestos, se han limitado por estado y/o ranchos, o por regiones de la Sierra Madre Occidental y Oriental, pero finalmente, podemos caracterizar al oso negro como omnívoro oportunista, a disposición de la estacionalidad de recursos de materia vegetal y animal, con una preferencia en los alimentos vegetales, en contraste a su dentición carnívora.

Interacciones humano-osos negro

Las interacciones oso-humano han sido estudiadas de manera exhaustiva en diferentes puntos de Estados Unidos y Canadá, pero en el caso de México esta labor no ha logrado alcanzar tales niveles de información. En el caso de Canadá, se han realizado registros de ataques fatales desde 1900 a 2009, incluyendo Alaska, en los que se reportan 59 incidentes con oso negro y en consecuencia 63 personas murieron, en el periodo de 109 años, donde 49 muertes fueron correspondientes a

Canadá y 14 en Alaska; definiendo el porcentaje de ataques, de acuerdo al número de personas involucradas, el 69% estaba 1 persona. En tal estudio, se determinó que el 38% de los ataques estuvieron asociados a incidentes por alimentos, por ejemplo, que las poblaciones humanas dejaron al alcance basura comestible, lo que generó una conducta exploratoria en los osos, donde la distancia del área humano-oso de los restos de basura no era mayor a 100m en el que se describe como lugar de ataque (Herrero *et al.*, 2011). En Estados Unidos, Ithaca, Nueva York, se han generado programas de educación ante encuentros con oso negro, de manera que involucraron excursionistas, cazadores, campistas, estudiantes, profesores, visitantes o turistas y zonas residenciales, los programas se ejercieron de manera conjunta, por ejemplo, excursionistas, cazadores y campistas en un grupo con la finalidad de lograr intereses comunes y así conformar grupos locales de conservación y agencias estatales de vida silvestre, para los diferentes programas de educación en West Yellowstone, Montana, Central Florida, Northern New Jersey, Whistler, British Columbia, Canada Lake Tahoe, Nevada, California y Adirondack State Park, New York (Gore *et al.*, 2006).

En México, la normatividad es una acción determinante para los conflictos fauna-humano, para eso la Norma Oficial Mexicana, NOM-059-2001-SEMARNAT, proporciona una lista de 295 especies y subespecies de mamíferos en alguna categoría de riesgo, donde se encuentra la subespecie *U. americanus eremicus*. *Ursus americanus*, es una especie prioritaria en acciones de ecología y conservación, para lograr poblaciones lejos de amenaza, o extinción, al implicar la interacción oso-humano. Para lograr esto, se han establecido planes de acción, como: el Plan de Acción para la Conservación y Recuperación de especies de fauna silvestre Prioritaria en el estado de Chihuahua-2014, con el que se pretende gestionar una estrategia de financiamiento, con la participación del sector gubernamental, academia, iniciativa privada y población en general, para promover la investigación científica con la finalidad de generar información en su distribución actual, así como estudios sobre la percepción social por la presencia de oso negro, su impacto en el aprovechamiento forestal y ganadero, siendo de vital importancia el realizar un mapa de distribución actual de oso negro (De la Maza-Benignos *et al.*, 2014), que no debería limitarse a Chihuahua, sino al resto de los estados con poblaciones de oso negro como es el caso de *U. americanus eremicus*, en Sierra el Burro, Coahuila (NOM-059-SEMARNAT-2010), que es una población de vital

importancia para *U.americanus*. Es en este apartado, donde se describe la importancia de las acciones humanas para preservar al oso negro, ya que a nivel mundial se enlistan acciones y/o agrupaciones como: la International Bear News (IBN) 2015, que se encarga de la difusión de investigaciones en oso negro, la International Association for Bear Research and Management (IBA), Forestry and Forest Products Reserch Institute con Biology of Bear Intrusion, por parte de Japón, que actúa de manera incluyente para diferentes especies de osos a nivel mundial, la IUCN/SSC Bear Specialist Group University of Montana-USA, Black Bear Management Plan for New York State 2014-2024, el Department of wildlife Nevada's Bear Ecology and Conservation-2004-Nevada, Managing Human-Black Bear Conflicts- Mississippi State University College of Forest Resources, Forest and Wildlife Research Center, entre otras acciones y programas, que han permitido la generación de censos poblacionales efectivos, reproducciones exitosas y registradas, identificación de indicadores o factores de riesgo oso-humano, control de eventos fatales, programas de educación para encuentros oso-humano, determinación de las consecuencias de recolonización y flujos genéticos, entre otras investigaciones benéficas para ambas especies, nosotros y el oso negro (Delgadillo-Villalobos,2011).

Justificación

U. americanus, oso negro en el norte de México, es el único úrsido en México y está en peligro de extinción. Por lo que generar escenarios de Interacciones Humano-Oso negro (IHO) permitirá proveer la información base para identificar factores y áreas con las condiciones ambientales propicias para una interacción que a largo plazo determine dirigir las acciones de conservación en favor de la especie.

Hipótesis

Nuestra hipótesis es que la probabilidad media y alta de ocurrencia y el riesgo de IHO están determinados por la densidad de la población humana y la distancia a la cobertura vegetal: matorral submontano. También suponemos que la frecuencia de IHO es mayor y tiene una tendencia positiva durante el período de hiperfagia, como se ha informado en otras áreas de casos con IHO (Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Evans *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2015).

Objetivos

Objetivo general

Generar escenarios de zonas de riesgo de IHO, a partir de predicciones espaciales, como herramientas para la conservación de *U. americanus* en el norte de México

Objetivos específicos

Capítulo 1: Identificar las áreas con mayor probabilidad y riesgo de IHO en el norte del país, a través de diferentes tipos de algoritmos, así como determinar una tendencia de mayor número de IHO condicionados por la época de hiperfagia.

Material y método

Área de estudio

El área de estudio es la zona norte de México, limitada por el Eje Neovolcánico Transversal, considerado barrera natural entre América del Norte y América Central; la extensión incluida fueron 180, 898.35 km² (INEGI, 2007).

Registros

Los registros utilizados para la determinación de zonas de riesgo y probabilidad en las proyecciones geográficas para las Interacciones Humano- Oso negro, fueron de 3 fuentes:

- 1) Bases de datos proporcionadas por el gobierno federal, agencias ambientales gubernamentales en México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), agencias ambientales estatales en Coahuila (Secretaría de Medio Ambiente, SEMA) y Nuevo León (Parques y Vida Silvestre de Nuevo León).
- 2) Publicaciones (Rojas-Martínez & Juárez-Casillas, 2013)
- 3) Trabajo de campo

Los registros obtenidos abarcan desde 2005 hasta 2016, además incluían las coordenadas, altitud, nombre del lugar, la fecha del evento y tipo de interacción.

Las interacciones identificadas fueron: casos de daños en animales domésticos, sistemas de producción agrícola, daños en cajones de apicultura, atropellamientos, osos cazados, avistamiento en sistemas de producción agropecuaria sin causar daños, avistamientos cruzando carreteras sin ser atropellados, avistamiento en parques y áreas de ecoturismo, avistamiento en casas, basureros o cerca de vehículos y ataques a humanos.

Variables

Para poder realizar la modelación de las zonas de riesgo y probabilidad, se consideraron otros estudios que describen asociación positiva con variables ambientales específicas con el oso negro, con el principio de modelación de nicho ecológico (Gaines *et al.*, 2005; Rice *et al.*, 2009; Long *et al.*, 2011; Merkle *et al.*,

2011; Baruch-Mordo *et al.*, 2012; Drewry *et al.*, 2013; Johnson *et al.*, 2015). Por lo que se usaron variables ambientales y de origen antrópico en formato digital y con datos continuos, es decir, distancias evitando los datos fueran discretos en las variables. Las variables utilizadas en formato digital son también llamadas capas, las cuales se trabajaron en el sistema WGS 84 para que todas fueran compatibles con los distintos tipos de algoritmos computacionales en los Modelos de Nicho Ecológico. Las capas estaban en una escala de 1:250 000, las cuales se procesaron para unificar en el formato raster con 1-km² de resolución con Arc Gis 10.3 ®, e IDRISI SELVA ® (Guisan & Zimmermann, 2000; Araujo *et al.*, 2005; Guisan and Thuiller, 2005;).

Las variables fueron seleccionadas con base a los atributos antrópicos y ambientales relacionados con Registros de IHO, según estudios anteriores (Baldwin & Bender, 2008; Merkle *et al.*, 2011; Larivière, 2001; Rojas-Martínez & Juárez-Casillas, 2013). Generamos capas con datos continuos de distancias a la cobertura vegetal (pastizales y matorral sub-montano), fuentes de agua, zonas urbanas y cultivos (inventario forestal nacional Serie V y el geoportal de información del INEGI), basureros (INEGI, 2015) y carreteras. (Red Nacional de Vías, INEGI, 2016). Además, consideramos la elevación y la pendiente (USGS/NASA, 2007), producción apícola (miel/año, INEGI, 2013; CONABIO, 2015), densidad de población humana (INEGI, 2010) y porcentaje de libre ganado de pastoreo. Esta última variable representa el porcentaje de animales que pastan libremente, los datos se obtuvieron del censo agropecuario nacional (INEGI, 2009; Zarco-González *et al.*, 2013).

La selección final de las variables consideró la correlación entre ellas, que se analizó con Biomapper 4.0 (Hirzel *et al.*, 2008), se retuvieron solo las variables con un coeficiente de correlación de pares de Pearson <0.7 (Aguirre-Gutiérrez *et al.*, 2013). En este caso, Biomapper ayudó a identificar la contribución de cada variable con una matriz en el Análisis del Factor de nicho ecológico (ENFA), además de proporcionar los valores de marginalidad y tolerancia (Hirzel *et al.*, 2002). Además, obtuvimos la contribución de cada variable con Maxent 3.4 (Elith *et al.*, 2011; Phillips *et al.*, 2017).

Modelos de Nicho Ecológico (MNE) y Sistemas de Información Geográfica SIG

La metodología de la presente modelación, considero algunos criterios metodológicos empleados en otros estudios de modelación para depredadores (Rodríguez-Soto *et al.*, 2011; Zarco-González *et al.*, 2013) y en particular de úrsidos (Falcucci *et al.*, 2009; Mateo-Tomas *et al.*, 2012). Además, implementamos como herramientas metodológicas los Modelos de Nicho Ecológico (MNE) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), con casos de IHO. Los Modelos de Nicho Ecológico fueron implementados por familias y según sus características:

- a) Modelos de distancias: se consideran modelos que parten de valores mínimos y máximos por cada variable implementada. Definen estos valores en el espacio o área de estudio y así generan combinaciones de las variables en el espacio n-dimensional. La interpretación se debe hacer bajo la ecología de la especie implicada; su complejidad es clasificada como baja además de tener un ajuste estadístico bajo, pero la fortaleza radica en la interpretación ecológica. En el presente estudio se implementaron: Environmental Distance en la plataforma Open Modeller y Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) (Rangel & Loyola, 2012; Franklin, 2010)
- b) Modelos de inteligencia artificial: se consideran como procesos de modelaje ocultos, pero esto aumenta la precisión predictiva, es por eso que se califica de alta complejidad y baja transparencia en la interpretación. Estas características reflejan un ajuste estadístico alto. En el presente estudio se implementaron: Maxent 3.4 con salida Clog log y Desktop Garp en la plataforma original (Rangel & Loyola, 2012; Franklin, 2010)

Por otra parte, con la finalidad de evitar correlación en los registros de presencia y así obtener un registro por pixel y por 1 km², se realizó un filtro de registros para agrupar por validación un 75% de registros y el 25% restante para la calibración del modelo (Engler *et al.*, 2013; Zarco-González *et al.*, 2013), esto con una selección aleatoria de los registros de cada grupo.

Validación de Modelos y Modelos de ensamble

Los modelos se evaluaron con dos criterios:

- 1) AUC: área bajo la curva, en Idrisi Selva (Clark Labs, 2012)
- 2) ROC parcial: en R 3.4.1 (R Core Team, 2017) con Niche Toolbox (Osorio-Olvera *et al.*, 2016).

Retuvimos los modelos con la evaluación más alta en AUC (>0.9) y ROC parcial >1.5, de modo que dos conjuntos los modelos se generaron con una fórmula de promedio ponderado (Marmion *et al.*, 2009a b). Esto con la finalidad de generar:

- a) Modelo con los algoritmos de inteligencia artificial (modelo de probabilidad)
- b) Modelo con algoritmos de distancia ambiental (modelo de riesgo).

El AUC y ROC parcial también se utilizaron para evaluar los modelos de ensamble (Marmion *et al.* 2009ab; 160 Rodríguez-Soto *et al.*, 2017).

El modelo de probabilidad de salida tenía valores entre 0 y 1, por lo tanto, se transformaron a la misma escala del modelo de riesgo (distancias ambientales), multiplicándolo por 100. Los clasificamos por cuartiles de 25%:

- I) 0-25: primer cuartil se consideró sin probabilidad / riesgo
- II) 25.01 -50: baja probabilidad / riesgo.
- III) 50.01-75: media probabilidad / riesgo.
- IV) 75.01-100: alta probabilidad/ riesgo.

Esto como se ha hecho en estudios similares (Falcucci *et al.*, 2009; Behdarvand *et al.*, 2014). Luego, evaluamos la correlación con el coeficiente de Pearson entre los números de píxeles en cada cuartil entre ambos modelos (R Core Team, 2017).

Período de hiperfagia

Clasificamos los datos de IHO por mes para agruparlos por estacionalidad: verano-otoño e invierno-primavera, como las estaciones reportadas para el hemisferio norte (Trenberth, 1983; Jeong *et al.*, 2011). Consideramos la siguiente clasificación:

- a) Período de hiperfagia: otoño-verano, del 1 de junio al 30 de noviembre
- b) Período pre-hiperfagia: invierno-primavera del 1 de diciembre al 30 de mayo, Ambos periodos fueron determinados con base en la información de la fisiología del oso negro reportada (Nelson *et al.*, 1983; Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2015); además bajo la experiencia y consejo de Diana L.

Doan-Crider, para el territorio mexicano (información no publicada, Diana L. Doan-Crider, 2018).

Así aplicamos una prueba de χ^2 ; $P < 0.05$, para evaluar una tendencia de aumento en la frecuencia de IHO durante período de hiperfagia, con el software estadístico NCSS® (PASS 15).

Validación de campo

Para validar las predicciones en el campo, verificamos que los datos de HBI ocurrieron desde 2016: (segundo semestre) a 2017: (primer semestre), con una selección aleatoria para geolocalización. Comparamos estos datos con los modelos finales, para cuantificar el número de registros en cada cuartil, así como el porcentaje por tipo de IHO. Los casos verificados se filtraron solo uno por pixel (1km^2) para evitar la correlación espacial (Zarco-González *et al.*, 2013; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014).

Resultados

Como resultado de este estudio se obtuvo un artículo que corresponde al capítulo 1 de la tesis:

ACV: For review purposes only - please do not distribute



Human-black bear interactions in northern Mexico

Journal:	<i>Animal Conservation</i>
Manuscript ID	ACV-11-18-OM-262
Manuscript Type:	Original Manuscript
Date Submitted by the Author:	13-Nov-2018
Complete List of Authors:	Torres, María Fernanda; Universidad Autónoma del Estado de México, Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas ZARCO-GONZÁLEZ, MARTHA MARIELA; Universidad Autónoma del Estado de México, Estación Biológica Sierra Nanchititla, Facultad de Ciencias monroy-vilchis, octavio; Universidad Autónoma del Estado de México, Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas Treviño, Rogelio; Universidad Autónoma de Nuevo León, Laboratorio de Fauna Silvestre
Keywords:	conservation, ecological niche model, ensemble, endangered species

SCHOLARONE™
Manuscripts

ACV submitted manuscript

Capítulo 1

Human-black bear interactions in northern Mexico

Keywords: conservation, ecological niche model, ensemble model, endangered species

Nuñez-Torres M.F^a, Zarco-González M.M^a, Monroy-Vilchis O^a & Carrera-Treviño R^b.

^a Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, Centro, 50000 Toluca, México

^b Universidad Autónoma de Nuevo León, Laboratorio de Fauna Silvestre, Campus Ciencias Agropecuarias, Francisco Villa s/n, Escobedo, Nuevo León. Col. Exhacienda "El Canadá", C.P. 66050.

Corresponding author: martha.zarco.g@gmail.com

Abstract

Black bear (*Ursus americanus*) in Mexico is considered an endangered species. Habitat loss because human actions and elimination of bears due to conflicts with humans are some of the major threats for this species. The invasion of its habitat has conditioned their survival by human actions, it has changed its foraging behaviour, identifying and consuming food found in human settlements as an easily accessible source. In Mexico, the interaction areas are farming production systems, roads, housing units and garbage dumps, exposing the black bear to risk of negative interactions with humans. Therefore, it is necessary to generate information in the country about Human-Black bear Interactions (HBI), taking under the benchmark of countries pioneers such as USA and Canada. In these countries the spatial predictions have been made of such interactions, in order to determine the probabilities of encounter as well as identifying environmental variables involved, for different scenarios. In this study we implemented ecological niche models (ENM) and geographic information systems (GIS) tools to identified areas with high probability and risk of HBI, from different modelling algorithms (based on distances and artificial intelligence). We found that the occurrence of interactions is more likely in sites close to submontane scrub and with high densities of human population. We also found that there is an increase in the frequency of interactions during the hyperphagia season. After the generation of the models, verification was carried out in the field,

which confirmed the high performance and precision of the results, particularly the prediction obtained with the probability model.

Introduction

The black bear (*Ursus americanus*) in Mexico is in danger of extinction (SEMARNAT 2010; Juárez-Casillas *et al.*, 2013a), due to the increase in human population density, human activities (Merkle *et al.*, 2011; Baruch-Mordo 2012) and forest fragmentation (Evans *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2015). This species is frequently involved in different interactions with humans, e.g. with agriculture and livestock production systems, which historically have resulted in the elimination of bears (Buckhout, 2014). Black bears change their natural behaviour when consuming food of anthropic sources, especially during hyperphagia period; consequently, bears habituate to human settlements and increase interactions with them (Nelson *et al.*, 1983; Beckmann & Berger 2003; Baruch-Mordo *et al.*, 2014). Human-black bear interactions (HBI) areas include farmlands, roads, housing units, livestock paddocks and dumpsters (Merkle *et al.*, 2011; Baruch-Mordo *et al.*, 2014).

In Canada and USA, HBI have been studied using spatial predictions of interactions in order to determine the probabilities of encounter, identifying environmental variables related with damage to agriculture, as well as the viability of corrective actions applied to problem individuals (Beverly-McKinley *et al.*, 2014). According to predictions, the encounters have a positive association with the slope, distance to water sources and elevation, in studies carried out at local scales (Rice *et al.*, 2009; Evans *et al.*, 2014). The studies of human-black bear relation in North America, including Mexico, has involved records of conflicts, 82% indicated that human–bear conflicts are “a serious problem” (Spencer, Beausoleil & Martorello, 2007) and with an increasing trend (Don Carlos *et al.*, 2009), so that remain a significant priority for the management of this species in the future. These interactions most likely occur in the hyperphagia’s period, known actively fattening before winter also that depended of attributes and food resources in landscape (Spencer *et al.*, 2007; Boonman-Berson, Turnhout & Carolan, 2016).

Black bear habitat in Mexico face destruction and fragmentation resulting in increased frequency of HBI, therefore the conservation of black bears depends on

successful management strategies based on spatial and temporal information, such as potential distribution and interaction with humans (Monroy-Vilchis *et al.*, 2016; Lewis *et al.*, 2015). The use of geographic information system (GIS) and ecological niche modelling (ENM) allow predicting areas of species distribution and interactions with humans, helping in understanding the ecology and biogeography as well as meeting conservation goals for species of concern (Soberón & Peterson, 2005; Elith *et al.*, 2006). Hence, it is necessary to generate information about HBI in Mexico, using and comparing different types of algorithm as a systematized method for collecting and analysing data through ecological niche model theory. The aim of this study was to identify HBI areas in Mexico and the environmental variables related with them, as well as the relationship between HBI and the hyperphagia period. We hypothesize that the high probability of occurrence and risk of HBI are determined by human population density and distance to submontane scrub. We also hypothesize that the frequency of HBI is greater during hyperphagia period, as it has been reported in other areas (Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Evans *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2015).

Methods

Study area

In order to delimit the study area, we considered current and historical distribution of black bear in Mexico (Leopold, 1959; Scheick & McCown 2014; Monroy-Vilchis *et al.*, 2016), as well as physiographic barriers (CONABIO, 1997, Monroy-Vilchis *et al.*, 2016). The study area included northern Mexico encompassing the main mountain chains of the Sierra Madre Occidental (SMOc) in the west, and the Sierra Madre Oriental (SMO) in the east. We considered the Trans-Mexican Volcanic Belt as the southernmost limit based on recent records of the species in this region (Larivière, 2001; Rojas-Martínez & Juárez-Casillas, 2013; Monroy-Vilchis *et al.*, 2016; Fig. 1).

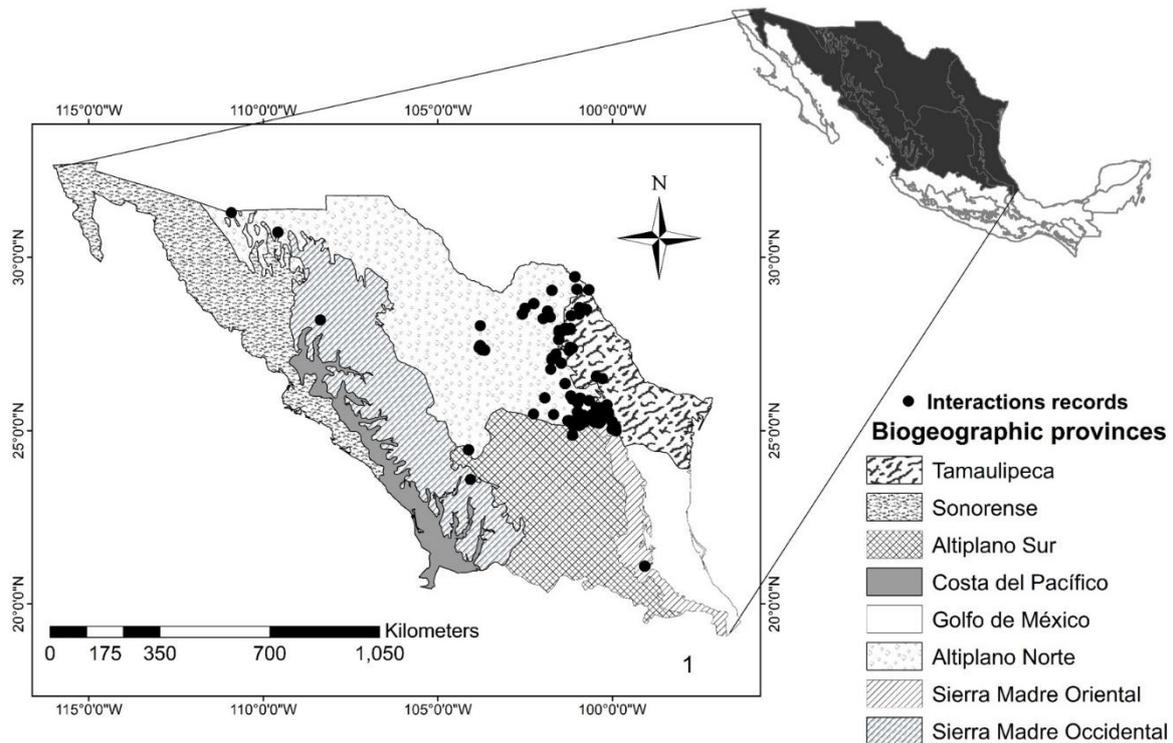


Fig. 1. Study area of HBI

HBI records

We obtained HBI records from 3 sources: 1) databases provided by federal government environmental agencies in Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) and Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), state environmental agencies in Coahuila (Secretaría de Medio Ambiente, SEMA) and Nuevo León (Parques y Vida Silvestre de Nuevo León). 2) published literature (Rojas-Martínez & Juárez-Casillas, 2013) and 3) fieldwork. Records obtained encompassed since 2005 to 2016, all of them with complete date (day, month and year) and geographical coordinates. The following interactions were considered: damage to crops and farming production systems, predation on livestock, damage to beekeeping, vehicle collisions, illegal trade of bears, bear attacks on humans and bear sightings. Sightings in human settlements were classified in four categories, depending of context: type 1-parks or ecotourism sites, type 2-houses, trash dumpsters and sightings from vehicles, type 3-farming production systems, type 4-road-crossing sighting. Subsequently, we obtained frequency expressed as percentage for each interaction type.

To avoid spatial correlation between HBI records, we filtered only one record per pixel (1km², Zarco-González *et al.*, 2013; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014). We split the final dataset of HBI in two groups in a random selection, the first group, with 75% of records, to calibrate and the second group, with 25% of records, to validate the models (Guisan & Zimmerman, 2000; Giovanelli *et al.*, 2010).

Environmental variables

Variables were selected based on anthropic and environmental attributes related to HBI records, according to previous studies (Herrero 1972; LeCount 1980; Baldwin & Bender, 2008; Merkle *et al.*, 2011; Larivière, 2001; Rojas-Martínez & Juárez-Casillas, 2013). We generated layers with continuous data of distances to vegetation cover (pastureland and sub montane scrub), water sources, urban zones and cultivated crops (National forestry inventory Series V and the geoportal of information of INEGI), dumpsters (INEGI, 2015) and roads (Road National Network, INEGI, 2016). In addition, we considered elevation and slope (USGS/NASA Shuttle Radar Topography, 2007), beekeeping production (honey ton/year, INEGI, 2013; CONABIO, 2015), human population density (INEGI, 2010) and percent of free grazing livestock. This last variable represents the percentage of animals that graze freely, that is to say, at no time they are stabled, the data were obtained from the national agricultural census (INEGI, 2009; Zarco-González *et al.*, 2013). The variables were unified in extreme coordinates, extension and resolution of 1 km² using Arc GIS 10.3 ® and Idrisi Selva ® (Guisan & Zimmermann, 2000; Araujo *et al.*, 2005; Guisan & Thuiller, 2005; Clark Labs, 2012).

The final selection of variables considered the correlation between them, which was analysed with Biomapper 4.0 (Hirzel *et al.*, 2008), we retained only variables with a Pearson's pairwise correlation coefficient <0.7 (Aguirre-Gutierrez *et al.*, 2013). In this case, Biomapper helped to identify the contribution of each variable with a matrix in Ecological Niche Factor Analysis (ENFA), in addition to providing the values of global marginality and tolerance (Hirzel *et al.*, 2002). Also, we obtained the contribution of each variable with MAXENT 3.4 (Elith *et al.*, 2011; Phillips *et al.*, 2017).

Spatial predictions of HBI

Different spatial prediction methodologies have been used in the study of human-wildlife relationships, including human-black bear (Baldwin & Bender, 2008; Falcucci *et al.*, 2009; Mateo-Tomas *et al.*, 2012; Behdarvand *et al.*, 2014), however, it has not been reported which is the best method. Hence, we generated two ensemble models depending on the type of algorithms: 1) we obtained probability of occurrence through artificial intelligence algorithms; 2) the predicted area was obtained with distance algorithms. We used every algorithm in its original platform, except Environmental distance, which was done with Open Modeller.

Table 1. Algorithms used for spatial predictions of human-bear interactions (HBI) with data from 2005-2016 in Northern Mexico.

Type of algorithm	Required information	References
Artificial intelligence		
Desktop Garp	Presence-pseudo-absence	Stockwell & Peters, 1999; Pearce & Boyce, 2006
MAXENT 3.4 ^a	Presence-background	Elith <i>et al.</i> , 2011; Phillips <i>et al.</i> , 2017
Distance		
ENFA	Presence-background	Hirzel <i>et al.</i> , 2002; Erfanian <i>et al.</i> , 2013
Environmental Distance (ED)	Presence-background	Sutton <i>et al.</i> , 2007; de Souza Muñoz <i>et al.</i> , 2011
^a Maxent 3.4 with output Clog log		

The models were evaluated with two criteria: 1) through the Area Under the Curve (AUC), in Idrisi Selva (Clark Labs, 2012) and 2) partial ROC in R 3.4.1 (R Core Team, 2017) with Niche Toolbox (Osorio-Olvera *et al.*, 2016). We retained the models with the highest evaluation in AUC (>0.9) and partial ROC>1.5, so that two ensemble models were generated with a weighted average formula (Marmion *et al.*, 2009a, b): the first from artificial intelligence algorithms (spatial probability model) and the second from environmental distance algorithms (spatial risk model). AUC and

partial ROC were also used to evaluate the ensemble models (Marmion *et al.*, 2009ab; Rodríguez-Soto *et al.*, 2017; Table 1).

The output spatial probability model had values between 0 and 1, therefore, we transformed it to the same scale of the spatial risk model (environmental distances percent), multiplying it by 100. We classified them by quartiles of 25%, the first quartile was considered with no probability/risk (0-25.0), the second as low probability/risk (25.01-50.0), third quartile as medium probability/risk (50.01-75.0) and fourth quartile as high (75.01-100), as has been done in similar studies (Falcucci *et al.*, 2009; Behdarvand *et al.*, 2014). Then, we evaluated the Pearson correlation coefficient between the pixel numbers in each quartile between both ensemble models (R Core Team, 2017).

Hyperphagia period

We classified the HBI data per month in order to group them as summer-fall and winter-spring, as seasons reported for the northern hemisphere (Trenberth, 1983; Jeong *et al.*, 2011). We considered the summer-fall as bear's hyperphagia period (1st June to 30th November) and winter-spring as pre-hyperphagia period (1st December to 30th May), based on reported bear physiology information (Nelson *et al.*, 1983; Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2015). We applied a χ^2 test; $P < 0.05$, to evaluate a potential trend of increase in HBI frequency during hyperphagia period, with NCSS® statistical software (PASS 15).

Field validation

In order to validate the predictions in field, we verified the HBI data occurred from 2016-second semester to 2017-first semester, with a random selection to geolocation. We compared this data with final models, to quantify the number of records in each quartile, as well as the percentage by HBI type. The verified cases were filtered only one per pixel (1km²) to avoid spatial correlation (Zarco-González *et al.*, 2013; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014).

Results

HBI data

We obtained 360 HBI records between 2005 and the first semester of 2016, and 70 records in field validation. After depuration, we retained 145 records that had

coordinates prioritizing geolocation instead of date. From these, 117 records (75%) were used to calibrate and 28 records (25%) to evaluate the models (Guisan & Zimmerman, 2000; Giovanelli *et al.*, 2010). Then, we classified records with date by seasonality; 75.7% (n=244) occurred during hyperphagia's period and 24.2% (n=78) during pre-hyperphagia's period. The largest percentage of HBI was predation on domestic animals (32%) followed by type 2 sightings (houses, landfills and vehicles, 25%; Table 5).

Environmental variables

According to MAXENT, the variables that most contributed to the model were distance to submontane scrub (with high probability at a distance of 0.1 km), and human population density (high probability was observed in sites with values between 2,000-14,000 inhabitants) (Table 2). ENFA suggested that HBI sites were different from the mean environmental conditions with a global marginality of 1.0, tolerance of 0.35 and specialisation of 2.8. This algorithm indicated that the variables with highest marginality were human population density (0.74), distance to submontane scrub (0.42) and free grazing livestock (0.41) in predicting HBI (Table 2).

Table 2. Percent contribution of each variable to the risk model and marginality by variable in probability model. Data from 2005-2016 in Northern Mexico.

MAXENT	Contribution percent
Distance to submontane scrub	38.1
Human population density	17.4
Distance to roads	12
Distance to pastureland	7.8
Free grazing livestock	7.7
ENFA	Marginality
Human population density	0.74
Distance to submontane scrub	-0.42
Free grazing livestock	-0.41
Distance to roads	-0.24
Slope	0.16
Distance to pastureland	-0.13

Spatial predictions of HBI

The spatial probability model predicted an area greater than risk model in medium and high levels (Table 4). Both levels in probability model represent 19.58% of total study area with 234,770.53 km² (Fig. 2 and 3). Besides, we found the two ensemble models were significantly correlated; $r=0.96$, $P<0.0001$.

The algorithm of artificial intelligence with the highest performance was Maxent 3.4, according to AUC and partial ROC. On the other hand, distance algorithm, the highest performance according to AUC was ENFA and according to partial ROC was Environmental distance (Table 3).

Table 3. Performance of individual and ensemble models in predicting HBI using data from 2005-2016 in Northern Mexico.

Type of algorithm	AUC value	Partial ROC
Artificial Intelligence		
MAXENT 3.4	0.98	1.75
GARP	0.94	1.52
Spatial probability ensemble	0.99	1.69
Distances		
ENFA- Minimal distances	0.97	1.66
ENFA- Harmonic mean	0.98	1.50
Environmental distances- Open Modeller	0.95	1.68
Spatial risk ensemble	0.98	1.64

In Zacatecas state the localities Jalpa, Tenancingo de Sánchez Román and Tepechitlan, as well as terrestrial priority region of "Cinco manantiales" in Coahuila, coincided in medium and high levels in both ensemble models, and matching field validation.

Table 4. Predicted area in each quartile of two ensemble models.

Probability (km ²)		Risk (km ²)		Area of intersection between two ensembles (km ²)
No probability	794 348.27	No risk	663 123.94	728 035.33
Low probability	169 641.14	Low risk	338 523.62	168 882.48
Medium probability	207 038.34	Medium risk	174 862.98	32 175.36
High probability	27 732.19	High risk	22 249.40	5 482.79
Total (km ²)	1 198 759.94	Total (km ²)	1 198 759.94	934 575.96

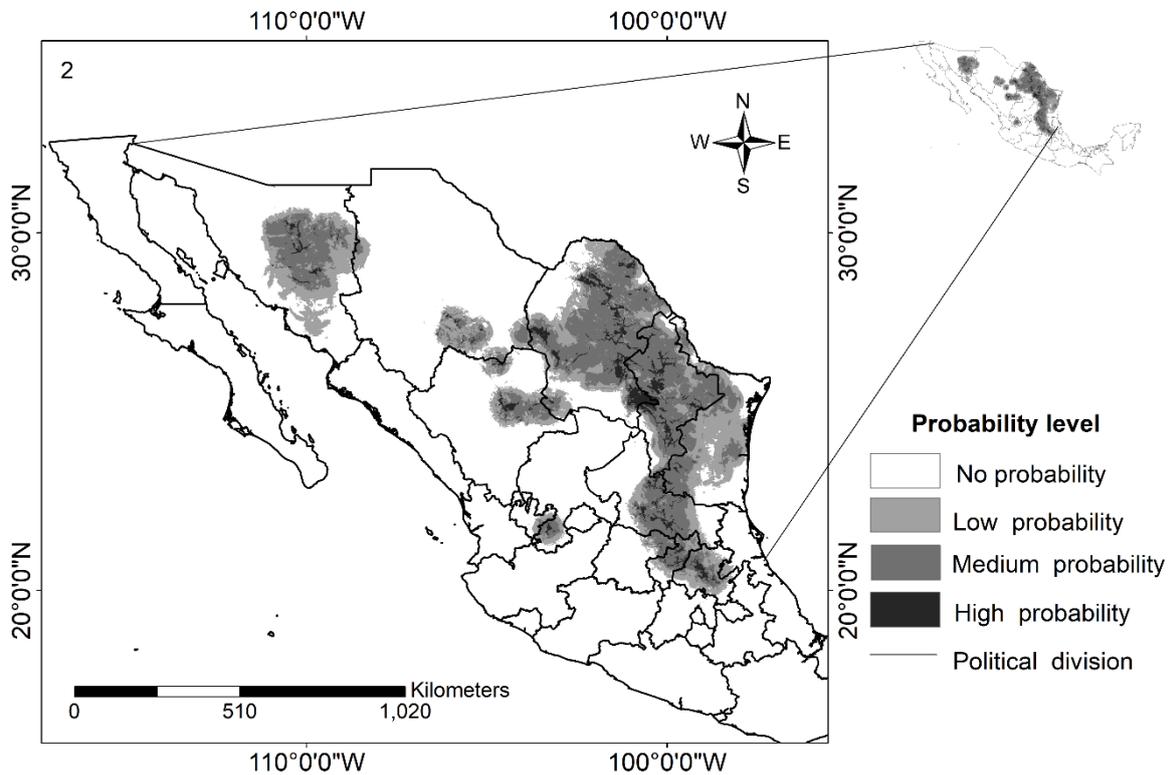


Fig. 2. HBI probability model

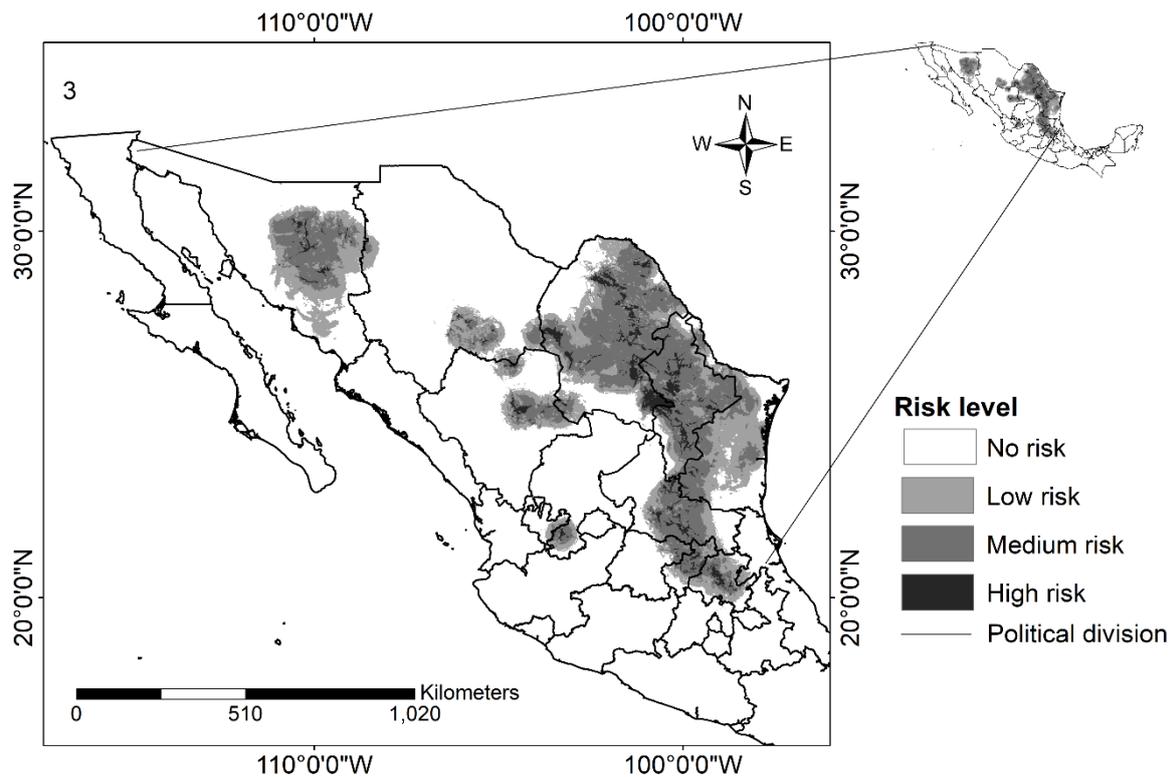


Fig.3 HBI risk model

Field validation

We verified the occurrences of HBI at 70 sites. We found the HBI with major frequency were roadkill 21.43% and houses, trash dumpsters and sightings by vehicles with 20% (Table 5). In the probability model, we obtained 53 of these records in the third and fourth quartiles, representing 75.71% of verified cases. Additionally, in the risk model we obtained 41 records in those same quartiles, representing 58.5%. Finally, HBI were more frequent during hyperphagia than pre-hyperphagia ($\chi^2 = 22.78$; degree free= 9, $p < 0.05$; Table 5. Fig.4 and 5),

Table 5. Frequency of each type of record in data used to generate the spatial predictions, those that were verified in the field, as well as during the periods of hyperphagia's and pre-hyperphagia's periods.

Type HBI	Records used in spatial predictions % (n)	Field verification records % (n)	Hyperphagia % (n)	Pre-hyperphagia % (n)
Roadkill	7.18 (22)	21.43 (12)	16.39 (40)	7.69 (6)
Parks or ecotourism sites	3.26 (10)	12.86 (7)	4.92 (12)	6.41 (5)
Houses, trash dumpsters and sightings by vehicles	24.83 (76)	20.00 (11)	22.95 (56)	26.92(21)
Farming production systems	13.39 (41)	12.86 (7)	13.52(33)	15.38(12)
Road-crossing sighting	0.32 (1)	1.43(1)	1.23 (3)	-
Predation of livestock	31.69 (97)	15.71 (8)	15.98(39)	34.62(27)
Damage to cultivated crops	14.37 (44)	8.57 (5)	16.39(40)	7.69 (6)
Damage to beekeeping	0.98 (3)	1.43 (1)	1.64 (4)	-
Hunted	3.26 (10)	4.29 (2)	5.74 (14)	1.28(1)
Bear attacks human	0.76 (2)	-	1.23 (3)	-
Total (n)	306	54	244	78

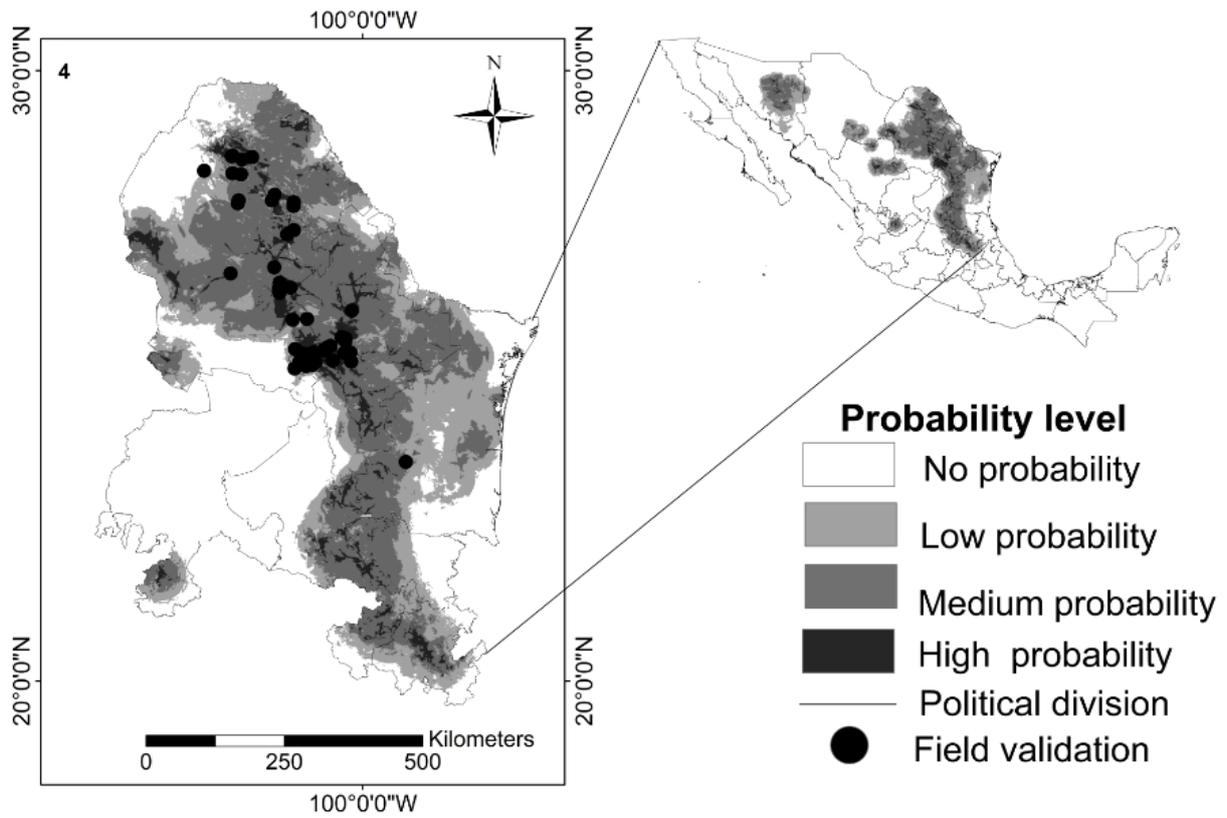


Fig. 4. Field validation to Probability model of HBI

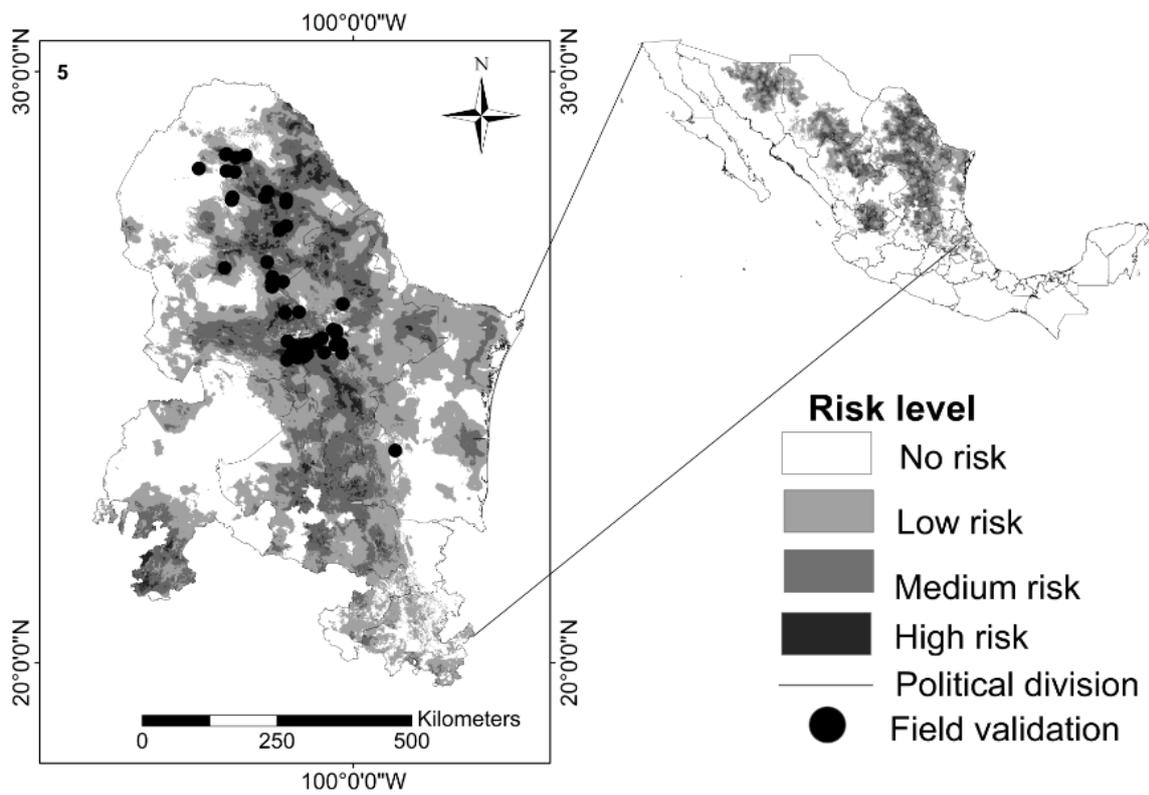


Fig. 5. Field validation to Risk model of HBI

Discussion

This is the first study in Mexico about human-black bear interactions in a current scenario where the habitat fragmentation results from anthropic actions such as: agricultural production systems, beekeeping, livestock, roads and urban expansion; this fragmentation is more obvious in the SMO which is essential part of the historical distribution of *U.americanus* (Monroy-Vilchis *et al.*, 2016). Most of HBI data in the present study was collected with the support of governmental institutions for more than 10 years, but only from Coahuila and Nuevo Leon states where conflicts with bears are managed. This two states are within the SMO, and are only a fraction of the 15 states with historical distribution of black bears in Mexico, as most states with reproductive populations of black bears do not manage conflict incidents and do not keep records of HBI, however, they appear to be on the rise in recent years and there are more than 10 complaints / year for all country as were reported by Spencer *et al.*, (2007).

According to our evaluations the spatial models had a high performance and Maxent identified the main environmental variables for the probability model: distance to the submontane scrub, described as deciduous vegetation by Mora-Olivo *et al.*, (2016) and human population density which McFadden-Hiller, Beyer & Belant (2016), also reported as the most important factor in determining the probability of HBI, associated with deciduous vegetation. The association of both variables has been reported in the city of Monterrey, Nuevo León, where edge vegetation in areas of higher population density (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2015) presents a high HBI prediction.

The risk and probability models showed the differences by type of algorithm, however, the average of the environmental characteristics does influence the probability, and allows us to understand why our risk and probability models had similar evaluations, although probability was the best (Table 3 and 4), even when the pattern of the two models were similar.

In addition, this model was more restrictive for the quartiles of non-probability and low probability with greater extensions versus no-risk and low risk (Table 3), which has already been considered for artificial intelligence models, when identifying limitations for prediction with the consensus method (Marmion *et al.*, 2009ab) by type of algorithm, also known as ensemble model (Rodríguez-Soto *et al.*, 2017); for its

ecological interpretation must consider abiotic, biotic and accessibility factors (Peterson, 2006), for example: geographical barriers, temporal dimension, and other interacting variables that are linked to the species (Lobo *et al.*, 2007; Peterson *et al.*, 2008; Behdarvand *et al.*, 2014).

Although there are recent studies that report geospatial data and predation risk for northern Mexico, they are local scale: Coahuila in "serrania del burro"; authors suggest that the increase of conflicts is determined by environmental characteristics, for example the free grazing livestock and also a seasonal tendency with higher frequencies from April to June (Doan-Crider, Tri & Hewitt, 2017). The free grazing is determined by the conditions of vegetation cover and grassland, which coincides as variable in the present study in the risk model, (environmental distances). In addition, the population density must be considered as determinant because it is in the first places of the total of the implemented variables, both for risk and for probability (Table 2) and that has been reported for the species in North America (Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Ditmer, Burk & Garshelis, 2015). As for the values generated by marginality and tolerance, they are similar in the potential distribution (Monroy *et al.*, 2016) which leads us to conclude that the conditions for an HBI must also be specific and that the main variable is of anthropic origin, according to ENFA (Hirzel *et al.*, 2002).

In the case of black bear, we can identify as an interacting variable the ability of the black bear to cover its energy requirements by being an opportunistic omnivore (Peterson, 2006; Doan-Crider, Tri & Hewitt, 2017). However, it has been reported that bear foraging is determined by pre-hyperphagia and hyperphagia, and that HBI are conditioned to these physiological stages, since bears seek food in human settlements, as strategy of the least effort (Nelson *et al.*, 1983; Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Evans *et al.*, 2014) and it allows us under the unique characteristics of Mexico to make an approximation of the seasonality that the black bear has in this country for the seasonality in diet and predation, which before had only been approached on a small scale (Sierra- Corona *et al.*, 2005; Doan-Crider *et al.*, 2017) in comparison to this study that considered the entire distribution of the black bear.

Also in priority terrestrial region of Coahuila, (Fig. 2 and 3) "Cinco manantiales" was predicted to high risk and similarly for the probability, and matching in field validation, as we mentioned in our results, this region has a 47% of warm weather, higher than 18% annual rainfall between summer and winter. In addition, 45% of the region has

warm, and climate with a temperature of the hottest month above 22 °C and a very small portion of 8% has a semi-arid, temperate climate with cold months and little rainfall in summer, this according to CONABIO (2014), RTP-74. Thus, this description of environmental conditions is coincident with the biology of black bear, it represents different conditions like food resources which has qualified to be a species with a high degree of fluctuating synanthropy (Baruch-Mordo *et al.*, 2012; Johnson *et al.*, 2015). The region of the five springs also conforms by 69% by bushes, 26% in the agricultural and forest production pursuant to CONABIO , RTP-74, variables that we identified in table 2. In addition, in our type of HBI (Table 5), frequencies are coincident in variables agricultural production and farming production than for spatial prediction represent a 28.74% of HBI records; this had percentages high for the period of hyperphagia's with variables of farming with 47.53% this suggest that future studies should also consider small scale climatic variables according to HBI records. In the HBI records, we identify the sightings in houses, trash dumpsters and sightings by vehicles, which are anthropogenic sources of food with close values (Table 5) at 30% with urban infrastructure and damage to domestic animals as a similar study where 10 years of HBI were monitored (Wilton *et al.*, 2014). In addition, we found a high significance for frequency of HBI that is reported in the hyperphagia period (Table 5), as other authors reported in autumn and according to the hyperphagia period (McFadden-Hiller *et al.*, 2016).

Finally, we conclude that the anthropogenic variables: roads and agricultural production systems areas are associated sites with attractants for bears in the pre-hyperphagia period because they have a high frequency due to they are conditioned to the availability of what is their primary selection diet as fruits, which is associated with harvest periods in Mexico (Flores *et al.*, 2000; Sierra- Corona *et al.*, 2005; Marley *et al.*, 2017).

Thus our results suggest that HBI should be managed with the allocation of human and economic resources in conflictive areas, by seasonality according to the physiology of the species, and consider as a priority tool: spatial prediction, as in the USA and Canada, in order to contribute to actions of management and conservation of black bears and the reduction of HBI in northern Mexico (Merkle *et al.*, 2011; Porten *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2015; McFadden-Hiller *et al.*, 2016).

We can also open new research questions about the home range of habituated individuals in Mexico by mountain ranges, as well as a comparison in genetic

diversity and population density in conserved areas in contrast to areas that have a high rate of fragmentation in the vegetation cover. In addition to key actions in environmental education to prevent conflicts and bears habituated to humans (Marley *et al.*, 2017) this to consider that some of our records of HBI were roaming individuals in the states of Hidalgo, Sonora and Durango but also allow us to show the wide distribution of black bear and therefore the sites conducive to HBI events.

Acknowledgements

Data on HBI was provided by *Secretaría de Medio Ambiente (SEMA)*, Coahuila State Government, and *Parques y Vida Silvestre de Nuevo León* (Nuevo León State Government) and engineer and headman of SEMA-Coahuila: Jorge Guerrero. This research was possible thanks to the support of the National Council for Science and Technology. Also we thank Diana L. Doan-Crider for your advice and we thank the anonymous reviewer who strengthened the manuscript.

References

- Aguirre-Gutiérrez, J., Carvalheiro, L. G., Polce, C., van Loon, E. E., Raes, N., Reemer, M., & Biesmeijer, J. C. (2013). Fit-for-purpose: species distribution model performance depends on evaluation criteria—Dutch hoverflies as a case study. *PLoS ONE*, **8**, e63708.
- Alanís-Rodríguez E., Jiménez-Pérez J., Mora-Olivo A., Martínez-Ávalos J.G., Mata-Balderas J.M., Collantes Chávez-Costa A., & Rubio-Camacho E.A. (2015). Estructura y diversidad del matorral submontanos contiguo al área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México, *Acta Botánica Mexicana* **113**, 1-19.
- Araújo, M. B., Whittaker, R. J., Ladle, R. J., & Erhard, M. (2005). Reducing uncertainty in projections of extinction risk from climate change. *Global ecology and Biogeography*, **14**, 529-538.
- Baldwin R. A., & Bender L. C. (2008). Den-Site Characteristics of Black Bears in Rocky Mountain National Park, Colorado, *Journal Wildlife Management*, **72**, 1717-1724.
- Baruch-Mordo, S. (2012). Black bear ecology and human-bear interactions in an urban system (Doctoral dissertation, Colorado State University).
- Beckmann J. P., & Berger J. (2003). Rapid ecological and behavioural changes in carnivores: the responses of black bears (*Ursus americanus*) to altered food, *Journal of Zoology, Lond.* **261**, 207–212.
- Behdarvand N., Kaboli M., Ahmadi M., Nourani E., Mahini A. S., & Aghbolaghi M. S. (2014). Spatial risk model and mitigation implications for wolf–human conflict in a highly modified agroecosystem in western Iran, *Biological Conservation*, **177**, 156–164.
- Beverly-McKinley. K., Belant J. L., Etter D.R. (2014) American black bear–apiary conflicts in Michigan. *Human–Wildlife Interactions*, **8**, 228–234.
- Boonman-Berson S., Turnhout E, Carolan M (2016) Common sensing: Human-black bear cohabitation practices in Colorado, *Geoforum*, **74**, 192-201.
- Clark Labs (2012). Idrisi 17: The Selva edition. Clark Photo Labs, Worcester, MA, USA.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1997). Provincias Biogeográficas de México. Scale 1:4 000 000, México.

Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s/a) ubicación, A Cinco Manantiales RTP 74.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), (2015). Tasa de crecimiento promedio anual de la producción de miel por municipio, 2007 a 2013, escala: 1:250000. CONABIO. México.

Cruz-Cárdenas G., López-Mata L., Villaseñor J.L., & Ortiz E.E. (2014). Potential species distribution modelling and the use of principal component analysis as predictor variables, *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**, 189-199.

De Souza Muñoz M. E., De Giovanni R. Ferreira de Siqueira M., Sutton T., Brewer P., & Scachetti Pereira R. (2011). OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. *Geoinformatica*, **15**, 111-135.

Ditmer M. A., Burk T. E., & Garshelis D.L., (2015) Do innate food preferences and learning affect crop raiding by American black bears? *Ursus*, **26**, 40-52.

Doan-Crider D. L., Tri A. N, & Hewitt D. W (2017). Woody cover and proximity to water increase American black bear depredation on cattle in Coahuila, Mexico. *Ursus* **28**, 208–217.

Elith J., Graham C.H., Anderson R.P., Dudík M, Ferrier S., Guisan A., Hijmans R. J., Huettmann F., Leathwick J.R., Lehmann A., Li J., Lohmann L.G., Loiselle B.A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., McC. Overton J., A., Peterson T., Phillips S. J., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R.E, Soberón J., Williams S., Wisz M. S. & Zimmermann N.E., (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data, *Ecography* **29**, 129-151.

Elith J., Phillips S. J., Hastie T., Dudík M., Chee Y.E., & Yates C.J. (2011). A statistical explanation of Maxent for ecologists. *Diversity and Distributions* **17**, 43–57.

Erfanian B., Mirkarimi S.H, Mahini A.S., & Rezaei H. R. (2013). A presence-only habitat suitability model for Persian leopard *Panthera pardus saxicolor* in Golestan National Park, Iran, *Wildlife Biology*, **19**,170-178.

Evans, M. J., Hawley, J. E., Rego, P. W., & Rittenhouse, T. A. (2014). Exurban land use facilitates human-black bear conflicts. *The Journal of Wildlife Management*, **78**, 1477-1485.

Falcucci A., Ciucci P., Maiorano L., Gentile L., & Boitani L. (2009). Assessing habitat quality for conservation using an integrated occurrence-mortality model, *Journal of Applied Ecology* **46**, 600–609.

- Flores, M. L., & Sánchez, J. R. G. (2000). Investigación fisiotécnica de maíz de temporal en la región alta del norte de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, **23**, 195-209.
- Giovanelli, J. G., de Siqueira, M. F., Haddad, C. F., & Alexandrino, J. (2010). Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: How the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. *Ecological Modelling*, **221**, 215-224.
- Guisan A., & Zimmermann N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology, *Ecological Modelling* **135**, 147–186.
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, **8**, 993-1009.
- Herrero, S. (1972). Aspects of evolution and adaptation in American black bears (*Ursus americanus* Pallas) and brown and grizzly bears (*U. arctos* Linne.) of North America. *Bears: Their biology and management*, 221-231.
- Hirzel A. H., Hausser J., Chessel D., & Perrin N. (2002) Ecological-Niche Factor Analysis: How to compute Habitat-suitability maps without absence data?, *Ecology*, **83**, 2027–2036.
- Hirzel, A.H. (2008). Biomapper 40 Version 406370. <http://www.unil.ch/biomapper>.
- INEGI National Institute for Statistics and Geography. (2009). Estados Unidos Mexicanos. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Aguascalientes. México.
- INEGI, National Institute for Statistics and Geography. (2013). Conjunto nacional de uso de suelo y vegetación a escala 1:250000 Serie V; DGG-INEGI: México.
- INEGI, National Institute for Statistics and Geography. (2015). My INEGI-Map online, Version 6.3 <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/>
- INEGI, National Institute for Statistics and Geography. (2016). http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/vectoriales_carreteras.aspx
- Jeong, S. J., HO, C. H., GIM, H. J., & Brown, M. E. (2011). Phenology shifts at start vs. end of growing season in temperate vegetation over the Northern Hemisphere for the period 1982–2008. *Global Change Biology*, **17**, 2385-2399.
- Juárez- Casillas L.A., & Varas C. (2013a). Evaluación de la dieta del oso negro (*Ursus americanus*) y las consecuencias en su conservación en la Sierra de Picachos, Nuevo León, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad* **84**, 970-976.

- Juárez- Casillas L.A., & Varas C. (2013b). Revisión bibliográfica actualizada del oso negro en México. *THERYA*, **4**, 447-465.
- Johnson H. E., Breck S. W., Baruch-Mordo S., Lewis D.L., Lackey C.W., Wilson K.R., Broderick J., Mao J.S., & Beckmann J.P. (2015). Shifting perceptions of risk and reward: Dynamic selection for human development by black bears in the western United States. *Biological Conservation*, **187**, 164-172.
- Larivière S. (2001). *Ursus americanus*, American Society of Mammalogists, *Mammalian Species* **647**, 1–11.
- LeCount, A. L. (1980). Some aspects of black bear ecology in the Arizona chaparral. *Bears: Their Biology and Management*, 175-179.
- Leopold, A. S. (1959). *Wildlife of Mexico: the game birds and mammals*. Univ of California Press.
- Lewis, D.L., Baruch-Mordo, S., Wilson, K.R., Breck, S.W., Mao, J.S., Broderick, J., (2015) Foraging ecology of black bears in urban environments: guidance for human bear conflict mitigation. *Ecosphere*, **6**, 1–18.
- Lobo J. M., Jiménez-Valverde A., & Real R. (2007). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models, *Global Ecology and Biogeography*, **17**, 145-151.
- Marley, J., Hyde, A., Salkeld, J. H., Prima, M. C., Parrott, L., Senger, S. E., & Tyson, R. C. (2017). Does human education reduce conflicts between humans and bears? An agent-based modelling approach. *Ecological Modelling*, **343**, 15-24.
- Marmion, M., Hjort, J., Thuiller, W., & Luoto, M. (2009a). Statistical consensus methods for improving predictive geomorphology maps. *Comput. Geosci.* **35**, 615-625.
- Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R.K., & Thuiller, W. (2009b). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Divers. Distrib.* **5**, 59-69.
- Mateo-Tomás, P., Olea, P. P., Sánchez-Barbudo, I. S., & Mateo, R. (2012). Alleviating human–wildlife conflicts: identifying the causes and mapping the risk of illegal poisoning of wild fauna. *Journal of Applied Ecology*. **49**, 376-385.
- McFadden-Hiller J.E, Beyer D.E, Jr., & Belant J.L. (2016). Spatial Distribution of Black Bear Incident Reports in Michigan. *PLoS ONE*. **11**, e0154474.

- Merkle J, Krausman P, Decesare N, & Jonkle J. (2011). Predicting spatial distribution of human-black bear interactions in urban areas, *Journal of Wildlife Management*. **75**, 1121-1127.
- Monroy-Vilchis O, Castillo-Huitrón N. M, Zarco-González M.M., & Rodríguez-Soto C. (2016). Potential distribution of *Ursus americanus* in Mexico and its persistence: Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*. **29**, 62-68.
- Mora-Olivo A., Alanís-Rodríguez E., Marroquín-Castillo J. J., Sarmiento-Muñoz T.I., Martínez-Ávalos J.P., Garza-Ocañas F., & Torres-Castillo J.A. (2016). Structure and diversity of a submontane scrub community in Tamaulipas, Mexico, *Interciencia*. **41**, 769-773.
- Nelson, R. A., Folk Jr, G. E., Pfeiffer, E. W., Craighead, J. J., Jonkel, C. J., & Steiger, D. L. (1983). Behavior, biochemistry, and hibernation in black, grizzly, and polar bears. *Bears: Their Biology and Management*. **5**, 284-290.
- Osorio-Olvera L., Barve V., Barve N., & Soberón, J. (2016). Niche ToolBox: From getting biodiversity data to evaluating species distribution models in a friendly GUI environment. <https://github.com/luismurao/nichetoolbox>. R package version 0.1.6.0.
- Pearce, J. L., & Boyce, M. S. (2006). Modelling distribution and abundance with presence-only data. *Journal of applied ecology*. **43**, 405-412.
- Peterson, A. T. (2006). Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models, *Biodiversity Informatics*. **3**, 59-72
- Peterson A.T., Papes M., & Soberón J. (2008). Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling, *Ecological modelling*. **213**, 63–72.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*. **40**, 887–893.
- Porten M.W.V., Cooper A. B., Bickerton N.A., & Salomon A. K. (2014). Quantifying the Spatial Ecology of Human-Bear Conflict in a Wildland-Urban Landscape *Canadian Wildlife Biology and Management* **3**, 69-80
- R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rice, M. B., Ballard, W. B., Fish, E. B., McIntyre, N. E., & Holdermann, D. (2009). Habitat-distribution modeling of a recolonizing black bear, *Ursus americanus*,

- population in the Trans-Pecos region of Texas. *The Canadian Field-Naturalist*, **123**, 246-254.
- Rodríguez-Soto C., Velazquez A., Monroy-Vilchis O., Lemes P., & Loyola R. (2017). Joint ecological, geographical and cultural approach to identify territories of opportunity for large vertebrates conservation in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. **26**, 1899-1918.
- Rojas-Martínez A. E., & Juárez-Casillas L. A. (2013). First record of american black bear (*Ursus americanus*) from Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **84**, 1018-1021
- Rood E., Ganie A.A., & Nijman V. (2010). Using presence-only modelling to predict Asian elephant habitat use in a tropical forest landscape: implications for conservation, *Diversity and Distributions*. **16**, 975–984
- Scheick B. K., & McCown W. (2014). Geographic distribution of American black bears in North America *Ursus*. **25**, 24–33
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT: 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. Diario Oficial de la Federación, 10 Diciembre 2010, México.
- Sierra-Corona, R., Sayago-Vazquez, I. A., Silva-Hurtado, M. C., & Lopez-Gonzalez, C. A. (2005). Black bear abundance, habitat use, and food habits in the Sierra San Luis, Sonora, Mexico. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-36*.
- Soberón J., & Peterson A.T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*. **2**, 1-10
- Spencer, R. D., R. A. Beausoleil, and D. A. Martorello. (2007). How agencies respond to human-black bear conflicts: a survey of wildlife agencies in North America. *Ursus* **18**, 217–229.
- Stockwell, D., & Peters, D. (1999). The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.* **13**, 143-158.
- Sutton, T., de Giovanni, R., Ferreira, M. (2007). Introducing open modeller: a fundamental niche modelling framework. *OSGeo Journal*. **1**, 1-6.
- Trenberth, K. E. (1983). What are the seasons?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **64**, 1276-1282.

USGS, United States Geological Survey. (2007). Shuttle radar topography mission (SRTM) 3-arc second ARTM Format Documentation USGS/NASA. <http://www.edc.usgs.gov/products/elevation/srtm.html>.

Wilton, C. M., Puckett, E. E., Beringer, J., Gardner, B., Eggert, L. S., & Belant, J. L. (2014). Trap array configuration influences estimates and precision of black bear density and abundance. *PloS one*, **9**, e111257.

Zarco-González M.M., Monroy-Vilchis & O., Alaníz J. (2013). Spatial model of livestock predation by jaguar and puma in Mexico: conservation planning. *Biological Conservation*. **159**, 80–87.

Discusión general

Este es el primer estudio en México sobre las interacciones humano-oso la fragmentación del hábitat es resultado de acciones antrópicas; dicha fragmentación ya se ha reportado en la SMO para la distribución histórica del *U. americanus* (Monroy-Vilchis *et al.*, 2016). La mayoría de los registros de IHO en el presente estudio fueron obtenidos con el apoyo de instituciones gubernamentales para más de 10 años, pero solo el estado de Coahuila y Nuevo León cuenta con protocolos para atender las interacciones con osos. Estos dos estados se encuentran entre la SMO, y son solo una fracción de los 15 estados con distribución histórica de osos negros en México, donde la mayoría tiene poblaciones de osos negros y no se manejan incidentes de interacciones ni se lleva un registro estas. Sin embargo, parecen tener un incremento en años recientes donde hay más de 10 quejas por año por cada ciudad, como reporta Spencer *et al.*, (2007).

De acuerdo a nuestras evaluaciones, los modelos espaciales tuvieron un buen desempeño y Maxent identificó las principales variables para el modelo de probabilidad: distancia a matorral submontano, que se describió como vegetación decidua por Mora-Olivo *et al.*, (2016) y la densidad poblacional humana la cual McFadden-Hiller *et al.*, (2016) donde también reportaron como uno de los factores más importante para determinar la probabilidad de IHO, asociada con la vegetación decidua. La asociación de ambas variables ha sido reportada en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, donde cumple un borde de vegetación en áreas de mayor densidad poblacional (Alanis-Rodríguez *et al.*, 2015) presenta una alta predicción de IHO.

Los modelos de riesgo y probabilidad mostraron las diferencias por el tipo de algoritmo, sin embargo, el promedio de características ambientales presenta una influencia en la probabilidad y nos permite entender por qué nuestros modelos de riesgo y probabilidad tienen evaluaciones similares, aunque la probabilidad fue la mejor (Tabla 3 y 4), incluso cuando el patrón de los dos modelos fue el mismo.

Además, el modelo antes mencionado fue más restrictivo para los cuartiles de no-probabilidad y baja probabilidad con mayores extensiones en contra de los de no riesgo y bajo riesgo (Tabla 3), las cuales habían sido consideradas anteriormente para los modelos de inteligencia artificial, cuando se identificaron las limitaciones para la predicción con el método consenso. (Marmion *et al.*, 2009ab) por tipo de algoritmo, también conocido como modelo de ensamble (Rodríguez-Soto *et al.*,

2017); para su interpretación ecológica se deben considerar factores abióticos y bióticos (Peterson, 2006), por ejemplo: barreras geográficas, dimensión temporal, y otras variables que interactúan y estas ligadas a la especie. (Lobo *et al.*, 2007; Peterson *et al.*, 2006; Behdavad *et al.*, 2014).

Aunque hay estudios recientes que reportan datos geospaciales y riesgo de depredación para el norte de México, son a pequeña escala: Coahuila en la “Serranía del burro”; algunos autores sugieren que el incremento de los conflictos e interacciones, está determinado por las características, ambientales, por ejemplo el libre pastoreo de ganado y también las tendencias estacionales con una mayor frecuencia en los meses de Abril a Junio (Doan-Crider, Tri & Hewitt, 2017), lo cual corresponde con el último mes de hiperfagia, Junio y con la primavera, pre-hiperfagia, que es la época en la que las hembras salen con los oseznos en busca de alimento, luego del largo periodo gestacional. Además, el libre pastoreo está determinado por las condiciones de la cobertura vegetal y los pastizales, lo cual coincide con una variable en el presente estudio en el modelo de riesgo (distancias ambientales). En adicional a esto, la densidad poblacional debe ser considerada como determinante debido a que está en los primeros lugares de contribución en las variables implementadas, tanto para riesgo como para probabilidad (Tabla 2) y ha sido reportada para la especie en Norte America (Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Ditmer *et al.*, 2015).

En el caso de ENFA los valores obtenidos para la marginalidad y tolerancia, son similares en la distribución potencial (Monroy-Vilchis *et al.*, 2016) lo cual nos lleva a concluir que las condiciones para una IHO deben también ser específicas y que la variable principal es de origen antrópico, de acuerdo a ENFA (Hirzel *et al.*, 2002).

El oso negro posee la habilidad de cubrir sus necesidades energéticas al ser un omnívoro oportunista con el menor esfuerzo y podemos identificar tal característica como un factor de IHO (Peterson, 2006; Doan-Crider *et al.*, 2017). Sin embargo, ha sido reportado que el forrajeo del oso está determinado por el período de pre-hiperfagia e hiperfagia, y que las IHO están condicionadas a tales períodos fisiológicos, desde que los osos buscan alimentos en asentamientos humanos, como una estrategia del menor esfuerzo (Nelson *et al.*, 1983; Baruch-Mordo *et al.*, 2014; Evans *et al.*, 2014). Lo anterior nos permite, bajo características únicas de México, hacer una aproximación de la estacionalidad que el oso negro tiene en este país

para su dieta y casos de depredación, lo cual antes ya se había reportado a una pequeña escala (Sierra-Corona *et al.*, 2005; Doan-Crider *et al.*, 2017) en comparación a este estudio el cual considera la distribución completa del oso negro. En la región de Coahuila: “Cinco manantiales” (Fig. 2 y 3) tuvo una predicción alta en riesgo y de manera similar para probabilidad, confirmada en la validación de campo, como lo mencionamos en los resultados, esta región tiene un 47% de clima templado, con un 18% de lluvia anual entre verano e invierno. Además, 45% de la región tiene un clima con una temperatura arriba de los 22°C en el mes más caluroso y una pequeña porción semiárida del 8%, con temperaturas de clima frío y pocas lluvias en verano de acuerdo a CONABIO (2014), RTP-74. Por lo tanto, esta descripción de condiciones ambientales coincide con la biología del oso negro, lo que representa diferentes condiciones como fuentes de alimento, lo que califica a la especie como una con un alto grado de sinantropía fluctuante (Baruch-Mordo *et al.*, 2012; Johnson *et al.*, 2015). La región de “Cinco manantiales” también forma parte con 69% arbustos y 26% en actividad agrícola de acuerdo a CONABIO, RTP-74, variables que identificamos en los modelos. Además, en nuestro tipo de interacción (Tabla 5), las frecuencias coinciden más en las variables de producción agropecuaria que para la predicción espacial representó un 47.4% de los registros de IHO; esto tiene porcentajes altos para el periodo de hiperfagia con variables de ganadería de 15.98%, lo que sugiere que en futuros estudios se deban evaluar sólo variables agropecuarias a pequeña escala y por estacionalidad.

En los registros de IHO nosotros identificamos los avistamientos en casas, botes de basura, y avistamientos desde vehículos, los cuales son fuentes antropogénicas de alimento con valores cercanos (Tabla 5) a un 30% en infraestructura urbana y daños a animales domésticos como un estudio similar hace diez años de interacciones registradas (Wilton *et al.*, 2014). Además de ello, encontramos una alta significancia para la frecuencia de las IHO la cual es reportada en el periodo de hiperfagia (Tabla 5), así como otros autores reportan en otoño y de acuerdo al periodo de hiperfagia (McFadden-Hiller *et al.*, 2016).

Finalmente, nosotros explicamos que las variables antropogénicas: caminos, sistemas de producción agrícola, son sitios asociados con atrayentes para los osos en el periodo de pre-hiperfagia debido a que estos presentan una mayor frecuencia ya que están condicionados a la viabilidad de lo que en su dieta es prioritario como

lo son las frutas, lo que también está asociado con los periodos de cosecha en México. (Flores *et al.*, 2000; Sierra-Corona *et al.*, 2005; Marley *et al.*, 2017).

Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que las IHO deberían ser manejadas con la asignación de recursos económicos en las áreas de interacciones, por estacionalidad de acuerdo a la fisiología de la especie, y asimismo, considerar como una herramienta prioritaria: la predicción espacial, como en USA y Canadá ya se ha hecho; con el objetivo de contribuir a acciones de manejo y conservación de los osos negros y la reducción de interacciones con humanos en el norte de México (Merkle *et al.*, 2011; Porten *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2015; Mc Fadden-Hiller *et al.*, 2016).

Podemos de igual manera abrir nuevas preguntas de investigación acerca del rango de ámbito hogareño (distancia) de los individuos habituados en México, por áreas montañosas, así como una comparación de la diversidad genética y la densidad poblacional en las áreas de conservación en contraste con las áreas que presentan un alto grado de fragmentación en la cobertura vegetal. En suma, a acciones clave de educación ambiental para prevenir los conflictos y los osos habituados a humanos (Marley *et al.*, 2017), esto para considerar que algunos de nuestros registros de interacciones humano- oso, fueron de individuos errantes en estados como Hidalgo, Sonora y Durango, pero que también nos permite mostrar la amplia distribución del oso negro y, por lo tanto, los sitios que conducen a eventos de interacciones humano-osos.

Conclusión general

Este estudio ha generado información pionera sobre las IHO en México. En un escenario dónde la fragmentación del hábitat es consecuencia de las acciones antrópicas tales como: sistemas de producción agrícola, apicultura, ganado, carreteras y expansión urbana. Esta fragmentación es evidente en el Sierra Madre Oriental, que es parte de la distribución histórica de *U. americanus*. Tal conclusión, se estriba en la mayor incidencia de los registros de IHO obtenidos para la Sierra Madre Oriental frente a la Sierra Madre Occidental, esta última se ha descrito con áreas de bosque más amplias para un hábitat potencial de la especie. Además, refleja la falta de sistematización en los registros que tienen las instituciones ambientales en los estados colindantes con la Sierra Madre Occidental; esto a diferencia de estados de la Sierra Madre Oriental, como: Nuevo León y Coahuila, los cuales sí cuentan con protocolos de acción y de registro acerca de los IHO. Con base en lo anterior, se sugiere que los protocolos sean implementados a nivel nacional para los registros de IHO.

Las variables ambientales con mayor importancia, por los dos tipos de algoritmos implementados, fueron: matorral submontano, densidad poblacional, distancia a carreteras, libre pastoreo, matorrales y pendiente. Las cuales son relacionadas con acciones humanas y, por lo tanto, con la fragmentación. De manera particular la más importante para ambos tipos de algoritmo: el matorral submontado. Esta variable ya que ha reportado en la Sierra Madre Oriental, como límite para las áreas de asentamientos humanos con diferentes asociaciones de bosque que corresponderían al hábitat histórico reportado para la especie.

Así también, podemos concluir que la relación de las IHO con las variables ambientales y de origen antrópico que actúan como atractivos de osos a los asentamientos humanos, propiciando osos habituados a los humanos. Por otro lado, las IHO están condicionadas por la estacionalidad, bajo la fisiología de la especie. Esto también sugiere, que para futuros estudios se deben considerar variables climáticas frente a un escenario del cambio climático, ya que de manera consecuente se podría alterar la disponibilidad de recursos para cubrir las necesidades nutricionales en el período de la hiperfagia en este y otros úrsidos, comprometiendo la conservación de la especie, sumado a los factores aquí ya expuestos. Cabe mencionar, que se deben ampliar las acciones de educación ambiental para las áreas determinadas con riesgo y probabilidades de ocurrencia de

IHO, considerando la experiencia en Estados Unidos y Canadá que reportan a posteriori de la educación ambiental una reducción significativa de IHO.

Referencias bibliográficas Con fines de economía se acepta el listado de la bibliografía que no ha sido enlistada en los artículos pero que fue utilizada en la redacción del documento.

Aranda, M. (2012) Manual de rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México, México.

Bartke, A. (2004). Prolactin in the male: 25 years later. *Journal of andrology*, 25(5), 661-666.

Bull E.L., Torgersen TR., Wertz TL., (2001) The importance of vegetation, insects and neonate ungulates in black bear diet in northeastern Oregon. *Northwest Science*, 75 (3): 244-253.

Carrera-Treviño, R., Martínez-García, L. F., & Lira-Torres, I. (2015). Primer registro de oso negro *Ursus americanus* (Carnivora: Ursidae) en un Bosque Tropical Subperennifolio en la Reserva de la Biosfera" El Cielo", Tamaulipas, México. *Therya*, 6(3), 653-660.

Costello, C. M., Jones, D. E., Green-Hammond, K. A., Inman, R. M., Inman, K. H., Thompson, B. C., & Quigley, H. B. (2001). A study of black bear ecology in New Mexico with models for population dynamics and habitat suitability. *Final Report, Federal Aid in Wildlife Restoration Project W-131-R, New Mexico Department of Game and Fish, Santa Fe, New Mexico, USA.* Herrero, S., Higgins, A., Cardoza, J. E., Hajduk, L. I., & Smith, T. S. (2011). Fatal attacks by American black bear on people: 1900–2009. *The Journal of Wildlife Management*, 75(3), 596-603.

De la Maza-Benignos, M., N. Gonzalez-Hernandez, I. Banda-Villanueva y L. Vela-Valladares (Compiladores). (2014) Plan de acción para la conservación y recuperación de especies de fauna silvestre prioritaria en el estado de Chihuahua. Pronatura Noreste, A.C. y Gobierno del Estado de Chihuahua, México.

Delgadillo- Villalobos J.A., (2001) Tesis de Maestría, Ecología nutricional del Oso Negro en La Sierra Maderas del Carmen, Coahuila, México, Maestro en Ciencias, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad De Ciencias Forestales.

Delgadillo- Villalobos J. A., (2011) Técnicas de conservación y manejo de oso negro en México, DF, México 1ª. Ed. Temas sobre conservación de vertebrados silvestre en México- SEMARNAT.

Doan- Crider., D.L (1995). Population characteristics and home range dynamics of black bear in northern Coahuila. MSc-Thesis, Texas A&M University Kingsville. U.S.A

Doan-Crider, D. L., & Hellgren, E. C. (1996). Population characteristics and winter ecology of black bears in Coahuila, Mexico. *The Journal of wildlife management*, 398-407.

Doan- Crider., D & Hewitt (2005). El oso negro mexicano regresa de manera natural. CONABIO. Biodiversitas. México. 63, 1-5

Drewry, J. M., Van Manen, F. T., & Ruth, D. M. (2013). Density and genetic structure of black bears in coastal South Carolina. *The Journal of Wildlife Management*, 77(1), 153-164.

Franklin, J (2010) Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press.

Gore, M. L., Knuth, B. A., Curtis, P. D., & Shanahan, J. E. (2006). Education programs for reducing American black bear–human conflict: indicators of success? *Ursus*, 17(1), 75-80.

Herrero S., Higgins A., Cardoza J., Hajduk L., Smith Tom S., (2011) Fatal, 2011 Attacks by American Black Bear on People: 1900–2009, *The Journal of Wildlife Management*, 75,596–603.

Loaiza López, H. E. (2005). Caracterización de la dieta del oso negro (*Ursus americanus machetes*) en el noroeste de chihuahua (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Chihuahua).

López-González, C. A., & Díaz, N. L. (2010). Diagnóstico poblacional del oso negro (*Ursus americanus*) en las serranías de los estados de Sonora y Chihuahua y sus posibles afectaciones por el muro fronterizo. *Informe Final. Instituto Nacional de Ecología-Universidad Autónoma de Querétaro. México.*

McManus J.S., Dickman A.J., Macdonald D.W., (2013) Dead or alive? Comparing costs and benefits of lethal and non-lethal human–wildlife conflict mitigation on livestock farms. *4 Fauna & Flora International, Oryx, 49, 687 – 695.*

Moreno-Arzate, C. N. (2008). Ecología conductual del oso negro (*Ursus americanus*) en la Sierra Madre Occidental, Instituto de Ecología, Tesis de Maestría.

Oftedal, O. T., Alt, G. L., Widdowson, E. M., & Jakubasz, M. R. (1993). Nutrition and growth of suckling black bears (*Ursus americanus*) during their mothers' winter fast. *British Journal of Nutrition, 70(1), 59-79.*

Ortiz, A. (21012) Distribución y abundancia de Oso negro (*Ursus americanus eremicus*) EN LA SIERRA DE ZAPALINAME, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO.

Pallas, P. S. (1770). Spicilegia zoologica quibus novae imprimis et obscurae animalium species iconibus, descriptionibus atque commentariis illustrantur cura PS Pallas. Prostant Apud Gottl. August. Lange.

Peña-Mondragón, J. L., & Castillo, A. (2013). Depredación de ganado por jaguar y otros carnívoros en el noreste de México. *Therya, 4(3), 431-446.*

Rangel, T. F., & Loyola, R. D. (2012). Labeling ecological niche models. *Natureza & Conservação, 10(2), 119-126.*

Be

Rogers, L. L. (1977). Social relationships, movements, and population dynamics of black bears in west-central Idaho. In *International Conference on Bear Research and Management* 4, 181-190.

Salinas- Camarena M.A, (2015) Ecología del oso negro (*Ursus americanus*) en Noroeste del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Tesis de Maestría

Seger F.A., Servello R.A., Cross, Keisler D.H., (2013) Body mass and mast abundance influence foraging ecology of the American black bear (*Ursus americanus*) in Maine. *Canadian Journal of Zoology*, 91, 512–522

Svoboda N. J., Belant J.L., Beyer D.E., Duquette J. F., Stricker H.K., Albright C. A., (2011) American black bear predation of an adult white-tailed deer. *Ursus-International Association for Bear Research and Management*, 22(1):91–94.

Traveset, A., & Willson, M. F. (1997). Effect of birds and bears on seed germination of fleshy-fruited plants in temperate rainforests of southeast Alaska. *Oikos*, 89-95.

Verdugo Valenzuela, D. (2005). *Caracterización del hábitat de oso negro (Ursus americanus machetes) en la Sierra El Pajarito en Chihuahua, México* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Chihuahua).

Glosario- Opcional

Actividades agropecuarias: son actividades realizadas a partir de los insumos, mano de obra, tenencia de la tierra, técnicas y organización de actividades primarias para obtener un beneficio agrícola y pecuario

Algoritmo computacional: es un conjunto de reglas con diferentes principios matemáticos, con una serie de pasos finitos, a través de la programación computacional.

Catepsina: es un tipo de enzima que pertenece a la familia de proteasas, que pueden subdividirse de acuerdo con su estructura y el aminoácido del sitio activo en cisteína. Tienen múltiples funciones, como un papel en el procesamiento de hormonas y antígenos, la remodelación ósea y tisular, el factor de crecimiento y la activación de proenzimas y, más recientemente, en la respuesta inmune.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Hibernación: es un proceso fisiológico con una baja tasa metabólica, resultado de la evolución de algunas especies de vertebrados, bajo condiciones extremas con bajas temperaturas y nula ingesta energética. En la especie *U. americanus* es un período de 5 a 7 meses, sin ingesta de alimento ni bebida, no orina ni defeca. La tasa metabólica promedio se suprime en un 25% y la temperatura corporal se regula de 30° to 36°C, la frecuencia cardíaca se reduce de 55 latidos a 9 latidos por minuto profunda arritmia sinusal, así como una respiración por minuto.

Hiperfagia: estado fisiológico regulado por una alta ingesta de alimentos a corto plazo para generar una reserva energética previa al periodo donde los recursos alimenticios son menos abundantes, el invierno.

Modelos de nicho ecológico: abstracciones matemáticas hechas por algoritmos computacionales para lograr proyecciones geográficas/mapas de información ecológica sobre las especies.

Nicho: todo el espacio del hipervolumen n -dimensional en la ausencia de otras especies, bajo los principios Grinneliano y Eltoniano.

Probabilidad: Medida que se expresa numéricamente entre 0 y 1, que describe la posibilidad que ocurra un evento, bajo condiciones determinadas.

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

Riesgo: posibilidad que un evento ocurra con una consecuencia negativa, de acuerdo a un conjunto de condiciones específicas.

SEMARNAT: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Referencias de glosario

Brix K, Dunkhorst A, Mayer K, Jordans S. Cisteina catepsinas: hoja de ruta celular para diferentes funciones. *Biochimie* 2008; 90,194-207.

Franklin, J (2010) *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge University Press.

Jouve, P. (1988). Quelques reflexions sur la specificite ed l'identification des sistemas agraires. *Lescahiers de la recherche develeppement*. 20, 5-16.

Nelson, R. A. (1987, September). Black bears and polar bears-still metabolic marvels. In *Mayo Clinic Proceedings* 62, 850-853. Elsevier.

Pérez, J. I. J. (2006). *Manejo del ambiente y riesgos ambientales en la región Fresera del Estado de México*. Juan Carlos Martinez Coll.

Peterson, A. T. (2011). *Ecological niches and geographic distributions (MB-49)*. No. 49. Princeton University Press.