

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Doctorado en Ciencias Agropecuarias



TESIS

Densidad del jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) y su relación con la ganadería en las selvas secas del sur de Sinaloa, México.

**Que para obtener el grado de
Doctora en Ciencias Agropecuarias**

PRESENTA:

M. en E. B. Yamel Guadalupe Rubio Rocha

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Cuauhtémoc Chávez Tovar

Culiacán, Sinaloa, México. Diciembre de 2024

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **YAMEL GUADALUPE RUBIO ROCHA**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTORA

DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

CO-DIRECTOR



DR. JOSÉ CUAUHTÉMOC CHÁVEZ TOVAR

ASESOR

DR. MIGUEL ANGEL RODRÍGUEZ GAXIOLA

ASESORA

DRA. NOHEMÍ CASTRO DEL CAMPO

ASESOR

DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA

Culiacán, Sinaloa, México. Diciembre 2024



Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial
Compartir Igual, 4.0 Internacional



DEDICATORIA



Con todo mi cariño y alegría:

A la niñez y juventud sinaloense por su belleza y resiliencia,
A las personas y comunidades rurales de San Ignacio y Concordia,
A mis amados hijos María Fernanda, Mariana Valeria y Juan Carlos,
A mis nuevos amores, Mariana y Carlos Arturo, mis nietos,
Y especialmente a mi compañero de vida,
de sueños, de amor y de lucha, Carlos Ayala,
con la presencia de ellos... los jaguares, los yóokom en Sinaloa.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), por brindarme una de las oportunidades más enriquecedoras en mi vida profesional y humana: formarme en sus espacios con académicos extraordinarios, y amigos y compañeros entrañables. Estudiar en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ-UAS), una de las mejores de nuestro México, me llena de orgullo y he impulsado a seguir en el campo de la investigación y la búsqueda del bienestar humano, animal y ambiental. Lo logro hasta hoy no sería posible sin el apoyo de la Facultad de Biología de la UAS, mi segundo hogar, gracias a sus autoridades, colegas y alumnado por ello. La investigación se llevó con las becas otorgadas por Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) y UAS.

A mi Comité de Tesis, por su confianza y paciencia, quienes participaron de manera activa en el desarrollo de esta investigación, por su amabilidad y apoyo en la revisión de esta tesis y valiosas aportaciones: Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho, Dr. Cuauhtémoc Chávez Tovar, Dr. Miguel Ángel Rodríguez Gaxiola, Dra. Nohemí Castro del Campo y Dr. Jesús José Portillo Loera.

Mi gratitud especial para la Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho, por ser un gran apoyo académico y humano, quien como Coordinadora del Posgrado confió en mi propuesta de investigación, reconociendo los retos y las posibilidades, gracias Maestra. A la Dra. Teresa Velázquez Alcaraz por impulsarme para realizar el posgrado. Y al Dr. Cuauhtémoc Chávez Tovar por su confianza y apoyo en los trabajos de campo y de escritorio a lo largo de tantos años. A la Dra. Idalia Enríquez Verdugo por aliento y asesoría. Al personal académico y administrativo de la FMVZ-UAS, a quien fue su director el M.C. Jaime Eleazar Borbolla Ibarra y a Gabriela Juárez Cruz.

El agradecimiento mayor a mi familia por su amor manifiesto en la silente espera: a *mis hijas María Fernanda y Mariana Valeria*, a *mi hijo Juan Carlos* y a *mi esposo Carlos*; a *mis hermanos Silvia y Carlos* por su apoyo en todo momento. A quienes me impulsaron y retaron para estudiar y promover la conservación del jaguar en Sinaloa; Dr. Rodrigo Medellín Legorreta, Dr. Gerardo Ceballos González y Horacio Bárcenas. A mis ex-estudiantes hoy colegas, a los voluntarios que participaron desde la puesta de cámaras trampa hasta las acciones de conservación; mujeres y hombres jóvenes que con su entusiasmo y vitalidad por estudiar la fauna silvestre me apoyaron: Paulina Sánchez, Miguel Corrales, Arturo Benítez, Eber Barraza, Fermín Avilez †, Herminio Sicairos, Israel Moreno, Aurelia de la Parra, Rocío Osuna, Crucita Morales, Brayan Artigas, Daniel Alvarado, Fabiola Carvajal, Gerardo Espinoza, Chema Rentería, Denis Castro, Iván Beltrán, Sarahí Díaz y David Cossío. A nuestros guías y aliados Francisco Barraza, Don Rodrigo, Don Rafa†, Rudy Rodríguez, Jaime Rodríguez (Polín), Compadre Daniel, Ernesto Barraza, Don Ignacio Valenzuela y a Lupita y Arturo Espinoza. A los veterinarios Claudia Barraza y Juan Carlos Aispuro, por el inicio de una nueva aventura. Al Biól. Alfredo Sánchez por su amistad y su apoyo en los SIG. A las personas de las comunidades de San Ignacio y Concordia por la hospitalidad, amistad y compromiso en la lucha por conservación de nuestra naturaleza, especialmente de nuestro jaguar, el felino más grande de América. *A la vida...*

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN de literatura	1
1.1 Introducción	1
1.2 Revisión literaria.....	4
1.2.1. Distribución y abundancia poblacional de jaguar	4
1.2.2. Presencia de jaguar y su relación con la ganadería y las comunidades rurales.....	5
1.2.3. Estado de conservación del jaguar	7
CAPÍTULO 2. USO DE RECURSOS ALIMENTICIOS E INTERACCIÓN DEL JAGUAR (<i>Panthera onca</i>) CON LOS HUMANOS: REVISIÓN DE ALCANCE	17
RESUMEN.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUCCIÓN	20
MÉTODOS.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS	43
CAPITULO 3. IMPACTO DEL ATROPELLAMIENTO DE UNA CRÍA DE JAGUAR (<i>Panthera onca</i>) EN LAS REDES SOCIALES Y LAS COMUNIDADES DE SINALOA, MÉXICO	54

ABSTRACT.....	55
RESUMEN.....	55
INTRODUCTION	56
METHODS.....	57
RESULTS AND DISCUSSION	58
LITERATURE CITED	63
ANEXO.....	69
Artículo publicado.....	77
CAPITULO 4. FIRST RECORDS OF ROAD-KILLED MAMMALS IN THE STATE OF SINALOA, MÉXICO.....	77
ABSTRACT.....	78
RESUMEN.....	78
INTRODUCTION	79
METHODS.....	80
RESULTS AND DISCUSSION	81
LITERATURE CITED	85
CAPÍTULO 5.....	97
Densidad y conservación del jaguar (<i>Panthera onca</i>) y sus presas en las selvas secas del sur de Sinaloa, México	97
ABSTRACT.....	98
RESUMEN.....	99
INTRODUCCIÓN	101
MATERIALES Y MÉTODOS	103
RESULTADOS.....	108
DISCUSIÓN.....	112

CONCLUSIONES	122
LITERATURA CITADA.....	125
CAPITULO 6.....	148
EL JAGUAR Y SU RELACIÓN CON LAS COMUNIDADES RURALES Y LA GANADERÍA	148
INTRODUCCIÓN	148
MÉTODO	154
RESULTADOS Y DISCUSIONES	161
CONCLUSIONES	197
LITERATURA CITADA.....	199
CAPÍTULO 7. CONCLUSION GENERALES	214

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos socioeconómicos de las personas entrevistadas en las comunidades de los municipios de San Ignacio y Concordia, Sinaloa, México.....	162
Cuadro 2. Respuestas de las personas entrevistadas en las comunidades de Concordia y San Ignacio, Sinaloa.....	170
Cuadro 3. Fines zootécnicos de los ranchos ganaderos en las comunidades de San Ignacio y Concordia, Sinaloa.	179
Cuadro 4. Ranchos de las comunidades de San Ignacio y Concordia, Sinaloa y sus características de ubicación, producción y siniestros registrados.....	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica y tipos de vegetación de los municipios de San Ignacio y Concordia, Sinaloa, México.....	155
Figura 2. Conocimiento e interacción de los habitantes de los municipios de Concordia y San Ignacio, Sinaloa.....	164
Figura 3. Ítems con los porcentajes más altos (> 60%) para la categoría Acuerdo de las percepciones y actitudes de las personas residentes en las comunidades de los municipios de Concordia y San Ignacio, Sinaloa.	173
Figura 4. Comparación entre la frecuencia de ataques con respecto a la distancia entre los potreros y las comunidades.	188
Figura 5. Probabilidad de que ocurra el siniestro con relación a la distancia (Km) al rancho de bovinos.	188

RESUMEN

Densidad del jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) y su relación con la ganadería en las selvas secas del sur de Sinaloa, México

Yamel Guadalupe Rubio Rocha

El jaguar (*Panthera onca*) es el felino más grande de América, es identificado como una especie con alto valor ecológico y cultural. Es especie clave que mantiene el equilibrio de las cadenas tróficas en los ecosistemas y es un elemento de identidad para los pueblos ancestrales y contemporáneos de Latinoamérica. Sus poblaciones se encuentra en peligro de extinción principalmente por la cacería y la destrucción de hábitat, a ello se adiciona el atropellamiento como otro factor de riesgo que incide en las poblaciones locales de Sinaloa. El objetivo general de esta investigación fue estimar la densidad del jaguar en las selvas secas del sur de Sinaloa y analizar su relación con la ganadería y las comunidades. Se realizó una revisión de alcance para resumir y conocer sobre el uso de los recursos alimenticios del jaguar y su interacción con los humanos. Las fuentes de evidencia demostraron que los jaguares comúnmente consumieron de 15 a 28 diferentes especies de presas, sobresaliendo los cérvidos y en algunos casos el consumo de ganado. Las interacciones observadas con los humanos fueron contrastantes, ya que la percepción sobre el jaguar varió dependiendo del contexto sociocultural. Para la estimación de la densidad del jaguar y abundancia de sus presas, se utilizó la técnica del fototrampeo y la captura y recaptura fotográfica de individuos. Se analizaron las bases de datos de los censos poblacionales llevados a cabo entre los años 2010 a 2017 en las selvas secas de San Ignacio. Se logró identificar a 21 individuos, y la densidad con CAPTURE se estimó con dos modelos de distancias recorridos por los individuos, con MMDM la densidad se halló entre los 0.77 a 5.36 jaguares/100 km y con la $\frac{1}{2}$ MMDM entre 1.32 a 8.5 jaguares/100 km. Las estimaciones de densidad calculadas con modelos espacialmente registraron de 0.45 a 1.73 jaguares/100 km². El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el coati (*Nasua narica*), fueron las presas más abundantes entre las doce registradas. Para conocer las percepciones y actitudes de las personas y los ganaderos hacia el jaguar se diseñaron y aplicaron 128 entrevistas al azar en las comunidades rurales. Se analizaron seis ataques de jaguar al ganado, con los registros y las distancias de los sitios de ocurrencia se definió un modelo de regresión logística para estimar las probabilidades de riesgo de depredación, las distancias de ocurrencia oscilaron entre los 2 km y 12 km. El grado de conocimiento hacia el jaguar es favorable lo reconocen como hermoso (95%) y que su presencia es vital en el ecosistema (73%) y están dispuestos a mejorar prácticas ganaderas y productivas para promover el ecoturismo centrando al jaguar como símbolo biocultural y de orgullo comunitario.

Palabras clave: jaguar, densidad, presas, selvas secas, ganadería, percepciones, Sinaloa.

ABSTRACT

Density of the jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) and its relationship with livestock farming in the dry forests of southern Sinaloa, Mexico.

Yamel Guadalupe Rubio Rocha

The jaguar (*Panthera onca*) is the largest feline in America, it is identified as a species with high ecological and cultural value. It is a key species that maintains the balance of food chains in ecosystems and is an element of identity for the ancestral and contemporary peoples of Latin America. Their populations are in danger of extinction mainly due to hunting and habitat destruction, and roadkill is added as another risk factor that affects the local populations of Sinaloa. The general objective of this research was to estimate the density of the jaguar in the dry forests of southern Sinaloa and analyze its relationship with livestock and communities. A scoping review was conducted to summarize and learn about the jaguar's use of food resources and its interaction with humans. The sources of evidence demonstrated that jaguars commonly consumed 15 to 28 different prey species, especially deer and in some cases the consumption of livestock. The interactions observed with humans were contrasting, since the perception of the jaguar varied depending on the sociocultural context. To estimate the density of the jaguar and the abundance of its prey, the phototrapping technique and photographic capture and recapture of individuals were used. The databases of the population censuses carried out between 2010 and 2017 in the dry forests of San Ignacio were analyzed. It was possible to identify 21 individuals, and the density with CAPTURE was estimated with two models of distances traveled by the individuals, with MMDM the density was found between 0.77 to 5.36 jaguars/100 km and with $\frac{1}{2}$ MMDM between 1.32 to 8.5 jaguars/ 100 km². Spatially modeled density estimates ranged from 0.45 to 1.73 jaguars/100 km². The white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) and the coati (*Nasua narica*) were the most abundant prey among the twelve recorded. To know the perceptions and attitudes of people and ranchers towards the jaguar, 128 random interviews were designed and applied in rural communities. Six jaguar attacks on livestock were analyzed, with the records and distances of the occurrence sites, a logistic regression model was defined to estimate the probabilities of predation risk, the occurrence distances ranged between 2 km and 12 km. The degree of knowledge about the jaguar is favorable, they recognize it as beautiful (95%) and that its presence is vital in the ecosystem (73%) and they are willing to improve livestock and productive practices to promote ecotourism, focusing on the jaguar as a biocultural symbol and of community pride.

Keywords: jaguar, density, prey, dry forests, livestock, perceptions, Sinaloa.

CAPITULO 1.

INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Introducción

El desarrollo sustentable aspira a hacer compatible las actividades humanas con la conservación de la naturaleza, sin embargo, el constante aumento de la población humana demanda cada vez mayor cantidad de recursos naturales, esto implica la reducción y fragmentación de hábitats afectando a la vida silvestre cuyas poblaciones se ven obligadas a ocupar espacios reducidos y en coexistencia con las comunidades humanas, poniendo en riesgo su sobrevivencia al competir por espacios y alimento (Zimmerman *et al.*, 2005; Bonacic *et al.*, 2022). Entre los grupos más amenazados a nivel global por esta situación están los grandes felinos, especies que desempeñan un rol esencial en la estabilidad de los ecosistemas a través de efectos en las redes tróficas (Ripple *et al.* 2014).

El jaguar (*Panthera onca*) es el felino más grande que habita América, pero sus poblaciones se han reducido por diversos factores, principalmente por la cacería furtiva de ejemplares para trofeo, por las represalias que le aplican los ganaderos cuando atacan a sus hatos ganadero y por la expansión de las actividades agropecuarias en sus espacios vitales (Nowell y Jackson, 1996; Garrote, 2012; Hoogesteijn *et al.*, 2016; Medellín *et al.*, 2016). La muerte de individuos por atropellamiento en las carreteras es otro factor de riesgo que incide en las poblaciones locales (Srbek-Araujo *et al.* 2015; González-Gallina y Hidalgo-Mihart, 2018; Rubio *et al.*, 2022).

En México, el jaguar es una especie en peligro de extinción, habita el 40% de sus hábitats originales (DOF, 2010; Chávez y Ceballos, 2014; De la Torre *et al.*, 2018), su conservación es considerada como prioridad por el papel regulador que presta a los ecosistemas como especie clave (Terborgh *et al.* 2001; Miller y Rabinowitz, 2002; Martín. ez del Río *et al.* 2001; Ripple *et al.* 2014), y por su importancia cultural en Mesoamérica, al ser un elemento de identidad para los pueblos ancestrales y contemporáneos (Saunders, 2005, Olivier, 2016; Sugiyama, 2016).

Se han hecho análisis para conocer el estado poblacional del jaguar a escala continental, Jędrzejewski *et al.* (2018) estimaron 173.000 individuos, la mayoría concentrados en la cuenca del Amazonas; De la Torre *et al.* (2018) estimó 64,000 individuos en su área de distribución natural. A nivel nacional Ceballos *et al.*, (2021), estimaron en 4,800 jaguares para la población en México y su mayor concentración se registra en la península de Yucatán con alrededor de 2,000 jaguares. A escala regional se han registrado densidades que oscilan entre los 1.7 a 4.6 individuos dependiendo de las condiciones ambientales. Para Sinaloa, Coronel *et al.* (2017) estimaron la densidad del jaguar en 1.6 jaguares por cada 100 km² dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla (APFFMC).

La distribución y abundancia del jaguar es afectada por diversos factores de presión, el ataque y muerte de individuos por venganza de los ganaderos es el que emerge de manera preocupante, ellos justifican su matanza porque el jaguar depreda su ganado y afecta a sus intereses. Zarco *et al.* (2013), analizó en México la incidencia de ataques de jaguar al ganado y generó interesantes modelos de riesgo de depredación, encontró que las variables relacionadas con el riesgo de depredación por el jaguar fueron los porcentajes de la cobertura vegetal y de los animales de pastoreo libre. Sus hallazgos permiten delinear estrategias de mitigación a nivel nacional, pero insisten en llevar este tipo de investigación a nivel local, ya que cada territorio tiene su contexto, como es el caso de la península de Yucatán, donde Chávez y Zarza (2009) definieron patrones de distribución de la población de jaguar relacionados con los ataques ganaderos a lo largo de quince años y demostraron que el mayor riesgo de incidencia de conflicto esta relacionado con los sitios cercanos a los asentamientos humanos y a los cuerpos de agua.

En el estado de Sonora se han evaluado las interacciones negativas causadas por ataques de jaguar y de otros carnívoros silvestres en los hatos de ganado bovino, encontrando que la tasa de depredación (1.8%) es menor a la estimada por los ganaderos y las pérdidas mayores ocurrieron en la época de sequía (Rosas-Rosas *et al.*, 2008). En Sinaloa se han documentado la presencia del jaguar y algunas acciones de conservación (Coronel-Arellano *et al.*, 2017; Rubio *et al.*, 2016). Pero la relación

entre la ganadería y el jaguar, así como las percepciones hacia el jaguar no han sido materia de estudio en la región o por lo menos no han sido publicadas (Flores-Armillas, *et al.*, 2020). Por ello la pertinencia de esta investigación y de estudiar en campo la posible incidencia de conflictos y su contexto local. El objetivo general de esta investigación fue estimar la densidad del jaguar en las selvas secas del sur de Sinaloa y analizar su relación con la ganadería y las comunidades. Las hipótesis que delinearon esta investigación fueron concernientes a encontrar valores de densidad similares a las registradas en otras selvas secas; la depredación de ganado será menor en sitios donde existe un manejo ganadero adecuado y disponibilidad de hábitat y, las percepciones y actitudes de las personas hacia el jaguar serán más favorables en localidades con acciones de conservación.

Esta tesis integra ocho capítulos, el primero ofrece un panorama general sobre el estado poblacional y su relación con la ganadería y las comunidades. El Capítulo 2 contempla una revisión de alcance que resumen los hallazgos sobre el uso de recursos alimenticios del jaguar y su interacción con los humanos. El Capítulo 3 da conocer el impacto de las carreteras sobre el jaguar, documenta el primer registro de muerte de una cría por atropellamiento; y en seguimiento el Capítulo 4 documenta por primera vez en Sinaloa la mortalidad de mamíferos por atropellamiento en las carreteras de Sinaloa y resalta la necesidad de dirigir recursos para conservar al jaguar.

El Capítulo 5 estima la densidad del felino para las selvas secas en el sur de Sinaloa y registra la presencia de 21 individuos a lo largo de siete años de monitoreo. El Capítulo 6 refiere a la primera investigación enfocada a conocer las percepciones y las actitudes de las personas hacia el jaguar en el contexto cultural y socioeconómico del sur de Sinaloa; y finalmente el Capítulo 7 que integra las conclusiones generales.

1.2 Revisión literaria

1.2.1. Distribución y abundancia poblacional de jaguar

El jaguar se encuentra en peligro de extinción, no obstante su amplia distribución geográfica y su capacidad para realizar grandes desplazamientos locales de más de 10 km en un día (De la Torre *et al.*, 2016). Se encuentra desde los bosques de manglares en la costa y selvas secas hasta los límites con los bosques de pino; sin embargo, su presencia y abundancia está en función del estado de conservación del hábitat, disponibilidad de presas, de individuos reproductivos y de las presiones que ejercen las actividades humanas (Chávez y Ceballos, 2014; Chávez *et al.*, 2016). El impacto de las actividades humanas reduce el hábitat de las especies, se crean fragmentos desconectados y en ellos las poblaciones marginales son las que tienen un mayor riesgo de desaparecer por su condición de aislamiento y número poblacional bajo, además de la pérdida de diversidad genética por endogamia o deriva genética (Silveria *et al.*, 2016). Las coberturas forestales conservadas y los corredores biológicos son clave para conservar individuos y poblaciones locales; estas últimos son regiones que permiten la conectividad entre dichas coberturas forestales y permiten el movimiento y el intercambio de individuos de flora y fauna silvestres dentro de los ecosistemas manteniendo los procesos ecológicos y evolutivos evitando el aislamiento de las poblaciones (Ceballos *et al.*, 2021).

Se ha documentado la necesidad de contar con grandes extensiones de hábitat conservado para sostener poblaciones viables de grandes vertebrados como el jaguar ($n = 50$ individuos) (Rodríguez-Soto *et al.*, 2011; Morato *et al.*, 2018; Zanin *et al.*, 2015). En la reserva ecológica de Montes Azules en Chiapas, se identificó un área de 2,389 km² albergando una población de jaguares con una densidad de 3 individuos/100 km² y un área de actividad de 80 km² por individuo (Chávez *et al.*, 2016; De la Torre *et al.*, 2016).

Sinaloa ha sido identificado como un corredor biológico de preocupación mayor por la falta de información demográfica de las poblaciones locales; en tanto, los estados de Sonora y Nayarit ha sido determinados como Unidades de Conservación del Jaguar de máxima prioridad (Rabinowitz y Zeller, 2010). En los últimos diez años se ha

generado conocimiento relativo a la distribución y abundancia del jaguar en este estado identificándolo como un sitio de prioridad para su conservación; los censos de jaguar realizados en México han estimado que la población de jaguar paso de 4,000 individuos en el año 2010 a 4,800 individuos para el 2012; y las densidades estimadas oscilaron entre los 2.8 y 3 individuos /100 km², respectivamente (Ceballos *et al.* 2021) Las zonas secas en el noroeste de México, presentaron las densidades menores con 1.05 ind/100 km² y las densidades mayores se identificaron en la península de Yucatán con 4.8 individuos/100 km² en Sonora (Chávez *et al.* 2016)

Evitar la extinción de jaguares implica mantener sus poblaciones locales y la conectividad de su área de distribución (Jedrzejewski *et al.*, 2018; A. Rabinowitz y Zeller, 2010), para ello es necesario reducir el impacto de las actividades humanas en sus hábitats y el conflicto humano-jaguar que amenaza su sobrevivencia ya que generalmente se le mata en represalia por los supuestos ataques al ganado (Altrichter, 2006; Inskip y Zimmerman, 2009). La generación de información sobre el jaguar a escala fina es importante para conocer la dinámica poblacional de la especie e identificar sitios prioritarios para su conservación y conectividad, y aquellos factores que amenacen la permanencia de sus poblaciones.

1.2.2. Presencia de jaguar y su relación con la ganadería y las comunidades rurales.

La población humana demanda cada vez mayor cantidad de recursos naturales lo que ha derivado en la reducción de las áreas de distribución de las especies, aislando a la biodiversidad en espacios pequeños para su conservación y forzando a la vida silvestre a sobrevivir cerca de las poblaciones humanas (Hoogesteijn, 2003; van Eeden *et al.*, 2018). Esto incrementa el traslape entre los espacios humanos y el hábitat de algunas especies silvestres y por ende el desarrollo de interacciones negativas. Por ejemplo, cuando las presas del jaguar escasean, como el venado (*Odocoileus virginianus*) y el pecarí (*Pecari tajacu*), se pueden presentarse eventos de depredación de ganado (vaca, chivos, burros, etc.) lo cual implicará riesgo para el jaguar al considerarlo el depredador del ganado (Silveira y Jácomo, 2002; Peña y Castillo, 2013, Castaños *et al.*, 2016).

En México la administración de Riesgos del Fondo Ganadero de la Confederación Nacional de Organismos Ganaderos (CNOG) reportó 712 avisos de siniestros atendidos durante el periodo 2019-2020; de los cuales 518 fueron indemnizados (www.fondocnog.com; www.fancampoyvida.com.mx/seguro). La evaluación de las relaciones entre las prácticas ganaderas, la presencia del jaguar, la abundancia de presas y la depredación de ganado a nivel local permite obtener información para generar modelos de riesgo y prevención como lo señalan Eeden *et al.* (2018), quienes analizaron 114 estudios sobre el tema encontrando que a nivel global los castigos a los depredadores naturales, como el jaguar, son una constante, pero no se tienen las evidencias campo que muestren el impacto real de los depredadores sobre la ganadería.

En Argentina la caza del jaguar por los ganaderos diezmo las poblaciones, pero en la actualidad ellos mismos han implementado diversas estrategias para la convivencia pacífica entre jaguar-ganado-humanos, como el pago por pérdidas y el manejo alternativo del ganado para evitar depredación (Perovic, 2002 y Paviolo, *et al.* 2016).

Hay casos en los que la coexistencia entre los jaguares y los humanos se ha construido; uno de ellos es en el noroeste de Belice donde el manejo apropiado a la vida silvestre generó resultados positivos para los jaguares y el mantenimiento de los hatos ganaderos al evitar la pérdida de vacas por el ataque de este y otros depredadores (Miller, 2002).

En México se han llevado a cabo investigaciones sobre la relación entre el jaguar y los humanos, identificando factores de conflictos y posibles soluciones (Saracho *et al.*, 2006; Rosas-Rosas *et al.*, 2008; Peña-Mondragón, *et al.* 2017). En el norte del territorio se impulsa el manejo alternativo y la compensación por ataque de depredadores naturales sobre el ganado (Peña y Castillo, 2013; Cassaigne *et al.*, 2016). En Sonora, los dueños del ganado mostraron la disposición para implementar medidas para bajar la incidencia de siniestros y recibieron compensaciones económicas para evitar la cacería de presas del jaguar (Rosas-Rosas y Váldez, 2010).

En el manejo alternativo se recomienda mantener juntas a las hembras que estén por parir para que cuando la cría nazca ésta se mantenga en resguardo y vigilada por los dueños; desplazar el ganado de más de tres años, dejando a los terneros en los potreros bajo un manejo semintensivo, y al cabo de tres años reincorporarlos al rebaño (WCS y JSM, 2020). El manejo de hasta 150 cabezas de ganado ha sido sujeto a prácticas de alternancia en agostaderos, cercado y separado del bosque con un perímetro de 50 m de pasto podado. Estas condiciones son las recomendaciones básicas para bajar la depredación (Quigley y Crawshaw, 1992), además contar con suficientes presas silvestres para que los jaguares no se vean forzados a atacar el ganado por hambre, y acortar los tiempos de engorda y venta del ganado (Perovic, 2002).

En Sinaloa la ganadería se desarrolla en forma intensiva y/o en encierro, y la forma extensiva o “de monte que es caracterizada por la migración estacional y altitudinal del ganado entre los pisos de la vegetación en los bosques. La depredación ocurre cuando los animales andan alejados de los potreros y sin la atención de los ganaderos (Peña y Castillo, 2013, Hoogesteijn *et al.*, 2016). Particularmente, en el municipio de San Ignacio se ha observado el paso de jaguares en ranchos y en los alrededores de poblados donde la ganadería es extensiva y hay presencia de presas, como el venados y el pecarí de collar.

1.2.3. Estado de conservación del jaguar

El jaguar es una especie en peligro de extinción y prioritaria para las políticas de conservación en México (SEMARNAT, 2009; DOF, 2010), su conservación es necesaria por el papel que presta el felino a los ecosistemas como especie clave (Miller y Rabinowitz, 2002) que regula las poblaciones de otras especies que potencialmente pueden convertirse en plagas y afectar el equilibrio del ecosistema. La relevancia cultural del jaguar, es un elemento de identidad de los pueblos antiguos, emblema de las culturas prehispánicas Olmeca, Azteca y Maya (Saunders, 2005, Sugiyama, 2016).

Las selvas secas constituyen uno de los hábitats más importantes para el jaguar. Sin embargo, a nivel global se encuentran entre los ecosistemas más amenazados por el

cambio de uso de suelo para desarrollar actividades agropecuarias y de infraestructura carretera e hidráulica (Janzen,1988; Mass *et. al.*, 2010). En Sinaloa, es el tipo de vegetación con la mayor extensión territorial, pero su tasa media anual de deforestación es alta (0.41%) y ha conducido a una reducción de la cobertura forestal de 126.50 km²/año (Monjardín *et al.*, 2017), limitando hábitats y recursos alimenticios para la población de jaguares.

Ante estos escenarios de limitación, los jaguares podrían estar utilizando los hatos ganaderos como reservorios de presas secundarias, en tanto los rancheros toman medidas extremas para evitar la pérdida de vacas. La matanza de jaguares se da con arma o cebos envenenados, es práctica común de los rancheros quienes sin discriminar entre los depredadores ejecutan individuos, elevando el riesgo para la conservación de las poblaciones locales (Khorozyan *et al.*, 2015; Palmeira *et al.*, 2025).

La depredación de animales domésticos ha propiciado que se perciba al jaguar como una amenaza, su cacería es una de las principales amenazas que se ciernen sobre las poblaciones locales de jaguares (Inskip y Zimmerman, 2009; Hoogesteijn *et al.*, 2016). Dentro de las percepciones negativas, el miedo o el temor a un ataque por parte de los jaguares suele desencadenar conductas agresivas hacia él (Campos *et al.*, 2011), relegando a segundo término las percepciones positivas asociadas al valor ecológico que tiene la especie y que facilitan la coexistencia y conservación del felino (Amit y Jacobson, 2017).

Históricamente en Sinaloa se han registrado la presencia de jaguares y eventos de depredación de ganado, así como acciones de castigo como la matanza de individuos como medida de control para evitar la depredación (Leopold, 1959; Navarro-Serment *et al.*, 2005). En la actualidad es frecuente escuchar entre los rancheros que el jaguar ataca al ganado y observar las actitudes de miedo o enojo que genera en ellos y otras personas. Es sabido que el acercamiento a personas y a comunidades permite identificar oportunidades basadas en el contexto local para la coexistencia entre el felino y las actividades productivas, y sugerir estrategias de conservación basadas en la valoración que dan al jaguar y al su entorno, y redundan en beneficios económicos para los ganaderos (Corral-Verdugo y Pinheiro, 2004; Castillo *et al.*, 2020; Roth, 2000).

Combinar la conservación del jaguar con las actividades productivas requiere de información generada a partir de la investigación científica en el contexto socioambiental y de la comunicación asertiva para propiciar cambios en las actitudes y acciones de las personas hacia el jaguar.

1.3 Conclusiones

El jaguar es el felino más grande del continente americano, bajo condiciones de riesgo habita casi nueve millones de hectáreas de bosques tropicales húmedos y secos; manglares e incluso se ha registrado en algunos ambientes templados.

En México son casi cinco mil jaguares los que habitan el territorio, esta estimación se fundamenta en información de campo y en los sistemas de información geográfica. La región noroeste integrada por Sinaloa y Sonora aportan a esta cifra 482 individuos, de los cuales 390 corresponden a selva seca y el resto a matorral sarcocaulé y encinares, la escala de conocimiento es gruesa, no se contemplan los jaguares con distribución potencial en la costa donde los bosque de mangle son hábitat potencial.

La distribución natural del jaguar se ha visto afectada por el crecimiento de los centros de poblados que reducen los nichos ecológicos del jaguar y otras especies, llevándolas al aislamiento en espacios pequeños para su preservación, incluso forzando a la fauna silvestre a sobrevivir cerca de las poblaciones humanas; acentuando el traslape entre los espacios invadidos por las personas y el hábitat de especies silvestres, emergiendo así los llamados conflictos entre la fauna y los humanos.

Los mayores factores de amenaza para el jaguar son la destrucción de sus hábitats, la escasez de sus presas naturales y matanza de individuos resultado de la cacería ilegal por trofeo o por represalias de los ganaderos ante la depredación de su ganado. El impacto de la infraestructura carretera sobre el jaguar emerge como una amenaza constante, se han registrado individuos muertos sobre las carreteras.

El jaguar es identificado por los productores pecuarios como el mayor depredador del ganado vacuno y representa riesgo para seguridad de los hatos ganaderos y la economía de los productores. Sin embargo, la evidencia científica ha demostrado que los ataques de jaguar son los menos frecuentes, y que otros depredadores silvestres y domésticos (perros ferales) son que atacan y generan pérdidas.

Las coexistencia entre la ganadería y los jaguares pueden propiciar interacciones negativas, como la matanza del jaguar por miedo o enojo, esto constituyen una de las principales amenazas que enfrentan las poblaciones del jaguar. Los estudios socioambientales sobre esta problemática son reducidos en México, y en Sinaloa no existen, es por ello la pertinencia de generar conocimiento local que pueda apoyar a la toma de desiciones y al diseño de estrategias de conservación del jaguar.

El jaguar es el felino más estudiados en América, se ha generado conocimiento y acciones de conservación en gran parte de su distribución, aún así sigue en peligro de extinción. En México esta protegido por las leyes y normas, y se reconoce como una especie emblemática y de gran importancia ecológica y cultural, esto ofrece oportunidades para promover la conservación de sus poblaciones y hábitats a lo largo del país.

Es de prioridad generar investigación a escala local que integre esfuerzos interdisciplinarios, componentes socioambientales y culturales que permitan ampliar la visión y comprensión sobre la necesidad de preservar al jaguar como especie clave que mantiene el equilibrio en los ecosistemas y proporciona servicios ambientales para el bienestar humano.

1.4 Bibliografía

- Altrichter M, Boaglio G, Perovic P. 2006. The decline of jaguars *Panthera onca* in the Argentine Chaco. *Oryx*. 40(3):302-309. doi: 10.1017/s0030605306000731.
- Amit, R. y S. Jacobson. 2017. Understanding rancher coexistence with jaguars and pumas: a typology for conservation practice. *Biodiversity and Conservation*. 26(6):1353-1374. doi: 10.1007/s10531-017-1304-1.
- Bonacic, C., S. ChinchçÇilla, C. Arévalo, H. Zarza, J. Pacheco y G. Ceballos. 2022. Hambre cero y conservación de la biodiversidad. Desafíos para la conservación de depredadores tope y la ganadería sostenible en Latinoamérica. En *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*. Núm. 2: 7-22. Universidad de los Andes.
- Campos N., M. F., D. Garrone N., y V. Haddad. 2011. Attacks by jaguars (*Panthera onca*) on humans in central Brazil: Report of three cases, with observation of a death. *Wilderness and Environmental Medicine* 22:130-135. doi: 10.1016/j.wem.2011.01.007.
- Castaño-Uribe, C., C. A. Lasso, R. Hoogesteijn, A. Díaz-Pulido y E. Payán (Editores). 2016. II. Conflictos entre felinos y humanos en América Latina. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D. C., Colombia. 489 pp.
- Castillo, A., A. Bullen-Aguiar, J. Peña-Mondragón, N. Gutiérrez-Serrano. 2020. The social component of social-ecological research: moving from the periphery to the center. *Ecology and Society* 25(1):6. <https://doi.org/10.5751/ES-11345-250106>
- Ceballos G, Zarza H, Gonzalez-Maya JF, de la Torre JA, Arias-Alzate A, Alcerreca C, et al. 2021. Beyond words: From jaguar population trends to conservation and public policy in Mexico. *PLoS One*. 16(10):e0255555. doi: 10.1371/journal.pone.0255555.
- Chávez, C., H. Zarza, J de la Torre, R. Medellín y G. Ceballos. 2016. Distribución y estado de conservación del jaguar en México. Pp. 47-92 in *El Jaguar en el siglo XXI. La perspectiva continental* (Medellín, R., et al., eds.). Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México.
- Chávez, C. y G. Ceballos. 2014. Jaguar. En *Mammals of Mexico*. Ceballos, G. (Ed.). Johns Hopkins University Press. Baltimore. 507-509 pp.
- Chávez C. y H. Zarza. 2009. Distribución potencial del hábitat del jaguar y áreas de conflicto humano-jaguar en la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología* (Nueva época). 13(1):46-62. doi: 10.22201/ie.20074484e.2009.13.1.35.
- Coronel-Arellano H., Lara-Díaz N. E. y López-González C. A. 2017. Abundancia y densidad de jaguar (*Panthera onca*) en el APFF Meseta de Cacaxtla, Sinaloa, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 33(1): 116-119. ISSN 0065-1737.

- De la Torre, A., J. Núñez y R. Medellín. 2016. Habitat availability and connectivity for jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Mayan Forest: Conservation priorities for a fragmented landscape. En *Biological Conservation*.
- De la Torre, A., J.F. González-Maya, G. Ceballos y R. A. Medellín. 2018. The jaguar's spots are darker than they appear: assessing the global conservation status of the jaguar *Panthera onca*. *Oryx* 52(2): 300-315
- De la Torre, J. A., y Medellín, R. A. 2011. Jaguars *Panthera onca* in the Greater Lacandona Ecosystem, Chiapas, Mexico: population estimates and future prospects. *Oryx* 45:546-553.
- DOF. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059-SEMARNAT-2010) Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial 30/12/2010
- Eeden, L. *et al.* 2018. Carnivore conservation need evidence based livestock protection. *PLoS Biol* 16(9): e2005577. DOI.org/10.1371/journal.pbio.2005577
- Flores-Armillas VH, Valenzuela-Galván D, Peña-Mondragón JL, López-Medellín X. 2019. Human-wildlife conflicts in Mexico: Review of status and perspectives. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 7(1). doi: 10.19136/era.a7n1.2274
- Garrote, G. 2012. Depredación del jaguar (*Panthera onca*) sobre el ganado en los llanos orientales de Colombia. *Mastozoología neotropical*, 19(1), 139-145. Recuperado en 24 de mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832012000100012&lng=es&tlng=es.
- González-Gallina, A. and M. Hidalgo-Mihart. 2018. A Review of Road-killed Felids in Mexico. *Therya*, 9:147.159.
- Hoogesteijn, A., C. López, R. Núñez, Octavio Rosas y J. Febles. 2016. El jaguar y las comunidades rurales: uso de densidad humana y bovina para identificar zonas de conflicto a nivel nacional en México. En Castaño-Uribe, C., C. A. Lasso, R. Hoogesteijn, A. Diaz-Pulido y E. Payán (Editores). II. Conflictos entre felinos y humanos en América Latina. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D. C., Colombia. 49-60 pp.
- Inskip C., y A. Zimmermann A. 2009. Human-felid conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx* 43:18-34. doi: 10.1017/S003060530899030X.
- Amit, R. y S. Jacobson. 2017. Understanding rancher coexistence with jaguars and pumas: a typology for conservation practice. *Biodiversity and Conservation*. 26(6):1353-1374. doi: 10.1007/s10531-017-1304-1.

- Janzen, D. H. (1988). Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Annals of the Missouri botanical garden*, 105-116.
- Jedrzejewski W, Robinson HS, Abarca M, Zeller KA, Velasquez G, Paemelaere EAD, et al. 2018. Estimating large carnivore populations at global scale based on spatial predictions of density and distribution - Application to the jaguar (*Panthera onca*). *PLoS One*. 13(3): e0194719. doi: 10.1371/journal.pone.0194719.
- Khorozyan I, Ghoddousi A, Soofi M, Waltert M. 2015. Big cats kill more livestock when wild prey reaches a minimum threshold. *Biological Conservation*. 192:268-275. doi: 10.1016/j.biocon.2015.09.031.
- Leopold, A. S. 1959. *Fauna silvestre de México*. Editorial Pax. México.
- Martínez del Rio, C. Dugelby, B., Foreman, D. Miller, B. Noss, R., & Phillips, M. (2001). The importance of large carnivores to healthy ecosystems. *Endangered species update*, 18, 202-218.
- Maass, M., A. Búrquez, I. Trejo, D. Valenzuela, M. González, M. Rodríguez y H. Arias. Amenazas. En *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México* (Ceballos, *et al.*, eds.). F.C.E. México. 321-348 pp.
- Medellín, R., J. A. de la Torre, H. Zarza, C. Chávez y G. Ceballos. 2016. El jaguar en el siglo XXI. La perspectiva continental. Ediciones Científicas Universitarias. UNAM-FCE. México. 543 pp.
- Miller B. and A. Rabinowitz. 2002. ¿Por qué conservar el jaguar? Pp. 303-316 en *El Jaguar en el Nuevo Milenio* (Medellín, R., *et al.* comps.). FCE-UNAM-WCS. México. 303-315 pp.
- Monjardín-Armenta, S.A., C. E. Pacheco-Angulo, W. Plata-Rocha, y G. Corrales-Barraza. 2017. Deforestation and its causal factors in Sinaloa, Mexico. *Madera y Bosques* 23:7-22.
- Morato RG, Connette GM, Stabach JA, De Paula RC, Ferraz KMPM, Kantek DLZ, et al. 2018. Resource selection in an apex predator and variation in response to local landscape characteristics. *Biological Conservation*. 228:233-240. doi: 10.1016/j.biocon.2018.10.022.
- Navarro-Serment, C. J., C. López-González y J. Gallo-Reynoso. 2005. Occurrence of jaguar (*Panthera onca*) in Sinaloa, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 102-106.
- Nowell, K., & Jackson, P. (1996). *Wild cats: status survey and conservation action plan* (Vol. 382): IUCN Gland, Switzerland.
- Olivier G. 2016. Dioses y Jaguares. En *Artes de México Jaguar* (121): 48-54.

- Palmeira FBL, Barrella W. 2007. Conflictos causados pela predação de rebanhos domésticos por grandes felinos em comunidades quilombolas na Mata Atlântica. *Biota Neotropica*. 7(1).
- Paviolo, A., *et al.* 2016. A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. *Scientific Reports* 6:1-16.
- Peña M. J. y A. Castillo. 2013. Depredación de ganado por jaguar y otros carnívoros en el noreste de México. En *THERYA* Vol. 4(3): 431-446. doi: 10.12933/therya-13-153
- Perovic P. G. 2002. Conservación del jaguar en el noroeste de Argentina. En *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Medellín, R., C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderon y A. Taber (Comps.). FCE-UNAM-WCS. 465-475 pp.
- Corral-Verdugo, V. y J. Q. Pinheiro. 2004.. Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 5, 1-26.
- Quigley, H.B. y P. G. Crawshaw Jr. 1992. A Conservation Plan for the Jaguar *Panthera onca* in the Pantanal Region of Brazil. *Biological Conservation*, 61:149-157.
- Rabinowitz A, Zeller KA. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation*. 143(4):939-945. doi: 10.1016/j.biocon.2010.01.002.
- Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., Ritchie, E. G., Hebblewhite, M., . . . Nelson, M. P. 2014. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167).
- Rodríguez-Soto, C., O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, Boitani, L., Faller J. C., Briones, M. A., Núñez, R. Rosas-Rosas, O., Ceballos, G. y Falcucci, A. 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: identification of priority areas for conservation. *Diversity and Distributions*. 17 (2): 350-361.
- Roth, E. 2000. Psicología ambiental: interfase entre conducta y naturaleza. *Universidad Católica Boliviana*, 8, 11.
- Rosas-Rosas, O. y R. Valdez. 2010. The role of landowners in jaguar conservation in Sonora, Mexico. *Conservation Biology*, 24(2), 366-371. doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01441.x.
- Rubio-Rocha, Y., *et al.* 2022. Impac of the roadkill of a jaguar cub (*Panthera onca*) on social networks and the inhabitants of Sinaloa, México. *Therya Notes*, 3, 92-97.
- Rubio Y., R. Medellín, H. Bárcenas, A. de la Parra, O. Moctezuma, C. López, E. Moreno y R. List. 2016. Región Noroeste: Sonora y Sinaloa. En Chávez C., H. Zarza, J. de la Torre, R. Medellín y G. Ceballos. Cap. II La distribución y el estado de Conservación del Jaguar en México. En *El Jaguar en el Siglo XXI, la perspectiva*

- continental. Medellín R., J. de la Torre, H. Zarza, C. Chávez y G. Ceballos (Coords.) Pp. 47-92
- Saracho E., A. Caso, M. Collington, C. Alcerreca, C. Miller, A. González, F. Guadarama, M. Oliveras, A. Rivera, F. Remolina y J. Vallejoz. 2006. Conflictos entre el jaguar y los humanos. En Memorias del Primer Simposio El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo. Chávez C. y Ceballos G. (Eds.). CONABIO-WWF-TELCEL-UNAM. Pp. 57-60.
- Saunders, N. 2005. El Jaguar en Mesoamérica. El Icono felino en México. En Arqueología Mexicana. Vol. XII No. 72:20-27.
- SEMARNAT. 2009. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Jaguar (*Panthera onca*). México.
- Silveira L. y A. T A. Jácomo. 2002. Conservación del jaguar en el centro del Cerrado de Brasil. En El Jaguar en el Nuevo Milenio. Medellín, R., C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderon y A. Taber (Comps.). FCE-UNAM-WCS. 437-450 pp.
- Srbek-Araujo AC, Mendes SL, Chiarello AG. 2015. Jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) roadkill in Brazilian Atlantic Forest and implications for species conservation. Brazilian Journal of Biology. 75(3):581-586. doi: 10.1590/1519-6984.17613.
- Sugiyama N. 2016. La noche y el día en Teotihuacan. En Artes de México Jaguar (121): 30-35.
- Terborgh, J., Lopez, L., Nuñez, P., Rao, M., Shahabuddin, G., Orihuela, G., . . . Balbas, L. 2001. Ecological Meltdown in Predator-Free Forest Fragments. Science, 294(5548), 1923-1926. doi:10.1126/science.1064397
- van Eeden LM, Eklund A, Miller JRB, Lopez-Bao JV, Chapron G, Cejtin MR, et al. 2018. Carnivore conservation needs evidence-based livestock protection. PLoS biology. 16(9): e2005577. doi: 10.1371/journal.pbio.2005577.
- WCS & JSM. 2020. Conviviendo con el Jaguar-Manual de buenas prácticas ganaderas para mejorar la convivencia con los jaguares en la Selva Maya. Wildlife Conservation Society – Guatemala y el Programa Jaguares de la Selva Maya (Bioconciencia y Natura y Ecosistemas Mexicanos). 55 pp.
- Zanin, M., F. Palomares y D. Brito. 2015. The jaguar's patches: Viability of jaguar populations in fragmented landscapes. Journal for Nature Conservation. 23:90-97. doi: The jaguar's patches: Viability of jaguar populations in fragmented landscapes.
- Zarco-Gonzalez MM, Monroy-Vilchis O, Alaniz J. 2013. Spatial model of livestock predation by jaguar and puma in Mexico: conservation planning. Biological Conservation. 159:80-87. doi: 10.1016/j.biocon.2012.11.007.

Consulta en red

<http://fondocnog.com/fondo-de-aseguramiento-cnog/logros-de-los-fondos-de-aseguramiento-de-la-cnog/>

consultado el 03 febrero 2019

https://www.fancampoyvida.com.mx/seguro.html#ataque_depredador

consultado el 29 de noviembre de 2024

CAPÍTULO 2. USO DE RECURSOS ALIMENTICIOS E INTERACCIÓN DEL JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) CON LOS HUMANOS: REVISIÓN DE ALCANCE

ARTÍCULO 1.

Jaguar (*Panthera onca*) food resource use and its interaction with humans: scoping review

Rubio-Rocha, Yamel G.¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2796-7348>

Gaxiola, Soila M.^{1,*}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5078-7636>

Chávez, Cuauhtémoc ²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2201-4748>

Ceballos, Gerardo ³

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8374-2656>

Bojorquez, Cristal ¹

Díaz, Díaz ^{4,*}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2302-1982>

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán Rosales 80246, Sinaloa, México.

² Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, Lerma de Villada 52005, Estado de México, México.

³ Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán 04510, Ciudad de México, México.

⁴ Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán 04510, Ciudad de México, México.

*Corresponding author: Email address: S.M.G: soilagaxiola@uas.edu.mx; DD. ddiaz@ciencias.unam.mx

RESUMEN

Se realizó una revisión de alcance para mapear, resumir y conocer la extensión de la evidencia sobre el uso de recursos alimenticios del jaguar (*Panthera onca*) y su interacción con los humanos. Se identificaron 105 estudios en bases de datos electrónicas; 57 analizaron el uso de recursos alimenticios del jaguar y 48 describieron su interacción con los humanos. Los estudios se publicaron en 51 revistas, principalmente en inglés de 1993-2021 en 14/19 países donde habita el jaguar. La evidencia demostró la variabilidad y el consumo de presas del jaguar; existen resultados contrastantes con respecto a la diversidad de presas consumidas, además se encontró que la frecuencia de depredación del ganado se relaciona con la abundancia y disponibilidad de la base de presas naturales y la distancia de los ranchos al hábitat del jaguar. La interacción del jaguar con el humano presentó un panorama interesante y contrastante, ya que la percepción sobre el jaguar varió dependiendo del contexto sociocultural y el lugar de estudio. Los resultados evidenciaron un efecto negativo de las actividades humanas sobre la distribución y densidad del felino y se presentó evidencia sobre cacería furtiva y ataques al humano, aunque la información fue insuficiente para determinar a profundidad las causas. Se requiere realizar más investigación y difusión sobre estas temáticas a nivel local en las regiones donde habita el jaguar, ya que son las zonas donde son necesarias la toma de decisiones y acciones para la conservación del jaguar en coexistencia con las personas, comunidades y la ganadería.

Palabras clave: Conservación; Depredadores; Ganado, Percepciones, Ecología espacial; Grandes felinos

ABSTRACT

A scoping review was conducted to map, summarize, and understand the extent of evidence on jaguar (*Panthera onca*) food resource use and its interaction with humans. A total of 105 studies were identified in electronic databases: 57 analyzed jaguar food resource use, and 48 described jaguar interactions with humans. The studies were published in 51 journals, mainly in English, from 1993–2021 in 14/19 countries where jaguars live. The evidence demonstrated the variability and prey consumption of the jaguar; there are contrasting results regarding the diversity of prey consumed. The frequency of livestock predation was found to be related to the abundance and availability of natural prey and the distance of ranches from the jaguar habitat. The interaction of the jaguar with humans presented an interesting and contrasting picture, since the perception of the jaguar varied depending on the sociocultural context and the study site. The results showed a negative effect of human activities on the distribution and density of the feline, and there was evidence of poaching and attacks on humans, although the information was insufficient to determine the causes in depth. More research and dissemination are needed on these issues at the local level in the regions where the jaguar lives, as these are the areas where decisions and actions are needed to conserve the jaguar in coexistence with communities and livestock.

Keywords: Conservation; Predators; Livestock; Perceptions; Spatial ecology; Large cats.

INTRODUCCIÓN

El jaguar (*Panthera onca*) es el felino más grande de América, habita 8.7 millones de hectáreas que corresponden al 46 % de su distribución original (Sanderson et al., 2002) y cuenta con una población estimada entre 30 mil y 170 mil individuos, (Medellín, Zarza, Chávez, & Ceballos, 2016) los cuales se distribuyen principalmente en la cuenca amazónica (Jedrzejewski et al., 2018). Diversos estudios han expuesto el grado de vulnerabilidad del jaguar ante la pérdida y fragmentación de su hábitat (Ceballos, Zarza, Chavez, & Gonzalez-Maya, 2016; J. Antonio de la Torre, Núñez, & Medellín, 2017; Jedrzejewski et al., 2017) lo cual ha repercutido en efectos negativos en su distribución, abundancia y diversidad genética (Eizirik et al., 2008) por lo tanto, la especie se ha catalogado como amenazada (Quigley et al., 2018) y su comercio está prohibido (Kitchener et al., 2017) incluso en algunos países como México, es una especie en peligro de extinción (Ceballos et al., 2016).

Evitar la extinción del jaguar no solamente implica mantener sus poblaciones locales y la conectividad de su área de distribución, (Jedrzejewski et al., 2018; A. Rabinowitz & Zeller, 2010) sino hacer compatible las actividades humanas con la conservación de su hábitat y de su base de presas naturales (Inskip & Zimmerman, 2009). La alteración de los bosques y selvas donde habita el jaguar se debe principalmente al cambio de uso de suelo, la transformación del paisaje y el incremento de la actividad humana (Chavez & Zarza, 2009). Dichos factores no solo han afectado negativamente el hábitat y la distribución del felino, sino que han generado un creciente conflicto humano-jaguar que amenaza su conservación (Inskip & Zimmerman, 2009). Además, la variabilidad poblacional de sus presas ligada a la disminución de las mismas debido a la cacería por parte del hombre (Altrichter, 2006), han incrementado el riesgo de depredación del ganado que regularmente termina con la matanza del jaguar en represalia por los supuestos ataques (Flores-Armillas, Valenzuela-Galván, Peña-Mondragón, & López-Medellín, 2019; van Eeden et al., 2018).

Entender los hábitos de alimentación y el consumo de presas por parte del jaguar es importante para plantear estrategias que eviten la disminución de la abundancia de las poblaciones de las presas y mitigar la depredación hacia el ganado (Alcerreca & Cassaigne, 2018; van Eeden et al., 2018). En este sentido, se ha generado

información abundante y diversa sobre los hábitos de alimentación y uso de presas del jaguar (Ávila-Nájera et al., 2019; Silver et al., 2004).

Por otra parte, debido a la interacción humano-jaguar es una de las principales amenazas que confrontan las poblaciones de jaguares (Inskip & Zimmerman, 2009), se requiere entender cuál es la percepción y perspectivas que tienen sobre el jaguar las personas que habitan en zonas cercanas a los felinos o que incluso son afectados por el jaguar. A pesar de que existen percepciones negativas influenciadas por el miedo que se genera por la depredación del ganado y los ataques fortuitos a personas (Hoogesteijn et al., 2016), también resaltan las percepciones positivas asociadas al valor ecológico que tiene la especie y que facilitan la coexistencia y conservación del felino (R. Amit & Valverde-Zúñiga, 2019). Derivado de la importancia que tiene el componente social en la investigación sobre el felino, en años recientes se ha estudiado de forma más intensa la interacción del jaguar con los humanos, lo cual ha resultado fundamental para conocer y evaluar las percepciones y actitudes de las personas hacia el jaguar. De esta forma se han aportado las bases para enfrentar la problemática de extinción de la especie y definir estrategias que permitan la coexistencia pacífica entre depredadores, las comunidades y su ganado (Castillo, Bullen-Aguilar, Peña-Mondragon, & Gutierrez-Serrano, 2020).

En la presente investigación se realizó una revisión de alcance para clasificar, resumir y difundir los resultados de las investigaciones que abordan el uso de recursos alimenticios por parte del jaguar y su interacción con el humano. Una revisión de alcance es un estudio secundario que representa una forma actual y novedosa para reunir, sintetizar y presentar volúmenes abundantes de estudios en un tema específico (Colquhoun et al., 2014). Las revisiones de alcance se basan en una metodología explícita que sigue un riguroso proceso sistemático para buscar, seleccionar y sintetizar las fuentes de evidencia más relevantes dentro de un campo de estudio (Arksey & O'Malley, 2005). Además, las revisiones de alcance permiten resumir hallazgos de un cuerpo de evidencia que es heterogéneo en sus métodos o enfoques (Tricco et al., 2018), por lo cual son una metodología adecuada para hacer recomendaciones basadas en evidencia a los actores involucrados en la toma de decisiones (Levac, Colquhoun, & O'Brien, 2010).

Los resultados de la presente investigación podrían ser útiles como una base para entender mejor la extensión de los estudios del jaguar dentro de ambos enfoques, ya que el resumen de la evidencia permitirá conocer la forma en la que se percibe al jaguar, así como las principales características de sus hábitos de alimentación y uso de su base de presas. El resumen de la evidencia en ambos enfoques es importante para comprender mejor la interacción jaguar-humano y establecer estrategias para reducir la cacería de las presas del jaguar y así potencialmente disminuir los ataques al ganado.

MÉTODOS

Protocolo y objetivos de investigación

La investigación se realizó siguiendo un protocolo que se desarrolló *a priori* de acuerdo con la declaración PRISMA-P (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis Protocol) publicada por Moher et al. (2015) y que se encuentra disponible a solicitud al autor de correspondencia. El estudio se reportó en cumplimiento con la extensión PRISMA-ScR para revisiones de alcance (Tricco et al., 2018).

Los objetivos de la revisión de alcance se plantearon de acuerdo con el marco metodológico propuesto por Arksey and O'Malley (2005). El objetivo del estudio consistió en resumir y difundir los hallazgos de investigación de las publicaciones que reportan el uso de recursos alimenticios por parte del jaguar y su interacción con el humano. Para cumplir el objetivo, primero se clasifica y mapea la investigación en los diferentes campos de estudio y después se describen de forma resumida los hallazgos de las investigaciones de acuerdo con áreas particulares de estudio para así generar un resumen de resultados para los tomadores de decisiones (Arksey & O'Malley, 2005).

Criterios de elegibilidad

Debido a la naturaleza de la investigación, para definir los criterios de inclusión se eligió el enfoque POS (Population, población; Outcomes, variables de estudio; Study, tipo de estudio) publicado por Liberati et al. (2009). En el **Cuadro 1** se resumen las definiciones de cada criterio. En breve, se consideraron investigaciones primarias y

secundarias disponibles en texto completo y publicadas en idioma Inglés, Portugués o Español de 1980 a diciembre de 2021 que incluyeron como tema principal o secundario al jaguar (*Panthera onca*) ya sea en vida libre, cautiverio o en estudios teóricos/modelación. Además, los estudios debieron incluir por lo menos una de las variables definidas: 1) interacción con humanos y 2) recursos alimenticios. En el presente estudio no se incluyó literatura gris (estudios no publicados) para asegurar un nivel de metodología homogéneo y comparable entre los estudios seleccionados (Van Driel, De Sutter, De Maeseneer, & Christiaens, 2009).

Fuentes de información

Para obtener las publicaciones se realizaron búsquedas en PubMed, Scopus, Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y ScienceDirect. Para ello, se definieron los términos de búsqueda a partir de búsquedas piloto en las cuales se evaluaron y seleccionaron los términos que arrojaron los mejores resultados a juzgar por el número de registros encontrados y su relevancia en el tema evaluado. En el **Cuadro 2** se presentan ejemplos representativos de los comandos de búsqueda para tres bases de datos electrónicas de acuerdo con los grupos de variables incluidos en el estudio.

Cuadro 1. Definición de los criterios de elegibilidad de acuerdo con el enfoque POS y comandos de búsqueda utilizados en las bases electrónicas.

Criterio	Definición	Términos de búsqueda
(P) Población	Estudios que incluyan de forma directa o indirecta a individuos de jaguar (<i>Panthera onca</i>) en ya sea en preservación (manejo en instalaciones creadas para ello) o conservación (vida libre en hábitat natural), así como cualquier aspecto relacionado	jaguar OR <i>Panthera onca</i> OR panther OR felidae OR neotropical mammals OR felids OR big cats OR big carnivores
(O) Variables*	Interacción con humanos: incluye estudios que reportan cacería de jaguares, ataques a humanos, depredación de animales domésticos (ganado principalmente), pérdida de hábitat y fragmentación debido a la agricultura o expansión de comunidades	human-jaguar OR poachers OR conflict OR perception OR attacks
	Recursos alimenticios: incluye estudios que describen la presencia y densidad de presas naturales del jaguar en el hábitat utilizado por los jaguares, así como los patrones de alimentación	diet OR feces OR prey OR depredation OR food availability OR foraging

ecology OR feeding OR hunt
OR peccary OR deer OR tapir

(S) Tipo de estudio de Se incluirán sólo estudios primarios y secundarios publicados como artículos de texto completo revisados por pares en idioma inglés, portugués o español. El período de publicación considerado fue de 1980 a diciembre de 2021

* Los estudios incluyeron al menos una de las variables definidas

Proceso de búsqueda

El proceso de búsqueda en las bases de datos electrónicas se realizó por un solo revisor del 22 de febrero al 05 de marzo de 2020 y después se actualizaron en diciembre de 2021. En todas las bases, las búsquedas se limitaron al título y resumen de los registros, además de que se utilizaron los filtros metodológicos disponibles en cada base. Además, con el objetivo de encontrar estudios adicionales que no se identificaron mediante el proceso de búsqueda, un segundo revisor realizó una búsqueda cruzada de las referencias de algunos artículos, con lo cual se agregaron 24 estudios adicionales que se incorporaron al proceso de selección. Una vez finalizado el proceso de búsqueda, los registros de los estudios encontrados se descargaron y se agregaron a una biblioteca de EndNote X9 (Clarivate, USA).

Cuadro 2. Ejemplos representativos de los comandos de búsqueda utilizados en las bases electrónicas.

Base	Comando de búsqueda
PubMed	<p>((jaguar[Title/Abstract] OR Panthera onca[Title/Abstract] OR panther[Title/Abstract] OR felidae[Title/Abstract] OR neotropical mammal[Title/Abstract] OR felids[Title/Abstract] OR big cats[Title/Abstract] OR big carnivores[Title/Abstract]) AND (diet[Title/Abstract] OR feces[Title/Abstract] OR prey[Title/Abstract] OR depredation[Title/Abstract] OR food availability [Title/Abstract] OR foraging ecology[Title/Abstract] OR feeding[Title/Abstract] hunt[Title/Abstract] OR peccary[Title/Abstract] OR deer[Title/Abstract] OR tapir[Title/Abstract]))</p> <p>((jaguar[Title/Abstract] OR Panthera onca[Title/Abstract] OR panther[Title/Abstract] OR felidae[Title/Abstract] OR neotropical mammals[Title/Abstract] OR felids[Title/Abstract] OR big cats[Title/Abstract] OR big carnivores[Title/Abstract]) AND (human-jaguar[Title/Abstract] OR Poachers[Title/Abstract] OR conflict[Title/Abstract] OR perception[Title/Abstract] OR attacks[Title/Abstract]))</p>

Scopus	TITLE-ABS-KEY (jaguar OR panthera AND onca OR panther R felidae OR neotropical AND mammals OR felids OR big AND cats OR big AND carnivores) AND (human-jaguar OR poachers OR conflict OR perception OR attacks)
	TITLE-ABS-KEY (jaguar OR Panthera AND onca OR panther OR felidae OR neotropical AND mammal OR felids OR big AND cats OR big AND carnivores) AND (diets OR feces OR prey OR depredation OR food AND availability OR foraging AND ecology OR feeding OR hunt Or deer OR tapir OR peccary)
BVS	(tw:((jaguar OR panthera onca OR felis onca OR panther OR felidae OR neotropical mammals OR felids OR big cats OR big carnivores))) AND (tw:(human-jaguar OR poachers OR conflict OR perception OR attacks))
	(tw:((jaguar OR panthera onca OR panther OR felidae OR neotropical mammals OR felids OR big cats OR big carnivores))) AND (tw:(hunt OR peccary OR deer OR tapir OR diet OR foraging ecology OR prey OR feeding OR food availability OR feces OR predation))

Selección de las fuentes de evidencia

Previo a la etapa de selección de estudios, se eliminaron los registros duplicados de la biblioteca, primero de forma automática y después de forma manual, revisando los registros para encontrar estudios repetidos. Para completar el proceso de selección de los estudios, en primer lugar se aplicaron los criterios de selección a los títulos y después a los resúmenes, con lo cual se eliminaron todos aquellos estudios no relacionados con nuestro tema. En segundo lugar, se obtuvieron los artículos en texto completo para realizar el proceso de elegibilidad, para lo cual se aplicó un formato de elegibilidad basado en los criterios de inclusión. Previo a su aplicación, se realizaron pruebas piloto con el formato de elegibilidad utilizando 5 % del total de estudios a evaluar. El proceso de evaluación del formato de elegibilidad, así como la selección final de los estudios incluidos en la revisión de alcance la realizó un solo revisor.

Creación de cuadros de datos

Para la creación de los cuadros de datos, un solo revisor extrajo la información más relevante de los estudios seleccionados, la cual posteriormente fue verificada por un segundo revisor. Para realizar el proceso, los revisores desarrollaron un formato de extracción el cual se estandarizó mediante pruebas piloto en 5 % de los estudios seleccionados al azar. No se contactó a los autores de los estudios para corroborar la información extraída.

Variables extraídas y síntesis de resultados

De los artículos incluidos se extrajo lo siguiente: 1) **características generales del estudio**, autor principal, año de publicación, revista, enfoque de la revista y país de origen donde se realizó el estudio; 2) **principales características de la población en estudio**, especie evaluada, estado conservación/preservación de los animales (vida libre o cautiverio) y enfoque del estudio (incluye jaguares o basado en registros, modelos teóricos o cuestionarios); 3) **objetivo del estudio**, breve descripción del objetivo principal del estudio; 4) **descripción metodológica del estudio**, breve descripción de los métodos y técnicas empleadas para desarrollar la investigación; y 5) **hallazgos principales**, descripción puntual sobre los resultados de la investigación. Toda la información extraída se vació en una base de Excel para facilitar el manejo de los datos. Adicionalmente, se construyeron gráficas en Prism 9 (GraphPad, Inc. Software, CA, USA) para realizar el mapeo la investigación realizada sobre el jaguar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de las fuentes de evidencia

En total, se obtuvieron 1 096 registros de publicaciones mediante las búsquedas en las bases de datos: PubMed y BVS contribuyeron con 71.7 % de los registros (786/1 096). Adicionalmente, a partir de búsquedas cruzadas se identificaron 24 publicaciones más. Después de realizar la eliminación de duplicados, se incluyeron 645 publicaciones para el proceso de selección. Posteriormente, se descartaron 493 publicaciones basándose primero en la revisión del título y después en el resumen, quedando así 151 registros que fueron recuperados en texto completo. Durante el proceso de elegibilidad, se aplicaron los criterios de inclusión a los textos completos y como resultado se excluyeron 46 publicaciones por las siguientes razones: no incluyeron la población definida (15), presentaron un enfoque diferente al definido (9), no correspondieron al tipo de estudio definido (14), no incluyeron las variables definidas (8). Finalmente, se incluyeron en total 105 publicaciones en la síntesis narrativa, de los cuales 57 se enfocaron en evaluar los hábitos alimenticios del felino y 48 abordaron el estudio de la interacción de los jaguares con el humano (**Figura 1**).

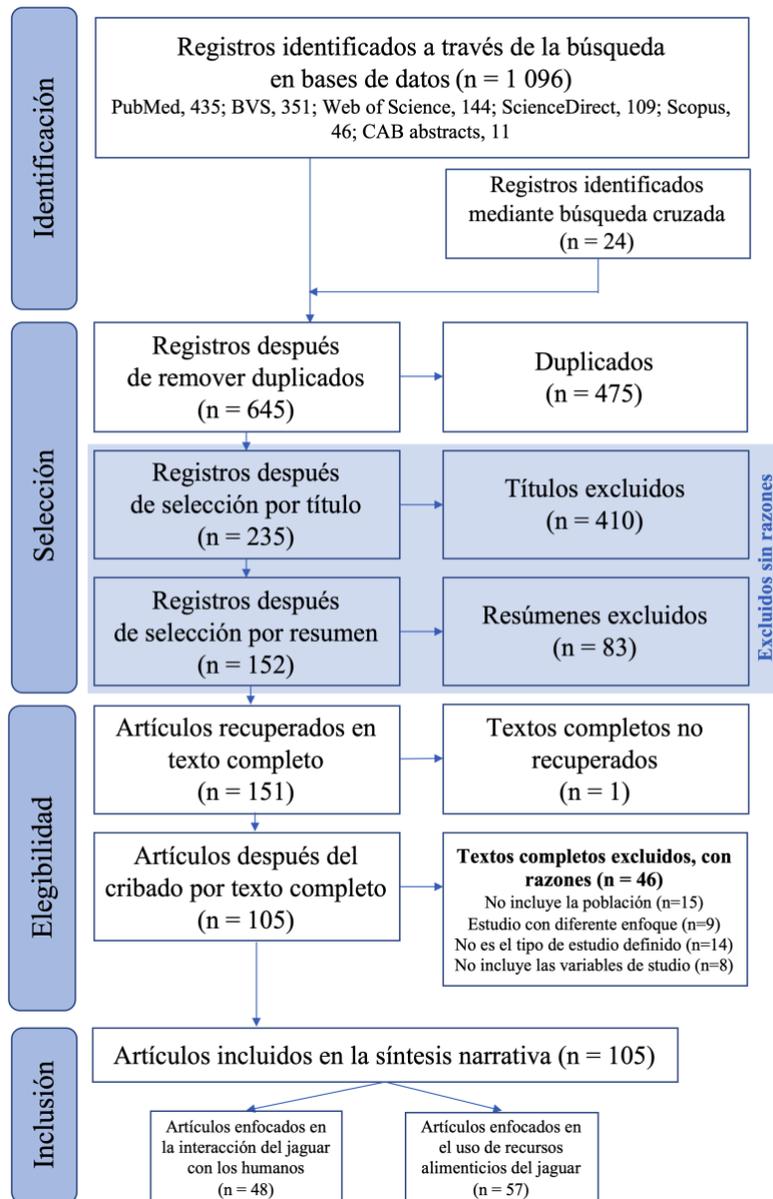


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA de la selección de artículos incluidos en la revisión de alcance.

Características de las fuentes de evidencia

Los 105 estudios incluidos en la revisión de alcance se publicaron de 1986 a 2021 (**Figura 2A**). En el período comprendido entre 1986 y 2009 se acumularon 23.8 % de los estudios publicados, en tanto que durante los últimos siete años (2015-2021) fueron publicados 40.0 % del total de investigaciones que identificamos en la presente revisión. Estos hallazgos demuestran un creciente interés en la investigación sobre el

jaguar en años recientes, el cual se demuestra como una necesidad por realizar estudios para conocer diferentes aspectos sobre la ecología y conservación del jaguar, establecer su rol fundamental como depredador dentro del ecosistema que habita, así como el efecto que tienen los factores ambientales y el impacto de la actividad humana sobre la distribución y tamaño de las poblaciones de jaguares.

Excepto por dos estudios con enfoque global, el resto de las publicaciones se realizaron dentro del continente americano (**Figura 2B**). A nivel regional, las investigaciones se realizaron a lo largo del continente, con la mitad de las publicaciones (51.4 %) provenientes de Sudamérica y una cantidad similar de estudios realizados en Norteamérica y Centroamérica (21 y 22 estudios, respectivamente). El 88.6 % de las publicaciones (93/105) se realizaron en una sola nación e incluyeron a 14 de los 19 países de América donde se distribuye el jaguar. Brasil y México aportaron el mayor número de estudios sobre el tema (30 y 21 estudios, respectivamente), seguidos de Costa Rica, Belice y Venezuela con 10, 8 y 6 publicaciones, respectivamente. Por su parte, Argentina, Bolivia, Colombia, Guatemala y Paraguay aportaron entre 4 y 2 estudios cada uno, mientras que Ecuador, Guyana, Guyana Francesa y Nicaragua contribuyeron con un estudio.

A pesar de que nuestra revisión identificó fuentes de evidencia de las tres regiones del continente y al menos 14 diferentes países en los cuales se reportó por lo menos un estudio sobre el jaguar, la mayoría de las investigaciones se realizaron en Norte y Sudamérica; principalmente en países como Brasil y México. Este resultado no solo demuestra un gran interés por la investigación del jaguar en ambos países sino que también resalta la disparidad de publicaciones entre los demás países del continente; en consecuencia, es necesario incentivar la investigación y publicación sobre el jaguar en aquellos países en los cuales no se encontraron investigaciones, así como incrementar el número de estudios en los países que cuentan con pocas fuentes de evidencia. Sin embargo, para lograr lo anterior se requiere fomentar la colaboración internacional entre instituciones académicas y de gobierno, así como buscar fuentes de financiamiento para realizar los estudios en países de bajos recursos, lo anterior sin dejar de lado la participación e interés de las comunidades y autoridades locales para apoyar los esfuerzos de conservación del jaguar.

En total 100/105 estudios incluidos en la revisión fueron investigaciones primarias, de las cuales 60 % incluyeron jaguares en vida libre, realizaron monitoreo o colectas en campo, mientras que 35.2 % de las investigaciones se basaron en aspectos teóricos, bases de datos, registros o entrevistas. Las cinco investigaciones secundarias se basaron en revisiones de literatura, revisiones sistemáticas o meta-análisis para analizar diferentes aspectos relacionados con los jaguares y otros felinos (**Figura 2C**).

Resultados de las fuentes de evidencia de los enfoques analizados

Las 105 investigaciones se publicaron en 51 diferentes revistas, entre las cuales nueve revistas concentraron 51.4 % del total de las publicaciones, siendo Biological Conservation (18), Plos One (8), Revista de Biología Tropical (6) y Oryx (5) las cuatro principales. Las revistas restantes 1-2 publicaciones cada una (**Figura 2D**).

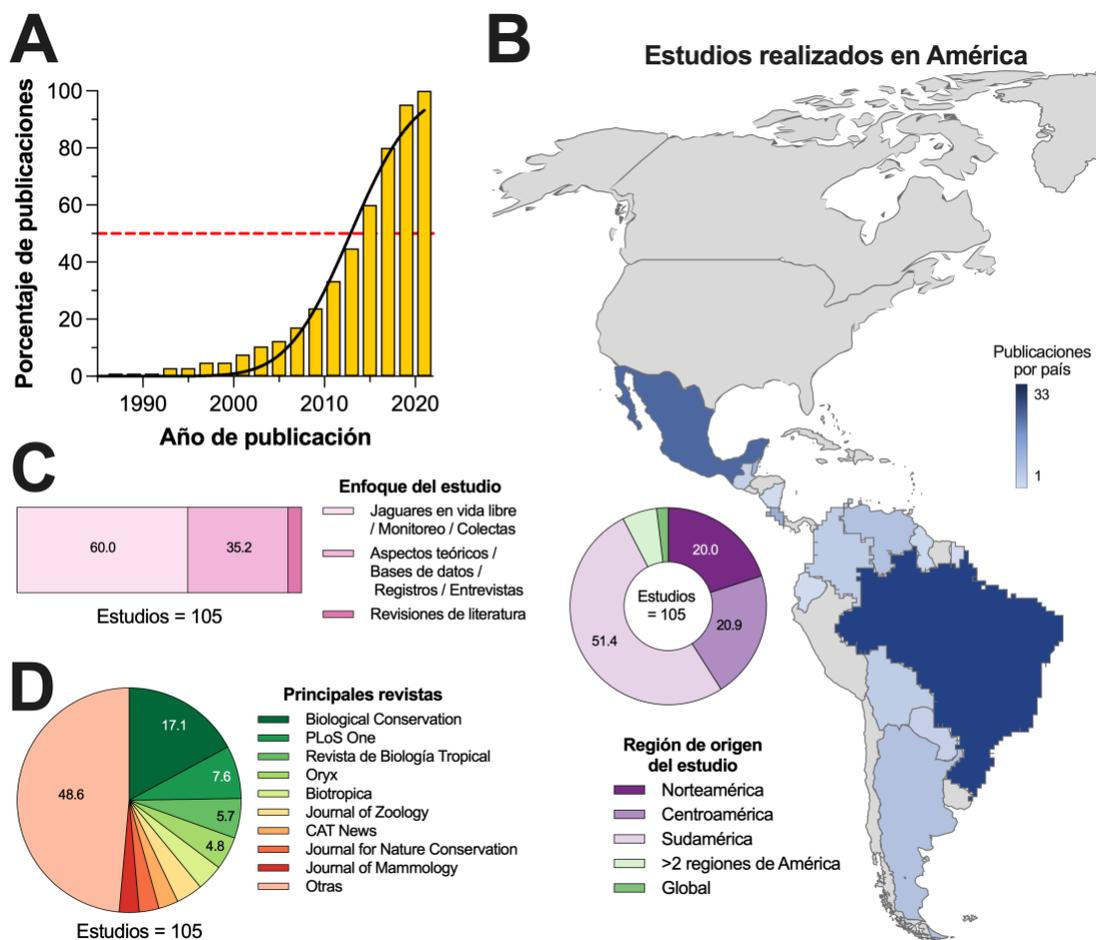


Figura 2. A) Distribución acumulada de los estudios publicados entre 1985 y 2021, B) porcentaje de estudios por región de origen de la investigación y distribución de

estudios por país en América, C) porcentaje de estudios de acuerdo con el enfoque y D) 10 principales revistas donde se publicaron los estudios.

La mayoría de las fuentes de evidencia que identificamos se publicaron en revistas especializadas en temas de conservación, fauna silvestre, biología de las especies, biodiversidad y ecología, lo cual es un indicativo de la importancia que tiene la investigación en estos temas para incrementar el conocimiento sobre el jaguar. Sin embargo, también resalta el hecho de que 51.4 % de las fuentes de evidencia que incluimos se publicaron tan solo en 9 de las 51 revistas que identificamos en la revisión, lo cual refleja que la investigación sobre el felino se concentra en un reducido grupo de revistas. Además, 91.5 % de las investigaciones se publicaron en idioma Inglés, lo cual resulta importante en términos de difusión del conocimiento, aunque al mismo tiempo también implica una restricción para comunicar los resultados hacia personas no angloparlantes, las cuales predominan entre los diferentes países en los cuales se distribuye el jaguar y en donde se realiza la mayoría de la investigación.

Estudios enfocados en el uso de recursos alimenticios por parte del jaguar

De acuerdo con la **Figura 3A**, los 57 estudios que evaluaron el uso de recursos alimenticios por parte del jaguar se subdividieron en: fuentes naturales de alimentación (45) y depredación de ganado (12). Dentro de la primera categoría, 33 investigaciones se enfocaron en describir los hábitos de alimentación del jaguar, de los cuales 26 estudios evaluaron el consumo de las presas por parte del jaguar en diferentes escenarios, (Aranda & Sánchez-Cordero, 1996; Avila-Najera, Palomares, Chavez, Tigar, & Mendoza, 2018; Cassaigne et al., 2016; Cavalcanti & Gese, 2010; De Azevedo, 2008; de Azevedo & Murray, 2007; Estrada, 2008; Farrell, Roman, & Sunquist, 2000; Foster, Harmsen, & Doncaster, 2010b; Foster et al., 2014; Foster, Harmsen, Valdes, Pomilla, & Doncaster, 2010; Garla, Setz, & Gobbi, 2001; Gomez-Ortiz, Monroy-Vilchis, & Mendoza-Martinez, 2015; Gonzalez & Miller, 2002; Gonzalez-Maya, Navarro-Arquez, & Schipper, 2010; Gutierrez-Gonzalez & Lopez-Gonzalez, 2017; Hayward et al., 2016; Hernandez-SaintMartin et al., 2015; Miranda, Jácomo, Tórres, Alves, & Silveira, 2018; Novack, Main, Sunquist, & Labisky, 2005; Núñez, Miller, & Lindzey, 2006; Perilli, Lima, Rodrigues, & Cavalcanti, 2016; John Polisar et al., 2003; Rueda, Mendoza, Martínez, & Rosas-Rosas, 2013; Souza & Azevedo, 2021;

Taber, Novaro, Neris, & Colman, 1997) siete estudios determinaron los hábitos de depredación del jaguar sobre algunas especies acuáticas.(S. Arroyo-Arce & Salom-Perez, 2015; Stephanny Arroyo-Arce, Thomson, Cutler, & Wilmott, 2018; Carrillo, Fuller, & Saenz, 2009; da Silveira, Ramalho, Thorbjarnarson, & Magnusson, 2010; Guildler, Barca, Arroyo-Arce, Gramajo, & Salom-Pérez, 2015; Sima-Panti et al., 2020; Torralvo, Botero-Arias, & Magnusson, 2017) Los 12 estudios restantes que evaluaron las fuentes naturales de alimentación analizaron la variabilidad y disponibilidad de la base de presas del jaguar.(S. Arroyo-Arce, Guildler, & Salom-Perez, 2014; Astete et al., 2017; Carrera-Trevino, Lira-Torres, Martinez-Garcia, & Lopez-Hernandez, 2016; de Matos, Ferreguetti, & Rodrigues, 2020; de Souza, da Silva, Gonçalves, Jardim, & Markwith, 2018; de Thoisy et al., 2016; Herrera et al., 2018; Peetz, Norconk, & Kinzey, 1992; Petracca et al., 2014; J. Polisar et al., 2017; Santos et al., 2019; Weckel, Giuliano, & Silver, 2006) Por último, de las 12 publicaciones que se enfocaron en la depredación del ganado por parte del jaguar, siete estudios describieron y analizaron las características de los ataques,(Ronit Amit, Gordillo-Chávez, & Bone, 2013; Garrote, 2012; Khorozyan, Ghoddousi, Soofi, & Waltert, 2015; Francesca B. L. Palmeira, Crawshaw, Haddad, Ferraz, & Verdade, 2008; Peña-Mondragon & Castillo, 2013; Octavio C. Rosas-Rosas, Bender, & Valdez, 2008; Tortato, Layme, Crawshaw, & Izzo, 2015) mientras que los cinco estudios restantes evaluaron los factores de riesgo de los ataques.(Azevedo & Murray, 2007; Burgas, Amit, & Lopez, 2014; Carvalho, Zarco-González, Monroy-Vilchis, & Morato, 2015; A. R. Rabinowitz, 1986; Zarco-Gonzalez, Monroy-Vilchis, & Alaniz, 2013)

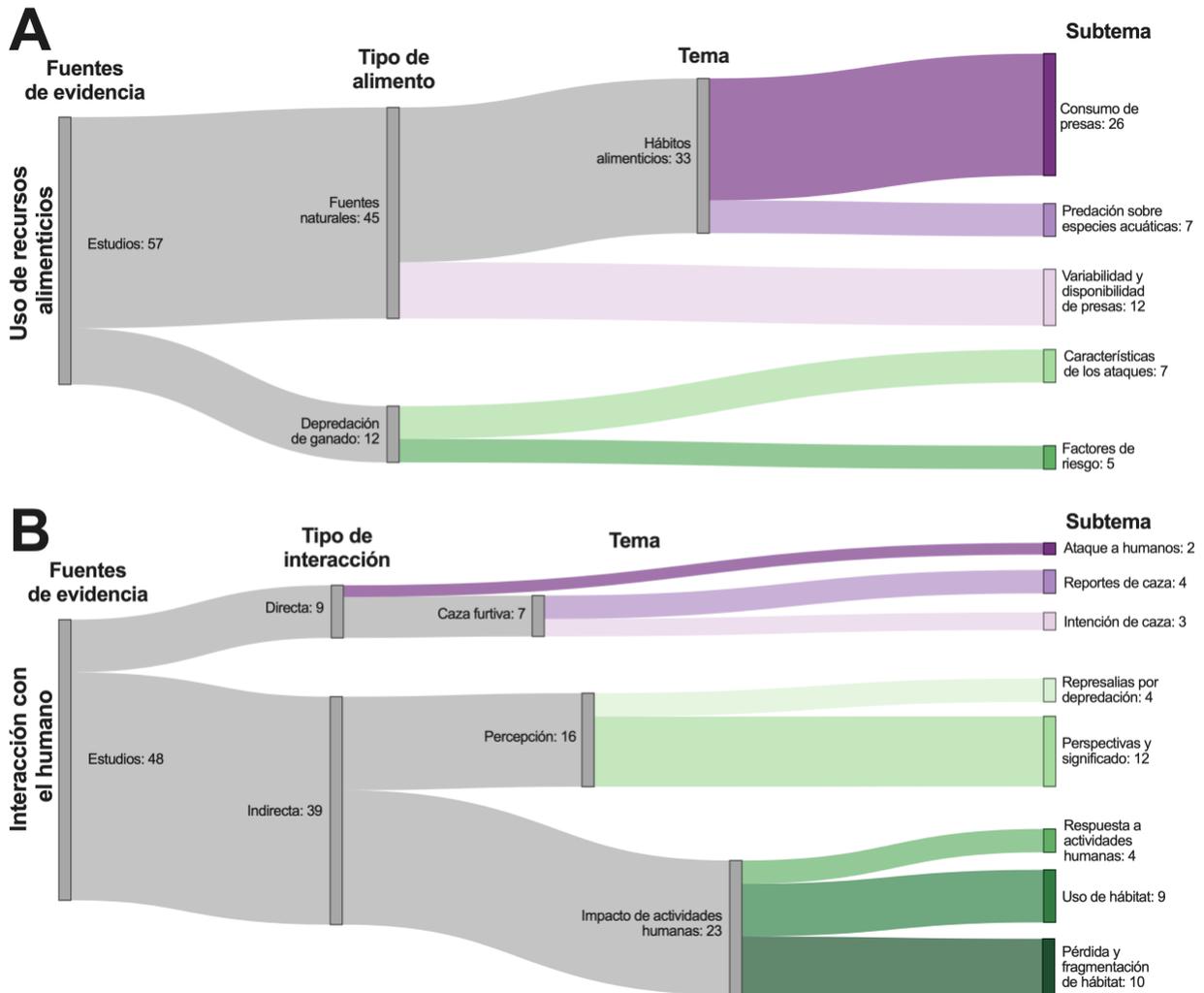


Figura 3. Diagrama de sankey de la clasificación de los 105 estudios incluidos en la revisión de alcance de acuerdo con el enfoque y los subtemas de investigación: A) uso de recursos alimenticios del jaguar y B) interacción con el humano.

Síntesis de resultados de la evidencia del uso de recursos alimenticios

En el **Cuadro Suplementario 1** se resumen los principales resultados de los 57 estudios que evaluaron el uso de recursos alimenticios por parte del jaguar. Los estudios que examinaron el consumo de presas por parte del jaguar demuestran que los felinos depredan con mayor frecuencia mamíferos grandes como el venado (*Odocoileus virginianus*), seguido de animales de tamaño mediano como el pecarí (*Pecari tajacu*) y el capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y en menor frecuencia los mamíferos de menor tamaño como el coatí (*Nasua narica*) y el armadillo (*Dasypus*

novemcinctus). Sin embargo, los estudios presentan resultados contrastantes con respecto a la diversidad de presas que consumen los jaguares, ya que algunos estudios indican que la diversidad de presas fue baja, mientras que otros estudios indican una diversidad alta debido a que se encontraron de 12-15 restos de diferentes especies consumidas por el jaguar. Las fuentes de evidencia demostraron que los jaguares comúnmente consumieron de 15 a 28 diferentes especies de presas (Avila-Najera et al., 2018; Garla et al., 2001; Hayward et al., 2016), en algunos sitios de Sudamérica hasta 61 especies (Weckel et al., 2006) e incluso hasta 153 presas fueron registradas para la región del Pantanal en Brasil (Perilli et al., 2016). Más aún, los estudios que analizaron la depredación sobre especies acuáticas demuestran que los jaguares también consumen huevos de tortugas y tortugas adultas, así como huevos y ejemplares de crocodilios (*Cocodrilia*) (Sima-Panti et al., 2020; Torralvo et al., 2017), sin que esto represente una amenaza para dichas poblaciones. Además, los resultados sugieren que los jaguares suelen compartir presas con otros jaguares durante la temporada baja de anidación de la tortuga (S. Arroyo-Arce & Salom-Perez, 2015; Stephanny Arroyo-Arce et al., 2018).

En conjunto, los resultados de la presente revisión de alcance demuestran que los jaguares pueden presentar patrones diversos de consumo de presas, los cuales no solo dependen del tamaño de las mismas, sino que también varían dependiendo de la disponibilidad de las presas y los sitios donde se realizaron las investigaciones. También resalta el hecho de que la disponibilidad de recursos alimenticios del jaguar son compartidos por lo menos con otros cinco grandes depredadores (Santos et al., 2019) entre los que resalta el puma; en algunos sitios la competencia entre ambos felinos no se evidencia (Taber et al., 1997) y la coexistencia entre ellos está en función de la segregación temporal (Herrera et al., 2018), el reparto de biotopos (Aranda & Sánchez-Cordero, 1996) y el espectro del tamaño de las presas (Gutierrez-Gonzalez & Lopez-Gonzalez, 2017; Núñez et al., 2006).

Las investigaciones enfocadas en analizar el efecto que tiene la riqueza y disponibilidad de presas sobre los hábitos alimenticios del jaguar no solo muestran la relación existente entre la selección de los diferentes tipos de presas disponibles dentro de un ambiente, sino que además revelan una asociación entre las

características del hábitat, su grado de conservación y la disponibilidad de presas, lo cual afecta los patrones de alimentación del jaguar (De Azevedo, 2008; R. J. Foster et al., 2010). Por ejemplo, la depredación de ganado ocurre de forma más frecuente en áreas distantes a los ranchos, mientras que las actividades humanas como la agricultura limitan la presencia del jaguar y su base de presas (Azevedo & Murray, 2007). Los estudios demuestran que en diferentes naciones existen condiciones favorables para ser utilizados como hábitats potenciales para el jaguar y sus presas, además de que se reporta una mayor diversidad de presas en áreas conservadas, así como una mayor densidad de jaguares en donde existe mayor abundancia de las presas (Burgas et al., 2014).

El consumo dirigido y constante de los cazadores furtivos sobre las grandes presas como los venado y los cerdos del monte (S. Arroyo-Arce et al., 2014) pronostica un modelo de aprovechamiento de la fauna insostenible y que pone en riesgo las poblaciones de jaguar (Foster et al., 2014). Además, previamente, se ha documentado tanto una correlación positiva entre la densidad del jaguar y la disponibilidad de presas (de Thoisy et al., 2016), así como la existencia de actividades antropogénicas que limitan la presencia del jaguar y su base de presas de mayor tamaño (Gomez-Ortiz et al., 2015). Es por ello que se requiere de una mayor información por país o región en relación con los parámetros poblacionales del jaguar y la disponibilidad de sus presas para hacer predicciones sobre las necesidades del felino.

Los estudios que aportan evidencia sobre la depredación de ganado por parte de los jaguares sugieren la existencia de diferentes factores que incrementan el riesgo de ocurrencia de los ataques, entre los cuales destaca una reducida diversidad y abundancia de presas naturales, así como la perturbación del ambiente natural, la distancia a la que se encuentran los potreros o áreas de alimentación con respecto a los bosques (a menor distancia, mayor depredación) y la temporada del año (mayor depredación durante la temporada seca) (Khorozyan et al., 2015; Francesca B. L. Palmeira et al., 2008; Peña-Mondragon & Castillo, 2013). Con respecto a la preferencia de los jaguares hacia las características del ganado, los estudios presentaron información contrastante debido a que algunos estudios indican que todas las clases de edad son consumidas; (Ronit Amit et al., 2013; Tortato et al., 2015) en tanto que

otros estudios indican un consumo de animales adultos y por último, otros estudios indican una selección basada en la biomasa y tamaño de las presas debido a que se consumen terneros de poca edad y bajo peso (Octavio C. Rosas-Rosas et al., 2008).

Con relación a los ataques a los animales domésticos, los estudios que incluimos evidencian la depredación de ganado por el jaguar (Khorozyan et al., 2015; A. R. Rabinowitz, 1986; Zimmermann, Walpole, & Leader-Williams, 2005). Los ataques se asociaron a una baja abundancia de presas y a la cercanía con los bosques conservados; sin embargo, de acuerdo con algunas estimaciones, las pérdidas de ganado no son significativas ya que variaron entre 0.9 % y 2.8 % del tamaño total del hato (Azevedo & Murray, 2007; Tortato et al., 2015). Las fuentes de evidencia sugieren heterogeneidad con respecto al tamaño del ganado que prefiere el jaguar, ya que este puede variar desde los terneros hasta los ejemplares adultos de mayor masa corporal, algunos estudios si evidenciaron la tendencia de atacar a terneros entre los 3 y 9 meses (Francesca B. L. Palmeira et al., 2008; Octavio C. Rosas-Rosas et al., 2008). Sin embargo, a pesar la evidencia contundente de la depredación del ganado por parte del jaguar, en la presente revisión de alcance no se detectaron estudios de todos los países donde se distribuye esta especie. En consecuencia, es posible que la prevalencia de ataques al ganado pueda ser mayor al extender la investigación del tema hacia el resto de países o incluso cuando se evalúan otros depredadores naturales como el puma, los cuales presentan mayores tasas de depredación que el jaguar (Rueda et al., 2013).

Es importante mencionar que en algunas regiones ganaderas de Brasil, no se registraron ataques ni consumo de ganado en más de 20 años gracias a la mejora de las prácticas ganaderas (Garla et al., 2001). Además, también es necesario considerar que la mayoría de los eventos de depredación del ganado no son reportados debido a que los rancheros toman represalias directas contra el felino, resultado en matanzas. México es el único país que cuenta con fondos económicos para resarcir daños por ataques y pérdidas derivadas por la depredación de jaguar y otros carnívoros silvestres; aún así, no es práctica común que los ganaderos reporten los siniestros a la autoridad, porque es burocracia y los tiempos de respuesta son tardados. No obstante, es necesario un monitoreo continuo en los lugares en donde exista un mayor

conflicto entre los ganaderos y los jaguares, además de que se requiere entender mejor la percepción hacia el jaguar por parte de las personas afectadas, ya que de esta forma se pueden plantear soluciones potenciales y alternativas para evitar la cacería en represalia.

Estudios enfocados en aspectos de interacción del jaguar con humanos

Un total de 48 publicaciones se enfocaron en temas relacionados con la interacción del jaguar con los humanos. Tal como se muestra en la **Figura 3B**, las publicaciones se clasificaron de acuerdo con el tipo de interacción; interacciones directas, con nueve estudios que se subdividieron en ataques a humanos (2) y caza furtiva (7); e interacciones indirectas, con 39 estudios distribuidos en las subcategorías impacto de las actividades humanas (23) y percepciones sobre el jaguar (16).

De los nueve estudios que evaluaron interacciones directas entre el jaguar y el humano, dos publicaciones reportaron ataques a humanos (Iseron & Francis, 2015; Neto, Garrone Neto, & Haddad, 2011), cuatro estudios presentaron reportes de cacería (Almazán-Catalán et al., 2013; Balaguera-Reina & Gonzalez-Maya, 2008; de Carvalho & Morato, 2013; Jędrzejewski, Carreño, et al., 2017) y otros tres estudios analizaron la intención de caza del felino por parte de ganaderos y residentes de zonas adyacentes al hábitat del jaguar (Engel, Vaske, Bath, & Marchini, 2017; Knox et al., 2019; Marchini & Macdonald, 2012). Dentro de las 16 publicaciones que se enfocaron en las percepciones sobre el jaguar, 12 estudios evaluaron el significado y las perspectivas que las personas tienen sobre el jaguar y su conservación (Altrichter, Boaglio, & Perovic, 2006; Ronit Amit & Jacobson, 2017; Bredin, Lescureux, & Linnell, 2018; dos Santos, Jácomo, & Silveira, 2008; Garcia Del Valle et al., 2015; Harvey, Briggs-Gonzalez, & Mazzotti, 2016; Krafte, Larson, & Powell, 2018; Olivera-Méndez, 2019; Soto-Shoender & Main, 2013; Steinberg, 2016; Zamudio, Nájera, & Luja, 2020; Zimmermann et al., 2005) y cuatro estudios analizaron la percepción sobre el felino asociada a la depredación del ganado y las potenciales represalias (Conforti & Cesar Cascelli de Azevedo, 2003; Marchini & Macdonald, 2018; Francesca Belem Lopes Palmeira & Barrella, 2007; O. C. Rosas-Rosas & Valdez, 2010).

De las 23 investigaciones que incluyeron el impacto de las actividades humanas sobre el jaguar, cuatro estudios evaluaron la respuesta de los jaguares y sus poblaciones

frente a diferentes actividades humanas (Bisbal, 2008; Valeria Boron et al., 2019; Espinosa, Celis, & Branch, 2018; Jędrzejewski, Boede, et al., 2017), nueve estudios determinaron el uso del hábitat del jaguar y los factores que afectan su distribución de acuerdo con los cambios inducidos por la actividad humana en diferentes escenarios (V. Boron et al., 2016; De Angelo, Paviolo, & Di Bitetti, 2011; De Angelo, Paviolo, Wiegand, Kanagaraj, & Di Bitetti, 2013; Foster, Harmsen, & Doncaster, 2010a; Jorge, Galetti, Ribeiro, & Ferraz, 2013; Morato et al., 2018; Paviolo et al., 2018; Thompson, Martínez, & Quigley, 2020; Zemanova et al., 2017), y por último, 10 estudios analizaron el efecto de la pérdida de hábitat, la fragmentación y la transformación del hábitat del jaguar a causa de las actividades humanas (Benchimol & Peres, 2015; Cullen et al., 2016; Garmendia, Arroyo-Rodríguez, Estrada, Naranjo, & Stoner, 2013; Mora, 2017; Olsoy et al., 2016; Osipova & Sangermano, 2016; Romero-Muñoz et al., 2019; Srebek-Araujo, Mendes, & Chiarello, 2015; Villordo-Galván et al., 2010; Zanin, Palomares, & Brito, 2015).

Síntesis de resultados de la evidencia de la interacción del jaguar con el humano

En el **Cuadro Suplementario 2** se resumen los principales resultados de los 48 estudios que evaluaron la interacción del jaguar con el humano. Entre las publicaciones que reportaron caza furtiva o intención de caza del jaguar en regiones rurales o áreas naturales protegidas, dos estudios no presentaron razones por las cuales fueron cazados los felinos, mientras que otros dos estudios presentaron diversas causas potenciales de la cacería: como trofeos de caza, cacería comercial o de subsistencia y debido al riesgo que representa para la vida humana. Entre los estudios se presentó evidencia contrastante con respecto a la intención de caza del jaguar; en algunos casos se reportó el desacuerdo de la matanza del felino, mientras que en otros casos los entrevistados expresaron su desagrado por los jaguares y su intención de cazarlos, principalmente por miedo y motivaciones personales. De forma similar, algunas veces se mencionó la cacería en represalia por ataques al ganado como el principal factor de la matanzas, en tanto que en otros estudios dicho factor no fue la causa más común de la matanza. En nuestra revisión, solo se incluyeron cuatro estudios que reportaron la cacería furtiva del jaguar, por lo cual es posible que los resultados de la búsqueda no reflejen en gran medida la realidad que enfrentan las poblaciones de jaguares con respecto a esta amenaza. Es por ello necesario

incrementar el trabajo de campo y generar confianza para que las personas se atrevan a cooperar.

Es necesario aplicar mayores esfuerzos para lograr la conservación de la especie, integrando las necesidades de las personas y comunidades, incluso del sector ganadero que en algunos casos se han dispuesto, bajo información e incentivos, a mejorar sus prácticas y conservar al jaguar (Ronit Amit & Jacobson, 2017). Kraffe et al. (2018) en una revisión sistemática reportaron información relativa al conflicto de ganadería-depredadores naturales, en donde la compensación económica y las estrategias de manejo ganadero fueron identificadas como las medidas más efectivas para promover la conservación del jaguar, calificado como uno de los grandes felinos menos estudiados.

En los dos estudios que reportaron ataques hacia humanos, se incluyeron tres ataques no fatales (de los cuales una persona fue atacada en dos ocasiones) y un ataque fatal. Ambos estudios describieron las características de las víctimas, así como el lugar donde ocurrió el ataque, aunque no presentan las posibles causas por las cuales fueron atacadas las personas, por lo cual no se presenta evidencia sobre la reacción que tienen los jaguares en vida silvestre cuando se encuentran en proximidad a un humano o los motivos específicos que provocan el ataque hacia los humanos. En los dos estudios que reportaron ataques a personas por parte del jaguar, no se muestra suficiente evidencia que señale al jaguar como un elemento de peligro constante e inminente para los humanos. Sin embargo, la reducida cantidad de artículos que reportan la cacería furtiva y los ataques al humano por parte del jaguar limitan la generación de conclusiones sobre ambos temas. Por lo que es necesario encontrar la forma de sistematizar esta información y tener una forma de verificación

Los estudios enfocados en analizar la percepción hacia los jaguares evidenciaron una perspectiva contrastante hacia los felinos, la cual varía entre las diferentes regiones en donde se distribuye el jaguar y las poblaciones humanas de dichas áreas. Las personas que trabajan en áreas boscosas o cercanas a las áreas protegidas piensan en el jaguar como una especie beneficiosa ya que atraen al turismo, ayudan a disminuir la depredación de cultivos y están a favor de proteger la especie. En contraste, los ganaderos y personas que viven en zonas urbanas perciben al jaguar como un

depredador del ganado y como un animal al cual le temen por lo cual tendrían la intención de matar a algún ejemplar; en su mayoría, las opiniones fueron basadas en experiencias ajenas a ellos y no en situaciones que ellos hayan experimentado (Altrichter et al., 2006; Zimmermann et al., 2005). Las poblaciones de zonas rurales no perciben al jaguar como una especie amenazante, aunque algunos ganaderos opinan lo contrario. Las poblaciones indígenas ven al jaguar como una especie con la cual pueden compartir el hábitat pero además como un animal que pueden aprovechar para alimento, como uso medicinal y para ornamentos; aunque en ciertos casos también es percibido como un animal peligroso (García Del Valle et al., 2015; Steinberg, 2016).

Las investigaciones sobre la percepción sobre el jaguar fueron escasas y contrastantes, por lo cual no se presenta suficiente evidencia para generalizar de forma sólida la forma en la que son percibidos estos felinos por parte de los seres humanos que coexisten con el jaguar en áreas vecinas o dentro de las reservas. Además, los resultados de las investigaciones sugieren que la percepción del jaguar varía entre las diferentes regiones y países donde se realizó la investigación e incluso entre los grupos culturales (Harvey et al., 2016; Zimmermann et al., 2005). Por ejemplo, en el estudio de México el jaguar emerge como una especie conocida con uso comestible, medicinal y ornamental, e incluso como nociva (Peña-Mondragón & Castillo, 2013). Mientras que en los estudios sobre percepción en Brasil encontraron un gradiente desde positivas (merece vivir) hasta negativa (matarlo por depredación al ganado o miedo) (dos Santos et al., 2008).

Las investigaciones con enfoque en impacto de las actividades humanas evidencian que los jaguares evitan zonas con alto impacto humano debido a que en dichas áreas su base de presas tiene una población disminuida o ausente; además de que las carreteras representan un peligro para los jaguares al afectar la abundancia (por atropellamiento) y distribución (fragmentación del hábitat) de las poblaciones de esta especie. En las zonas donde predomina la ganadería, los individuos machos son los que suelen ser atraídos a estos lugares. La evidencia sugiere que estos felinos prefieren zonas boscosas y áreas protegidas donde la presencia del humano es casi nula. Por otra parte, en el caso de poblaciones de jaguares que viven en zonas fragmentadas, estos prefieren mantenerse cerca de fuentes de agua (como ríos) y

pueden utilizar algunas áreas de actividad humana como corredores, cuando éstas son adecuadamente manejadas y/o integran zonas o fragmentos de bosque dispersos en el área (islas ecológicas). Esta serie de resultados sugieren cierta sensibilidad de la especie felina ante la destrucción y fragmentación de sus hábitats (Altrichter, 2006; Villordo-Galván et al., 2010) y sus corredores naturales (Zemanova et al., 2017), ya que se han reducido las subpoblaciones de jaguares, afectando su abundancia y su distribución a nivel local, regional y continental (Gerardo Ceballos et al., 2021; G. Ceballos et al., 2021; J Antonio De La Torre, González-Maya, Zarza, Ceballos, & Medellín, 2018; Jedrzejewski et al., 2018).

Diversas investigaciones basadas en información de campo con fototrampeo (S. Arroyo-Arce et al., 2014; V. Boron et al., 2016; Carrera-Treviño, Cavazos, Briones-Salas, & Lira-Torres, 2016; Gutierrez-Gonzalez & Lopez-Gonzalez, 2017; Herrera et al., 2018; Villordo-Galván et al., 2010), con telemetría (Carrillo et al., 2009; Cavalcanti & Gese, 2010; A. R. Rabinowitz, 1986), y registros recopilados o publicados (Hayward et al., 2016; Kraffe et al., 2018) modelaron diversos escenarios para las subpoblaciones del felino, con lo cual aportaron mayor evidencia a la hipótesis de que las poblaciones se ven afectadas negativamente por el desarrollo de las actividades antropogénicas mal planeadas y ejecutadas bajo esquemas carentes de sustentabilidad. Las actividades humanas que representan la principal amenaza a la permanencia del jaguar son la ganadería, la construcción de presas y carreteras y la deforestación de los bosques (Petracca et al., 2014; Zemanova et al., 2017). En tanto que la cacería deportiva y la matanza en represalia (S. Arroyo-Arce et al., 2014) por la depredación al ganado (Azevedo & Murray, 2007; Cavalcanti & Gese, 2010; de Souza et al., 2018; Navarro-Serment, López-González, Gallo-Reynoso, & Jones, 2005) representan un riesgo acumulativo para los jaguares.

En algunos temas se encontraron resultados contrastantes debido a que algunas fuentes de evidencia evaluaron los posibles impactos negativos de las actividades antropogénicas sobre el jaguar y sugieren que los felinos podrían no adaptarse a los cambios y perecer en consecuencia (Altrichter et al., 2006; Villordo-Galván et al., 2010; Zemanova et al., 2017). En cambio, otros estudios mencionaron que el jaguar tiene la capacidad para ajustarse a disturbios provenientes del ecoturismo modificando sus

periodos sus actividades (Rebecca J. Foster et al., 2010a) y utilizar senderos contruidos (Weckel et al., 2006). Aunque, también es posible que la adaptación se deba al nivel e intensidad del disturbio, por lo cual es necesario realizar investigación futura para evaluar ésta idea. En este sentido, podemos mencionar que grandes cambios en el paisaje (como la construcción de presas) pueden no constituir una barrera para el jaguar, ya que al ser grandes nadadores pueden no limitar su paso, pero, sí destruir un hábitat altamente productivo. Más aún, se sabe que los jaguares pueden sobrevivir en áreas dominadas por los paisajes agrícolas siempre y cuando exista una red de parches de hábitats propicios como los ribereños y la suficiente disponibilidad de presas (V. Boron et al., 2016).

Limitaciones

Nuestra revisión de alcance presenta algunas limitantes. En primer lugar, con el objetivo de mantener un nivel metodológico adecuado y comparable entre los estudios, únicamente incluimos fuentes de evidencia publicadas en texto completo en revistas revisadas por pares, por lo que toda la literatura gris fue excluida de la revisión. Es posible que dicha decisión genere un sesgo sobre la información disponible en los temas que abarcamos en nuestra revisión, ya que existen muchos reportes, tesis, registros y otros materiales sobre el jaguar que no fueron incluidos debido a que se consideran literatura gris. También se excluyeron capítulos de libros publicados asumiendo el riesgo de dejar fuera información valiosa que contribuye a la temática. En segundo lugar, a pesar de que generamos subcategorías para clasificar a las fuentes de evidencia de cada enfoque, en algunas ocasiones se presentó una gran heterogeneidad en los subtemas específicos que se abordaron en los estudios. Si bien dicha heterogeneidad demuestra lo versátil que es la investigación sobre el jaguar, al mismo tiempo limita la capacidad para resumir la evidencia y en algunos casos obtener conclusiones generales sobre el cuerpo de evidencia. En tercer lugar, fuera de Brasil y México, se presentó una enorme disparidad en el número de fuentes de evidencia de los demás países en los que habita el jaguar, lo cual puede generar un panorama sobre el jaguar basado en su mayoría en los resultados de los estudios de ambos países.

CONCLUSIONES

La presente revisión de alcance demostró la existencia de un panorama interesante y a veces contrastante de la evidencia sobre la interacción del jaguar con el humano a nivel continental. En general, se encontró poca evidencia sobre cacería furtiva y ataques al humano, lo cual no permitió comprender a profundidad las causas de la matanza del jaguar o las razones por las cuales el felino atacó a las personas. Nuestros resultados evidenciaron una percepción variable sobre el jaguar, la cual puede ser negativa o positiva dependiendo del lugar de estudio y de las experiencias previas de los entrevistados. La evidencia del impacto de las actividades humanas sobre el jaguar sugiere efectos negativos sobre su distribución y densidad con lo cual se demuestra la sensibilidad de las poblaciones del felino a la antropización de sus hábitats, aunque también indica una potencial adaptación del felino frente a los cambios en el ambiente provocados por el humano.

Por otra parte, la evidencia sobre el uso de recursos alimenticios demostró la importancia de la investigación sobre los patrones de diversidad y disponibilidad de la base de presas del jaguar y la forma en la que las variaciones influyen en su dieta. La frecuencia de ataques al ganado se relaciona con la baja abundancia de presas naturales del felino, así como con la cercanía de los potreros y sitios de alimentación a las zonas conservadas y lejos de los ranchos o asentamientos humanos. No obstante, los estudios indicaron que la depredación de ganado no representa pérdidas significativas.

Esta revisión de alcance sugiere la necesidad de profundizar en investigaciones socio-ecológicas ya que se requiere entender con más profundidad la relación entre las comunidades humanas con su entorno, con la valoración de los bienes y servicios que ofrece la biodiversidad, especialmente el jaguar. Los esfuerzos deben incluir las escalas locales con sus componentes socioculturales que permitan evaluar las percepciones, actitudes, los posibles conflictos y sus soluciones, solo así se podrá aspirar a una posible y justa conservación del jaguar y sus hábitats, basado en los conocimientos científicos y en los intereses de las personas y comunidades.

Disponibilidad de datos

Las bases de datos para realizar el mapeo de información y la síntesis de evidencia se encuentran disponibles mediante solicitud al autor de correspondencia.

Agradecimientos

Yamel Rubio-Rocha es alumna del Doctorado en Ciencias Agropecuarias de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica perteneciente a la Universidad Autónoma de Sinaloa y realizó el presente estudio como requisito parcial para obtener su grado de Doctora en Ciencias por parte de la institución.

Declaración de financiamiento

El presente estudio no recibió financiamiento para su realización.

Conflicts of interest

Los autores declaran que no existe conflicto de interés con respecto al presente estudio.

Contribución de los autores

Para el presente estudio, utilizamos la taxonomía CRediT para describir la contribución de los autores. Conceptualización, Investigación y Metodología, YRR, CB, DD; Curado de datos, Software y Visualización, YRR, CB; Administración del Proyecto y Supervisión, SMG, DD; Escritura – Manuscrito original, YRR, SMG, DD; Escritura – Revisión y Edición, CC, GC, YRR, DD.

REFERENCIAS

- Alcerreca, C., & Cassaigne, I. (2018). Manual de buenas prácticas ganaderas: Cómo convivir con carnívoros silvestres en la región de Calakmul.
- Almazán-Catalán, J. A., Sánchez-Hernández, C., Ruíz-Gutiérrez, F., Romero-Almaraz, M. d. L., Taboada-Salgado, A., Beltrán-Sánchez, E., & Sánchez-Vázquez, L. (2013). Registros adicionales de felinos del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 347-359. doi:10.7550/rmb.23087
- Altrichter, M. (2006). Wildlife in the life of local people of the semi-arid Argentine Chaco. *Biodiversity and Conservation*, 15(8), 2719-2736. doi:10.1007/s10531-005-0307-5
- Altrichter, M., Boaglio, G., & Perovic, P. (2006). The decline of jaguars *Panthera onca* in the Argentine Chaco. *Oryx*, 40(3), 302-309.

- Amit, R., Gordillo-Chávez, E. J., & Bone, R. (2013). Jaguar and puma attacks on livestock in Costa Rica. *Human-Wildlife Interactions*, 7(1), 77-84. doi:10.2307/24874119
- Amit, R., & Jacobson, S. K. (2017). Understanding rancher coexistence with jaguars and pumas: a typology for conservation practice. *Biodiversity and Conservation*, 26(6), 1353-1374. doi:10.1007/s10531-017-1304-1
- Amit, R., & Valverde-Zúñiga, N. (2019). Costa Rica's Community-based Management of Jaguar and Puma. *12*, 21.
- Aranda, M., & Sánchez-Cordero, V. c. (1996). Prey Spectra of Jaguar (*Panthera onca*) and Puma (*Puma concolor*) in Tropical Forests of Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31(2), 65-67. doi:10.1076/snfe.31.2.65.13334
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International journal of social research methodology*, 8(1), 19-32. doi:10.1080/1364557032000119616
- Arroyo-Arce, S., Guilder, J., & Salom-Perez, R. (2014). Habitat features influencing jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) occupancy in Tortuguero National Park, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1449-1458. doi:10.15517/rbt.v62i4.13314
- Arroyo-Arce, S., & Salom-Perez, R. (2015). Impact of jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) predation on marine turtle populations in Tortuguero, Caribbean coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(3), 815-825. doi:10.15517/rbt.v63i3.16537
- Arroyo-Arce, S., Thomson, I., Cutler, K., & Wilmott, S. (2018). Feeding habits of the jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) in Tortuguero National Park, Costa Rica. [Hábitos de alimentación del jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en el Parque Nacional Tortuguero, Costa Rica]. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 70-77. doi:10.15517/rbt.v66i1.28528
- Astete, S., Marinho-Filho, J., Machado, R. B., Zimbres, B., Jácomo, A. T., Sollmann, R., . . . Silveira, L. (2017). Living in extreme environments: modeling habitat suitability for jaguars, pumas, and their prey in a semiarid habitat. *Journal of Mammalogy*, 98(2), 464-474. doi:10.1093/jmammal/gyw184
- Ávila-Nájera, D. M., Lazcano-Barrero, M. A., Chávez, C., Pérez-Elizalde, S., Tigar, B., & Mendoza, G. D. (2019). Habitat use of jaguar (*Panthera onca*) in a tropical forest in northern Quintana Roo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(0). doi:10.22201/ib.20078706e.2019.90.2186
- Avila-Najera, D. M., Palomares, F., Chavez, C., Tigar, B., & Mendoza, G. (2018). Jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) diets in Quintana Roo, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation*, 41(2), 257-266. doi:10.32800/abc.2018.41.0257
- Azevedo, F. C. C. D., & Murray, D. L. (2007). Evaluation of Potential Factors Predisposing Livestock to Predation by Jaguars. *Journal of Wildlife Management*, 71(7), 2379-2386. doi:10.2193/2006-520
- Balaguera-Reina, S., & Gonzalez-Maya, J. F. (2008). Occasional jaguar hunting for subsistence in Colombian Chocó. *Cat News*, 48(5).
- Benchimol, M., & Peres, C. A. (2015). Predicting local extinctions of Amazonian vertebrates in forest islands created by a mega dam. *Biological Conservation*, 187, 61-72. doi:10.1016/j.biocon.2015.04.005
- Bisbal, F. J. (2008). Impacto humano sobre los carnívoros de Venezuela. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 28(3), 145-156. doi:10.1080/01650529309360899
- Boron, V., Deere, N. J., Xofis, P., Link, A., Quiñones-Guerrero, A., Payan, E., & Tzanopoulos, J. (2019). Richness, diversity, and factors influencing occupancy of mammal

- communities across human-modified landscapes in Colombia. *Biological Conservation*, 232, 108-116. doi:10.1016/j.biocon.2019.01.030
- Boron, V., Tzanopoulos, J., Gallo, J., Barragan, J., Jaimes-Rodriguez, L., Schaller, G., & Payan, E. (2016). Jaguar Densities across Human-Dominated Landscapes in Colombia: The Contribution of Unprotected Areas to Long Term Conservation. *PLoS One*, 11(5), e0153973. doi:10.1371/journal.pone.0153973
- Bredin, Y. K., Lescureux, N., & Linnell, J. D. C. (2018). Local perceptions of jaguar conservation and environmental justice in Goiás, Matto Grosso and Roraima states (Brazil). *Global Ecology and Conservation*, 13, e00369. doi:10.1016/j.gecco.2017.e00369
- Burgas, A., Amit, R., & Lopez, B. C. (2014). Do attacks by jaguars *Panthera onca* and pumas *Puma concolor* (Carnivora: Felidae) on livestock correlate with species richness and relative abundance of wild prey? *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1459-1467. doi:10.15517/rbt.v62i4.13199
- Carrera-Trevino, R., Lira-Torres, I., Martinez-Garcia, L., & Lopez-Hernandez, M. (2016). El jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1451-1468. doi:10.15517/rbt.v64i4.21880
- Carrera-Treviño, R., Cavazos, J. J., Briones-Salas, M., & Lira-Torres, I. (2016). Registro actual del jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(1), 270-275. doi:10.1016/j.rmb.2016.01.023
- Carrillo, E., Fuller, T. K., & Saenz, J. C. (2009). Jaguar (*Panthera onca*) hunting activity: effects of prey distribution and availability. *Journal of Tropical Ecology*, 25(5), 563-567. doi:10.1017/s0266467409990137
- Carvalho, E. A. R., Zarco-González, M. M., Monroy-Vilchis, O., & Morato, R. G. (2015). Modeling the risk of livestock depredation by jaguar along the Transamazon highway, Brazil. *Basic and Applied Ecology*, 16(5), 413-419. doi:<https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.03.005>
- Cassaigne, I., Medellín, R. A., Thompson, R. W., Culver, M., Ochoa, A., Vargas, K., . . . Torres-Gómez, A. (2016). Diet of pumas (*Puma concolor*) in Sonora, Mexico, as determined by GPS kill sites and molecular identified scat, with comments on jaguar (*Panthera onca*) diet. *The Southwestern Naturalist*, 61(8), 125-132. doi:10.1894/0038-4909-61.2.125
- Castillo, A., Bullen-Aguiar, A. A., Peña-Mondragon, J. L., & Gutierrez-Serrano, N. (2020). The social component of social-ecological research: moving from the periphery to the center. *Ecology and Society*, 25(1). doi:10.5751/ES-11345-250106
- Cavalcanti, S. M. C., & Gese, E. M. (2010). Kill rates and predation patterns of jaguars (*Panthera onca*) in the southern Pantanal, Brazil. *Journal of Mammalogy*, 91(3), 722-736. doi:10.1644/09-mamm-a-171.1
- Ceballos, G., de la Torre, J. A., Zarza, H., Huerta, M., Lazcano-Barrero, M. A., Barcenas, H., . . . Caso, A. (2021). Jaguar distribution, biological corridors and protected areas in Mexico: from science to public policies. *Landscape Ecology*, 36(11), 3287-3309. doi:10.1007/s10980-021-01264-0
- Ceballos, G., Zarza, H., Chavez, C., & Gonzalez-Maya, J. F. (2016). Ecology and Conservation of jaguars in Mexico. *Tropical Conservation: Perspectives on Local and Global Priorities*, 273.
- Ceballos, G., Zarza, H., Gonzalez-Maya, J. F., de la Torre, J. A., Arias-Alzate, A., Alcerreca, C., . . . Torres-Romero, E. J. (2021). Beyond words: From jaguar population trends to

- conservation and public policy in Mexico. *PLoS One*, 16(10), e0255555. doi:10.1371/journal.pone.0255555
- Chavez, C., & Zarza, H. (2009). Distribución potencial del hábitat del jaguar y áreas de conflicto humano-jaguar en la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)*, 13(1), 46-62. doi:10.22201/ie.20074484e.2009.13.1.35
- Colquhoun, H. L., Levac, D., O'Brien, K. K., Straus, S., Tricco, A. C., Perrier, L., . . . Moher, D. (2014). Scoping reviews: time for clarity in definition, methods, and reporting. *Journal of clinical epidemiology*, 67(12), 1291-1294. doi:10.1016/j.jclinepi.2014.03.013
- Conforti, V. A., & Cesar Cascelli de Azevedo, F. (2003). Local perceptions of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in the Iguaçu National Park area, south Brazil. *Biological Conservation*, 111(2), 215-221. doi:10.1016/s0006-3207(02)00277-x
- Cullen, L., Jr., Stanton, J. C., Lima, F., Uezu, A., Perilli, M. L., & Akcakaya, H. R. (2016). Implications of Fine-Grained Habitat Fragmentation and Road Mortality for Jaguar Conservation in the Atlantic Forest, Brazil. *PLoS One*, 11(12), e0167372. doi:10.1371/journal.pone.0167372
- da Silveira, R., Ramalho, E., Thorbjarnarson, J., & Magnusson, W. E. (2010). Depredation by Jaguars on Caimans and Importance of Reptiles in the Diet of Jaguar. *Journal of Herpetology*, 44, 418-424. doi:10.1670/08-340.1
- De Angelo, C., Paviolo, A., & Di Bitetti, M. (2011). Differential impact of landscape transformation on pumas (*Puma concolor*) and jaguars (*Panthera onca*) in the Upper Paraná Atlantic Forest. *Diversity and Distributions*, 17(3), 422-436. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00746.x>
- De Angelo, C., Paviolo, A., Wiegand, T., Kanagaraj, R., & Di Bitetti, M. S. (2013). Understanding species persistence for defining conservation actions: A management landscape for jaguars in the Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 159, 422-433. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.021>
- De Azevedo, F. C. C. (2008). Food Habits and Livestock Depredation of Sympatric Jaguars and Pumas in the Iguaçu National Park Area, South Brazil. *BIOTROPICA*, 40(4), 494-500. doi:10.1111/j.1744-7429.2008.00404.x
- de Azevedo, F. C. C., & Murray, D. L. (2007). Spatial organization and food habits of jaguars (*Panthera onca*) in a floodplain forest. *Biological Conservation*, 137(3), 391-402. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.02.022>
- de Carvalho, E. A. R., & Morato, R. G. (2013). Factors Affecting Big Cat Hunting in Brazilian Protected Areas. *Tropical Conservation Science*, 6(2), 303-310. doi:10.1177/194008291300600210
- De La Torre, J. A., González-Maya, J. F., Zarza, H., Ceballos, G., & Medellín, R. A. (2018). The jaguar's spots are darker than they appear: assessing the global conservation status of the jaguar *Panthera onca*. *Oryx*, 52(2), 300-315.
- de la Torre, J. A., Núñez, J. M., & Medellín, R. A. (2017). Spatial requirements of jaguars and pumas in Southern Mexico. *Mammalian Biology*, 84, 52-60. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mambio.2017.01.006>
- de Matos, D., Ferreguetti, Á. C., & Rodrigues, F. H. G. (2020). Using an occupancy approach to identify poaching hotspots in protected areas in a seasonally dry tropical forest. *Biological Conservation*, 251, 108796-108796. doi:10.1016/j.biocon.2020.108796
- de Souza, J. C., da Silva, R. M., Gonçalves, M. P. R., Jardim, R. J. D., & Markwith, S. H. (2018). Habitat use, ranching, and human-wildlife conflict within a fragmented landscape in the Pantanal, Brazil. *Biological Conservation*, 217, 349-357. doi:10.1016/j.biocon.2017.11.019

- de Thoisy, B., Fayad, I., Clement, L., Barrioz, S., Poirier, E., & Gond, V. (2016). Predators, Prey and Habitat Structure: Can Key Conservation Areas and Early Signs of Population Collapse Be Detected in Neotropical Forests? *PLoS One*, *11*(11), e0165362. doi:10.1371/journal.pone.0165362
- dos Santos, F. R., Jácomo, A. d. A., & Silveira, L. (2008). Humans and jaguars in five Brazilian biomes: Same country, different perceptions. *Cat News*, *4*, 21-25.
- Eizirik, E., Haag, T., Santos, A. S., Salzano, F. M., Silveira, L., Azevedo, F., & Furtado, M. (2008). Jaguar Conservation Genetics. *Cat News*.
- Engel, M. T., Vaske, J. J., Bath, A. J., & Marchini, S. (2017). Attitudes toward jaguars and pumas and the acceptability of killing big cats in the Brazilian Atlantic Forest: An application of the Potential for Conflict Index2. *Ambio*, *46*(5), 604-612. doi:10.1007/s13280-017-0898-6
- Espinosa, S., Celis, G., & Branch, L. C. (2018). When roads appear jaguars decline: Increased access to an Amazonian wilderness area reduces potential for jaguar conservation. *PLoS One*, *13*(1), e0189740-e0189740. doi:10.1371/journal.pone.0189740
- Estrada, C. G. (2008). Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (Puma concolor) y el jaguar (Panthera onca) en la selva maya. *Revista Mexicana de Mastozoología*, *12*(1), 113-130. doi:10.22201/ie.20074484e.2008.12.1.48
- Farrell, L. E., Roman, J., & Sunquist, M. E. (2000). Dietary separation of sympatric carnivores identified by molecular analysis of scats. *Mol Ecol*, *9*(10), 1583-1590. doi:10.1046/j.1365-294x.2000.01037.x
- Flores-Armillas, V. H., Valenzuela-Galván, D., Peña-Mondragón, J. L., & López-Medellín, X. (2019). Human-wildlife conflicts in Mexico: Review of status and perspectives. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *7*(1). doi:10.19136/era.a7nl.2274
- Foster, R. J., Harmsen, B. J., & Doncaster, C. P. (2010a). Habitat Use by Sympatric Jaguars and Pumas Across a Gradient of Human Disturbance in Belize. *BIOTROPICA*, *42*(6), 724-731. doi:10.1111/j.1744-7429.2010.00641.x
- Foster, R. J., Harmsen, B. J., & Doncaster, C. P. (2010b). Sample-size effects on diet analysis from scats of jaguars and pumas. *Mammalia*, *74*(3), 317-321. doi:10.1515/mamm.2010.006
- Foster, R. J., Harmsen, B. J., Macdonald, D. W., Collins, J., Urbina, Y., Garcia, R., & Doncaster, C. P. (2014). Wild meat: a shared resource amongst people and predators. *Oryx*, *50*(1), 63-75. doi:10.1017/s003060531400060x
- Foster, R. J., Harmsen, B. J., Valdes, B., Pomilla, C., & Doncaster, C. P. (2010). Food habits of sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance. *Journal of Zoology*, *280*(3), 309-318. doi:10.1111/j.1469-7998.2009.00663.x
- García Del Valle, Y., Naranjo, E. J., Caballero, J., Martorell, C., Ruan-Soto, F., & Enriquez, P. L. (2015). Cultural significance of wild mammals in Mayan and mestizo communities of the Lacandon Rainforest, Chiapas, Mexico. *J Ethnobiol Ethnomed*, *11*, 36. doi:10.1186/s13002-015-0021-7
- Garla, R. C., Setz, E. Z. F., & Gobbi, N. (2001). Jaguar (Panthera onca) Food Habits in Atlantic Rain Forest of Southeastern Brazil1. *BIOTROPICA*, *33*(4), 691-696. doi:10.1111/j.1744-7429.2001.tb00226.x
- Garmendia, A., Arroyo-Rodríguez, V., Estrada, A., Naranjo, E. J., & Stoner, K. E. (2013). Landscape and patch attributes impacting medium- and large-sized terrestrial mammals in a fragmented rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, *29*(4), 331-344. doi:10.1017/s0266467413000370

- Garrote, G. (2012). Depredación del jaguar (*Panthera onca*) sobre el ganado en los llanos orientales de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 19(1).
- Gomez-Ortiz, Y., Monroy-Vilchis, O., & Mendoza-Martinez, G. D. (2015). Feeding interactions in an assemblage of terrestrial carnivores in central Mexico. *Zoological Studies*, 54, e16. doi:10.1186/s40555-014-0102-7
- Gonzalez, C. A. L., & Miller, B. J. (2002). Do jaguars (*Panthera onca*) depend on large prey? *Western North American Naturalist*, 62(2), 218-222.
- Gonzalez-Maya, J. F., Navarro-Arquez, E., & Schipper, J. (2010). Ocelots as prey items of jaguars: a case from Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 45, 1223-1229.
- Guilder, J., Barca, B., Arroyo-Arce, S., Gramajo, R., & Salom-Pérez, R. (2015). Jaguars (*Panthera onca*) increase kill utilization rates and share prey in response to seasonal fluctuations in nesting green turtle (*Chelonia mydas mydas*) abundance in Tortuguero National Park, Costa Rica. *Mammalian Biology*, 80(2), 65-72. doi:10.1016/j.mambio.2014.11.005
- Gutierrez-Gonzalez, C. E., & Lopez-Gonzalez, C. A. (2017). Jaguar interactions with pumas and prey at the northern edge of jaguars' range. *PeerJ*, 5, e2886. doi:10.7717/peerj.2886
- Harvey, R. G., Briggs-Gonzalez, V., & Mazzotti, F. J. (2016). Conservation payments in a social context: determinants of tolerance and behavioural intentions towards wild cats in northern Belize. *Oryx*, 51(4), 730-741. doi:10.1017/s0030605316000545
- Hayward, M. W., Kamler, J. F., Montgomery, R. A., Newlove, A., Rostro-García, S., Sales, L. P., & Van Valkenburgh, B. (2016). Prey preferences of the jaguar *Panthera onca* reflect the post-Pleistocene demise of large prey. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 148. doi:10.3389/fevo.2015.00148
- Hernandez-SaintMartin, A. D., Rosas-Rosas, O. C., Palacio-Nuñez, J., Tarango-Arambula, L. A., Clemente-Sanchez, F., & Hoogesteijn, A. L. (2015). Food habits of jaguar and puma in a protected area and adjacent fragmented landscape of Northeastern Mexico. *Natural Areas Journal*, 35(2), 308-317. doi:10.3375/043.035.0213
- Herrera, H., Chávez, E. J., Alfaro, L. D., Fuller, T. K., Montalvo, V., Rodrigues, F., & Carrillo, E. (2018). Time partitioning among jaguar *Panthera onca*, puma *Puma concolor* and ocelot *Leopardus pardalis* (Carnivora: Felidae) in Costa Rica's dry and rainforests. [Separación temporal del jaguar *Panthera onca*, puma *Puma concolor* y ocelote *Leopardus pardalis* (Carnivora: Felidae) en los bosques tropicales húmedos y secos de Costa Rica]. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1559-1568. doi:10.15517/rbt.v66i4.32895
- Hoogesteijn, R., Hoogesteijn, A., Tortato, F., Garrido, E. P., Jedrzejewski, W., Marchini, S., . . . Lasso, C. (2016). Consideraciones sobre la peligrosidad del jaguar para los humanos. Quién es letal para quién? *Conflicto entre felinos y humanos en América Latina*, 445-466.
- INEGI. (2009a). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Ignacio, Sinaloa*.
- INEGI. (2009b). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Concordia Sinaloa*.
- Inskip, C., & Zimmerman, A. (2009). Human-felid conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx*, 43, 18-34. doi:10.1017/S003060530899030X
- Iseron, K. V., & Francis, A. M. (2015). Jaguar attack on a child: case report and literature review. *West J Emerg Med*, 16(2), 303-309. doi:10.5811/westjem.2015.1.24043

- Jędrzejewski, W., Boede, E. O., Abarca, M., Sánchez-Mercado, A., Ferrer-Paris, J. R., Lampo, M., . . . Schmidt, K. (2017). Predicting carnivore distribution and extirpation rate based on human impacts and productivity factors; assessment of the state of jaguar (*Panthera onca*) in Venezuela. *Biological Conservation*, 206, 132-142. doi:10.1016/j.biocon.2016.09.027
- Jędrzejewski, W., Carreño, R., Sánchez-Mercado, A., Schmidt, K., Abarca, M., Robinson, H. S., . . . Zambrano-Martínez, S. (2017). Human-jaguar conflicts and the relative importance of retaliatory killing and hunting for jaguar (*Panthera onca*) populations in Venezuela. *Biological Conservation*, 209, 524-532. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.03.025>
- Jędrzejewski, W., Puerto, M. F., Goldberg, J. F., Hebblewhite, M., Abarca, M., Gamarra, G., . . . Schmidt, K. (2017). Density and population structure of the jaguar (*Panthera onca*) in a protected area of Los Llanos, Venezuela, from 1 year of camera trap monitoring. *Mammal Research*, 62. doi:10.1007/s13364-016-0300-2
- Jędrzejewski, W., Robinson, H. S., Abarca, M., Zeller, K. A., Velasquez, G., Paemelaere, E. A. D., . . . Quigley, H. (2018). Estimating large carnivore populations at global scale based on spatial predictions of density and distribution - Application to the jaguar (*Panthera onca*). *PLoS One*, 13(3), e0194719. doi:10.1371/journal.pone.0194719
- Jorge, M. L. S. P., Galetti, M., Ribeiro, M. C., & Ferraz, K. M. P. M. B. (2013). Mammal defaunation as surrogate of trophic cascades in a biodiversity hotspot. *Biological Conservation*, 163, 49-57. doi:10.1016/j.biocon.2013.04.018
- Khorozyan, I., Ghoddousi, A., Soofi, M., & Waltert, M. (2015). Big cats kill more livestock when wild prey reaches a minimum threshold. *Biological Conservation*, 192, 268-275. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.09.031>
- Kitchener, A. C., Breitenmoser-Würsten, C., Eizirik, E., Gentry, A., Werdelin, L., Wilting, A., . . . Driscoll, C. (2017). A revised taxonomy of the Felidae: The final report of the Cat Classification Task Force of the IUCN Cat Specialist Group. *Cat News*.
- Knox, J., Negrões, N., Marchini, S., Barboza, K., Guanacoma, G., Balhau, P., . . . Glikman, J. A. (2019). Jaguar Persecution Without “Cowflict”: Insights From Protected Territories in the Bolivian Amazon. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7(494). doi:10.3389/fevo.2019.00494
- Krafte, K., Larson, L. R., & Powell, R. B. (2018). Characterizing conflict between humans and big cats *Panthera* spp: A systematic review of research trends and management opportunities. *PLoS One*, 13(9), e0203877-e0203877. doi:10.1371/journal.pone.0203877
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: advancing the methodology. *Implement Sci*, 5(1), 69. doi:10.1186/1748-5908-5-69
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., . . . Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000100. doi:10.1016/j.jclinepi.2009.06.006
- Marchini, S., & Macdonald, D. W. (2012). Predicting ranchers' intention to kill jaguars: Case studies in Amazonia and Pantanal. *Biological Conservation*, 147(1), 213-221. doi:10.1016/j.biocon.2012.01.002
- Marchini, S., & Macdonald, D. W. (2018). Mind over matter: Perceptions behind the impact of jaguars on human livelihoods. *Biological Conservation*, 224, 230-237. doi:10.1016/j.biocon.2018.06.001

- Medellin, R., Zarza, H., Chávez, C., & Ceballos, G. (2016). *El jaguar en el siglo XXI. La perspectiva continental*. Mexico: UNAM-FCE.
- Méndez R. I., D. N., L. Moreno y C. Sosa. (2006). *El Protocolo de Investigación. Linamientos para su elaboración y análisis*. (Trillas Ed.). México.
- Miranda, E. B., Jácomo, A., Tórreres, N., Alves, G., & Silveira, L. (2018). What are jaguars eating in a half-empty forest? Insights from diet in an overhunted caatinga reserve. *Journal of Mammalogy*, 99, 724-731. doi:10.1093/jmammal/gyy027
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., . . . Group, P.-P. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. doi:10.1186/2046-4053-4-1
- Mora, F. (2017). Nation-wide indicators of ecological integrity in Mexico: The status of mammalian apex-predators and their habitat. *Ecological Indicators*, 82, 94-105. doi:10.1016/j.ecolind.2017.06.030
- Morato, R. G., Connette, G. M., Stabach, J. A., De Paula, R. C., Ferraz, K. M. P. M., Kantek, D. L. Z., . . . Leimgruber, P. (2018). Resource selection in an apex predator and variation in response to local landscape characteristics. *Biological Conservation*, 228, 233-240. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.10.022>
- Navarro-Serment, C. J., López-González, C. A., Gallo-Reynoso, J.-P., & Jones, C. A. (2005). Occurrence of Jaguar (*Panthera Onca*) in Sinaloa, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 50(1), 102-106. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000227295200019
[https://bioone.org/journals/the-southwestern-naturalist/volume-50/issue-1/0038-4909\(2005\)050%3c0102%3aOOJPOI%3e2.0.CO%3b2/OCCURRENCE-OF-JAGUAR-PANTHERA-ONCA-IN-SINALOA-MEXICO/10.1894/0038-4909\(2005\)050%3C0102:OOJPOI%3E2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/the-southwestern-naturalist/volume-50/issue-1/0038-4909(2005)050%3c0102%3aOOJPOI%3e2.0.CO%3b2/OCCURRENCE-OF-JAGUAR-PANTHERA-ONCA-IN-SINALOA-MEXICO/10.1894/0038-4909(2005)050%3C0102:OOJPOI%3E2.0.CO;2.short)
- Neto, M. F., Garrone Neto, D., & Haddad, V., Jr. (2011). Attacks by jaguars (*Panthera onca*) on humans in central Brazil: report of three cases, with observation of a death. *Wilderness Environ Med*, 22(2), 130-135. doi:10.1016/j.wem.2011.01.007
- Novack, A. J., Main, M. B., Sunquist, M. E., & Labisky, R. F. (2005). Foraging ecology of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Journal of Zoology*, 267(2), 167-178. doi:10.1017/S0952836905007338
- Núñez, R., Miller, B., & Lindzey, F. (2006). Food habits of jaguars and pumas in Jalisco, Mexico. *Journal of Zoology*, 252(3), 373-379. doi:10.1111/j.1469-7998.2000.tb00632.x
- Olivera-Méndez, A. (2019). Conflictos entre grandes felinos y seres humanos en dos áreas naturales protegidas De México. *Agro Productividad*, 12(2). doi:10.32854/agrop.v12i2.1366
- Olsoy, P. J., Zeller, K. A., Hicke, J. A., Quigley, H. B., Rabinowitz, A. R., & Thornton, D. H. (2016). Quantifying the effects of deforestation and fragmentation on a range-wide conservation plan for jaguars. *Biological Conservation*, 203, 8-16. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.037>
- Osipova, L., & Sangermano, F. (2016). Surrogate species protection in Bolivia under climate and land cover change scenarios. *Journal for Nature Conservation*, 34, 107-117. doi:10.1016/j.jnc.2016.10.002
- Palmeira, F. B. L., & Barrella, W. (2007). Conflitos causados pela predação de rebanhos domésticos por grandes felinos em comunidades quilombolas na Mata Atlântica. [Conflicts caused by predation on domestic livestock by large cats in quilombola communities in the Atlantic Forest]. *Biota Neotropica*, 7(1).

- Palmeira, F. B. L., Crawshaw, P. G., Haddad, C. M., Ferraz, K. M. P. M. B., & Verdade, L. M. (2008). Cattle depredation by puma (*Puma concolor*) and jaguar (*Panthera onca*) in central-western Brazil. *Biological Conservation*, *141*(1), 118-125. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.09.015>
- Paviolo, A., Cruz, P., Iezzi, M. E., Martínez Pardo, J., Varela, D., De Angelo, C., . . . Di Bitetti, M. S. (2018). Barriers, corridors or suitable habitat? Effect of monoculture tree plantations on the habitat use and prey availability for jaguars and pumas in the Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, *430*, 576-586. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.029>
- Petz, A., Norconk, M. A., & Kinzey, W. G. (1992). Predation by jaguar on howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in Venezuela. *American Journal of Primatology*, *28*(3), 223-228. doi:10.1002/ajp.1350280307
- Peña-Mondragon, J. L., & Castillo, A. (2013). Depredación de ganado por jaguar y otros carnívoros en el noreste de México. *Therya*, *4*, 431-446. doi:10.12933/therya-13-153
- Perilli, M. L., Lima, F., Rodrigues, F. H., & Cavalcanti, S. M. (2016). Can Scat Analysis Describe the Feeding Habits of Big Cats? A Case Study with Jaguars (*Panthera onca*) in Southern Pantanal, Brazil. *PLoS One*, *11*(3), e0151814. doi:10.1371/journal.pone.0151814
- Petracca, L. S., Hernández-Potosme, S., Obando-Sampson, L., Salom-Pérez, R., Quigley, H., & Robinson, H. S. (2014). Agricultural encroachment and lack of enforcement threaten connectivity of range-wide jaguar (*Panthera onca*) corridor. *Journal for Nature Conservation*, *22*(5), 436-444. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.04.002>
- Pinheiro, C.-V. V. y. J. d. Q. (2004). Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable. . *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, *5*, 1-26.
- Polisar, J., de Thoisy, B., Rumiz, D. I., Santos, F. D., McNab, R. B., Garcia-Anleu, R., . . . Venegas, C. (2017). Using certified timber extraction to benefit jaguar and ecosystem conservation. *Ambio*, *46*(5), 588-603. doi:10.1007/s13280-016-0853-y
- Polisar, J., Maxit, I., Scognamillo, D., Farrell, L., Sunquist, M. E., & Eisenberg, J. F. (2003). Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biological Conservation*, *109*(2), 297-310. doi:[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00157-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00157-X)
- Quigley, H., Foster, R., Petracca, L. S., Payan, E., Salom, R., & Harmsen, B. (2018). *Panthera onca*. Retrieved from www.iucnredlist.org
- Rabinowitz, A., & Zeller, K. A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation*, *143*(4), 939-945. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.002>
- Rabinowitz, A. R. (1986). Jaguar predation on domestic livestock in Belize. *Wildlife Society Bulletin*, *14*(2), 170-174.
- Romero-Muñoz, A., Torres, R., Noss, A. J., Giordano, A. J., Quiroga, V., Thompson, J. J., . . . Velilla, M. (2019). Habitat loss and overhunting synergistically drive the extirpation of jaguars from the Gran Chaco. *Diversity and Distributions*, *25*(2), 176-190. doi:10.1111/ddi.12843
- Rosas-Rosas, O. C., Bender, L. C., & Valdez, R. (2008). Jaguar and Puma Predation on Cattle Calves in Northeastern Sonora, Mexico. *Rangeland Ecology & Management*, *61*(5), 554-560. doi:10.2111/08-038.1
- Rosas-Rosas, O. C., & Valdez, R. (2010). The role of landowners in jaguar conservation in Sonora, Mexico. *Conservation biology*, *24*(2), 366-371. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01441.x

- Roth, E. (2000). Psicología ambiental: interfase entre conducta y naturaleza. *Universidad Católica Boliviana*, 8, 11.
- Rueda, P., Mendoza, G. D., Martínez, D., & Rosas-Rosas, O. C. (2013). Determination of the jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) diet in a tropical forest in San Luis Potosí, Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, 41(4), 484-489. doi:10.1080/09712119.2013.787362
- Sanderson, E., Redford, K., Chetkiewicz, C., Medellin, R., Rabinowitz, A., Robinson, J., & Taber, A. (2002). Planning to Save a Species: the Jaguar as a Model. *Conservation in practice*.
- Santos, F., Carbone, C., Wearn, O. R., Rowcliffe, J. M., Espinosa, S., Lima, M. G. M., . . . Peres, C. A. (2019). Prey availability and temporal partitioning modulate felid coexistence in Neotropical forests. *PLoS One*, 14(3), e0213671. doi:10.1371/journal.pone.0213671
- Silver, S. C., Ostro, L. E., Marsh, L. K., Maffei, L., Noss, A., Kelly, M. J., . . . Ayala, G. (2004). The use of camera traps for estimating jaguar (*Panthera onca*) abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx*, 38, 148-154. doi:10.1017/S0030605304000286
- Sima-Panti, D. E., Contreras-Moreno, F. M., Coutino-Cal, C., Zuniga-Morales, J. A., Mendez-Saint Martin, G., & Reyna-Hurtado, R. A. (2020). Morelet's crocodile predation by jaguar in the Calakmul Biosphere Reserve in southeastern México. *Therya Notes*, 1(1), 8-10. doi:10.12933/therya_notes-20-3
- Sokal, R., & James Rohlf, F. (1984). Introducción a la bioestadística.
- Soto-Shoender, J. R., & Main, M. B. (2013). Differences in stakeholder perceptions of the jaguar *Panthera onca* and puma *Puma concolor* in the tropical lowlands of Guatemala. *Oryx*, 47(1), 109-112.
- Souza, F. C., & Azevedo, F. C. C. (2021). Hair as a tool for identification of predators and prey: a study based on scats of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*). [Pelos como ferramenta de identificação de predadores e presas: um estudo baseado em fezes de onças-pintadas (*Panthera onca*) e pumas (*Puma concolor*)]. *Biota Neotropica*, 21(1), e20201044-e20201044. doi:10.1590/1676-0611-BN-2020-1044
- Srbek-Araujo, A. C., Mendes, S. L., & Chiarello, A. G. (2015). Jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) roadkill in Brazilian Atlantic Forest and implications for species conservation. *Brazilian Journal of Biology* 75(3), 581-586. doi:10.1590/1519-6984.17613
- Steinberg, M. K. (2016). Jaguar conservation in Southern Belize: Conflicts, perceptions, and prospects among Mayan hunters. *Conservation and Society*, 14(1), 13-20.
- Taber, A. B., Novaro, A. J., Neris, N., & Colman, F. H. (1997). The Food Habits of Sympatric Jaguar and Puma in the Paraguayan Chaco. *BIOTROPICA*, 29(2), 204-213. doi:10.1111/j.1744-7429.1997.tb00025.x
- Thompson, J. J., Martínez, C., & Quigley, H. (2020). Anthropogenic factors disproportionately affect the occurrence and potential population connectivity of the Neotropic's apex predator: The jaguar at the southwestern extent of its distribution. *Global Ecology and Conservation*, 24. doi:10.1016/j.gecco.2020.e01356
- Torralvo, K., Botero-Arias, R., & Magnusson, W. E. (2017). Temporal variation in black-caiman-nest predation in varzea of central Brazilian amazonia. *PLoS One*, 12(8), e0183476. doi:10.1371/journal.pone.0183476
- Tortato, F. R., Layme, V. M. G., Crawshaw, P. G., & Izzo, T. J. (2015). The impact of herd composition and foraging area on livestock predation by big cats in the Pantanal of Brazil. *Animal Conservation*, 18(6), 539-547. doi:10.1111/acv.12207

- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., . . . Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med*, *169*(7), 467-473. doi:10.7326/M18-0850
- Van Driel, M. L., De Sutter, A., De Maeseeneer, J., & Christiaens, T. (2009). Searching for unpublished trials in Cochrane reviews may not be worth the effort. *Journal of clinical epidemiology*, *62*(8), 838-844. e833. doi:10.1016/j.jclinepi.2008.09.010
- van Eeden, L. M., Eklund, A., Miller, J. R. B., Lopez-Bao, J. V., Chapron, G., Cejtin, M. R., . . . Treves, A. (2018). Carnivore conservation needs evidence-based livestock protection. *PLoS biology*, *16*(9), e2005577. doi:10.1371/journal.pbio.2005577
- Villordo-Galván, J. A., Rosas-Rosas, O. C., Clemente-Sánchez, F., Martínez-Montoya, J. F., Tarango-Arámbula, L. A., Mendoza-Martínez, G., . . . Bender, L. C. (2010). The Jaguar (*Panthera onca*) in San Luis Potosí, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, *55*(3), 394-402. doi:10.1894/clg-30.1
- Weckel, M., Giuliano, W., & Silver, S. (2006). Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology*, *270*(1), 25-30. doi:10.1111/j.1469-7998.2006.00106.x
- Zamudio, M. G., Nájera, O., & Luja, V. H. (2020). Perspectivas sobre el jaguar (*Panthera onca*) en dos comunidades insertas en áreas para su conservación en Nayarit, México. *Sociedad y Ambiente*(23), 1-19. doi:10.31840/sya.vi23.2135
- Zanin, M., Palomares, F., & Brito, D. (2015). The jaguar's patches: Viability of jaguar populations in fragmented landscapes. *Journal for Nature Conservation*, *23*, 90-97. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.06.003>
- Zarco-Gonzalez, M. M., Monroy-Vilchis, O., & Alaniz, J. (2013). Spatial model of livestock predation by jaguar and puma in Mexico: conservation planning. *Biological Conservation*, *159*, 80-87. doi:10.1016/j.biocon.2012.11.007
- Zemanova, M. A., Perotto-Baldivieso, H. L., Dickins, E. L., Gill, A. B., Leonard, J. P., & Wester, D. B. (2017). Impact of deforestation on habitat connectivity thresholds for large carnivores in tropical forests. *Ecological Processes*, *6*(1). doi:10.1186/s13717-017-0089-1
- Zimmermann, A., Walpole, M. J., & Leader-Williams, N. (2005). Cattle ranchers' attitudes to conflicts with jaguar *Panthera onca* in the Pantanal of Brazil. *Oryx*, *39*(04), 406-412. doi:10.1017/s0030605305000992

CAPITULO 3. IMPACTO DEL ATROPELLAMIENTO DE UNA CRÍA DE JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) EN LAS REDES SOCIALES Y LAS COMUNIDADES DE SINALOA, MÉXICO

Impact of the roadkill of a jaguar cub (*Panthera onca*) on social networks and the inhabitants of Sinaloa, México

Yamel Rubio-Rocha^{1,2}, Cuauhtémoc Chávez-Tovar^{3*}, Soila Gaxiola-Camacho¹, Mariana Ayala-Rubio^{4,5}, Daniel Alvarado-Hidalgo⁶, Alexis Pérez-Camacho⁶, and Jesús Sicairos-López⁵

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Blvd. San Ángel 3886, C. P. 80260. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: yamel@uas.edu.mx (YR-R); soilagaxiola@uas.edu.mx (SG-C).

²Cuerpo Académico Ecología Molecular y Biotecnología, Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Calzada de las Américas y Universitarios, Ciudad Universitaria, C. P. 80040. Culiacán, Sinaloa, México.

³Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Av. de las Garzas 10, C. P. 52005. Lerma de Villada, México. E-mail: j.chavez@correo.ler.uam.mx (CCh-T).

⁴Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar, Instituto de Ecología, UNAM. Ciudad Universitaria, C. P. 04510. Coyoacán, Ciudad de México. E-mail: est.valeria.ayala@uas.edu.mx (MA-R).

⁵Fundación Sinaloense para la Conservación de la Biodiversidad (FUSCBIO, A. C.). Tales de Mileto 1684, C. P. 80010. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: jesus_12_05_88@hotmail.com (JS-L).

⁶Grupo de Biólogos Organizados. Villa El Fuerte 3250, C. P. 80028. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: danielhidalgo973@gmail.com (DA-H); est.alexis.perez@uas.edu.mx (AP-C).

*Corresponding autor

ABSTRACT

Vehicle traffic on roads is a risk factor for wildlife; the death of wild animals by collision involves direct adverse effects at the population level, especially for endangered species such as the jaguar (*Panthera onca*). This note reports the first roadkill record of a jaguar cub and its impact on the inhabitants of southern Sinaloa, México. The collision occurred in November 2020 on the road running adjacent to the Meseta de Cacaxtla Ecological Reserve. Information on the jaguar cub roadkill was distributed by the people that rescued the corpse and media awareness. About 50 thousand people were reached or informed through social networks. Environmental education workshops, conferences, and webinars were conducted in several villages across the region to raise awareness and for drivers to take precautions to prevent accidents threatening the well-being of wild fauna and road users.

Key words: Conservation; feline; mortality; roads; rural communities; social networks.

RESUMEN

El tráfico vehicular en carreteras se ha evidenciado como un factor de riesgo más para la fauna silvestre; las muertes por atropellamiento de individuos pueden tener impactos negativos directos a nivel poblacional, sobre todo para aquellas especies en peligro de extinción, como es el jaguar (*Panthera onca*). El objetivo de este documento es dar a conocer el primer registro de atropellamiento de una cría de jaguar y el impacto que generó en comunidades del sur de Sinaloa, México. El accidente ocurrió en noviembre de 2020 en una carretera colindante a la reserva ecológica Meseta de Cacaxtla. Las personas involucradas en el rescate del cuerpo y los medios de comunicación dieron a conocer la muerte de la cría. Cerca de 50 mil personas fueron alcanzadas / informadas en redes sociales; en los pueblos de la región se llevaron a cabo talleres de educación ambiental, conferencias y webinars, dirigidos a sensibilizar y tomar precauciones para evitar accidentes que comprometan el bienestar de la fauna y los transeúntes en carretera.

Palabras clave: Carreteras; comunidades rurales; conservación; felino; mortalidad; redes sociales.

INTRODUCTION

The jaguar (*Panthera onca*) is the most admired feline throughout the history of humankind in America ([Saunders 2005](#); [Olivier 2016](#)). It plays a key role in the structure of the ecosystems where they thrive ([Miller and Rabinowitz 2002](#); [Ripple et al. 2014](#); [Cruz et al. 2021](#)) and is the focus of research and conservation efforts at continental and national levels ([Medellín et al. 2016](#); [Paviolo et al. 2016](#); [Ceballos et al. 2021a](#)).

In México, the original distribution range of the jaguar used to comprise a vegetation continuum ranging from dry forests in Sonora to tropical rainforests in the southeast ([Ceballos et al. 2016](#)). However, this area has been reduced, and jaguar populations are currently threatened by multiple factors such as poaching, habitat destruction by changes in land use, cattle-jaguar conflicts, and the construction of infrastructure ([de la Torre et al. 2017](#); [Peña-Mondragón et al. 2017](#); [Quigley et al. 2017](#); [SEMARNAT 2019](#)). The latter includes the opening of roads that impairs the connectivity and fragments natural landscapes, creating barriers that reduce the ability of wild animals to move in the habitat to meet their needs (food, shelter), ultimately leading to their death. Several feline species involved in roadkills have been recorded, including the ounce (*Herpailurus yagouaroundi*) and lynx (*Lynx rufus*; [González-Gallina and Hidalgo-Mihart 2018](#)). The anthropization of nature alters essential habitats for wildlife ([Ceballos et al. 2021b](#)), including the construction of infrastructure for the production and transportation of goods and people ([González-Gallina and Hidalgo-Mihart 2018](#); [Filius et al. 2020](#)).

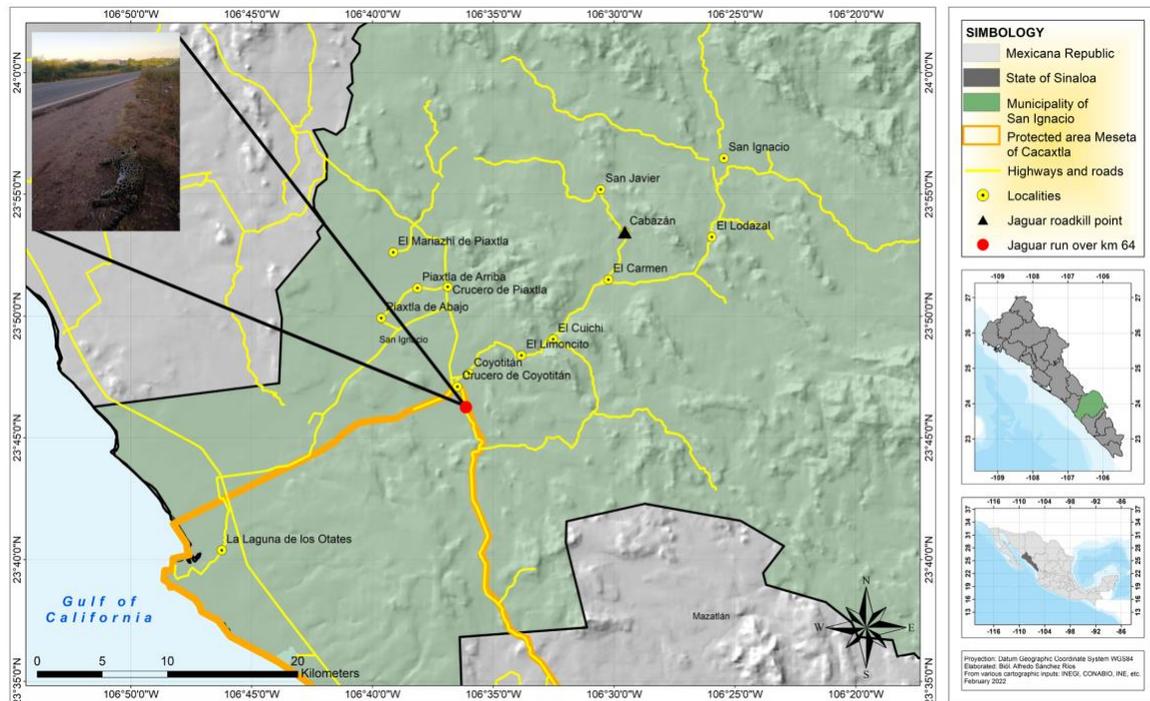
Wildlife death from road accidents can have direct impacts on their populations. Road mortality has been reported as one of the most serious hazards for many threatened species, such as ocelots (*Leopardus pardalis*) and Florida panthers (*Puma concolor coryi*) in the United States, whose mortality is as high as 32 % ([Clevenger et al. 2008](#)). In Latin America, research addressing this issue is at a very early stage ([Abra et al. 2021](#)); in México, knowledge is being generated regarding the impacts of vehicles ([González-Gallina and Hidalgo-Mihart 2018](#); [Cupul-Magaña 2019](#); [Canales-Delgado et al. 2020](#); [Preciado and Romero 2020](#)) and actions are being taken to prevent wildlife losses on roads ([González-Gallina et al. 2013](#); [Pacheco et al. 2016](#); [Manteca-Rodríguez et al. 2021](#)).

In some regions of México, scientific research has been supplemented by cultural activities and actions to promote the dissemination of information and environmental education (Briones-Salas et al. 2011; Peña-Mondragón et al. 2017; Castillo et al. 2020; Zamudio et al. 2020). These measures have raised awareness among individuals and social groups, who have recognized the jaguar as an important species in the contemporary natural and cultural landscapes of México (Morales and Morales 2018). This note describes the effect of a roadkill event involving a jaguar cub on a number of actions to conserve this species in Sinaloa (DCS 2020).

METHODS

The present research was conducted in the San Ignacio municipality, in the southern region of the state of Sinaloa, México (Figure 1). This area comprises 4,651 km² with landscapes of the Pacific coastal plains and high mountains in the Sierra Madre Occidental. The prevailing climate in the study area is warm sub-humid, being semi-dry on foothills and coastal plains and temperate in mountainous areas. The mean annual temperature ranges between 22 °C and 26 °C, and the mean annual precipitation is between 700 and 1,000 mm. There are two clearly defined seasons: rainy in summer and part of autumn and dry the rest of the year. Dry forests are the dominant vegetation, and pine-oak forests are distributed in high-mountain temperate areas (Rzedowski 2006). The towns with the largest number of inhabitants are Estación Dimas, Piaxtla, Coyotitán, and San Ignacio (the municipal capital); the total population in the San Ignacio municipality is 23,355 inhabitants (INEGI 2010).

The jaguar cub was road-killed in the early morning hours of 5 November 2020. A. Loaiza, a local inhabitant, found it at 6:30 hr lying on the road at km 64 of the México 015 federal highway, Coyotitán-Mazatlán section, Sinaloa (23° 47' 18.86" N, 106° 36' 42.02" W; Figures 1 and 2).



he

jaguar cub roadkill event. Prepared by A. Sánchez.

RESULTS AND DISCUSSION

This work is the first to record in detail the roadkill of a jaguar cub on a highway in México. The specimen was a male of approximately 100 days of age, with a weight of 8.5 kg and a body length of 1.5 m from the nose to the tip of the tail. This event was informed to the staff of the Museo del Jaguar (Jaguar Museum), the Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Federal Attorney's Office for Environmental Protection; PROFEPA, in Spanish), and the Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (National Commission of Natural Protected Areas; CONANP, in Spanish), particularly the direction of the Meseta de Cacaxtla Flora and Fauna Protection Area (APFFMC, in Spanish). The road section where the roadkill occurred is part of the border delimiting the polygon of the APFFMC protected area, which comprises 50,000 ha of tropical deciduous forest and is a key habitat for the conservation of populations of jaguar and other felines at risk, such as the ocelot, margay (*Leopardus wiedii*), and jaguarundi (*H. yagouaroundi*; Rubio-Rocha *et al.* 2010).

In years prior to the jaguar cub roadkill ([Armenta 2020](#); [Redacción/Sin Embargo 2020](#)), anecdotal evidence of the roadkills of 4 adult jaguars and 2 cubs was found. These 6 specimens include one adult that was road-killed in 2014 at kilometer 59 of the México 015 highway, at the periphery of the APFFMC (G. Corrales-Herrera, com. pers.). On 25 July 2016, a CONANP staff recorded the roadkill of 1 female jaguar with 2 cubs at kilometer 36 of the Mazatlan-Culiacán highway (México 15D) and 1 male jaguar at kilometer 32 of the same road on 19 September of the same year (M. Amador-Medina, webinar of the third Road Ecology Workshop). In 2017, the death of 1 adult male in the Concordia municipality was reported ([Entreveredas 2017](#); [Rasnoticias 2017](#)).

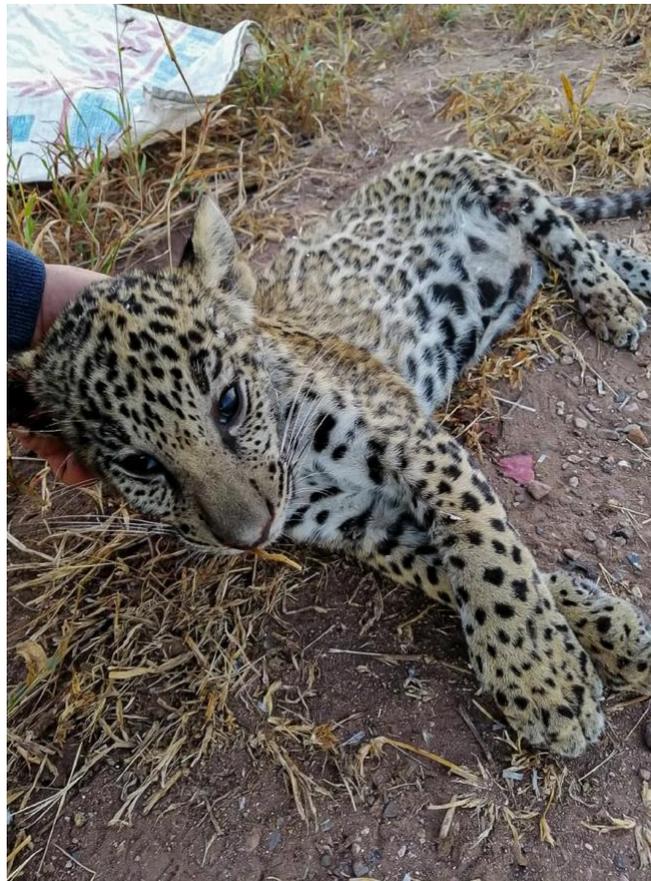


Figure 2. Road-killed jaguar cub on the México 015 federal highway at km 64 of the Coyotitán-Mazatlan section, Sinaloa, México. Photograph by A. Loaiza.

Sinaloa has a road network of 16,837 km, of which 4,866 km are paved roads plus 11,971 km of gravel rural and dirt roads ([INEGI 2017](#)). The México 015 highway

comprises 656 km and runs throughout the state, from the north in the Ahome municipality to the south in Escuinapa; the length of the section that crosses the San Ignacio municipality is 41 km (INEGI 2017). This information gives an idea of the extent of the paved road network and the potential risk for the conservation of the jaguar and the wildlife that crosses it (Canales-Delgado *et al.* 2020). Some animals are attracted to roadsides where grass and food resources consumed by deer and other herbivores grow, posing the risk of being hit and killed by vehicles (Gottdenker *et al.* 2001; Toro-Garay *et al.* 2021). Certain species, such as the jaguar, are rarely observed after a collision event. Sometimes, corpses are removed (legally or illegally) before the road maintenance crew finds them (Abra *et al.* 2021) for the economic value of the skin and fangs; in other cases, the animal affected does not die immediately and seeks shelter in the surrounding vegetation. Abra *et al.* (2021) conducted thorough research on the roads of Sao Paulo, Brazil, over 10 years of monitoring and did not record jaguar roadkills. However, these authors found one report of 2 dead jaguar cubs in the databases of the company in charge of man aging the roads and estimated more than 37 thousand road-killed mammals in 27 10-km sections out of a total of 199,371 km of road.

The road-killed jaguar cub caught the attention of society, even though it occurred during the SARS-CoV-2 pandemic (DCS 2020; Ortiz 2020), triggering the launch of the #IBrakeForTheJaguar campaign. The people of the communities of San Ignacio municipality, following the health protocols and with the collaboration of several institutions, organized educational activities to raise awareness about wildlife-vehicle collisions. On November 12, 2020, within the framework of the International Jaguar Day, the campaign #IBrakeForTheJaguar (Museo del Jaguar 2020a) was launched on the media and digital platforms, with the support of the Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar (National Alliance for Jaguar Conservation) and Biofutura organization. During this event, with the collaboration of local inhabitants, 150 posters were affixed at various road crossings, starting in the Crucero de Piaxtla community (Figure 3). As a result, more than 150 drivers were informed about the jaguar cub roadkill, the importance of slowing down when traveling through signposted wildlife passages, and being alert to spot the crossing of any animal. Additionally, 6 exhibitions were held, including environmental education workshops, in the communities of Ajoja,

La Labor, El Carmen, Cabazán, San Javier, and San Ignacio municipal capital, with the participation of around 400 children and adults ([Leyva 2020](#); [Tenorio 2020](#)). With the appropriate permits, taxidermy was performed on the specimen, which was exhibited in the Jaguar Museum of Cabazán (Museo del Jaguar) to attract attention and raise awareness about the impacts of road accidents.

Informative videos were produced on the ecological and cultural importance of the jaguar, the threats that put it at risk, and the actions to support the conservation of its populations. Online meetings were promoted on digital platforms (Facebook and Zoom). On the Museo del Jaguar Facebook page, news of the road-killed cub was posted, reaching a large number of people. The digital administrator statistics show that the news was seen by 48,884 users and shared 272 times; 2,198 comments were also posted, and 7,531 clicks were recorded in digital posts ([Museo del Jaguar 2020b](#)).

As a result of the jaguar cub roadkill event, the Direction of the APFFMC Reserve monitored 107 km of roads on 12 occasions and recorded 92 roadkill events of 31 species, including 11 raccoons, 8 boas, and 5 rattlesnakes (S. González-Palacios, webinar of the third Road Ecology Workshop). These findings reflect the extent of the issue for wild mammals and other vertebrate species ([Leyva 2021](#)).

Roads in Sinaloa pose a hazard for jaguar and other wildlife populations; the vast majority of roads do not include wildlife passages and signaling to guide and inform about the possibility of animals crossing the road. An additional risk factor is the poaching facing these natural predators because they are considered potential threats to livestock, even without actual evidence ([Inskip and Zimmermann 2009](#); [Puc-Sánchez *et al.* 2013](#)). Therefore, it is necessary to promote new forms of human-jaguar coexistence. Socio-environmental assessments should be performed to define participatory strategies that consider the needs of people and wildlife to mitigate wildlife species loss, including America's big cat — the jaguar ([Castillo *et al.* 2020](#); [Ceballos *et al.* 2020](#); [PNUMA 2021](#)). Jaguar roadkills are seemingly sporadic events in the study region. Nonetheless, the adverse effect of the loss of even a single specimen is serious enough for the local jaguar population, which is extremely small, from 0.75 to 3.3 individuals per 100 km² ([Chávez *et al.* 2016](#)). Therefore, measures for its long-term conservation are of paramount importance and urgent.



Figure 3. Informative poster about the sites identified as wildlife crossings and participants in the #IBrakeForTheJaguar campaign in the San Ignacio municipality, Sinaloa, México. Photograph by A. Pérez.

The use of digital strategies and communication actions is an instrument that allows sharing information quickly over large distances to a large number of people, objectively and assertively in the best case (Larena 2010). The dissemination of socio-environmental news, such as the jaguar cub roadkill, can foster changes in social perception and behavior (Peña-Mondragón *et al.* 2017; Whitehouse-Tedd *et al.* 2021) to avoid or reduce road-related risks, which claim lives of wildlife and road users (Ament *et al.* 2021).

Acknowledgements

To Á. Cruz-Morelos†, who sowed the seed for the conservation and love of the jaguar in rural communities of Sinaloa; to A. Loaiza-Sánchez and the El Carmen community for the rescue and delivery of the corpse of the jaguar cub; Y. Tenorio for media coverage; A. Ángulo-Calleros for the development of outreach materials; J. C. Aispuro-Lizárraga and C. Barraza-Tizoc for their assistance in the management of the specimen; U. Tovar and A. Arreguín for taxidermy work; to M. Luna-Krauletz of C. A. “Ciencias Biológicas” of the Institute of Environmental Studies at Universidad de

la Sierra de Juárez, Oaxaca, for their enriching contribution to the document; C. Pacheco Figueroa and J. Valdez-Leal of the C. A. “Conservación y Gestión” at Universidad Juárez Autónoma de Tabasco for the support in the drafting; and the anonymous reviewers who improved this document. Y. Rubio-Rocha thanks CONACyT for the National Grant (code 84208) awarded; this research is part of his research for the PhD degree in Agricultural Sciences at Colegio de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma de Sinaloa. M. E. Sánchez-Salazar translated the manuscript into English.

LITERATURE CITED

Abra, F., *et al.* 2021. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo State, Brazil. *Heliyon* 7:1-12.

Ament, R. *et al.* 2021. Highway crossing structures for wildlife: opportunities for improving driver and animal safety. US Department of Agriculture, Forest Service-ARC Solutions- Montana State University. Albany, California, U.S.A.

Armenta, A. 2020. Atropellan a jaguar bebé en San Ignacio y muere; bióloga hace un llamado de sensibilización. [https:// www.noroeste.com.mx/culiacan/atropellan-a-jaguar-bebe-en-san-ignacio-y-muere-biologa-hace-un-llamado-de-sensibilizacion-CANO1213753](https://www.noroeste.com.mx/culiacan/atropellan-a-jaguar-bebe-en-san-ignacio-y-muere-biologa-hace-un-llamado-de-sensibilizacion-CANO1213753). Accessed November 8, 2020.

Briones-Salas, M., *et al.* 2011. Estudios del Jaguar en Oaxaca. 1a. Ed. Provedora Gráfica de Oaxaca. Oaxaca, México.

Canales-Delgadillo, J., *et al.* 2020. Muertes por tráfico sobre la carretera costera del golfo de México: ¿Cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo?. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91:4-9.

Castillo, A., *et al.* 2020. The social component of socialecological. research: moving from the periphery to the center. *Ecology and Society* 25:6.

Ceballos, G., *et al.* 2016. Ecology and conservation of jaguars in Mexico. Pp. 273-289 *in* Tropical Conservation: Perspectives on Local and Global Priorities (Aguirre, A., and R. Sukumar, eds.). Oxford University Press. New York, U.S.A.

Ceballos, G., P. R. Ehrlich, and P. H. Raven. 2020. Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117:13596-13602.

Ceballos, G. *et al.* 2021a. Beyond words: From jaguar population trends to conservation and public policy in Mexico. *PLoS One* 16:e0255555.

Ceballos, G., A. Ehrlich, and P. R. Ehrlich. 2021b. La aniquilación de la naturaleza. La extinción de aves y mamíferos por el ser humano. Océano. Tlalnepantla de Baz, México.

Chávez, C., *et al.* 2016. Distribución y estado de conservación del jaguar en México. Pp. 47-92 *in* El jaguar en el siglo XXI. La perspectiva continental (Medellín, R. A. *et al.* coords.). Ediciones Científicas Universitarias UNAM-FCE. México City, México.

Clevenger, A., *et al.* 2008. Wildlife-vehicle collision reduction study. Report to Congress. No. FHWA-HRT- 08-034. Washington D. C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/08034/index.cfm>. Accessed March 4, 2022.

Cruz, C., *et al.* 2021. Top predator ecology and conservation: Lesson from jaguars in southeastern Mexico. *Conservation Science and Practice* e328:1-12.

Cupul-Magaña, F. 2019. Registro del atropellamiento de *Herpailurus yagouarundi* (Carnivora: Felidae) en la zona suburbana de Puerto Vallarta, México. *Mammalogy Notes* 5:16-19.

de la Torre, A., J. Núñez, and R. A. Medellín. 2017. Habitat availability and connectivity for jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Mayan Forest: Conservation priorities for a fragmented landscape. *Biological Conservation* 206:270-282.

Dirección General de Comunicación Social de la Universidad Autónoma de Sinaloa (DCS). 2020. Jóvenes de Biología emprenden campaña “Yo freno por el jaguar” en el municipio de San Ignacio. <https://dcs.uas.edu.mx/noticias/2966/jovenes-de-biologia-emprenden-campana-yo-freno-por-el-jaguar-en-el-municipio-de-san-ignacio>.

Accessed October 3, 2021.

Entreveredas. 2017. Destroza auto a jaguar en carretera de Concordia. <https://www.entreveredas.com.mx/2017/04/destroza-auto-jaguar-en-carretera-de.html>. Accessed October 3, 2021.

Filius, J., *et al.* 2020. Wildlife roadkill patterns in a fragmented landscape of the Western Amazon. *Ecology and Evolution* 10:6623-6635.

González-Gallina, A., *et al.* 2013. The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biodiversity and Conservation* 22:325-342.

González-Gallina, A., and M. G. Hidalgo-Mihart. 2018. A Review of Road-killed Felids in Mexico. *Therya* 9:147-159.

Gottdenker, N., R. Wallace, and H. Gómez. 2001. La importancia de los atropellos para la ecología y conservación: *Dinomys branickii* un ejemplo de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 35:61-67.

Inskip, C., and A. Zimmermann. 2009. Human-felid conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx* 43:18-34.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Ignacio, Sinaloa. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 25016. México City, México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=70282529314>. Accessed April 12, 2022.

Leyva, E. 2021. Durante la segunda mitad de 2020, en la Meseta de Cacaxtla se registraron 92 especies atropelladas. Noroeste sitio web. <https://www.noroeste.com.mx/culiacan/durante-la-segunda-mitad-de-2020-en-la-meseta-de-cacaxtla-se-registraron-92-especies-atropelladas-CBNO1224897>. Accessed October 7, 2020.

Manteca-Rodríguez, M., *et al.* 2021. Wildlife use of drainage structures under 2 sections of federal highway 2 in the Sky Island region of Northeastern Sonora, Mexico. *Air, Soil and Water Research* 14:1-9.

- Medellín, R., *et al.* 2016. El jaguar en el siglo XXI. La perspectiva continental. Ediciones Científicas Universitarias UNAM-FCE. México City, México.
- Miller, B., and A. Rabinowitz. 2002. ¿Por qué conservar al Jaguar? Pp. 303-315 *in* El Jaguar en el Nuevo Milenio (Medellín, R. A. *et al.*, comps.). Fondo de Cultura Económica. Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society. México City, México.
- Morales, A., and J. Morales. 2018. Patrimonio cultural y biodiversidad; el caso del jaguar mexicano. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado* 53:973-999.
- Museo del Jaguar. 2020a. Lamentable suceso. <https://www.facebook.com/MuseodelJaguar/photos/2831289683820977>. Accessed October 3, 2021.
- Museo del Jaguar. 2020b. Fotografía de actividades. <https://www.facebook.com/MuseodelJaguar/photos/a.2125374811079138/2847917515491527>. Accessed November 29, 2021.
- Olivier, G. 2016. Noches del rey jaguar. *Artes de México* 121:10-15.
- Ortiz, M. 2020. "UAS lleva a cabo campaña Yo freno por el jaguar en San Ignacio". <https://www.elsoldesinaloa.com.mx/local/uas-lleva-a-cabo-compana-yo-freno-por-el-jaguar-en-san-ignacio-6016416.html>. Accessed October 10, 2021.
- Pacheco, C., *et al.* 2016. Las carreteras mortales para la fauna. *Perspectiva científica desde la UJAT* 4:477-487.
- Paviolo, A., *et al.* 2016. A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. *Scientific Reports* 6:1-16.
- Peña-Mondragón, J., *et al.* 2017. Livestock predation by jaguars *Panthera onca* in south-eastern Mexico: the role of local peoples practices. *Oryx* 51:254-262.
- Preciado, M. A., and J. Romero. 2020. Registro de zorrillo pigmeo (*Spilogale pygmaea*) en Compostela, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)* 10:53-58.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2021. Hacer las paces con la naturaleza: Plan científico para hacer frente a las emergencias del clima, la biodiversidad y la contaminación. Naciones Unidas. Nairobi, Kenya.
- Puc-Sánchez, J. I., *et al.* 2013. Las carreteras como una fuente de mortalidad de fauna silvestre en México. *Biodiversitas* 111:12-16.

Quigley, H., *et al.* 2017. *Panthera onca*. In: IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. 2021.2. <https://www.iucnredlist.org/species/15953/123791436>. Accessed October 3, 2021.

Rasnoticias. 2017. Este es el jaguar que murió atropellado al sur de Mazatlán. <https://rasnoticias.com/este-es-el-jaguar-que-murio-atropellado-al-sur-de-mazatlan/>. Accessed October 3, 2021.

Redacción/Sin embargo. 2020. Cachorro de jaguar muere atropellado en carretera de Sinaloa; bióloga llama a cuidar a la especie. <https://www.sinembargo.mx/06-11-2020/3889612>. Accessed November 10, 2021.

Ripple, W., *et al.* 2014. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science* 343:151-162.

Rubio-Rocha, Y., H. Bárcenas, and A. Beltrán. 2010. Meseta de Cacaxtla. Pp. 405-409 *in* Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México (Ceballos, G., *et al.* eds.). Fondo de Cultura Económica. México City, México.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1a. Ed. digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México City, México.

Saunders, N. 2005. El Icono felino en México. *Arqueología Mexicana* 12:20-27.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de las especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM- 059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies de flora y fauna silvestres en México, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, y lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación México del 14-11-19.

Tenorio, Y. 2020. Inculcan la conservación del jaguar, especie en peligro de extinción. <https://www.pressreader.com/mexico/el-debate-de-mazatlan/20201130/282089164333723>. Accessed October 3, 2021.

Toro-Garay, G. H., *et al.* 2021. *Panthera onca* Corridors: A Spatially Explicit Analysis of Habitat Change Drivers and Potential Conservation Areas in the Bajo Magdalena, Colombia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad* 24:85-103.

Whitehouse-Tedd, K., J. Abell, and A. Dunn. 2021. Evaluation of the use of psychometric scales in human–wildlife interaction research to determine attitudes and tolerance toward wildlife. *Conservation Biology* 35:533-547.

Zamudio, M. G., O. Nájera, and V. H. Luja. 2020. Perspectivas sobre el jaguar (*Panthera onca*) en dos comunidades insertas en áreas para su conservación en Nayarit, México. *Sociedad y Ambiente* 23:1-19.

ANEXO

Versión final en español enviada a revista

1.- Impacto del atropellamiento de un cachorro de jaguar (*Panthera onca*) en las redes sociales y las comunidades del sur de Sinaloa, México

Yamel Rubio-Rocha^{1,2}, Cuauhtémoc Chávez-Tovar^{3*}, Soila Gaxiola-Camacho¹, Mariana Ayala-Rubio^{4,5}, Daniel Alvarado-Hidalgo⁶, Alexis Pérez-Camacho⁶, and Jesús Sicairos-López⁵

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Blvd. San Ángel 3886, C. P. 80260. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: yamel@uas.edu.mx (YR-R); soilagaxiola

@uas.edu.mx (SG-C).

²Cuerpo Académico Ecología Molecular y Biotecnología, Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Calzada de las Américas y Universitarios, Ciudad Universitaria, C. P. 80040. Culiacán, Sinaloa, México.

³Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma. Av. de las Garzas 10, C. P. 52005. Lerma de Villada, México. E-mail: j.chavez@correo.ler.uam.mx (CCh-T).

⁴Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar, Instituto de Ecología, UNAM. Ciudad Universitaria, C. P. 04510. Coyoacán, Ciudad de México. E-mail: est.valeria.ayala@uas.edu.mx (MA-R).

⁵Fundación Sinaloense para la Conservación de la Biodiversidad (FUSCBIO, A. C.). Tales de Mileto 1684, C. P. 80010. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: jesus_12_05_88@hotmail.com (JS-L).

⁶Grupo de Biólogos Organizados. Villa El Fuerte 3250, C. P. 80028. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: danielhidalgo973@gmail.com (DA-H); est.alexis.perez@uas.edu.mx (AP-C).

*Autor de correspondencia

Resumen

El tráfico vehicular en carreteras se ha evidenciado como un factor de riesgo más para la fauna silvestre; las muertes por atropellamiento de individuos pueden tener impactos negativos directos a nivel poblacional, sobre todo para aquellas especies en peligro de extinción, como es el jaguar (*Panthera onca*). El objetivo de este documento es dar a conocer el primer registro de atropellamiento de un jaguar cachorro y el impacto que generó en comunidades del sur de Sinaloa, México. El accidente ocurrió en noviembre del 2020 en una carretera colindante a la reserva ecológica Meseta de Cacaxtla. Las personas involucradas en el rescate del cuerpo y los medios de comunicación dieron a conocer la muerte del cachorro. Cerca de 50 mil personas fueron alcanzadas/informadas en redes sociales; en los pueblos de la región se llevaron a cabo talleres de educación ambiental, conferencias y webinarios, dirigidos a sensibilizar y tomar precauciones para evitar accidentes que comprometan el bienestar de la fauna y los transeúntes en carretera.

Palabras clave: *cachorro, carreteras, comunidades rurales, conservación, felino, mortalidad, redes sociales.*

Abstract

Vehicular traffic on highways has been evidenced as one more risk factor for wildlife; deaths by running over individuals can have direct negative impacts at the population level, especially for those species in danger of extinction, such as the jaguar (*Panthera onca*). The objective of this document is to publicize the first roadkill record of a jaguar cub and the impact it had on communities in southern Sinaloa, Mexico. The accident occurred in November 2020 on a road adjacent to the Meseta de Cacaxtla ecological reserve. The people involved in the rescue of the body and the media reported the death of the puppy. Nearly 50,000 people were reached/informed on social networks; environmental education workshops, conferences and webinars were held in the towns of the region, aimed at raising awareness and taking precautions to avoid accidents that compromise the welfare of fauna and passersby on the road.

Keywords: conservation, cub, feline, mortality; roads, rural communities, social networks.

Introducción

El jaguar (*Panthera onca*) es sin duda el felino más admirado a lo largo de la historia de la humanidad en América (Saunders 2005; Olivier 2016), además cumple un rol fundamental dentro de la estructura de los ecosistemas donde habita (Miller y Rabinowitz 2002; Ripple *et al.* 2014; Cruz *et al.* 2019) y simboliza los esfuerzos en investigación y conservación a nivel continental y a nivel nacional (Medellín *et al.* 2002; Paviolo *et al.* 2016; Medellín *et al.* 2016).

En México, el área de distribución original del jaguar comprendía continuos de vegetación, desde las selvas secas en Sonora hasta las tropicales húmedas del sureste (Ceballos *et al.* 2016), pero esta se ha reducido y las poblaciones del felino están en riesgo por múltiples factores como la cacería ilegal, la destrucción de su hábitat por cambios de uso del suelo, el conflicto ganado-jaguar y el desarrollo de infraestructuras (de la Torre y Medellín 2017; Peña-Mondragón *et al.* 2017; Quigley *et al.* 2017; SEMARNAT 2019). En estas últimas, resalta la apertura de caminos que generan impactos en la conectividad y han fragmentado el paisaje natural, creando barreras que interfieren con la capacidad de los animales de moverse en el hábitat para satisfacer sus necesidades (comida, refugio, etc.), llegando a causar su muerte. Se han registrado varias especies de felinos que han muerto al intentar cruzar las carreteras, entre ellas la onza (*Herpailurus yagouaroundi*) y el lince (*Lynx rufus*) (González-Gallina e Hidalgo-Mihart 2018). La antropización de la naturaleza modifica espacios vitales para la especie y los cede a la población humana (Ceballos *et al.* 2021), que además de territorios naturales, demanda infraestructura para la generación y transportación de bienes y personas (Filius *et al.* 2020; González-Gallina e Hidalgo-Mihart 2018).

La mortalidad de animales silvestres causada por accidentes viales puede tener impactos directos a nivel de la población, se ha documentado que la mortalidad en carreteras se encuentra entre los principales peligros para muchas especies amenazadas, como los ocelotes (*Leopardus pardalis*) y las panteras de florida (*Puma concolor coryi*) en Estados Unidos, los atropellamientos representan para estas especies hasta el 44% de su mortalidad (Huijser *et al.* 2008). En Latinoamérica este tipo de investigaciones son incipientes (Abra *et al.* 2021), particularmente en México se está generando conocimiento con relación a los impactos con vehículos (Cupul-Magaña 2019; González-Gallina y Hidalgo-Mihart 2018; Canales-Delgadillo *et al.* 2020; Preciado y Romero 2020) y tomando acciones para evitar la pérdida de fauna

silvestre en carreteras (González-Gallina *et al.* 2013; Pacheco *et al.* 2016; Manteca-Rodríguez *et al.* 2021).

En algunas regiones del país, la investigación científica se ha acompañado de actividades culturales y de acciones de divulgación de la información y educación ambiental (Briones-Salas *et al.* 2011; Peña-Mondragón *et al.* 2017; Castillo *et al.* 2020; Zamudio *et al.* 2020). Estas acciones han logrado concienciar a personas y colectivos, quienes han reconocido al jaguar como especie importante en los escenarios contemporáneos naturales y culturales de México (Morales y Morales 2018). La presente nota describe el efecto que el atropellamiento de un jaguar cachorro generó para el desarrollo de diversas acciones para la conservación de esta especie en Sinaloa (DCS 2020).

Área de estudio

El estado de Sinaloa se localiza en el noroeste de México, tiene una superficie de 57,365.4 km² y esta conformado por 18 municipios (INEGI 2017). Entre los cinco municipios de la región sur se encuentra San Ignacio, donde se llevó a cabo la presente investigación (Figura 1). Su extensión territorial es de 4,651 km² con paisajes de la planicie costera del Pacífico y de alta montaña en la Sierra Madre Occidental. Los tipos de clima del área son cálido subhúmedo y semi seco en el pie de la sierra y las planicies costeras, y en la serranía es templado. La temperatura medial anual oscila entre los 22 y 26 °C. La precipitación media anual concentra entre 700 y 1000 mm. Se presentan dos periodos marcados al año, uno lluvioso en verano y parte del otoño y el resto del año seco. La vegetación dominante es la selva seca y los bosques de pino y encino se distribuyen en las zonas templadas de la alta serranías. Los poblados más importantes son Estación Dimas, Piaxtla, Ixpalino, Coyotitán y San Ignacio cabecera municipal y una población de 23,355 habitantes (INEGI 2009).

Sitio del accidente y características del jaguar atropellado

El atropellamiento y muerte del jaguar cachorro ocurrió durante la madrugada del día 05 de noviembre del 2020. El C. Antonio Loaiza, habitante de la región, lo encontró a las 06:30 horas sobre el asfalto de la carretera federal México 015 en el km 64 (23°47'18.86"N y 106°36'42.02"O), en el tramo Coyotitán-Mazatlán, en el estado de Sinaloa (Figuras 1 y 2). Con este hecho se documenta por vez primera la muerte de un cachorro de jaguar por atropellamiento en una carretera de México. El ejemplar correspondía a un macho de 100 días aproximadamente,

con un peso de 8.5 kg y una longitud corporal de 1.5 m de la nariz a la punta de la cola. Se dio parte al personal del Museo del Jaguar, a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y a Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), particularmente a la dirección del Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla (APFFMC) en Sinaloa. El tramo de carretera donde ocurrió el incidente forma parte de la línea que define el polígono del área protegida, que resguarda 50,000 ha de selva baja caducifolia y es hábitat clave para la conservación de la población del jaguar y de otros felinos en riesgo como el ocelote, tigrillo (*Leopardus wiedii*) y onza (*Herpailurus yagouaroundi*) (Rubio-Rocha *et al.* 2010).

Jaguares atropellados en carreteras de Sinaloa

En años previos al atropellamiento del cachorro, se encontraron evidencias de las muertes por atropellamiento de cuatro jaguares adultos y dos cachorros. En el año de 2014, se observó un adulto muerto sobre la carretera México 015 en el kilómetro 59, en las márgenes del APFFMC (Comp. Pers. Gregorio Corrales-Herrera). El día 25 de julio de 2016, personal de la CONANP registró la muerte por atropellamiento de un jaguar hembra con dos crías en el kilómetro 36 de la autopista Mazatlán-Culiacán (México 15D) y un jaguar macho en el kilómetro 32 de la misma carretera, el 19 de septiembre del mismo año (Amador-Medina M. en el webinar del tercer Taller de Ecología de Carreteras) y en el año 2017 se registró la muerte de un adulto en el municipio de Concordia (Entreveredas 2017; RASNOTICIAS 2017).

Sinaloa cuenta con una red de 16,837 km de caminos; de los cuales 4,866 km son carreteras pavimentadas y 11,971 km caminos rurales revestidos y de terracería (INEGI 2017). La carretera México 015 cuenta con una longitud de 656 km y recorre toda la geografía estatal, iniciando al norte con el municipio de Ahome y termina al sur en Escuinapa; la longitud del tramo que cruza el municipio de San Ignacio es de 41 km (INEGI 2017).

Este dato pretende ofrecer una idea de la magnitud de la red de carreteras pavimentadas y el riesgo que potencialmente representan para la conservación del jaguar y el resto de la fauna silvestre que las cruza (Canales-Delgadillo *et al.* 2020) o bien, que puede ser atraída a sus márgenes donde suele crecer pasto y otros recursos alimenticios para venados y otros herbívoros, con el riesgo de ser atropelladas y muertas por los vehículos (Toro-Garay *et al.* 2021; Gottdenker *et al.*, 2001). Algunas especies son raras de observar después de un evento de

atropellamiento, tales como el jaguar, lo que puede deberse a que los cuerpos pueden ser removidos, legal o ilegalmente, antes de que pasen las cuadrillas de mantenimiento de las carreteras (Abra *et al.* 2021), principalmente por el valor de la piel y colmillos, o bien, porque la muerte del animal no fue instantánea, provocando que el animal se refugiara en la vegetación y morir más tarde. Abra *et al.* (2021) citan solo un par de cachorros de jaguar muertos por atropellamiento en una carretera de Sao Paulo Brasil en 10 años de monitoreo y análisis de bases de datos; ellos estimaron la muerte por atropellamiento de más de 37 mil mamíferos en 27 tramos de carreteras de 10 km de un total de 199,371 km de carretera.

Acciones derivadas por la muerte del cachorro.

- Campaña #YoFrenoPorElJaguar

El atropellamiento del cachorro llamó la atención de la sociedad, que aún estando en emergencia sanitaria por la pandemia del SARS-CoV-2, (DCS 2020; Ortiz 2020). Las personas de las comunidades de municipio de San Ignacio bajo los protocolos de salud y en colaboración con otras instituciones, organizaron actividades de información con el propósito de sensibilizar en la temática de atropellamiento. El 12 de noviembre de 2020 y en el marco de la celebración del Día Internacional del Jaguar, se lanzó en medios de comunicación y plataformas digitales la campaña #YoFrenoPorElJaguar. Esto se alcanzó con el apoyo de la Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar y Biofutura. Durante este evento, con el apoyo de residentes de las comunidades se entregaron 150 afiches con información en diversos cruces de tráfico vehicular, iniciando en la comunidad del Crucero de Piaxtla (Figuras 3 y 4) donde más de 150 conductores en tránsito por las carreteras fueron informados sobre la muerte del cachorro y la importancia de disminuir la velocidad vehicular al transitar en los pasaderos de fauna señalados en los afiches y, de estar alerta ante el cruce de cualquier tipo de animal.

- Exposiciones y talleres de educación ambiental

Se llevaron a cabo seis exposiciones con talleres de educación ambiental en las comunidades de Ajoya, La Labor, El Carmen, Cabazán, San Javier y la cabecera municipal San Ignacio, con la participación de alrededor de 400 niñas, niños y adultos (Figuras 5 y 6) (Leyva 2020; Tenorio 2020). Con los permisos correspondientes se hizo la taxidermia al ejemplar y se exhibe en el Museo del Jaguar de la comunidad de Cabazán, como pieza para atraer y sensibilizar a los visitantes sobre los impactos de los accidentes en carretera (Figura 7).

-Plataformas digitales

Se elaboraron videos informativos sobre la importancia ecológica y cultural del jaguar, las amenazas que lo ponen en riesgo y las acciones en las que se puede participar para apoyar la conservación de sus poblaciones. Se promovieron conversatorios vía online en plataformas digitales (Facebook y Zoom). En la página de Facebook de Museo del Jaguar se publicó la noticia del atropellamiento del cachorro e impacto a un gran número de personas. Las estadísticas del administrador digital marca que la noticia fue vista por 48,884 usuarios de las plataformas digitales y se compartió 272 veces; también se cuantificaron 2,198 comentarios y se registraron 7,531 clics en publicaciones digitales (Museo del Jaguar, 2020) (Figura 8).

- Monitoreo

Como resultado del evento del cachorro atropellado, la Dirección de la Reserva APFFMC realizó un monitoreo de 107 km de carreteras durante doce ocasiones y encontraron 92 animales atropellados de 31 especies, en los que destacan el atropellamiento de 11 mapaches, ocho boas y cinco serpientes de cascabel (González-Palacios S. En el webinar del tercer Taller de Ecología de Carreteras), lo cual es indicativo de la magnitud del problema para las especies de mamíferos y otros vertebrados (Leyva 2021).

Reflexiones

Las carreteras en Sinaloa actualmente constituyen un peligro más para las poblaciones de jaguares y de otras especies silvestres; no consideran en su gran mayoría pasos de fauna y señalética que oriente e informe sobre la posible presencia de animales cruzando. Las carreteras como elemento de riesgo, se adiciona al fenómeno de la cacería furtiva que enfrentan estos depredadores naturales que son considerados como un riesgo potencial para el ganado, incluso aún sin la evidencia (Inskip y Zimmermann 2009; Puc-Sánchez *et al.* 2013). Por lo que es necesario impulsar nuevas formas de coexistencia y para ello se deben hacer diagnósticos socio ambientales que permitan definir estrategias participativas y que integren las necesidades de las personas y de la vida silvestre, esta última como fuente de inspiración, de recursos y de acompañamiento que permitan enfrentar la crisis de pérdida de especies, entre ellas la del gran felino de América (PNUMA 2021; Ceballos *et al.* 2020; Castillo *et al.* 2020). Aún cuando pareciera que el atropellamiento de los jaguares es un fenómeno esporádico en la región, el efecto negativo de la pérdida de un solo ejemplar es lo suficientemente grave para la población

local de jaguares, que es extremadamente reducida, de 0,75 a 3.3. individuos por 100 km² (Chávez *et al.* 2016), por ello la adopción de acciones que contribuyan a su conservación a largo plazo es de suma importancia y urgencia.

La utilización de las estrategias digitales y acciones de comunicación son un instrumento que permite hacer llegar información rápidamente a grandes distancias y cantidades de personas; y en el mejor de los casos de manera objetiva y asertiva (Larena 2010). La difusión de noticias de carácter socioambiental, como el atropellamiento del jaguar cachorro, puede promover en las personas cambios en la percepción y conducta (Peña-Mondragón *et al.* 2017; Whitehouse-Tedd 2021) que permitan evitar o minimizar los riesgos que emergen en las carreteras, que pueden cobrar vidas a la fauna y a las personas usuarias de las carreteras (Ament *et al.* 2021).

Literatura

Consultar bibliográfica en versión publicada

ARTÍCULO PUBLICADO

CAPITULO 4. FIRST RECORDS OF ROAD-KILLED MAMMALS IN THE STATE OF SINALOA, MÉXICO

Primeros registros de atropellamiento de mamíferos en el estado de Sinaloa, México

Yamel Rubio-Rocha^{1,2}, Soila Gaxiola-Camacho^{1,3*}, María Morales-García², Brayan Artigas-Gutiérrez², Alfredo Sánchez-Ríos⁴, Fabiola Carvajal-Sauceda⁴, and Gerardo Espinoza-Evans⁴

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Boulevard San Ángel s/n, Fraccionamiento San Benito, Predio Las Coloradas, C. P. 80260. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: yamel@uas.edu.mx (YR-R); soilagaxiola@uas.edu.mx (SG-C).

²Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Calzada de las Américas s/n, Ciudad Universitaria, C. P. 80013. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: cruz_morales243@gmail.com (MM-G); brayan.artigas07@gmail.com (BA-G).

³Centro de Investigación en Una Salud, Sustentabilidad y Bienestar Animal. Blvd. San Ángel 3886, C. P. 80260. Culiacán, Sinaloa, México.

⁴Fundación Sinaloense para la Conservación de la Biodiversidad, A. C. Tales de Mileto 1684, C. P. 80010. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: biolog99@hotmail.com (AS-R); yolandac584@gmail.com (FC-S); espinozaevans566@gmail.com (GE-E).

*Corresponding author

ABSTRACT

The present research was conducted given the lack of data on the impact of motor vehicle traffic on wild animal populations. The present study aimed to assess the number of mammal road kills in Sinaloa, México. Roadkill records were obtained through field trips along roads, the NaturaLista web page, and citizen reports. Eleven mammal species were identified, importantly including some species listed in a conservation status, such as the jaguar (*Panthera onca*), ocelot (*Leopardus pardalis*), and badger (*Taxidea taxus*). Forty-five collision events were recorded on roads running across the south-central region of the state, from February 2019 to June 2021. The species with most records were the coati (*Nasua narica*), opossum (*Didelphis virginiana*), and lynx (*Lynx rufus*). This work is the first to record mammal mortality due to road collisions with vehicles and highlights the need to allocate greater resources to this line of research, which arises from the importance of wildlife conservation and the safety of road users.

Key words: Carnivores; collisions; mortality; road ecology; wildlife.

RESUMEN

La ausencia de datos sobre el impacto que genera el tráfico vehicular en las poblaciones de animales silvestres motivó la presente investigación, que tuvo como objetivo conocer el número de muertes por atropellamiento de mamíferos en las carreteras de Sinaloa, México. Los registros de las colisiones se obtuvieron a través de transectos libres en carreteras, registros de la red social Naturalista y reportes ciudadanos. Se identificaron 11 especies de mamíferos, resaltando algunos en estado de conservación como el jaguar (*Panthera onca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el tlalcoyote (*Taxidea taxus*). Se obtuvieron 45 registros de colisiones en las carreteras de la región centro-sur del estado dentro del periodo de febrero de 2019 a junio de 2021. Las especies con más accidentes registrados fueron el coatí (*Nasua narica*), el tlacuache (*Didelphis virginiana*) y el lince (*Lynx rufus*). Este trabajo documenta por primera vez la mortalidad de mamíferos como resultado de las colisiones con el tráfico vehicular y resalta la necesidad de dirigir mayores recursos en esta línea de

investigación que emerge ante la necesidad de conservar la fauna silvestre y la integridad de los usuarios de las carreteras.

Palabras clave: Carnívoros; colisiones; ecología de carreteras; fauna silvestre; mortalidad.

INTRODUCTION

The coexistence between humans and wildlife has been recorded throughout history in caverns and rocks (Santos and Viñas 2005). Mammals have been of interest to humans due to their beauty and the services they provide as food sources, means of transportation, and companionship. This relationship has currently led to risk situations for wildlife inhabiting and moving through anthropic areas such as highways, roads, towns, and cities (Gottdenker et al. 2001; Filius et al. 2020).

Roads are indicators of socioeconomic development; they give rise to opportunities for productive activities and improve the communication between people and communities (Bañón and Beviá 2000). However, their construction and operation involve permanent adverse effects on ecosystems, including habitat fragmentation and destruction, and reduction of forest areas and natural biological corridors. This results in lesser dispersal capacity of wildlife individuals, thus threatening local populations (Dirzo et al. 2014; Suazo-Ortuño et al. 2018; Dean et al. 2019). The most conspicuous impacts include collisions between vehicles and wildlife, known as roadkill events (Gottdenker et al. 2001), which usually result in the death of animals when they attempt to cross the roads and are hit by vehicles. Road infrastructure also acts as a barrier for certain species and impairs the mobility and connectivity among wild populations, thus affecting their genetic diversity (Arroyave et al. 2006; Holderregger and Di Giulio 2010).

The impact of roads on wildlife has been documented for some regions of México. The vertebrates with the highest frequency of deaths by collision are mammals, followed by birds and reptiles (González-Gallina et al. 2013; Pacheco et al. 2016; Cupul-Magaña 2019; Canales-Delgadillo et al. 2020). Roadkill events can influence the decline of local populations (Puc-Sánchez et al. 2013), which is of particular concern considering the ongoing mass extinction of wildlife (Ceballos et al. 2015). The impact of vehicle traffic

on animals in the state of Sinaloa, México, is currently unknown, although there are important records for some endangered or threatened mammal species (Rubio-Rocha et al. 2010), such as wild cats that are forced to cross roads as part of their natural displacement patterns. This research represents the first effort to quantify and report the impact of road traffic on wildlife in Sinaloa and documents the mortality of various groups of mammals due to collisions.

METHODS

The state of Sinaloa is located in northwestern México, between coordinates 22° 31' and 26° 56' N, and 105° 24' and 109° 27' W. It comprises an area of 57,365.4 km² organized in 18 municipalities distributed from the Pacific coast to the Sierra Madre Occidental mountain range, according to data from the National Institute of Statistics and Geography (INEGI, in Spanish; INEGI 2017). The prevailing climate is warm sub-humid and semi-dry in 48 % of the territory, arid in 10 %, and temperate in only 2 %, with mean annual temperature and precipitation of 25 °C and 769 mm, respectively. Dry forests are the dominant vegetation type, and there are important extensions of medium-height tropical forests, pine-oak forests, and xeric shrubland (INEGI 2013).

The study area comprised nine municipalities located in the south-central region, from Culiacán city to Escuinapa city (Figure 1); these municipalities have state and municipal paved roads measuring approximately 6.5–7 m in width. These highways are crossed in some sections by the México 015 and the Maxipista México 015 D federal highways, whose paved cross-section is approximately 7 m wide, but can reach up to 17 m wide in some sections. State and federal highways have drainage zones at some points, which broaden the paved width by up to 1.5 m (IMT 2006). Records were gathered from February 2019 to June 2021 using three approaches. 1) Evidence found along free transects traveled by car whenever possible, during tours along the road infrastructure of the south-central region of Sinaloa, with the assistance of three persons. During 31 sampling days, a total distance of 4,328 km was traveled, 90 % on the two federal highways and the remaining 10 % along five state and four municipal roads. The average distance traveled per trip was 139.6 km; monitoring was conducted during daylight, usually between 11:00 and 18:00 hr, at an average driving speed of 80 km /

hr. When a roadkill was spotted, data were gathered, including the road name or code, location (km #) and coordinates of the collision site, species and sex of the mammal individual, photograph of the specimen, and habitat type. Species were identified at the collision site using field guides (Reid 1997). 2) Roadkill records gathered by users of the “Road Ecology of the state of Sinaloa” project website and posted at the NaturaLista web page. 3) Contributions of road users who photographed or lifted corpses and sent them to the facilities of the Fundación Sinaloense para la Conservación de la Biodiversidad A. C., reporting this to the Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en Sinaloa. All records were added into a database.

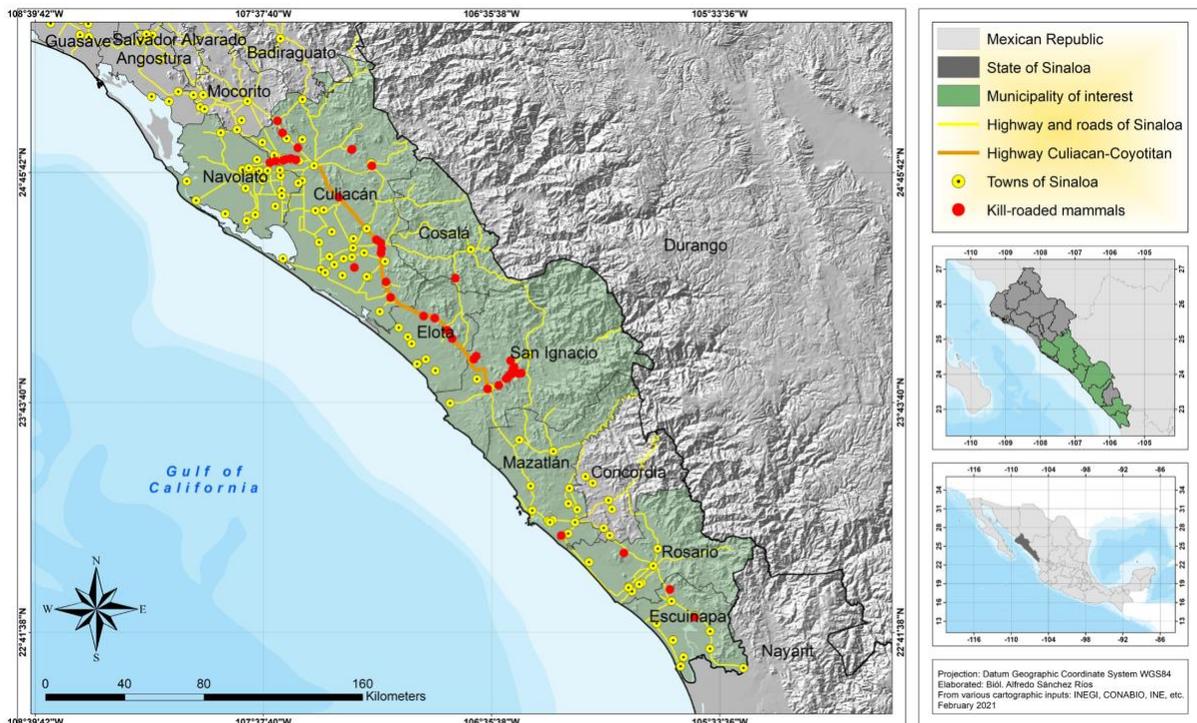


Figure 1. Study area and location of sites with reports of wild mammals roadkills on roads of Sinaloa, México, from 2019 to 2021.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 45 mammal roadkills were recorded on the Sinaloa roads studied: 25 during road trips, 18 recorded on the NaturaLista web page, and 2 documented by road users (Table 1). Of these, 51.1 % of the collision events occurred on five state and four

municipal highways, 44.4 % on the México 015 and 015D federal highways, and 4.4 % on dirt roads. The Culiacán-Coyotitan section of the México 015 federal highway, with a length of 145 km, showed the highest number of roadkills, with 14 records (Figure 1). The information reported herein corresponds to 8 of the 9 municipalities located in the south-central region of Sinaloa. The section of the México 015 federal highway connecting the municipalities of Culiacán, Elota, and San Ignacio showed the highest percentage of roadkills.

Eleven mammal species belonging to four orders were identified. The best-represented order was Carnivora, with 5 families: Felidae, Canidae, Mustelidae, Mephitidae, and Procyonidae. The orders Cingulata, Lagomorpha, and Didelphimorphia were each represented by 1 family with one species (Table 1). Carnivores were the group with the highest number of mammals roadkills (82 %); the families with the highest number of records were Procyonidae ($n = 18$), Felidae ($n = 10$), and Didelphidae ($n = 9$). The species most frequently involved in roadkills were the coati (*Nasua narica*), followed by opossum (*Didelphis virginiana*) and lynx (*Lynx rufus*). Seventy-three percent of the records occurred in 2 municipalities: Culiacán and San Ignacio. Figure 2 illustrates 8 of the road-killed species.

Three species listed in NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2019) were identified in this study; the ocelot (*Leopardus pardalis*) and jaguar (*Panthera onca*), classified as endangered species, and the badger (*Taxidea taxus*), listed as a threatened species. Specimens of these species were found in the Culiacán-Coyotitan section; the ocelot was recorded by a local inhabitant and the jaguar and badger, by the working group.

During this research, it was observed that the number of vehicles, high speed, and lack of roadside barriers are part of the threats and risks faced by mammals when crossing roads (González-Gallina et al. 2013; Puc-Sánchez et al. 2013; Pacheco et al. 2016; Filius et al. 2020). The maximum speed limit in federal and state highways is between 60 and 80 km /hr; however, this limit is frequently exceeded. According to the Secretariat of Communications and Transport (SCT, in Spanish), the average travel speed is about 100 km/hr (SCT 2018), which increases the risk of wildlife roadkills. The México 015 federal highway communicates important population centers that demand

services from the main urban areas, Culiacán and Mazatlán cities, located at both ends of the road section studied. On average, 4,647 vehicles travel along these roads every day, of which 76 % are cars and the rest, motor carriers and trailer trucks (SCT 2017; SCT 2018). The trade and transport industries are the leading road users at the regional level (INEGI 2016); transport of passengers, freights, and various products to regional and international destinations takes place permanently throughout the year.

The Culiacán municipality, located at the center of the state, has a growing road and real-estate infrastructure, in addition to agricultural and forestry activities, which together account for 68 % of the deforestation compared to the rest of productive and service activities (INEGI 2016). The mean annual rate of vegetation cover loss in Sinaloa is one of the highest in the country (0.41 %), considering that the national average ranges between 0.35 % and 0.40 % (Monjardín-Armenta et al. 2017). This situation is likely affecting the distribution, abundance, and interactions of mammals (Krebs 2014). Habitat fragmentation increases the edge and barrier effects and consequently, the risk of animals being struck while crossing roads in search of food (Fahrig 2003; Dirzo et al. 2014; Suazo-Ortuño et al. 2018; Abra et al. 2021). Nevertheless, it cannot be affirmed that the roads studied have the highest risk of wildlife roadkills in Sinaloa, but they are the scenario of road-killed animals as recorded by the working group and participants of the NaturaLista project (Naturalista 2021).

Roadkills allow verifying the presence of species with potential distribution in the area of collision sites, including common species, those considered rare or with a low frequency of observation, and species at risk (Krebs 2014; Abra et al. 2021). Roadkill records worth highlighting are those of endangered species, such as the jaguar and the ocelot; threatened species, such as the badger, and regional endemic species such as the antelope jackrabbit (*Lepus alleni*). A pregnant female raccoon (*Procyon lotor*) and young specimens of ocelot, lynx, and coati were also recorded. The jaguar cub was a male found on the road adjacent to the Meseta de Cacaxtla Flora and Fauna Protection Area, an ecological reserve demarcated by the México 015 federal highway in a 40 km stretch that goes from San Ignacio to Mazatlán, according to information from the Secretariat of the Environment and Natural Resources (SEMARNAT, in Spanish; SEMARNAT 2016). Vehicle traffic may be affecting the abundance and population

structure of mammal species that move across its areas of influence, particularly in the case of rare species such as the badger (Bárceñas *et al.* 2009). This also occurs to endangered species such as felines for which roadkills have been reported throughout the country (González-Gallina and Hidalgo-Mihart 2018; Canales-Delgadillo *et al.* 2020).

According to previous reports, quantitative research addressing the impact of roads on wildlife is recent in México. Records of sporadic or fortuitous roadkills provide valuable data for recent studies on the subject. Three records of struck ocelots (González-Gallina and Hidalgo-Mihart 2018) have been found for Sinaloa. This information is valuable and reflects the need to focus efforts on the design of projects that generate systematic information on road ecology and assess the use and impact of infrastructure on wildlife (Canales-Delgadillo *et al.* 2020; Manteca-Rodríguez *et al.* 2021). The information recorded in the present study is the first effort to document wildlife roadkills occurring in the region. Academic and government organization should act coordinately to identify the sites or spots of greatest collision risk and the associated critical factors. Roadkill records can support the development of mitigation strategies to prevent wildlife deaths and injuries from collisions, which contribute to the loss of wildlife individuals and populations (Cáceres *et al.* 2010; Pacheco *et al.* 2016; Manteca-Rodríguez *et al.* 2021; Salom-Pérez *et al.* 2021). It is necessary to produce information to identify the critical wildlife crossing hotspots in the region to support road infrastructure design, construction, and management. It is equally important to provide resources for key aspects, such as proper signaling related to wildlife crossings that inform and raise awareness among road drivers to avoid hitting wild animals, which will contribute to wildlife conservation and the safety of road users.

Acknowledgements

To FUSCBIO A. C. and the Grupo de Biólogos Organizados for their collaboration in the monitoring and recording of roadkilled mammals. To the users of the NaturaLista web page: C. Anguamea, D. Sosa, E. Centero, J. León, J. Alcantar and J. González, who contributed with records for this research. To W. Osuna, A. Loaiza, Y. Tenorio and A. Torrero, who are inhabitants and conservationists living in the San Ignacio municipality. Special thanks to C. Pacheco and J. Valdez of Universidad Juárez

Autónoma de Tabasco; to M. Manteca and her team at Wildlands Network for her recommendation to initiate this line of research in Sinaloa. To N. Castro del Campo of FMVZ-Universidad Autónoma de Sinaloa for her valuable contribution that improved the writing, as well as to the anonymous reviewers. To CONACyT for the National Grant (code 84208) awarded to Y. G. Rubio-Rocha. This work is part of the requirements to obtain the Ph. D. degree in Agricultural Sciences at the Colegio de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma de Sinaloa.

LITERATURE CITED

Arévalo-Arias, E., A. Arce, y W. Honda. 2012. Mortalidad de vertebrados en el límite sur oeste del Parque Nacional Carara, Costa Rica. 12:103.

Abra, F., M. Huijser, M. Magioli, A. Bovo, y K. Ferraz. 2021. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. *Heliyon* 7:1-12.

Ament, R., S. Jacobson, R. Callahan, y M. Brocki (eds.). 2021. Highway crossing structures for wildlife: opportunities for improving driver and animal safety. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-271. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Albany, EE.UU.

Arroyave, M., C. Gómez, M. Gutiérrez, D. P. Múnera, P. A. Zapata, I. C. Vergara, L. M. Andrade, y K.C. Ramos. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA* 5:45-57.

Bañón, L., y J. F. Beviá. 2000. Manual de carreteras volumen 1: elementos y proyecto. Alicante, España.

Bárcenas, h., Y. Rubio-Rocha, E. Nájera-Solís, L. J. López-Damián, y R. Medellín. 2009. Ampliación de la distribución de tres carnívoros en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 13:115-122.

Cáceres, N., W. Hannibal, D. Freitas, R. Silva, C. Román, y J. Casella. 2010. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zoología* 27:709-717.

Canales-Delgadillo, J., R. Pérez-Ceballos, A. Zaldívar-Jiménez, M. Gómez-Ponce, N. Vázquez-Pérez, M. De la Rosa, y L. Potenciano-Morales. 2020. Muertes por tráfico sobre la carretera costera del golfo de México: ¿cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo?. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91:4-9.

Ceballos, G., P. R. Ehrlich, A. D. Barnosky, A. García, R. M. Pringle, y T. M. Palmer. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances* 1: e1400253.

Ceballos, G., y A. Smith. 2014. Order Lagomorpha. Pp. 110-138 *in* *Mammals of Mexico* (Ceballos, G. ed.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland.

Ceballos, G., y P. Ortega-Baes. 2011. La sexta extinción: la pérdida de especies y poblaciones en el Neotrópico. Pp. 95-108 *en* *Conservación biológica: perspectivas de Latinoamérica*. Simonetti, J., y R. Dirzo, eds). Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Cupul-Magaña, F. G. 2019. Registro del atropellamiento de *Herpailurus yagouaroundi* (Carnivora: Felidae) en la zona suburbana de Puerto Vallarta, México. *Mammalogy Notes* 5:1-2.

Dean, R. J., C. Seymour, G. Joseph, y S. Foord. 2019. A review of the impacts of roads on wildlife in semi-arid regions. *Diversity* 11:81.

Dirzo, R., H. S. Young, M. Galetti, G. Ceballos, N. J. Isaac, y B. Collen. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345:401-406.

Fa, J. E., y L. M. Morales. 1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México. Pp. 22-65 *en* Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM., México, D. F.

Fahrig, L. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 34:487-515.

Filius, J., Y. Hoek, P. Jarrín-V, y P. Hooft. 2020. Wildlife roadkill patterns in a fragmented landscape of the Western Amazon. *Ecology and evolution* 10:6623-6635.

González-Gallina, A., G. Benítez-Badillo, O. Rojas-Soto, y M. G. Hidalgo-Mihart. 2013. The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biodiversity and Conservation* 22: 325-342.

González-Gallina, A., y M. G. Hidalgo-Mihart. 2018. A Review of Road-killed Felids in Mexico. *Therya* 9:147-159.

Gottdenker, N., R. Wallace, y H. Gómez. 2001. La importancia de los atropellos para la ecología y conservación: *Dinomys branickii* un ejemplo de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 35:61-67.

Holderregger, R., y M. Di Giulio. 2010. The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. *Basic and Applied Ecology* 11:522-531.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2021. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2020.

<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825197506>. Consultado el 28 de Septiembre de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORÁTICA (INEGI). 2016. Estructura económica de Sinaloa en síntesis. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825089719.pdf. Consultado el 06 de noviembre de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2016. Uso de suelo y vegetación, escala 1:250000 serie VI (continuo nacional), escala 1:250000.

<http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/usv250s5ugw>. Consultado el 28 de Septiembre de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2013. Conociendo Sinaloa. <http://estadisticas.sinaloa.gob.mx/documentos/Conociendo/Conociendo%20Sinaloa%202013.pdf>. Consultado el 28 de Septiembre de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2009. San Ignacio, Sinaloa. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 25016. México.

Krebs, C. J. 2014. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance, sexta edición. Pearson. E.U.

Manteca-Rodríguez, M., R. E. Félix-Burrue, C. Aguilar-Morales, J. C. Bravo, M. Traphagen, y E. Larios. 2021. Wildlife Use of Drainage Structures Under 2 Sections of Federal Highway 2 in the Sky Island Region of Northeastern Sonora, Mexico. Air, Soil and Water Research 14:1-9.

Mendoza, J. F., y O. A. Marcos. 2016. Observatorio de movilidad y mortalidad de fauna en carreteras en México. Publicación Técnica. Sanfandila, México.

Monjardín-Armenta, S.A., C. E. Pacheco-Angulo, W. Plata-Rocha, y G. Corrales-Barraza. 2017. Deforestation and its causal factors in Sinaloa, Mexico. Madera y Bosques 23:7-22.

Naturalista. 2021. Ecología de Carreteras del Estado de Sinaloa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.naturalista.mx/projects/ecologia-de-carreteras-del-estado-de-sinaloa>. Consultado el 28 de Septiembre de 2021.

Pacheco, C. J., R. C. Luna, J. D. Valdez, E. J. Gordillo, L. J. Rangel, E. J. Moguel, J. Sáenz, E. Marcelo, L. M. Gamma, y E. E. Mata. 2016. Las carreteras mortales para la fauna. Perspectiva científica desde la UJAT 4:477-487

Puc-Sánchez, J. I., C. Delgado-Trejo, E. Mendoza-Ramírez, e I. Suazo-Ortuño. 2013. Las carreteras como una fuente de mortalidad de fauna silvestre en México. *Biodiversitas* 111:12-16.

Rubio-rocha, Y., H. Bárcenas y A. Beltrán. 2010. MESETA DE CACAXTLA. Pp. 405-409. *En* Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México (Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bazaur y R. Dirzo, eds.). F.C.E. México.

Salom-Pérez, R., D. Corrales-Gutiérrez, D. Araya-Gamboa, D. Espinoza-Muñoz, B. Finegan, Y L. S. Petracca. 2021. Forest cover mediates large and medium sized mammal occurrence in a critical link of the Mesoamerican Biological Corridor. *PLoS ONE* 16:1-19.

Santos, J., y R. Viñas. 2005. Los petrograbados del norte de México. INAH. Sinaloa, México.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2016. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla. México.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de las especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies de flora y fauna silvestres en México, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, y lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación México del 14-11-19.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). 2014. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. México 14 de Noviembre de 2014.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). 2018. Datos Viales Sinaloa 2018. https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2018/25_SIN_2018.pdf. Consultado el 2 de Noviembre de 2021.

Suazo-Ortuño, I., E. Mendoza, y E. Meléndez. 2018. Resiliencia de los vertebrados a la antropización del hábitat. Pp. 245-256 *en* Ecología y Conservación de Fauna en Ambientes Atropizados (Ramírez, A., y R. López, eds). REFAMA-CONACyT-UAQ. Querétaro, México.

ANEXO

Versión final enviada a revista

2.- Primeros registros de atropellamiento de mamíferos en el estado de Sinaloa, México

Yamel Rubio-Rocha^{1,2}, Soila Gaxiola-Camacho^{1,3*}, María Morales-García², Brayan Artigas-Gutiérrez², Alfredo Sánchez-Ríos⁴, Fabiola Carvajal-Sauceda⁴, and Gerardo Espinoza-Evans⁴

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Boulevard San Ángel s/n, Fraccionamiento San Benito, Predio Las Coloradas, C. P. 80260. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: yamel@uas.edu.mx (YR-R); soilagaxiola@uas.edu.mx (SG-C).

²Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Calzada de las Américas s/n, Ciudad Universitaria, C. P. 80013. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: cruz_morales243@gmail.com (MM-G); brayan.artigas07@gmail.com (BA-G).

³Centro de Investigación en Una Salud, Sustentabilidad y Bienestar Animal. Blvd. San Ángel 3886, C. P. 80260. Culiacán, Sinaloa, México.

⁴Fundación Sinaloense para la Conservación de la Biodiversidad, A. C. Tales de Miletto 1684, C. P. 80010. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: biolog99@hotmail.com (AS-R); yolandac584@gmail.com (FC-S); espinozaevans566@gmail.com (GE-E).

*Autor de correspondencia

Resumen

La ausencia de datos sobre el impacto que genera el tráfico vehicular en las poblaciones de animales silvestre motivó la presente investigación, que tuvo como objetivo conocer el número de muertes por atropellamiento de mamíferos en las carreteras de Sinaloa. Los registros de las colisiones se obtuvieron a través muestreos mediante transectos libres en carreteras, registros de la red social Naturalista y reportes ciudadanos. Se identificaron 11 especies representativas de la riqueza de mamíferos, resaltando algunos en estatus de conservación como jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*) y tlalcoyote (*Taxidea taxus*). Cuarenta y cinco registros de colisiones se cuantificaron en las carreteras de la región centro-sur del estado dentro del periodo de febrero de 2019 a junio de 2021. Las especies con más accidentes registrados fueron el coati (*Nasua narica*), el tlacuache (*Didelphis virginiana*) y el lince (*Lynx rufus*). Este trabajo documenta por primera vez la mortalidad de mamíferos como resultado de las colisiones con el tráfico vehicular y resalta la necesidad de dirigir mayores recursos en esta línea de investigación que emerge ante la necesidad de conservar la fauna silvestre y la integridad de los usuarios de las carreteras.

Palabras clave: *carnívoros; colisiones; ecología de carreteras; mamíferos; mortalidad.*

Abstract

The absence of data on the impact that vehicular traffic generates on the populations of wild animals motivated the present investigation, which aimed to determine the number of deaths due to roadkill of mammals on the roads of Sinaloa. The records of the collisions were obtained through samples by free transects on roads, records of the Naturalista social network and citizen reports. Eleven species representatives of the richness of mammals were identified, highlighting some in conservation status such as jaguar (*Panthera onca*), ocelot (*Leopardus pardalis*) and tlalcoyote (*Taxidea taxus*). Forty-five collision records were quantified on the roads of the south-central region of the state within the period from February 2019 to June 2021. The species with the most recorded accidents were the coati (*Nasua narica*), the opossum (*Didelphis virginianus*) and the bobcat (*Lynx rufus*). This work documents for the first time the mortality of mammals as a result of collisions with vehicular traffic and highlights the need to direct more resources in this line of research that emerges from the need to conserve wildlife and the integrity of road users.

Keywords: carnívoro; colisiones; mamíferos; mortalidad; ecología vial.

Introducción

La coexistencia entre las sociedades humanas y la fauna silvestre ha sido registrada por los individuos a lo largo de la historia, en las cavernas y rocas (Santos y Viñas 2005). Los mamíferos han constituido un grupo de gran atracción para los humanos, por su belleza y los servicios que proporcionan como fuentes de alimentación, carga, compañía, entre otros. Sin embargo, esta relación ha derivado en situaciones de riesgo para estos animales silvestres que habitan y transitan por espacios antropizados como carreteras, caminos, pueblos y ciudades en el planeta (Gottdenker *et al.* 2001; Filius *et al.* 2020).

Las carreteras son indicadores de desarrollo socioeconómico, estas generan oportunidades para las actividades productivas y para mejorar las comunicaciones entre las personas y comunidades a través de la historia de la humanidad (Bañón y Beviá 2000), pero sus construcciones y funcionamiento han provocado efectos negativos permanentes en los ecosistemas como la fragmentación y destrucción de hábitat reduciendo sus áreas forestales y los corredores biológicos naturales, y con ello la capacidad de dispersión de los individuos poniendo en riesgo a las poblaciones locales (Dirzo *et al.* 2014; Suazo-Ortuño *et al.* 2018; Dean *et al.* 2019). Dentro de los impactos más conspicuos están las colisiones entre vehículos y animales silvestres, eventos que son conocidos como atropellamientos (Gottdenker *et al.* 2001), que generalmente derivan en la muerte de los animales cuando cruzan las carreteras y son arrollados por los vehículos en tránsito; otro efecto negativo de esta infraestructura es que constituyen barreras difíciles de sortear y perjudican la movilidad y conectividad de los individuos generando efectos negativos en la diversidad genética (Arroyave *et al.* 2006; Holderegger y Di Giulio 2010; Mendoza y Marcos 2016).

En algunas regiones de México se ha documentado el impacto de las carreteras en la vida silvestre, los grupos de vertebrados con mayor frecuencia de muertes por atropellamiento son los mamíferos, seguidos de las aves y reptiles (González-Gallina *et al.* 2013; Pacheco *et al.* 2016; Cupul-Magaña 2019; Canales-Delgadillo *et al.* 2020). Estos accidentes pueden influir en la disminución de las poblaciones locales (Puc-Sánchez *et al.* 2013), lo cual preocupa ante la extinción masiva que enfrenta la vida silvestre. Para los vertebrados se ha estimado un promedio de pérdidas cien veces mayor a lo esperado, fenómeno irreversible y que pone en riesgo el bienestar de las especies y de los humanos (Ceballos y Ortega-Baés 2011; Ceballos *et al.* 2015).

En el estado de Sinaloa se desconoce el impacto que está generando el tráfico vehicular sobre la fauna silvestre, aún cuando se tienen importantes registros de especies de mamíferos en peligro de extinción o amenazados (Rubio-Rocha *et al.* 2010), como es el caso de los felinos que habitan entre las redes de carreteras y que se ven obligados a cruzarlas para desarrollar sus ciclos vitales. Esta investigación representa el primer esfuerzo para cuantificar y dar a conocer el impacto que genera el tráfico vehicular sobre la vida silvestre en Sinaloa, aquí se documenta la mortalidad de diversos grupos de mamíferos.

Materiales y métodos

El estado de Sinaloa se localiza en el noroeste de México, entre las coordenadas extremas 22°31' y 26°56' de latitud Norte y -105°24' y -109°27' de longitud Oeste, cuenta con una superficie de 57,365.4 km² en 18 municipios distribuidos de la costa a la sierra (INEGI 2021). El trópico de Cáncer divide el territorio estatal en dos grandes zonas, la neártica y la neotropical (Fa y Morales 1998). El clima dominante es el cálido subhúmedo y semiseco en el 48% del territorio, 10% corresponde árido y solo el 2% a templado; la media anual de temperatura es de 25° C y de precipitación 769 mm (INEGI, 2013). Las selvas secas son la vegetación dominante y se registran importantes extensiones de selvas medianas, bosques de pino-encino y matorral xerófilo (INEGI 2016).

El área de interés comprende nueve municipios ubicados en la región centro-sur, desde Culiacán a Escuinapa (Figura 1), los municipios cuentan con sus carreteras estatales y todos son cruzados por la carretera federal México 015 que es la principal vía de comunicación terrestre en la entidad. Los registros se obtuvieron entre febrero de 2019 a junio de 2021 por tres formas: 1) Por transectos libres realizados a conveniencia u oportunidad de viaje, se contó con el apoyo de tres personas durante los recorridos por la infraestructura carretera de la región centro-sur de Sinaloa. Se acumularon 31 días de muestreo con un total de 4,328 km recorridos, el 90% se hizo en carreteras federales y el resto en las estatales. La media de los kilómetros recorridos por viaje fue de 139.6 km; los monitoreos fueron diurnos, generalmente entre las 11:00 a las 18:00 horas y se condujo a una velocidad promedio de 80 km. Se levantaron datos en los sitios de los atropellamientos, entre ellos nombre o clave de la carretera, el km de la colisión, coordenadas geográficas, la especie, sexo y fotografía del individuo. 2) Mediante la creación del proyecto “Ecología de Carreteras del Estado de Sinaloa” en la red social Naturalista, en el que se consideraron las observaciones de usuarios de la plataforma sobre mamíferos atropellados en

las carreteras de la entidad y, 3) por los avisos hechos por usuarios de la infraestructura carretera, quienes fotografiaron o levantaron los cadáveres y los hicieron llegar al grupo de trabajo, dando de conocimiento a la autoridad competente. Todos los datos se registraron en una base de datos en el software Microsoft Excel 2013.

Resultados

Se obtuvieron 45 registros de mamíferos atropellados y muertos en carreteras de Sinaloa. Veinticinco fueron tomados en las carreteras, 18 en la plataforma de Naturalista y 2 de avisos de usuarios de carreteras (Tabla 1). El 95% de los atropellamientos se registraron en carretera federales. El tramo de la carretera federal Culiacán-Coyotitán con una longitud de 145 km presentó el mayor número de colisiones con 14 registros (Tabla 1).

Se identificaron 11 especies de mamíferos correspondientes a cuatro órdenes. El orden Carnivora fue el más representado con cinco familias; Felidae, Canidae, Mustelidae, Mephitidae y Procyonidae. Para los órdenes Cingulata, Lagomorpha y Didelphimorphia se registró solo una familia y una especie por taxa (Tabla 1).

En este estudio se identificaron tres especies contempladas en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019); el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el del jaguar (*Panthera onca*), especies en peligro de extinción; y el tlalcoyote (*Taxidea taxus*) en estatus de amenazado. Estos ejemplares se encontraron en el tramo Culiacán-Coyotitán, el primero fue registrado por un habitante de la región y los registros del jaguar y el tlalcoyote son hallazgos del grupo de trabajo.

Los carnívoros conformaron el grupo con mayor número de individuos atropellados (82%), y sus familias con mayores atropellamientos fueron Procyonidae (n = 18) y Felidae (n = 10). Didelphidae es otra de las familias más impactadas (n = 9). Las tres especies con el mayor número de individuos muertos fueron el coatí (*Nasua narica*), seguido por el tlacuache (*Didelphis virginiana*) y el lince (*Lynx rufus*). El 73% de los registros se concentran en dos municipios, Culiacán y San Ignacio. En la Tabla 2 se ejemplifica con el coatí, la especie con mayores registros, la forma cómo fueron registrados los datos de las 11 especies identificadas, los sitios y fechas de los eventos de atropello, y en la Figura 2 se ilustran ocho de las especies atropelladas y muertas en las carreteras.

Discusión

Se logró obtener información en ocho de los nueve municipios que conforman la región centro-sur de Sinaloa, el mayor porcentaje de atropellamientos se registró en el tramo de la carretera federal México 015 que conecta a los municipios de Culiacán, Elota y San Ignacio. Durante esta investigación se observó que la cantidad de vehículos, las altas velocidades a las que circulan y la falta de acotamientos carreteros son parte de las amenazas y los riesgos que enfrentan los animales al cruzar las carreteras. Las velocidades máximas estipuladas para el tránsito de vehículos en esta ruta es de 80 km/h para camiones, 95 km/h para autobuses y 110 km/h para automóviles y motocicletas, velocidades que son rebasadas comúnmente por los conductores y que han propiciado colisiones con la fauna. A lo largo de México 015 se asientan importantes núcleos poblacionales que demandan servicios de los principales centros urbanos que son las ciudades de Culiacán y Mazatlán, asentadas en los extremos del tramo estudiado. El flujo vehicular en este trayecto es pesado durante todo el año; cada día se mueven en promedio 4,647 vehículos, de los cuales el 76% son autos y el resto autotransportes y tractocamiones de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT 2014; 2018). El traslado de mercancías y diversos productos a destinos regionales e internacionales es constante a lo largo del año; la industria del comercio y transportes está entre los principales sectores que aportan a la economía regional (INEGI 2016); el municipio de Culiacán, que se ubica en la parte central de la geografía estatal, cuenta con un creciente desarrollo en infraestructura carretera e inmobiliaria, además de un pujante crecimiento de las actividades agropecuarias y forestales; actividades que ocupan el cuarto lugar de importancia económica en el estado de Sinaloa y el impacto de sus actividades genera el 68% de deforestación con respecto al resto de las actividades productivas y de servicios en la entidad (INEGI 2016; Monjardín-Armenta *et al.* 2017).

La destrucción y fragmentación de las selvas y bosques derivadas de la deforestación constituyen una amenaza constante para la conservación de las poblaciones de mamíferos silvestre en Sinaloa, la tasa promedio anual de pérdida de cobertura vegetal es una de las más altas en el país (0.41%), incluso está por encima de la media nacional que está entre los 0.35% y 0.40% (Monjardín-Armenta *et al.* 2017). Esta situación podría estar afectando la distribución, abundancia e interacciones de los mamíferos y otros animales, ya que, al fragmentar sus hábitats, los efectos de borde y barrera se incrementan y con ello el riesgo de atropello para los animales que cruzan la carrera en búsqueda de recursos alimenticios (Fahrig, 2003, Dirzo *et al.* 2014,

Suazo-Ortuño *et al.* 2018). Aún así no se puede afirmar que sean los sitios con mayor riesgo en Sinaloa, pero sí con un mayor esfuerzo de viajes de investigación y registro de animales muertos observados por parte del grupo de trabajo y por los participantes del proyecto “Ecología de Carreteras del Estado de Sinaloa” de la plataforma Naturalista (Naturalista 2021).

La presente nota contribuye al conocimiento de la riqueza de mamíferos en la región y a una aproximación de sus índices de abundancia y uso del hábitat, cuantificando sus registros de atropellamiento con respecto las distancias recorridas (Krebs 2014); así como a la problemática de atropellamientos que enfrentan en las carreteras (Arroyave *et al.* 2006; Filius *et al.* 2019). Las muertes por atropellamientos permiten verificar la presencia de especies que se habían descrito con distribución potencial en los sitios; las comunes, aquellas consideradas raras o poco frecuentes de observar y las que se encuentran en estatus de conservación (Krebs 2014; Abra *et al.* 2021). Cabe destacar los registros de atropellamientos de felinos en peligro de extinción, como el jaguar y el ocelote, y del tlalcoyote que es una especie amenazada y rara vez observada (Bárceñas *et al.* 2009), el ejemplar encontrado corresponde a una hembra. Un ejemplar de liebre antílope (*Lepus alleni*), especie de distribución restringida para el noroeste de México y sur de Arizona (Ceballos y Smith 2014). También se encontró un mapache (*Procyon lotor*) hembra preñada y ejemplares jóvenes de ocelote, lince y coatí. El cachorro de jaguar correspondía a un macho, este y otros ejemplares fueron levantados en las carreteras que bordean el Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla, reserva ecológica delimitada por la carretera México 015 en un tramo de 40 km que va del municipio de San Ignacio al de Mazatlán (SEMARNAT 2016). El impacto de tráfico vehicular podría estar afectando la abundancia y la estructura poblacional de las especies de mamíferos que se mueven en sus áreas de influencia, sobre todo de aquellas que son poco comunes como el tlalcoyote o aquellas que están en riesgo de extinción como los felinos para los cuales se han reportado muertes en todo el país por atropellamiento (González-Gallina e Hidalgo-Mihart, 2018; Canales-Delgadillo *et al.* 2020).

De acuerdo con la literatura, en México las investigaciones cuantitativas sobre el impacto de las carreteras en la vida silvestre son recientes y los reportes de atropellamientos, esporádicos o fortuitos, constituyen datos valiosos para los estudios recientes sobre el tema. González-Gallina e Hidalgo-Mihart (2018) realizaron una extensa investigación documental a partir de 1982 para conocer esta situación en el grupo de felinos, para Sinaloa encontraron tres registros de atropellamiento de ocelote. Esta información es valiosa y evidencia la necesidad de

encaminar esfuerzos para el diseño de proyectos que generen información sistemática sobre la ecología de los animales en las carreteras que permita conocer sobre el uso y el impacto de la infraestructura en la vida silvestre (Canales *et al.* 2020; Manteca-Rodríguez *et al.* 2021). La información de esta investigación constituyen un primer esfuerzo y proporciona idea de lo que puede estar pasando en las carreteras, por lo que es necesario que instituciones académicas y de gobierno trabajen en coordinación en investigaciones para identificar los sitios o puntos de mayores colisiones y los factores que posiblemente las propician. Los registros de atropellamientos puede contribuir a delinear estrategias de mitigación para evitar muertes y lesiones por colisiones en animales silvestres, por ende, la pérdida de individuos y poblaciones (Cáceres *et al.* 2010; Arévalo-Arias *et al.* 2012; Salom-Pérez 2015; Pacheco *et al.* 2016; Manteca *et al.* 2021). Otro aspecto a resaltar es la necesidad de brindar una mayor seguridad a los usuarios de las carreteras; por ello es preciso generar información que permita identificar los puntos críticos de cruce de la fauna en la región y en función de ello contribuir al diseño, construcción y manejo de la infraestructura carretera (Ament *et al.* 2021), proporcionando insumos para aspectos básicos como la colocación de señalética relativa a pasos de faunas que informan y promueven la precaución en los transeúntes para evitar colisiones con los animales silvestres y con ello contribuir a su conservación y a la seguridad de los usuarios de las carreteras.

Literatura

Consultar en versión publicada

CAPÍTULO 5.

Artículo en revisión

Density and conservation of the jaguar (*Panthera onca*) and its prey in the dry forests of southern Sinaloa, México DENSIDAD Y CONSERVACIÓN DEL JAGUAR (*PANTHERA ONCA*) Y SUS PRESAS EN LAS SELVAS SECAS DEL SUR DE SINALOA, MÉXICO

Yamel Rubio-Rocha¹, Soila Gaxiola-Camacho¹, Cuauhtémoc Chávez^{2*}, Gerardo
Ceballos³ and Horacio Bárcenas-Rodríguez⁴

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa.
Boulevard San Ángel s/n, Fraccionamiento San Benito, Predio Las Coloradas, CP.
80260. Culiacán, Sinaloa, México. E-mail: yamel@uas.edu.mx (YR-R);
soilagaxiola@uas.edu.mx (SG-C).

²Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana.
Unidad Lerma. Av. de las Garzas 10, CP. 52005. Lerma de Villada, México. E-mail:
j.chavez@correo.ler.uam.mx (CC).

³Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad
Universitaria, 04510. Ciudad de México, D. F. México. E-mail:
gceballo@ecologia.unam.mx

⁴Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional
Autónoma de México. Circuito exterior s/n, CP. 04510. Ciudad Universitaria. Ciudad
de México, México. E-mail: hbarcnas@ciencias.unam.mx (HB-R).

*Corresponding author

34
35
36

ABSTRACT

37 Dry forests constitute one of the vegetation types with the highest number of endemisms for the
38 group of mammals in Mexico. However, they are little studied areas, with few efforts to
39 document the biodiversity of mammals they house, including the jaguar (*Panthera onca*), the
40 largest feline in America. We present the results of estimated density for the jaguar population
41 between 2010 and 2017 in a region of dry forests adjacent to the Meseta de Cacaxtla Flora and
42 Fauna Protection Area (MCFFPA), jaguar habitat in the south of the state of Sinaloa, Mexico.
43 The objectives were to estimate the density of the jaguar, the abundance of its prey and generate
44 information about the region to validate it as an important site in the distribution of this species.
45 The field research was carried out between 2010 and 2017, between 29 and 33 camera trap
46 stations were placed with effective sampling areas of 132.37 to 223.97 km² and they were
47 active from 38 to 74 days. Twenty-one jaguar individuals were identified during the seven years
48 of study. The density with CAPTURE was estimated with two models of distances traveled by
49 individuals, with MMDM the density was found between 0.77 to 5.36 jaguars / 100 km² and
50 with ½ MMDM between 1.32 to 8.5 jaguars / 100 km. Density estimates calculated with
51 spatially explicit capture-recapture models were more discrete, recording 0.45 to 1.73
52 jaguars/100 km². Among the most abundant prey are the white-tailed deer (*Odocoileus*
53 *virginianus*) and the coati (*Nasua narica*), with abundance indices of 79 individuals/MDCT and
54 56 individuals/MDCT, respectively. Twelve species of prey and the rest of the five felines that
55 make up the *Felidae* family were recorded for Mexico, highlighting the presence of the ocelot
56 (*Leopardus pardalis*) and the ounce (*Herpailurus yagouarundi*). The permanence of females
57 and males, as well as the presence of cubs throughout the research, evidence the importance of

58 the study region as a favorable habitat for the conservation of the jaguar; and most likely it is
59 key to the connectivity of its populations with the APFFMC, the coastal plains and the
60 surroundings of the Sierra Madre Occidental.

61 Keywords: big cats, biological corridor, density, photo trap, prey, tropical forests.

62

63

RESUMEN

64 Las selvas secas constituyen uno de los tipos de vegetación con el mayor número de
65 endemismos para el grupo de mamíferos en México. Sin embargo, son áreas poco estudiadas,
66 con escasos esfuerzos para documentar la biodiversidad de mamíferos que alberga, entre ellos
67 el jaguar (*Panthera onca*), el felino más grande en América. Presentamos los resultados de
68 densidad estimada para la población de jaguar entre 2010 y 2017 en una región de selvas secas
69 colindante al Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla (APFFMC), hábitat del
70 jaguar en sur del estado de Sinaloa, México. Los objetivos fueron estimar la densidad del
71 jaguar, la abundancia de sus presas y generar información de la región para validarla como un
72 importante sitio en la distribución de esta especie. La investigación de campo se llevó a cabo
73 entre los años 2010 a 2017, se colocaron entre 29 y 33 estaciones de trampas-cámara con áreas
74 efectivas de muestreo de 132.37 a 223.97 km² y estuvieron activas de 38 a 74 días. Se
75 identificaron a 21 individuos de jaguar durante los siete años de estudio. La densidad con
76 CAPTURE se estimó con dos modelos de distancias recorridos por los individuos, con MMDM
77 la densidad se halló entre los 0.77 a 5.36 jaguares / 100 km² y con la ½ MMDM entre 1.32 a
78 8.5 jaguares / 100 km. Las estimaciones de densidad calculadas con modelos de captura-
79 recaptura espacialmente explícito fueron mas discretas, registraron de 0.45 a 1.73 jaguares/100
80 km². Entre las presas más abundantes están el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y

81 el coatí (*Nasua narica*), con índices de abundancia de 79 individuos/MDCT y 56
82 individuos/MDCT, respectivamente. Se registraron doce especies de presas y el resto de los
83 cinco felinos que integran la familia *Felidae* para México, resaltando la presencia del ocelote
84 (*Leopardus pardalis*) y la onza (*Herpailurus yagouarundi*). La permanencia de hembras y
85 machos, así como la presencia de cachorros a lo largo de la investigación, evidencian la
86 importancia de la región de estudio como hábitat propicio para la conservación del jaguar; y
87 muy probablemente sea clave para la conectividad de sus poblaciones con el APFFMC, las
88 planicies costeras y las inmediaciones de la Sierra Madre Occidental.

89 Palabras clave: bosques tropicales, corredor biológico, densidad, fototrampeo, grandes felinos,
90 presas.

91

INTRODUCCIÓN

92
93 La extirpación de poblaciones silvestres y la destrucción de sus hábitats naturales constituyen
94 el preludio a la extinción de las especies, así lo evidencia la pérdida de 200 especies de
95 vertebrados en el planeta durante los últimos 100 años, resultado del impacto de fenómenos
96 antropogénicos (Krebs 2014, Ceballos *et al.* 2017). El acelerado crecimiento de la población
97 humana y sus actividades, ha afectado de manera drástica a las poblaciones de la fauna silvestre,
98 por ejemplo, reduciendo los recursos necesarios para su sobrevivencia, invadiendo su hábitat
99 por infraestructura humana y por especies exóticas, causando una mayor incidencia de
100 enfermedades zoonóticas, entre otras (Dirzo *et al.* 2014; Ceballos *et al.*, 2015). Entre los grupos
101 silvestres más amenazados están los grandes felinos como el león africano (*Panthera leo*), con
102 una reducción de 30% en su área de distribución original (Inskip y Zimmerman 2009; Eeden *et*
103 *al.* 2018). Este es un ejemplo que ilustra la pérdida de hábitats y poblaciones de grandes
104 depredadores, situación que está sucediendo con el jaguar (*Panthera onca*) en el continente
105 americano (de la Torre *et al.* 2018; Jedrzejewski *et al.* 2018; Sanderson *et al.* 2002).

106 En México, la problemática antes mencionada, ha conducido al jaguar a una crisis de
107 sobrevivencia, ya que se estima una reducción de su distribución histórica entre el 46 y 55 %
108 (Seymor 1989; de la Torre *et al.* 2018; Sanderson *et al.* 2002). En México habita el 40 % de su
109 área de distribución (Medellín *et al.* 2016; de la Torre *et al.* 2017) y solo el 14.8 % del país es
110 hábitat adecuado (Ceballos *et al.* 2021). Adicionado a esto, el jaguar es sujeto de tráfico de
111 ejemplares o de sus partes (colmillos y pieles) (Romero-Muñoz *et al.* 2020); es cazado como
112 trofeo o por represalia por atacar al ganado (Chávez *et al.* 2006; Garrote 2012; Chávez *et al.*
113 2016; Hoogesteijn *et al.* 2016). Dichas problemáticas lo han ubicado en peligro de extinción
114 de acuerdo a la legislación vigente (NOM-059-SEMARNAT-2010, DOF, 2019). Sin embargo,

115 al ser una especie clave, su presencia en los ecosistemas donde habita es fundamental para
116 regular las poblaciones de otras especies mesodepredadoras como la zorra gris (*Urocyon*
117 *cinereoargenteus*) (Estes *et al.* 2011), y herbívoras como el jabalí (Pecari tajacu), que influyen
118 en la productividad de las selvas y de las actividades humanas (Miller y Rabinowitz 2002). El
119 jaguar también es una especie de gran valor cultural en Mesoamérica, fue un símbolo de respeto
120 y veneración en la cultura de los antiguos pueblos; en México aún es considerado como un
121 elemento del patrimonio biocultural (Olivier 2016; Morales y Morales 2018).

122 El jaguar requiere grandes áreas para desarrollar su ciclo biológico, por ejemplo, los
123 machos requieren entre 200 a 800 km² (Chávez 2010; de la Torre y Medellín 2017). La
124 investigación de sus poblaciones, también requiere de grandes esfuerzos de seguimiento de
125 éstas para conocer su distribución y abundancia a escala continental y regional (Jedrzejewski *et*
126 *al.* 2018). Sus poblaciones se distribuyen en una gran variedad de hábitats como manglares,
127 selvas secas y húmedas, bosques templados e incluso de matorral sarcocaulé (Caso 2011; de la
128 Torre y Medellín 2011; Núñez 2011; Carrera 2016; Chávez *et al.* 2016).

129 Para estimar la densidad de grandes felinos se ha utilizado como herramientas las trampa
130 cámara en combinación de los modelos de captura y recaptura (Karanth y Nichols 1998;
131 O'Connell *et al.* 2010; Noss 2013), ya que proporcionan estimaciones robustas en diversos
132 escenarios ambientales (Tobler *et al.* 2008; Maffei *et al.* 2011; Noss *et al.* 2013; Tobler y Powell
133 2013; de la Torre *et al.* 2018; Jędrzejewski *et al.* 2018).

134 El estado de Sinaloa por la falta de información demográfica del jaguar ha sido citado
135 como un área de preocupación para la conservación del jaguar (Rabinowitz y Zeller 2010;
136 Jędrzejewski *et al.* 2018). Aún y cuando se han realizado algunas estimaciones de la densidad
137 poblacional en el Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla (APFFMC) con

138 valores de 1.59 jaguares / 100 km². (Coronel-Arellano *et al.* 2017) y de 0.30 a 1,44 por cada
139 100 km² para la ecorregión Pacífico-Norte, que integra las selvas secas de Sinaloa y Sonora,
140 (Trejo 2010; Ceballos *et al.* 2021a; Amador *et al.* 2024). En este estudio investigamos la
141 demografía y la dinámica de una población de jaguares en San Ignacio, Sinaloa durante un
142 periodo de 8 años, donde el manejo de los recursos naturales se da bajo los lineamientos de las
143 autoridades Ejidales. Los objetivos planteados fueron estimar la densidad y la población del
144 jaguar y la abundancia de sus presas en las selvas secas en San Ignacio, y destacar la importancia
145 de la región como hábitat natural de la distribución actual del jaguar en el noroeste de México.

146

147

MATERIALES Y MÉTODOS

148 *Área de estudio*

149 La investigación se realizó en el municipio de San Ignacio Sinaloa, México; entre los años 2010
150 al 2017 durante la época de invierno. El municipio tiene una extensión territorial de 4,650.97
151 km² con altitudes que van de 0 a 2,900 msnm, sus coordenadas extremas son 23° 28' a 24° 23'
152 N, y 105° 51' a 106° 52' O, localizadas en el pie de la serranía de la provincia Sierra Madre
153 Occidental (INEGI 2009). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw), con
154 temperatura media anual entre los 22 y 26 °C, y con precipitación media anual entre 700 y 1,000
155 mm. La vegetación dominante es la selva seca (Trejo 2010) y el río Piaxtla es la principal
156 corriente de agua que bordea el APFFMC, la cual cuenta con 50,862.31 ha protegidas (Arriaga
157 *et al.* 2002) (Figura 1)

158 *Sitios de muestreo y fototrampeo*

159 Para identificar la presencia del jaguar y sus presas, se hicieron entrevistas y prospecciones de
160 campo, previas al monitoreo siguiendo el protocolo de Medellín *et al.* (2006). Los muestreos

161 poblacionales se llevaron a cabo utilizando el trampeo fotográfico estandarizado para grandes
162 felinos, es un método no invasivo y frecuentemente utilizado (White *et al.* 1982; Wilson y
163 Anderson 1985, Karant y Nichols 1998; O'Connell *et al.* 2010). Los censos se llevaron a cabo
164 durante el invierno de los años 2010, 2014, 2016 y 2017; se utilizaron los mismos sitios bajo la
165 metodología del CENJAGUAR (Chávez *et al.* 2013, 2016). Se establecieron entre 27 a 36
166 estaciones de fototrampeo en 9-12 cuadrantes de monitoreo con una superficie de 9 km² cada
167 uno (Chávez *et al.* 2013), cubriendo un área mínima de 81 km² cada año. En cada cuadrante se
168 instalaron dos a tres estaciones de fototrampeo, una o dos sencillas (una cámara), y una estación
169 doble para obtener ambos flancos del felino e identificarlo con su patrón de rosetas (Chávez *et*
170 *al.* 2013). Se utilizaron entre 36 a 48 trampas cámara Cuddeback Digital modelos Capture IR,
171 Ambush y C1, las cuales se colocaron en distancias de 1 a 3 (con un promedio de 1.85 km)
172 entre ellas. Las estaciones se establecieron entre senderos, arroyos, rutas de paso y donde se
173 observó evidencia de presencia de jaguar, como rascaderos y excrementos; así como de sus
174 presas (huellas, marcas, carcasas, etc). Las cámaras se colocaron por un periodo de entre 40 a
175 90 días utilizando los mismos sitios cada monitoreo.

176 *Densidad de jaguar*

177 Con técnica de captura y recaptura (CR) mediante el fototrampeo, además de identificar
178 individualmente a los jaguares, se estimó su densidad (Silveira *et al.* 2003; Chávez *et al.* 2013),
179 para ello se utilizaron los programas CAPTURE (Otis *et al.* 1978; White *et al.* 1982) y Density
180 v.5.0, que se basa en un modelo de captura espacialmente explícito de máxima verosimilitud
181 (SECR, por sus siglas en inglés) (Efford *et al.* 2004). Ambos programas utilizan las capturas
182 fotográficas independientes de los jaguares, es decir, las fotografías consecutivas de individuos
183 diferentes y las fotografías de los mismos individuos separadas por 24 horas.

184 CAPTURE analiza los datos de las CR y determina qué modelo logra el mejor ajuste y genera
185 una probabilidad de captura para una población cerrada (p) para hacer estimaciones de
186 población, bajo los dos supuestos siguientes; que la población debe ser cerrada, y que todos los
187 individuos tienen la misma probabilidad de captura, mayor que cero (Noss et al 2013,
188 Mackenzie et al 2018). Para seleccionar el mejor ajuste, los valores obtenidos variaron de 0 a
189 1, y el mayor valor indicaba el mejor ajuste. Para estimar la densidad de jaguar se calculó el
190 área efectiva de muestreo (AEM) añadiendo un área buffer al perímetro del polígono inicial
191 definido por todas las estaciones de muestreo que se encontraban en los bordes (Karanth y
192 Nichols 1998, 2004; Silver 2004). El área buffer se construyó a partir del método del polígono
193 mínimo convexo (Kernohan *et al.* 2001). El ancho del área buffer se calculó a partir de dos
194 modelos; el primero consideró la media de las distancias máximas que recorrieron los
195 individuos recapturados (MMDM, por sus siglas en inglés) (Wilson y Anderson 1985) y, el
196 segundo con la mitad de esa medida y ($\frac{1}{2}$ MMDM) (Soisalo y Cavalcanti 2006). La Figuras 2
197 ilustra para el año 2010 el AEM estimada bajo los dos modelos de distancia. La estimación del
198 AEM se hizo con el software ArcGis 10.3 (ArcGis 2024), posteriormente la densidad se con la
199 siguiente fórmula:

200 $D = N / AEM$; donde N es la abundancia calculada con CAPTURE, dividida entre el
201 AEM. El resultado de la densidad se expresa en individuos / 100 km². La estimación de la
202 densidad mediante este método y la probabilidad de captura, asociada a la localización del
203 animal con respecto a la cámara-trampa, puede introducir fuentes de variabilidad además de no
204 incorporar la estructura espacial, tanto respecto al proceso ecológico como al proceso de
205 muestreo (Efford 2011, Foster y Harmsen 2012).

206 Con Density v.5.0 y el modelo de CR-SERC se estimó la densidad. Este modelo utiliza las
207 ubicaciones de cada animal detectado y el número de detecciones de individuos ya recapturados
208 en una o más ocasiones (historias de captura o matriz de detecciones) para ajustar un modelo
209 espacial del proceso de detección definido por los centros potenciales de acción de los
210 individuos (Efford *et al.* 2004). Estos modelos se ajustaron con tres parámetros que incluyen
211 la densidad (D), la probabilidad de detección (g_0) y sigma (σ) que es una medida del tamaño
212 del área de actividad (Efford *et al.* 2004); nosotros usamos una zona de amortiguamiento de
213 20 km (Greenspan *et al.* 2020) y para definir el área de interés con base en estimaciones
214 conservadoras del radio del área de actividad de 4 km (Núñez *et al.* 2002), siguiendo la
215 recomendación de usar por lo menos 4 veces el valor de sigma (Noss *et al.* 2012); se utilizó una
216 función media normal (Half normal) que la configuración predeterminada (Noss *et al.* 2012).
217 La elección de los mejores modelos se basó en el criterio de selección de Akaike ajustado para
218 muestras pequeñas (AICc) (Burnham y Anderson, 2002).

219 El tamaño de la población de jaguar para las selvas secas del municipio de San Ignacio se estimó
220 a partir de la densidad y el área que ocupan las selvas secas, la extensión de esta vegetación se
221 calculó con base en la capa de datos de vegetación y cobertura del suelo a escala 1:250,000
222 Serie VII del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021) y el programa
223 software ArcGIS 10.3. En la categorización de selvas secas se incluyeron los siguientes tipos
224 de vegetación: selva baja caducifolia y subcaducifolia; del área se omitieron los núcleos
225 urbanos, cuerpos de agua grandes, vegetación secundaria y zonas de cultivo. Se hicieron dos
226 estimaciones del tamaño poblacional del jaguar para la superficie estimada, la primera con el
227 valor promedio de la densidad para 100 km² obtenida con CAPTURE (Otis *et al.* 1978; White
228 *et al.* 1982), y la segunda extrapolación con el promedio de la densidad obtenida por SECR

229 (Efford *et al.* 2004). En el primer caso, se hicieron las pruebas de bondad de ajuste y análisis
230 de varianza para identificar posibles diferencias entre los promedios de abundancias anuales;
231 se utilizó el programa SPSS (IBM 2015).

232 *Abundancia de jaguar y sus presas*

233 Los registros de jaguares y presas obtenidos con las trampa cámara se ordenaron con el
234 programa RENAMER y se integraron en una base de datos (Sanderson y Harris 2013).
235 Utilizando los registros fotográficos se identificó a los individuos de jaguar por su patrón de
236 rosetas. A cada individuo se le asignó un código y se identificó el sexo por la presencia/ausencia
237 de testículos. Excluimos fotografías borrosas o que no fueron claras para identificar
238 individualmente a los jaguares fotografiados. Se generó una matriz de presencias (1) o ausencias
239 (0) con las historias de captura para cada individuo capturado, de acuerdo a los periodos de
240 muestreo. Solo se utilizaron aquellos individuos que su identificación fuera incuestionable.

241 El índice de abundancia relativa (IAR) del jaguar y de sus presas, expresado en mil días de
242 trampa cámara (MDTC) se estimó a partir de los registros fotográficos independientes, los
243 cuales son las fotografías consecutivas de individuos diferentes por especie, y las fotografías de
244 los mismos individuos separadas por 24 horas. Para cada especie se utilizó la siguiente fórmula:

245

$$246 \quad \text{IAR} = \frac{\text{Número de registros independientes (1,000 días trampa cámara)}}{\text{Total de días de trampa cámara}}$$

247

249 Con el programa Rstudio versión 4.4.1 (RStudio 2020) se analizó la abundancia de presas en
250 conjunto y por especie. Se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas)
251 para identificar normalidad en los datos de abundancia, al no encontrar normalidad se aplicó la
252 Prueba de Friedman, una ANOVA para el análisis de las abundancias anuales de las presas en

253 conjunto. En tanto, para analizar la abundancia por especie se aplicó la prueba de Tukey, una
254 ANOVA que crea intervalos de confianza para identificar posibles diferencia al comparar las
255 medias entre parejas, entre dos especies para este caso.

256 Para tener referentes de abundancia de jaguar y presas, se hizo una revisión bibliográfica para
257 conocer el estado poblacional del jaguar en diversas regiones de México y los recursos
258 alimenticios que utiliza. Los criterios de búsqueda se enfocaron en que se incluyera como tema
259 principal al jaguar y a sus presas en vida libre en selvas secas; que las investigaciones se hallan
260 hecho con la metodología estandarizada de fototrampeo, que incluyeran índices de abundancia
261 y densidad para jaguar. Las fuentes de información fueron consultadas en la Web of Science y
262 las búsquedas de artículos se hicieron en las plataformas de PubMed, Scopus, Elsevier y Google
263 Académico.

264 **RESULTADOS**

265 *Capturas*

266 En el lapso de 2010 a 2017 se realizaron cuatro muestreos con un esfuerzo de foto trampeo de
267 6,858 días/cámara con 99 registros fotográficos de jaguar, de los cuales 69 fueron
268 independientes. Identificamos a 21 individuos de jaguares; cinco machos, diez hembras y seis
269 no determinados. La proporción de sexo fue de de 1♂:2♀. El máximo número de individuos
270 registrados fue de 10 en 2016, y el mínimo de tres en 2014. En 2010, más del 50% de las
271 estaciones contaron con registros fotográficos de jaguar (17/33), mientras que en el resto de los
272 muestreos fue cercano o menor a 30% (Tabla 1). Se registraron cinco recapturas a lo largo de
273 los cuatro censos, la Figura 3 ejemplifica la captura y recaptura de una hembra, La Bonita,
274 capturada en el año 2010 y recapturada en el 2014; y la de un macho, Rodrigo, capturado en el
275 2014 y recapturado en el 2017.

276 El AEM se citan en la Tabla 2 y vienen estimadas a partir del promedio entre las distancias
277 máxima y mínima recorridas por los jaguares en el área de estudio para cada censo. La distancia
278 máxima recorrida por un jaguar se registró en el año 2016, con un promedio de 4.57 km; y la
279 distancia mínima en el 2010 con un promedio de 1.95 km. Con el promedio (MMDM) y la
280 mitad del promedio ($\frac{1}{2}$ MMDM) se definieron los modelos utilizados para estimar la densidad
281 con CAPTURE (Tabla 2).

282 *Densidad de jaguar y tamaño poblacional*

283 Para el año 2017 se estimaron los valores de densidad más grandes con ambos modelos de
284 distancias; con la MMDM fue de 5.36 ± 5.2 ind/100 km² y con la $\frac{1}{2}$ MMDM 8.5 ± 5.2 ind/100
285 km². En tanto, las densidades más pequeñas se registraron simultáneamente para el año 2014
286 con 0.77 ± 0.162 y 1.32 ± 0.162 ind/100 km² para cada modelo de distancias, respectivamente.
287 Los resultados se obtuvieron con los modelos Nulo (M_0) y de Heterogeneidad (M_h), que fueron
288 los que mejor se ajustaron a los datos. Con los valores más discretos de densidad estimados con
289 los modelos de captura y recaptura MMDM ($0.77 - 5.36$ jaguares / 100 km²) se estimó el
290 promedio de individuos ($\bar{x} = 3.17$), y con ello, finalmente la presencia de 71 jaguares que
291 potencialmente habitan los 2,240 km² de selvas secas distribuidas en San Ignacio.

292 Los valores de densidad estimada con CR-SECR-Density fueron menores con respecto a los
293 obtenidos con CR-CAPTURE, de 0.45 a 1.73 jaguares/100 km². Para el año 2016 no se pudo
294 estimar la abundancia por SECR debido al bajo número de recapturas de individuos, de diez
295 individuos capturados, solo se recapturaron dos (Tablas 1 y 2). Con los promedios de obtenidos
296 con CR-SECR-Density con buffer de 20 km y buffer ajustado (sigma *4) se estimó en 1.09
297 individuos/100 km², lo que arroja un total de 24.41 individuos para las selvas secas en San
298 Ignacio, con un intervalo muy amplio de 4 a 90 jaguares para las selvas secas.

299 La búsqueda bibliográfica arrojó 47 publicaciones relativa a la densidad del jaguar bajo los
300 modelos de captura-recaptura utilizados en esta investigación. Se encontraron 19
301 investigaciones hechas en selvas secas, seis en México, dos en Bolivia y una en la región
302 Guatemala-Panamá. Once utilizaron los modelos de CR-CAPTURE y siete CR-SECR-
303 Density, las densidades encontradas oscilaron entre los 0.79 a los 5.9 individuos /100 km². Doce
304 investigaciones declararon la proporción de sexos; en los sitios de San Blas, Chamela y Reserva
305 de la Biosfera El Cielo, todos en México, la proporción de hembras fue mayor (Tabla 3).

306 *Abundancia de jaguar y sus presas*

307 Para el jaguar, los valores más altos en capturas fotográficas ($n = 24$) y de IAR (19.1
308 individuos/MDTC) se registraron en el 2010, y los valores más bajos en el 2016 con $n = 13$
309 capturas fotográficas y un IAR = 5.3 individuos/MDTC. El análisis estadístico de Tukey no
310 encontró diferencias significativas en los IAR estimados para jaguar a lo largo de la
311 investigación ($p = 0.571$) (Tabla 1). La ANOVA de medidas repetidas no encontró diferencias
312 significativas entre entre las abundancias de las especies (Friedman = 3.331, $df = 3$, $p = 0.345$),
313 es decir, la presencia y abundancia de la diversidad de especies se mantuvo a lo largo de los
314 cuatro censos.

315 La riqueza de presas encontrada para la región fue de 13 especies; entre las más abundantes
316 para esta investigación fueron el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) con $n = 536$
317 registros fotográficos y un IAR = 79 individuos/MDTC; y el coatí con $n = 383$ registros
318 fotográficos y un IAR = 56 individuos/MDTC (Tabla 4).

319 Las pruebas de normalidad indican que 9 de las 13 especies muestran normalidad en sus datos;
320 la abundancia de la chachalaca, liebre, mapache y zorrillo no presentaron normalidad en sus
321 datos. En este caso, aun cuando la mayoría de las especies presenta normalidad en sus datos,

322 no se cumple el supuesto de homocedasticidad ($f_{valor} = 4.146$, $df = 12$, $p = 0.00035$). En este
323 caso, la significancia es menor a 0.05, con lo cual se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que
324 las varianzas entre los grupos son diferentes, no se cumple la homocedasticidad. La ANOVA
325 encontró diferencias significativas al menos en un par de medias de las 13 especies y sus valores
326 de abundancia ($p \leq 0.05$). La prueba Tukey encontró diferencias significativas entre los valores
327 de las medias entre parejas de presas, entre las más abundantes y las más escasas. Por ejemplo,
328 entre el coatí ($n = 383$) y el conejo ($n = 23$) ($p = 0.025$); coatí y pecarí ($n = 43$) ($p = 0.046$),
329 incluso entre el coatí y el venado ($n = 536$) ($p = 0.454$). Las diferencias entre las abundancias
330 del venado y el coatí, como especies más abundantes, con respecto al resto de las presas (ardilla,
331 armadillo, conejo, liebre, mapache, tlacuache, zorrillo) también fueron significativas ($p \leq 0.05$).
332 Separando las abundancias por censo, para el primero las abundancias de venado y el coatí
333 arrojaron las estimaciones relativamente más bajas con respecto al resto de los censos, con un
334 IAR = 43 individuos/MDTC y IAR = 6 individuos/MDTC, respectivamente. Durante los censos
335 del 2016 y 2017 la relación se invierte; las abundancias de venado y de coatí aumentan, y se
336 observa que la abundancia del jaguar disminuye, pero y los estadísticos no encontraron
337 diferencias significativas en las estimaciones anuales de coatí (Tukey = 0.875, $df = 4$, $p =$
338 0.0318); venado (Tukey = 0.902, $df = 4$, $p = 0.443$) y el jaguar (Tukey = 0.926, $df = 4$, $p =$
339 0.571).

340 Otras de las especies presas registradas en el área de estudio fueron la liebre y que son parte de
341 la dieta del jaguar son la liebre (*Lepus alleni*), el conejo (*Sylvilagus floridanus*), el zorrillo
342 (*Conepatus leuconotus*), el tlacuache (*Didelphis virginiana*) y el armadillo (*Dasybus*
343 *novemcinctus*). En la Tabla 5 se registraron 24 investigaciones realizadas a lo largo de la
344 distribución del jaguar en América, se encontró una riqueza que oscila entre las 13 y 30 especies

345 silvestres que son consumidas por el jaguar, y las presas más consumidas fueron las mayores a
346 15 kg, como el venado y el pecarí. También se registraron de manera ocasional cuatro especies
347 domesticadas (vacas, caballo, cerdo y borrego). De acuerdo a la evidencia encontrada en la
348 literatura, el consumo de estas presas varía de acuerdo a su disponibilidad y a la de sus hábitats
349 y las condiciones de conservación.

350 **DISCUSIÓN**

351 *Abundancia y densidad de jaguar para San Ignacio*

352 Los modelos M_0 y M_h de CAPTURE estimaron valores de densidad relativamente altos para el
353 jaguar en San Ignacio. Sin embargo, las estimaciones con SECR fueron mucho menor, incluso
354 para el año 2016 no se estimó la densidad por la limitada recaptura de individuos.

355 El promedio de la densidad estimada con el modelo más discreto de CAPTURE-MMDD fue
356 de 3.17 jaguares / 100 km² y con el $\frac{1}{2}$ CAPTURE-MMDD fue de 5.11 jaguares / 100 km²;
357 valores que entran en el intervalo de las densidades citadas para México. La revisión
358 bibliográfica nos permitió conocer las condiciones demográficas del jaguar en selvas secas para
359 diversos sitios del continente; y encontramos que los valores de densidad obtenidos para Sinaloa
360 se ubican dentro de rangos citados en la literatura; los promedios de densidades oscilaron entre
361 uno (Ceballos *et al.* 2021a; Charre-Medellín *et al.* 2021) y cinco individuos por cada 100 km²
362 (Núñez 2011; Carrera *et al.* 2016; Chávez *et al.* 2016) (Tabla 3).

363 Considerando el modelo MMDM, el promedio de densidad de 3.17 individuos / 100 km² está
364 por encima del valor encontrado para reservas ecológicas en el norte de México (Gutiérrez-
365 González *et al.* 2012; Gutiérrez-González *et al.* 2015), incluyendo el APFFMC en San Ignacio
366 (Coronel *et al.* 2017). Las densidades obtenidas con este mismo modelo, para el Pacífico
367 Mexicano, van desde 0.77 jaguares / 100 km², para la presente investigación durante el 2014;

368 hasta los 5.9 jaguares / 100 km² en la Reserva de la Biosfera El Cielo (Carrera *et al.* 2016).
369 Bajo los mismos modelos captura-recaptura (MMDM) para selvas secas de Sudamérica, en
370 Bolivia se registró la densidad mayor con 5 jaguares / 100 km² (Silver *et al.* 2004) y en el otro
371 extremo, para Argentina se registraron solo 0.2 jaguares / 100 km² (Paviolo *et al.* 2008) siendo
372 el valor más bajo registrado para las selvas subhúmedas. Estas diferencias en las densidades
373 son explicadas en función de las condiciones ecológicas de los sitios; que están asociadas a la
374 productividad de la cobertura forestal, a la disponibilidad de recursos para las presas y la
375 abundancia de las mismas presas, en donde la densidad más baja se asocia a los sitios menos
376 conservados y sujetos a sequía (Jedrzejewski *et al.* 2018), así como a la topografía, e incluso al
377 número de estaciones de fototrampeo y el esfuerzo de muestreo, y probablemente a la
378 disponibilidad de caminos y veredas preferentes para los jaguares, con respecto a los sitios
379 cerrados (Noss *et al.* 2012, Charre-Medellín *et al.* 2021).

380 Con respecto al uso de modelos espacialmente explícitos (SECR), esta investigación es la
381 primera en Sinaloa en utilizarlos, las densidades estimadas con estos modelos para tres años
382 (2010, 2014 y 2017) fueron de 0.30 a 1.73 jaguares / 100 km², valores similares a los reportados
383 en el Pacífico Mexicano por Charre-Medellín *et al.* (2021) (0.76 jaguares / 100 km²), Lavariega
384 *et al.* (2020) (1.1 jaguares / 100 km²) y Greenspan *et al.* (2020) (1.54 jaguares / 100 km²); en el
385 resto de México solo existen dos estudios más hechos con modelos espacialmente explícitos.

386 El valor de la abundancia y de la densidad del jaguar varió a lo largo de la investigación, sin
387 embargo, esta no fue significativa de acuerdo a los estadísticos. El mayor IAR fue de 19
388 jaguares/MDTC durante el monitoreo 2010 y el valor más bajo obtenido fue en 2016 con 5.3
389 jaguares /MDTC. Los cambios observados en los IAR de jaguares a lo largo del tiempo, pueden
390 ser causados por variaciones en la disponibilidad de presas, la producción primaria de la

391 vegetación (Begon *et al.* 1999; De Azevedo 2008; Krebs 2014; Carrera-Treviño *et al.* 2016);
392 incluso por la ocurrencia de disturbios socioambientales y por la cacería ilegal de jaguar que
393 aún se practica en la región y ha sido documentada históricamente (Leopold 1959; Seymour
394 1989; Navarro *et al.* 2005; Lopes y Barrell 2007; Foster *et al.* 2010; Hoogesteijn *et al.* 2016).
395 El IAR/MDTC de jaguar encontrada en Sinaloa es similar, o mayor, con respecto a otros sitios
396 de selvas secas en México. Núñez (2011) estimó un IAR de 11 jaguares en la reserva ecológica
397 de Chamela-Cuixmala, Jalisco; Gutiérrez *et al.* (2012) un IAR de ocho jaguares en Sonora, y
398 Charre-Medellín (2021) en Michoacán un IAR de 9.8 jaguares. El valor mínimo registrado fue
399 el de Monroy *et al.* (2011) en Reserva Natural Sierra Nanchititla en el estado de México con un
400 IAR de 0.02 jaguares/MDTC. Fuera del país, en una reserva privada de Perú, Tobler *et al.*
401 (2008) estimaron una IAR de 9.7 a 15.8 jaguares en selvas mayormente húmedas donde la
402 precipitación anual esta arriba de los 2,500 mm. La mayoría de estos sitios al ser reservas
403 ecológicas están vigiladas por la autoridad, en cambio nuestra área de estudio aun cuando es
404 zona contigua al APFFMC no está vigilada, salvo por los esfuerzos de resguardo que hacen
405 algunos propietarios de sus predios, como es en el rancho El Cañón donde su dueño no permite
406 la entrada de cazadores.

407 Para los primeros dos censos, de los diez individuos identificados, por lo menos dos hembras
408 permanecieron en el territorio cuatro años, estas se capturaron en el primer muestreo (2010) y
409 fueron recapturadas en el segundo (2014); en tanto, solo un macho se capturó en el segundo
410 muestreo y fue recapturado en los posteriores. Estas recapturas pueden ser el reflejo de las
411 condiciones ambientales, del esfuerzo de muestreo o de las diferencias en las conductas del
412 individuo y el uso de sus espacios y la disponibilidad de recursos alimenticios. Esto se ha
413 documentado en otros sitios del México; por ejemplo, Ávila *et al.*, (2015) observaron variación

414 en la densidad de los jaguares a lo largo de cuatro años de monitoreo en las selvas de Quinta
415 Roo, las fluctuaciones encontradas para la densidad, que varió de 1.5 – 7.8 ind / 100 km² con
416 los modelos de captura recaptura, reflejaron la dinámica de espacio que fue impactado por
417 incendios forestales, las densidades bajas se estimaron durante los dos años de incendios. Los
418 estudios a mediano y largo plazo, nos permiten conocer y explicar con mayor claridad la
419 dinámica poblacional del jaguar a lo largo de los años.

420 Durante los siete años de investigación las densidades más altas para la población de jaguar se
421 registraron durante el año 2017, considerando todos los modelos utilizados; con el modelo
422 MMDM fue de 5.36 ind/100 km² y con la ½ MMDM 8.5 ind/100 km²; y con SECR 1.73 ind/100
423 km². En tanto las más bajas se registraron durante los años 2014 para todos los modelos, incluso
424 para el 2016 la captura fue alta con diez individuos, pero solo tres fueron recapturados. Lo que
425 limita el poder de los modelos de estimación poblacional por captura y recaptura, sobre para
426 los espacialmente explícitos que no pudieran estimar la población con tan pocas recapturas.

427 Los disturbios provocados por las actividades humanas durante el censo del 2016 podrían
428 explicar la escasa recaptura de individuos. Los primeros treinta días de monitoreo coincidieron
429 con la apertura de brechas y caminos por autoridades de gobierno, en este periodo solo capturó
430 un ejemplar. Esta limitada captura fotográfica respalda la naturaleza elusiva del jaguar y la
431 preferencia de sitios pocos perturbados. Posterior a estas circunstancias, en los siguientes
432 treinta días, se capturaron nueve individuos en las trampas cámaras. El año 2016, junto con el
433 2010, registraron la mayor captura de individuos; pero la diferencia en recapturas fue muy
434 grande. Para el 2010, prácticamente todos los individuos fueron recapturados, seis de siete (86
435 %); para 2016 solo fue posible recapturar un individuo (10 %) de diez capturados al inicio del
436 censo.

437 Gutiérrez *et al.* (2015) con trece años de seguimiento en un área de conservación en Sonora, no
438 encontraron cambios sustanciales en la supervivencia y densidad de los jaguares. En el área de
439 estudio la injerencia de la actividad humana fue mínima y con ello se evidenciaron la
440 importancia de las áreas de conservación para la permanencia de las poblaciones locales de
441 jaguar. Por otro lado, existe el sesgo de áreas de muestreo relativamente pequeñas y/o tiempos
442 de muestreo limitados que podrían limitar la capacidad para identificar posibles patrones
443 (Tobler y Powell 2013; Harmsen *et al.* 2020), por ello la necesidad de realizar estudios
444 demográficos a largo plazo que permitan una mayor comprensión de las dinámicas
445 poblacionales a escalas locales y regionales. El Cenjaguar, bajo un protocolo estandarizado y
446 tres censos realizados a lo largo de ocho años, permitió estimar densidades y el tamaño de la
447 población de jaguar en todo el territorio mexicano, logrando evidenciar un aumento poblacional
448 del 20%; los autores demostraron que la densidad está en función de la disponibilidad de hábitat
449 y su grado de conservación, así como de los impactos de las actividades antropogénicas y de
450 las políticas y estrategias de conservación aplicadas en investigación y conservación a lo largo
451 del territorio mexicano (Ceballos *et al.* 2021b).

452 La proporción de sexos de los 21 jaguares captados con las cámaras trampa fue de un macho
453 por dos hembras, esta relación es un factor que podría favorecer la reproducción y permanencia
454 de las poblaciones en condiciones naturales considerando la biología de la especie (Seymour
455 1989). Sin embargo, encontramos que esta proporción es poco frecuente en la mayoría de los
456 sitios estudiados; en la revisión hecha, solo tres autores citan una proporción mayor de hembras,
457 de estas estimaciones dos corresponden a ambientes mezclados de selvas secas con manglares
458 (Figel *et al.* 2016) y bosques templados (Carrera *et al.* 2016), y una para selvas secas (Núñez
459 2011). El resto de los sitios presentaron una proporción igual o menor de hembras con respecto

460 a los machos (Gutiérrez-González *et al.* 2012, 2015; Hidalgo-Mijart *et al.* 2019); incluso en
461 algunos sitios de sudamérica solo registraron jaguares machos (Scott *et al.* 2004; Silver *et al.*
462 2004; Maffei *et al.* 2011a) (Tabla 6). Algunos investigadores señalan que los machos pueden
463 tener una mayor probabilidad de captura por caminar mayores distancias y tener una
464 distribución más amplia, lo que confiere una mayor frecuencia o abundancia durante los
465 monitoreos y sesgar los resultados (Tobler y Powell 2013). El diseño de muestreo también
466 podría contribuir a aumentar el sesgo, por ejemplo, si la colocación de estaciones de monitoreo
467 se hace solo sobre caminos y brechas hechas por las personas se deja de incluir las
468 oportunidades de captura en senderos del trasiego de fauna que podrían estar ofreciendo
469 capturas más realistas (Maffei *et al.* 2011a). El diseño implementado en esta investigación
470 controló esta variable, no se abrieron brechas o caminos para la instalación de las estaciones de
471 fototrampeo, se utilizaron aquellas marcadas por el paso de la fauna.

472 En nuestra investigación el jaguar se registró en el 25 % de las estaciones de monitoreo, la
473 mayoría de estas ubicadas en sitios con coberturas de vegetación mayores al 80 % con distancias
474 en promedio mínimo de 3 km a los ranchos o pueblos escasamente poblados como El Carmen
475 y El Cuichi cuyos habitantes no superan las 60 personas, estas condiciones podrían estar
476 explicando la presencia del jaguar. Así lo explica De la Torre *et al.* (2017) para las selvas
477 húmedas del sureste de México, donde encontró que los sitios con una cobertura mejor
478 conservada y con una mayor distancia o grado de aislamiento con respecto a los asentamientos
479 humanos, la presencia de jaguar es mayor. Colchero *et al.* (2011) también para este tipo de
480 hábitats; y Garmendia *et al.* (2013) para los bosques lluviosos templados del noreste de México
481 encontraron lo mismo. La heterogeneidad ambiental proporcionada por el grado de
482 conservación de la cobertura vegetal, la abundancia de presas y la lejanía los centros poblados

483 son determinantes para la presencia del jaguar (De Azevedo 2008; Arrollo-Arce *et al.* 2018;
484 Jedrzejewski *et al.* 2018). Existen variables extrínsecas que pudieran estar influenciando la
485 abundancia y distribución del jaguar en toda su área de distribución, estas variables están
486 relacionadas a actividades antropogénicas que provocan disturbios ambientales y con ello el
487 desplazamiento e incluso la muerte de individuos, como la construcción de presas y carreteras
488 (Bisbal 1993; De Angelo *et al.* 2011; Zanin *et al.* 2015; González-Gallina and Hidalgo-Mihart
489 2018; Abra *et al.* 2021; Rubio *et al.* 2022).

490 *Estimaciones para la conservación en la vertiente del Pacífico*

491 En la región noroccidente de la vertiente del Pacífico se localiza dos reservas ecológicas que
492 protegen las selvas secas y constituyen unidades que definen un gran corredor biológico para
493 las poblaciones de jaguar en la vertiente del Pacífico (Ceballos *et al.* 2021b). Una es el
494 APFFMC donde Coronel *et al.* (2017) estimaron en 1.59 jaguares/100 km² y la otra es la
495 Reserva de la Biosfera Cuixmala-Chamela en Jalisco; donde Núñez (2011), con un diseño
496 similar encontró una densidad de 4 a 5.4 jaguares / 100 km² en la temporada de estiaje. Ambas
497 reservas ecológicas son ecorregiones de prioridad para su conservación por su riqueza de
498 especies y endemismos (Bezauri 2010), donde coexisten con el jaguar con otros depredadores
499 (Ceballos y Martínez 2010). A partir de las estimaciones obtenidas para nuestra área de estudio,
500 y considerando los valores promedios más discretos dados por los modelos de captura recaptura
501 ($\bar{x} = 3.18$ ind/100 km²) y los modelos espacialmente explícitos ($\bar{x} = 1.09$ ind/100 km²), la
502 estimación de la población total de jaguares para las selvas secas del municipio de San Ignacio
503 resulto de 71.2 y 24.41 jaguares, respectivamente. El área ponderada de selvas secas incluye el
504 APFFMC, reserva ecológica con una extensión de casi 50 mil hectáreas, donde Coronel *et al.*
505 (2017) estimaron 15 jaguares con los modelos de captura y recaptura.

506 *Abundancia de presas*

507 La riqueza de presas encontrada fue de trece especies de un espectro de 26 que han sido
508 registradas para otros sitios (Seymour 1989; Taber *et al.* 1997; Garla *et al.* 2001; Arroyo-Arce
509 *et al.* 2018). Para San Ignacio, las presas más comunes encontradas en los registros fotográficos
510 fueron el venado cola blanca y el coatí, lo cual coincide con la abundancia encontrada en el
511 excremento de jaguar, además del pecarí (Alcaraz, en prep.). En nuestra investigación el venado
512 cola blanca se registró en todas las estaciones de monitoreo y fue la presa más abundante, por
513 lo que podría estar representando la fuente más importante de alimento para el jaguar en la
514 región, como ha sido identificado en otros sitios (Aranda *et al.* 1996; Petracca *et al.* 2014;
515 Hernández *et al.* 2015; Ávila-Nájera *et al.* 2018). El mapeo bibliográfico permitió encontrar 25
516 investigaciones que señalaron al venado cola blanca (*Odocoileus virgininus*), a los pecaríes
517 (*Pecari tajacu* y *Tayassu pecari*); a los armadillos (*Dasyus novemcinctus*) y al coatí (*Nasua*
518 *narica*) como las presas de jaguar más comunes en gran parte de sus áreas de distribución, desde
519 México hasta el norte de Argentina (Tabla 5). De los estudios, siete registraron al venado cola
520 blanca, nueve al pecarí, seis al armadillo y cuatro al coatí. Los análisis de excretas han
521 evidenciado que el pecarí es otro de los recursos alimenticios más importantes para el jaguar en
522 México y Centroamérica (Estrada *et al.* 2008; Arroyo-Arce *et al.* 2018). Sin embargo, en
523 nuestra investigación su abundancia fue relativamente baja; en cambio las presas de tamaño
524 mediano que van de uno a diez kilogramos de peso, como el coatí o el tlacuache fueron
525 abundantes y son de los recursos alimenticios más importantes para los jaguares. Al medir la
526 biomasa consumida se ha encontrado que la proporción de consumo de este tipo de presas
527 (47.65%) es prácticamente la misma con respecto a las grandes (48%) que llegan a pesar más
528 de diez kilogramos (López y Miller 2002). Hayward *et al.* (2016) hicieron una revisión

529 bibliográfica sobre el abanico de presas que consume el jaguar en Latinoamérica, encontraron
530 que el jaguar tiende a consumir las más grandes con peso aproximado a los 100 kg. En Brasil,
531 De Azevedo (2008) encontró el mismo patrón de consumo para el jaguar, y para el puma
532 identificó que consume mayormente las presas más pequeñas. El reparto de presas reduce la
533 competencia interespecífica y posibilita la coexistencia entre ambas especies, pero existe otra
534 competencia que pone en riesgo la disponibilidad de recursos alimenticios para el jaguar en la
535 región, esta es la cacería furtiva generada por la alta demanda del venado y del pecarí para
536 consumo humano y con fines cinegéticos, se tiene evidencia histórica que señala a las
537 comunidades de San Ignacio y del sur de Sinaloa como usuarias de estos recursos faunísticos
538 (Leopold 1959; Aranda 1996; Navarro *et al.* 2005; Foster *et al.* 2016), lo que podría generar
539 una disminución en su disponibilidad y quizá propiciar la depredación del ganado ante la falta
540 de alimento natural (Chávez *et al.* 2007; Palmeira y Barrella 2007). En la revisión que hicimos
541 solo dos de los 25 estudios contemplaron a las vacas (*Bos taurus*) como alimento, lo que
542 confiere solidez a nuestra aseveración de que las vacas son el último recurso para el jaguar, ya
543 que en nuestra investigación se registraron tres ataques de depredadores naturales en becerros
544 y vaquillas. Los ataques se dieron en corrales deteriorados, alejados de las casas y sobre los
545 bordes de las selvas conservadas que son usadas como áreas de libre pastoreo donde el ganado
546 deambula sin vigilancia de los ganaderos y con el riesgo de ataques de jaguar u otro depredador,
547 ante escenarios donde la cacería furtiva del venado, pecarí y otras presas son limitadas y las
548 vacas ofrecen alimento fácil al jaguar.

549 En los muestreos del 2010 y 2016 se presentaron las abundancias más altas de jaguar, y en una
550 relación inversa registramos los valores menores el venado y el coatí. Las pruebas estadísticas
551 no marcaron diferencias significativas entre las abundancias del felino, pero estos valores

552 reflejan tendencias demográficas influidas posiblemente por factores ambientales y por las
553 respuestas funcionales del mismo felino, e. g. tasas de depredación y competencia intra e
554 interespecífica que se despliega ante la escasez de recursos para la sobrevivencia (Begon *et al.*
555 1999; Krebs 2014). El puma es el segundo depredador de mayor tamaño en el área de estudio,
556 su abundancia en San Ignacio fue mayor sobre el jaguar, esto podría sugerir en determinado
557 momento una competencia interespecífica, pues en términos generales consumen las mismas
558 presas, así lo ha documentado Ávila-Nájera *et al.* (2015) en Quintana Roo, quienes también
559 encontraron una relación poblacional inversa entre los felinos; cuando la abundancia del jaguar
560 es mayor la de puma tiende a disminuir.

561 La coexistencia entre ambas especies se explica en función de sus estrategias de cacería, de
562 preferencias de presas y su disponibilidad (Aranda y Sánchez 1996; Núñez *et al.* 2000; De
563 Azevedo 2008; Carrera-Treviño 2016; Arroyo *et al.* 2018). Para las selvas secas del occidente
564 de México se encontró que la biomasa consumida de venado por ambos felinos es
565 proporcionalmente la misma; pero el puma tiene un espectro mayor de selección de presas de
566 menor tamaño lo que lo favorece en términos de disponibilidad de presas (Núñez *et al.* 2000).
567 En el otro extremo del norte de México, en el noreste, la abundancia del venado cola blanca fue
568 escasa y se encontró que los jaguares están consumiendo otros recursos disponibles, entre ellos
569 el venado mazama (*Mazama temama*) y aves grandes como el hocofaisán (*Crax rubra*)
570 (Carrera-Treviño *et al.* 2016). En nuestra investigación se registraron aves de talla grande,
571 la chachalaca (*Ortalis wagleri*) y el guajolote (*Meleagris gallopavo*), que podrían estar siendo
572 utilizados por el jaguar. El consumo de aves es una posibilidad más de alimento, como ha sido
573 registrado en diversos estudios, Seymour (1989) señala que por lo menos 85 especies de presas
574 conforman el abanico de opciones para jaguar en todo su rango de distribución, además de

575 mamíferos incluye reptiles y aves grandes como la garza americana (*Mycteria americana*) y
576 medianas como el pato buzo del género *Phalacrocorax*; importantes grupos de estas aves
577 fueron observados en el río Piaxtla durante los monitoreos.

578

CONCLUSIONES

579 La presente investigación es la primera con modelos de captura recaptura que da seguimiento
580 a una población de jaguar a largo plazo realizada en Sinaloa. Esta generó conocimiento sobre
581 su dinámica poblacional y la abundancia de sus presas en una región identificada como un
582 corredor biológico de alta prioridad en el noroeste de México.

583 Las densidades del jaguar estimadas con los modelos de CAPTURE, oscilaron entre los 0.77 a
584 hasta los 5.36 con el modelo más discreto de las MMCM, valores superiores con respecto a los
585 obtenidos en otras selvas secas del Pacífico Mexicano. Este modelo ha sido ampliamente
586 utilizado en México, bajo el conocimiento de la posible sobreestimación poblacional. Sin
587 embargo, hoy en día los modelos espacialmente explícitos están siendo utilizados al ser modelos
588 más realistas al integrar las probabilidades de ocupación de hábitat por los jaguares,
589 considerando las condiciones del hábitat y de uso de hábitat.

590 Los muestreos poblaciones se realizaron en los mismos sitios y con recursos metodológicos
591 adecuados y estandarizados para replicar el modelo monitoreo a lo largo de siete años y conocer
592 más sobre la distribución y abundancia de jaguares residentes en las selvas secas del sur de
593 Sinaloa. Se logró identificar 21 individuos en una proporción de sexo de 1♂:2♀. La mayoría
594 de ellos con recapturas, con excepción de siete de los 10 individuos que se capturaron durante
595 el año 2016. La técnica de fototrampeo implementada es de carácter no invasiva y no representó
596 amenaza o factor de evasión para los individuos.

597 El seguimiento de individuos con fototrampeo generó información sobre la permanencia de
598 jaguares residentes y transeúntes, el reclutamiento de nuevos individuos y sus presas. En
599 hábitats naturales el jaguar puede vivir entre cinco y doce años (Seymour 1989), nosotros
600 logramos rastrear durante cuatro años a dos individuos, una hembra y un macho. Además, se
601 registró la presencia de dos hembras preñadas en los primeros meses del año (enero-febrero) y
602 posteriormente acompañadas de sus cachorros (mayo-junio). La reproducción de la especie
603 confiere un alto valor al corredor identificado como Unidad de Conservación del Jaguar
604 Sinaloa-Pacífico Central, pues contribuye a mantener la diversidad genética y la resiliencia para
605 adaptarse cuando sus poblaciones se reducen bajo diversos escenarios naturales, o cuando las
606 actividades antropogénicas causan cambios ambientales que ponen en riesgo su preservación.
607 Entre las onces especies de presas identificadas como la base de los recursos alimenticios del
608 jaguar en Sinaloa, las más notable por su abundancia fueron el venado cola blanca, el jabalí y
609 el coatí. A lo largo de los años de investigación las poblaciones no mostraron diferencias
610 significativas en cuanto a su abundancia, con ello el jaguar dispuso de recursos alimenticios,
611 sobre todo de presas grandes.

612 Nuestra investigación se desarrolló en las selvas secas asentadas en el pie de las montañas de
613 Sinaloa, selvas que se prolongan hasta el sur del estado de Sonora donde habita y se reproduce
614 la población más norteña de jaguar en México y del continente americano. La geografía de
615 Sinaloa y sus recursos naturales posibilitan el flujo genético con las poblacionales de otras
616 entidades vecinas que también realizan esfuerzos por la conservación de las poblaciones de
617 jaguar y sus presas, al sur con el estado de Nayarit y Sonora al norte. La densidad estimada
618 para el felino en la región de San Ignacio es equiparable con otros sitios de selvas secas en
619 México y del continente americano; la región de estudio es un sitio de prioridad para la

620 conservación y conectividad de las poblaciones de jaguar en el noroeste de México, los
621 hallazgos sobre las estimaciones de la densidad del jaguar y la disponibilidad de presas así lo
622 demuestran.

623 Aún con las acciones de conservación que se identificaron en San Ignacio, las poblaciones
624 de jaguar siguen en peligro de extinción. Debemos implementar alternativas sustentables como
625 el manejo del territorio y sus recursos, el pago por servicios ambientales, promover áreas
626 destinadas a la conservación, vigilancia y aplicación de la normativa, y el llamado a que las
627 industrias agropecuaria, inmobiliaria, minera y turística asuman su responsabilidad ambiental
628 y reduzcan sus impactos negativos en los ecosistemas y las poblaciones silvestres. El jaguar es
629 un elemento del patrimonio biocultural de México y de América que confiere identidad y
630 bienestar a las comunidades humanas. Conservémoslo.

631

632

Agradecimientos

633 A R. A. Medellín-Legorreta, por su amistad y confianza dada para iniciar y continuar con la
634 investigación sobre jaguar en Sinaloa. A la UNAM, Alianza Nacional para la Conservación de
635 Jaguar y al proyecto Cenjaguar por los apoyos económico y técnico. A los siguientes amigos y
636 colegas H. Zarza-Villanueva, G. Cerecedo-Palacios, D. Wooldrich, C. Ayala-Barrón, A.
637 Sánchez-Ríos, M. Corrales-Sauceda, A. Benitez-Fuentez, E. Barraza-Herrera. A la Facultad de
638 Biología-UAS y a sus estudiantes por el apoyo y entusiasmo. A las instituciones UAS, UNAM,
639 UAM, FUSCBIO, CONANP, CONABIO, PROFEPA, SEMARNAT y Autoridades de San
640 Ignacio por los apoyos económicos y logísticos para lograr la investigación de campo. A las
641 comunidades de San Ignacio y a la familia Ayala-Barrón por creer en esta investigación. Al
642 CONACyT por la Beca Nacional (clave 84208) otorgada a Y. G. Rubio-Rocha, este trabajo es
643 parte de los resultados de su Doctorado en Ciencias Agropecuarias del Colegio de Ciencias
644 Agropecuarias-UAS.

645

646

647

648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668

LITERATURA CITADA

- ABRA, F. ET AL. 2021. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. *Heliyon* 7:1-12.
- ALLEN, J. A. 1906. Mammals from the states Sinaloa and Jalisco, Mexico, collected by J. H. Batty during 1904-1905. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 22:191-262. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma
- Alcaraz, A. en prep. Hábitos alimentarios de felinos en San Ignacio, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana.
- ARANDA, M. 1996. Distribución y abundancia del jaguar, *Panthera onca* (Carnivora; Felidae) en el estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 68:45-52.
- ARANDA, M., AND V. SÁNCHEZ. 1996. Prey spectra of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in tropical forests of Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 31:65-67.
- ARCGIS. 2024. <https://enterprise.arcgis.com/es/portal/>
- ARRIAGA, L., ET AL. (coords.). 2002. Regiones hidrológicas prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html>. Consultado el 18 de diciembre del 2021.
- ARROYO-ARCE, S., ET AL. 2018. Feeding habits of the jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) in Tortuguero National Park, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 66:70-77.

- 669 ÁVILA-NÁJERA, D. M., *ET AL.* 2015. Estimación poblacional y conservación de felinos
670 (Carnivora: Felidae) en el norte de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*
671 63:799-813.
- 672 BEGON, M., J. L. HARPER Y C.R. TOWNSEND. 1999. *Ecología*. Omega. Barcelona, España.
- 673 BISBAL, F. J. 1993. Human impact on the carnivores of Venezuela. *Studies on Neotropical*
674 *Fauna & Environment* 28:145-156.
- 675 CARRERA-TREVIÑO, R., *ET AL.* 2016. Registro actual del jaguar *Panthera onca* (Carnivora:
676 Felidae) en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Nuevo León, México. *Revista*
677 *Mexicana de Biodiversidad* 87:270-275.
- 678 BEZAURY, C. J. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano en el contexto mundial. Pp. 21-
679 40 in *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas*
680 *del Pacífico de México* (Ceballos, G. *et al.*, eds.). F.C.E. México.
- 681 CASO, A. 2011. Status of Jaguars in the State of Tamaulipas. Pp. 21-26 in *Jaguar conservation*
682 *and management in Mexico. Case studies and perspectivas* (Ceballos, G., C. Chávez,
683 R. List, H. Zarza, y R. Medellín, eds). Alianza WWF/Telcel-Universidad Nacional
684 Autónoma de México. México.
- 685 CASO, A., *ET AL.* 2008. *Panthera onca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008:
686 e.T15953A5327466.
687 <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T15953A5327466.en>
- 688 CASTAÑO-URIBE, C., *ET AL.* (eds.). 2016. II. Conflictos entre felinos y humanos en América
689 Latina. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Bogotá, Colombia.
- 690 CEBALLOS, G., Y J. ARROYO. 2014. Systematic List of Species. Pp.49-68 in *Mammals of*
691 *Mexico* (Ceballos, G., ed.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, U.S.A.

692 CEBALLOS, G., Y L. MARTÍNEZ. 2010. Mamíferos. Pp. 119-144 in Diversidad, amenazas y áreas
693 prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México (Ceballos,
694 *et al.*, eds.). F.C.E. México.

695 CEBALLOS, G., *ET AL.* 2015. Accelerated modern human–induced species losses: Entering the
696 sixth mass extinction. *Science Advances*1, e1400253.

697 CEBALLOS G., EHRLICH P., Y DIRZO, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth
698 mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *PNAS*, 8.
699 doi:www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1704949114

700 CEBALLOS, G., *ET AL.* 2021a. Jaguar distribution, biological corridors and protected areas in
701 Mexico: from science to public policies. *Landscape Ecology*, 36(11), 3287-3309.

702 CEBALLOS, G., *ET AL.* 2021b. Beyond words: From jaguar population trends to conservation
703 and public policy in Mexico. *PLoS One*, 16(10), e0255555.

704 CEBALLOS, G., 2016. Ecology and conservation of jaguars in Mexico. Pp. 273-287 in *Tropical*
705 *Conservation: Perspective on Local and Global Priorities* (Aguirre, A., and R. Sukumar,
706 eds.). Oxford University Press. New York. U.S.A.

707 CHARRE-MEDELLÍN, J. F., *ET AL.* 2021. Jaguar (*Panthera onca*) density in the Sierra Madre del
708 Sur; the last wilderness area in the central-western slope in Mexico. *Studies on*
709 *Neotropical Fauna and Environment*, 1-14. doi:10.1080/01650521.2021.1895572

710 CHÁVEZ, C. Y CEBALLOS G. 2014. Jaguar. Pp. 507-509 in *Mammals of Mexico* (Ceballos, G.,
711 ed.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, U.S.A.

712 CHÁVEZ, C. Y CEBALLOS, G. 2006. *Memorias del Primer Simposio. El Jaguar Mexicano en el*
713 *Siglo XXI: Situación Actual y Manejo.* CONABIO-Alianza WWF Telcel-Universidad
714 Nacional Autónoma de México. México D.F.

- 715 CHÁVEZ, C., ET AL. 2013. *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El Jaguar*
716 *en México como estudio de caso*. Ciudad de México: Alianza WWF-Telcel, Universidad
717 Nacional Autónoma de México.
- 718 CHÁVEZ, C., ET AL. 2016. Distribución y estado de conservación del jaguar en México. Pp. 47-
719 92 in *El Jaguar en el siglo XXI. La perspectiva continental* (Medellín, R., et al., eds.).
720 Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México.
- 721 CONEVAL. 2020. San Ignacio Sinaloa. Informe sobre la situación de pobreza y rezago social.
722 Consultado el 28 de enero del 2020. Subsecretaría de prospectiva, Planeación y
723 Evaluación. México.
- 724 COLCHERO F. ET AL. 2011. Jaguars on the move: modeling movement to mitigate fragmentation
725 from road expansion in the Mayan Forest. *Animal Conservation* 14:158–66.
- 726 CORONEL-ARELLANO, H., LARA-DÍAZ, N. E., Y LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. A. 2017. Abundancia y
727 densidad de jaguar (*Panthera onca*) en el APFF Meseta de Cacaxtla, Sinaloa, México.
728 *Acta Zoológica Mexicana* 33:116-119.
- 729 CORONEL-ARELLANO, H., LARA-DÍAZ, N. E., Y LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. A. 2017. Abundancia y
730 densidad de jaguar (*Panthera onca*) en el APFF Meseta de Cacaxtla, Sinaloa, México.
731 *Acta Zoológica Mexicana* 33:116-119.
- 732 De Angelo, C., A. Paviolo y M. Di Bitetti. 2011. Differential impact of landscape
733 transformation on pumas (*Puma concolor*) and jaguars (*Panthera onca*) in the Upper
734 Paraná Atlantic Forest. *Diversity and Distributions*. *Diversity and Distributions* 17:422-
735 436.

- 736 DE AZEVEDO, F. C. 2008. Food habits and livestock depredation of sympatric jaguars and
737 pumas in the Iguaçu National Park Area, south Brazil. *Biotropica* 40:494-500.
738 doi:10.1111/j.1744-7429.2008.00404.x
- 739 DE LA TORRE, A., *ET AL.* 2017. The jaguar's spots are darker than they appear: assessing the
740 global conservation status of the jaguar *Panthera onca*. *Orix* 52:300-315.
- 741 DE LA TORRE, A., NÚÑEZ, J. Y MEDELLÍN, R. 2016. Habitat availability and connectivity for
742 jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Mayan Forest: Conservation priorities for a
743 fragmented landscape. *Biological Conservation* 206:270-282.
- 744 DE LA TORRE, J. A., Y MEDELLÍN, R. A. 2011. Jaguars *Panthera onca* in the Greater Lacandona
745 Ecosystem, Chiapas, Mexico: population estimates and future prospects. *Oryx* 45:546-
746 553.
- 747 DE LA TORRE, J. A., NÚÑEZ, J. M., Y MEDELLÍN, R. A. 2017. Habitat availability and
748 connectivity for jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Mayan Forest: Conservation
749 priorities for a fragmented landscape. *Biological Conservation* 206:270-282.
- 750 DIRZO, R., *ET AL.* 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 6195:401-406.
- 751 DOF. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059-
752 SEMARNAT-2010) Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna
753 silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-
754 Lista de especies en riesgo. Diario Oficial 30/12/2010.
- 755 EEDEN, L. *ET AL.* 2018. Carnivore conservation need evidence based livestock protection. *PLoS*
756 *Biol* 16(9): e2005577. DOI.org/10.1371/journal.pbio.2005577
- 757 Efford MG, Dawson DK, Robbins CS. 2004 Density: software for analysing capture-recapture
758 data from passive detector arrays. *Animal Biodiversity Conservation* 27:217–228.

- 759 ESTES, J., *ET AL.* 2011. Trophic Downgrading of Planet Earth. *Science* 6040:301-306.
- 760 ESTRADA, C. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y
761 el jaguar (*Panthera onca*) en la selva maya. *Revista Mexicana de Mastozoología*
762 12:113-130.
- 763 FIGEL, J. J., RUÍZ-GUTIÉRREZ, F., Y BROWN, D. E. 2016. Densities and perceptions of jaguars
764 in coastal Nayarit, Mexico. *Wildlife Society Bulletin* 40:506-513.
- 765 FOSTER, R. J., HARMSSEN, B. J., Y DONCASTER, C. P. 2010. Habitat use by sympatric jaguars
766 and pumas across a gradient of human disturbance in Belize. *Biotropica* 42:724-731.
- 767 FOSTER, R. J., *ET AL.* 2016. Wild meat: a shared resource amongst people and predators. *Orix*
768 50:63-75.
- 769 GARLA, R. C., SETZ, E. Z. F., AND GOBBI, N. 2001. Jaguar (*Panthera onca*) food habits in
770 Atlantic rain forest of southeastern Brazil. *Biotropica* 33:691-696.
- 771 GARROTE, G. 2012. Depredación del jaguar (*Panthera onca*) sobre el ganado en los llanos
772 orientales de Colombia. *Mastozoología neotropical*, 19:139-145.
- 773 GOPALASWAMY, A. M., *ET AL.* 2012. Program SECR: software for estimating animal density
774 using spatially explicit capture–recapture models. *Methods in Ecology and Evolution*
775 3:1067-1072.
- 776 GREENSPAN, E., ANILE, S., Y NIELSEN, C. K. 2020. Density of wild felids in Sonora, Mexico: a
777 comparison of spatially explicit capture-recapture methods. *European Journal of*
778 *Wildlife Research* 66:1-12.
- 779 GONZÁLEZ, C. Y MILLER, B. 2002. Do jaguars (*Panthera onca*) depend on large prey?. *Western*
780 *North American Naturalist* 6:218-222.

- 781 GONZÁLEZ-GALLINA, A. AND HIDALGO-MIHART. 2018. A Review of Road-killed Felids in
782 Mexico. *Therya*, 9:147-159.
- 783 GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, C. E., GÓMEZ-RAMÍREZ, M. A., Y LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. A. 2012.
784 Estimation of the density of the Near Threatened jaguar *Panthera onca* in Sonora,
785 Mexico, using camera trapping and an open population model. *Oryx*, 46:431-437.
- 786 GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, *ET AL.* 2015. Are Private Reserves Effective for Jaguar Conservation?
787 *PLoS One* 10(9) e0137541. doi:10.1371/journal.pone.0137541
- 788 HARMSSEN, B. J., *ET AL.* 2009. Spatial and Temporal Interactions of Sympatric Jaguars
789 (*Panthera onca*) and Pumas (*Puma concolor*) in a Neotropical Forest. *Journal of*
790 *Mammalogy* 90:612-620.
- 791 HARMSSEN B. J., R. FOSTER, H. QUIGLEY. 2020. Spatially explicit capture recapture density
792 estimates: robustness, accuracy and precision in a long-term study of jaguars (*Panthera*
793 *onca*). *PLOS ONE* 15(6): E0227468.
- 794 HAYWARD, M., *ET AL.* 2016. Prey preferences of the jaguar *Panthera onca* reflect the post-
795 Pleistocene demise of large prey. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3:148.
- 796 HERNANDEZ-SAINT MARTIN, A., *ET AL.* 2015. Food habits of jaguar and puma in a protected
797 area and adjacent fragmented landscape of Northeastern Mexico. *Natural Areas Journal*
798 35:308-317.
- 799 HOOGESTEIJN, A., C. *ET AL.* 2016. El jaguar y las comunidades rurales: uso de densidad humana
800 y bovina para identificar zonas de conflicto a nivel nacional en México. Pp. 49-60 in *II*
801 *Conflictos entre felinos y humanos en América Latina* (Castaño-Uribe, C., eds.). Serie
802 *Editorial Fauna Silvestre Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
803 Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, Colombia.

804 IBM, 2015. Statiscs for Windows. Versión 23.0 . ARMONK, N. Y. IBM Corp.

805 INEGI, 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos
806 Mexicanos. San Ignacio, Sinaloa Clave geoestadística 25016. México.

807 INSKIP C., Y A. ZIMMERMANN A. 2009. Human-felid conflict: a review of patterns and
808 priorities worldwide. *Oryx* 43:18-34.

809 JEDRZEJEWSKI, W., *ET AL.* 2018. Estimating large carnivore populations at global scale based
810 on spatial predictions of density and distribution - Application to the jaguar (*Panthera*
811 *onca*). *PLoS ONE* 13(3): e0194719.

812 JENKS, K. E., *ET AL.* 2011. Using relative abundance indices from camera-trapping to test
813 wildlife conservation hypotheses—an example from Khao Yai National Park, Thailand.
814 *Tropical Conservation Science* 4:113-131.

815 KARANTH, K. U., *ET AL.* 2004. Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey
816 abundance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101:4854-4858.

817 KARANTH, K. U., Y NICHOLS, J. D. 1998. Estimation of tiger densities in India using
818 photographic captures and recaptures. *Ecology* 79:2852-2862.

819 KELLY, M. J. 2008. Design, evaluate, refine: camera trap studies for elusive species. *Animal*
820 *Conservation* 11:182–184.

821 KREBS, C. 2014. *Ecology. The experimental Analisis of Distribution and Abundance.* Pearson.
822 Essex, U.K.

823 LEOPOLD, A. S. 1959. *Fauna silvestre de México.* Editorial Pax. México.

824 LUJA V. H., *ET AL.*, 2017. Small Protected Areas as Stepping-Stones for Jaguars in Western
825 Mexico. *Tropical Conservation Science* 10:1-8.

- 826 MAFFEI, L., *ET AL* (EDS.) 2011a. Abundance/density case study: Jaguars in the Americas. In
827 Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses. Springer U.S.A.
- 828 MAFFEI, L., *ET AL*. 2011b. Perspectives from ten years of jaguar (*Panthera onca*) camera
829 trapping in Mesoamerica. *Mesoamericana* 15:49-59.
- 830 MAFFEI, L., CUÉLLAR, E., Y NOSS, A. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's
831 Chaco? camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal of Zoology* 262:295-
832 304.
- 833 MEDELLÍN R. A., *ET AL*. 2016). El Jaguar en el siglo XXI. La Perspectiva Continental. Ediciones
834 Científicas Universitarias. UNAM-FCE. México.
- 835 MEDELLÍN, R., *ET AL*. 2006. Censos y Monitoreos. Pp. 25-35 in *Memorias del Primer Simposio*
836 *El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo* (Chávez, C., y G.
837 Ceballos, eds.). CONABIO, WWF-Telcel-UNAM. México.
- 838 MILLER B. AND A. RABINOWITZ. 2002. ¿Porqué conservar el jaguar? Pp. 303-316 en *El Jaguar*
839 *en el Nuevo Milenio* (Medellín, R., *et al.* comps.). FCE-UNAM-WCS. México.
- 840 MILLER, C. 2002. Jaguares, ganado y humanos: un ejemplo de coexistencia pacífica en el
841 noroeste de Belice. Pp. 477-491 in *El Jaguar en el Nuevo Milenio* (Medellín, R., *et al.*
842 comps.). FCE-UNAM-WCS.
- 843 MONROY, O., C. RODRÍGUEZ, AND V. LEROY. 2011. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra
844 Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología*
845 *Tropical* 59:373-383.
- 846 MORALES, A. D., AND MORALES J. J. 2018. Patrimonio cultural y biodiversidad; el caso del
847 jaguar mexicano. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado* 51:973-999.

848 NACIONES UNIDAS. 2018. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una
849 oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3). Santiago, Chile.

850 NAVARRO-SERMENT, C. J., LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. A., Y GALLO-REYNOSO, J. P. 2005.
851 Occurrence of jaguar (*Panthera onca*) in Sinaloa, Mexico. The Southwestern Naturalist
852 102-106.

853 NOSS, A., L. MAFFEI, R. GARCÍA, AND S. SILVER. 2013. Evaluando la densidad de jaguares con
854 trampas cámara. Programa para la Conservación del Jaguar. Wildlife Conservation
855 Society. New York, U.S.A.

856 NOSS, A. B. ET AL. 2012. Comparison of density estimation methods for mammal populations
857 with camera traps in the Kaa-Iya del Gran Chaco landscape. Animal Conservation
858 15:527-535.

859 NÚÑEZ, R., MILLER, B., Y LINDZEY, F. 2000. Food habits of jaguars and pumas in Jalisco,
860 Mexico. Journal of Zoology 252:373-379.

861 NÚÑEZ-PÉREZ, R. 2011. Estimating jaguar population density using camera-traps: a
862 comparison with radio-telemetry estimates. Journal of Zoology 285:39-45.

863 O'BRIEN, T. 2010. Wildlife picture index: implementation manual version 1.0. Wildlife
864 Conservation Society. Bronx NY, U.S.A.

865 O'CONNELL, A. F., NICHOLS, J. D., AND KARANTH, K. U. 2010. Camera traps in animal ecology:
866 methods and analyses. Springer. New York, U.S.A.

867 OLIVIER, G. 2016. Noches del rey jaguar. Artes de México. 121:10-15.

868 OTIS, D., BURNHAM, K., WHITE, G., Y ANDERSON, D. 1978. Statistical inference from capture
869 data on closed animal populations. Wildlife monographs 62:3-135.

870 PAEZ, S., ET AL. 2022. Reference genomes for conservation. Science 377:364-366.

871 PALMEIRA, F. B. L., Y BARRELLA, W. 2007. Conflitos causados pela predação de rebanhos
872 domésticos por grandes felinos em comunidades quilombolas na Mata Atlântica. *Biota*
873 *Neotropica* 7:1.

874 PALOMARES, F. 2018. Scraping marking behaviour of the largest Neotropical felids. *PeerJ* 6:
875 e4983 DOI:10.7717/peerj.4983

876 PAVIOLO, A., ET AL. 2008. Jaguar *Panthera onca* population decline in the upper Paraná Atlantic
877 forest of Argentina and Brazil. *Oryx* 42:554-561.

878 PEÑA M. J., Y A. CASTILLO. 2013. Depredación de ganado por jaguar y otros carnívoros en el
879 noreste de México. *Therya* 4:431-446.

880 PERERA-ROMERO, L., ET AL. 2020. When waterholes get busy, rare interactions thrive:
881 Photographic evidence of a jaguar (*Panthera onca*) killing an ocelot (*Leopardus*
882 *pardalis*). *bioTROPICA* 53:5.

883 PEROVIC, P. G. 2002. Conservación del jaguar en el noroeste de Argentina. Pp. 465-475 in *El*
884 *Jaguar en el Nuevo Milenio* (Medellín, R., et al., comps.). FCE-UNAM-WCS. México.

885 RABINOWITZ, A., AND ZELLER, K. A. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and
886 conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation* 143:939-945.

887 ROMERO-MUÑOZ, A. ET AL. 2020. Beyond fangs: beef and soybean trade drive jaguar
888 extinction. *Frontiers in Ecology and the Environment* 18:67-68.

889 RStudio Team. 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL
890 <http://www.rstudio.com/>

891 RUBIO-ROCHA, Y., ET AL. 2022. First records of road-killed mammals in the state of Sinaloa,
892 México. *Therya Notes*, 3, 53-58.

- 893 RUBIO Y., H. BÁRCENAS, AND A. BELTRÁN. 2010a. Llanura costera del Pacífico - Pie de la
894 Sierra de Sinaloa. Pp. 405–409 in *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la*
895 *conservación de las selvas secas del Pacífico de México* (Ceballos, G., *et al.*, eds.).
896 F.C.E. México.
- 897 RUBIO, Y., BÁRCENAS, H., AND BELTRÁN, A. 2010b. Meseta de Cacaxtla, Sinaloa. Pp. 415-
898 420 en *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas*
899 *del Pacífico de México* (Ceballos, G., *et al.*, eds). F.C.E., México.
- 900 SANDERSON E. W., *ET AL.* 2002. Un análisis geográfico del estado de conservación y
901 distribución de los jaguares a través de su área de distribución in *El Jaguar en el Nuevo*
902 *Milenio* (Medellín, R. *et al.*, comps.). FCE-UNAM-WCS. México.
- 903 SANDERSON J., Y G. HARRIS. 2013. Automatic data organization, storage, and analysis of
904 camera trap pictures. *Journal of Indonesian Natural History* 1:11-19.
- 905 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2010. Norma
906 Oficial Mexicana NOM-059SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas
907 de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su
908 inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la
909 Federación 30 diciembre, 2010. México.
- 910 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2015. Inventario
911 Estatal Forestal y de Suelos 2014. México.
- 912 SHANNON G., LEWIS J.S., AND GERBER B. D. 2014. Recommended survey designs for
913 occupancy modelling using motion-activated cameras: insights from empirical wildlife
914 data. *PeerJ* 2:e532.
- 915 SEYMOUR, K. L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species* 340:1-9.

- 916 SILVEIRA, L., JÁCOMO, T. A., AND DINIZ-FILHO, J. A. 2003. Camera trap, line transect census
917 and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114:351-355.
- 918 SILVER S., 2004. Assessing jaguar abundance using remotely triggered cameras. *Wildlife*
919 *Conservation Society*. ACADEMIA Accelerating the world's research.
- 920 SILVER, S. C., ET AL. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca*
921 abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx*, 38:148-154.
- 922 SOISALO, M. K., Y CAVALCANTI, S. M. 2006. Estimating the density of a jaguar population in
923 the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture–recapture sampling in
924 combination with GPS radio-telemetry. *Biological Conservation* 129:487-496.
- 925 TOBLER, M. W., AND POWELL, G. V. N. 2013. Estimating jaguar densities with camera traps:
926 Problems with current designs and recommendations for future studies. *Biological*
927 *Conservation* 159:109-118.
- 928 TOBLER, M. W., ET AL. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large-and
929 medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11:169-178.
- 930 TREJO, I., 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. Pp. 41-52 in *Diversidad, amenazas y*
931 *áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*
932 *(Ceballos et al. eds.)*. F.C.E., Mexico.
- 933 WHITE, G. C., ET AL. 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed
934 populations. Los Alamos, New Mexico: Los Alamos National Laboratory.
- 935 WILSON K., AND D. ANDERSON. 1985. Evaluation of a nested grid approach for estimating
936 density. *Journal of Wildlife Management* 49:675-678.
- 937 ZANIN, M., F. PALOMARES AND D. BRITO. 2015. The jaguar's patches: Viability of jaguar
938 populations in fragmented landscapes. *Journal for Nature Conservation* 23:90-97.

- 939 ZANIN, M., *ET AL.* 2016. Gene flow and genetic structure of the puma and jaguar in Mexico.
940 European Journal of Wildlife Research 62:461-469.
- 941 ZARZA, H., *ET. AL.* 2016. Región Noreste-Centro: Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí,
942 Querérato, Hidalgo y Puebla. Pp. 72-97 in El Jaguar en el siglo XXI. La perspectiva
943 continental (Medellín, R., *et al.* eds.). UNAM-FCE. México.
- 944
- 945

946

Figuras y cuadros

947

948

949

950

951

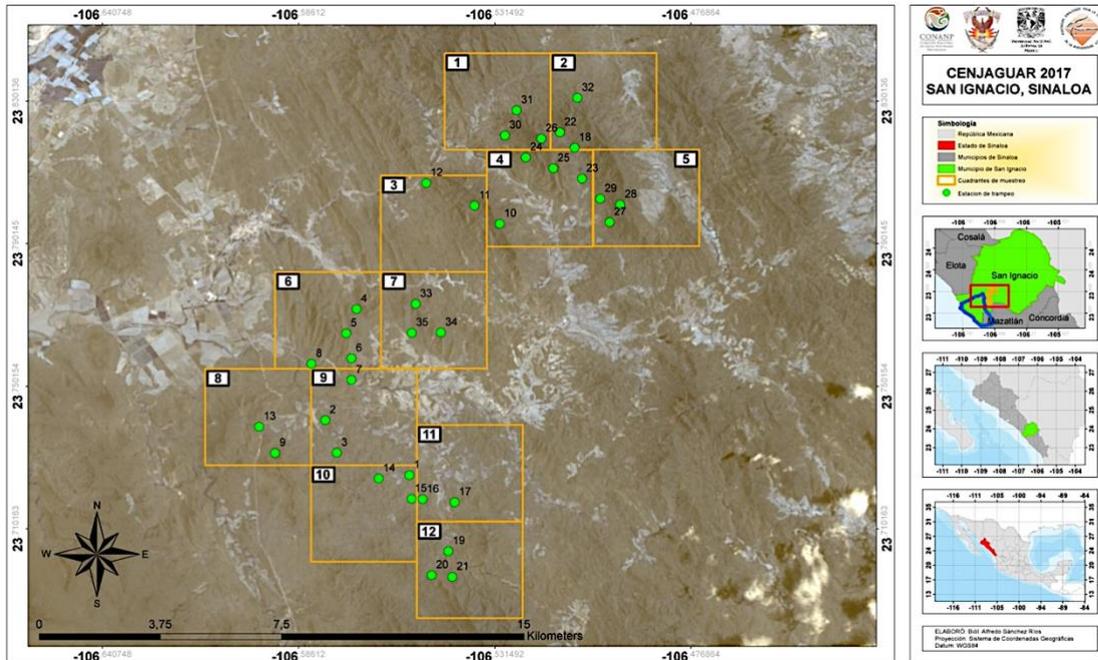
952

953

954

955

956



957

Figura 1. Ubicación de las trampas cámaras en la zona de estudio para la estimación de la densidad de jaguar durante un monitoreo en San Ignacio, Sinaloa, México.

958

959

960

961

962

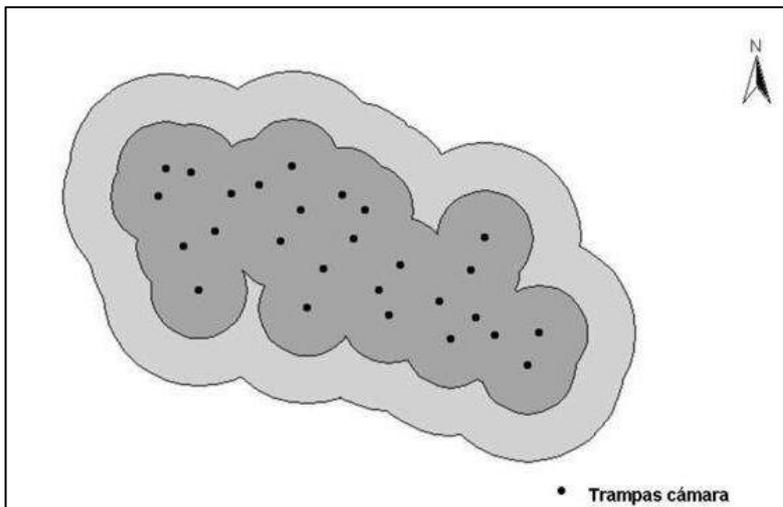
963

964

965

966

967



968

Figura 2. Polígono del área de muestreo para el año 2010. En color gris oscuro el AEM estimada con la 1/2MMDM, en gris el AEM con la MMDM.

969

970

971

972

973

974

975

976



Fotografía 1a. Jaguar hembra La Bonita, capturada en 2010.



Fotografía 1b. Jaguar hembra La Bonita, recapturada en 2014.

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986



Fotografía 2a. Jaguar macho Rodrigo, capturado en el 2014.

987

988

989

990 Figura 3. Captura y recaptura de la hembra La Bonita a) 2010 y b) 2014; y del macho Rodrigo

991 en c) 2014 y d) 2017.

992

993



Fotografía 2b. Jaguar macho Rodrigo, recapturado en 2017.

994 Tabla 1. Número de jaguares (*Panthera onca*) identificados, capturas y esfuerzos de muestreo
 995 por año en San Ignacio Sinaloa, México.
 996

Año	2010	2014	2016	2017
Total individuos observados	7	3	10	6
Sexo de individuos (M:H:N)*	2:4:1	1:2	3:6:1	1:1:4
Total de capturas	42	23	13	21
Recapturas en el monitoreo	35	20	3	15
Recapturas de muestreos anteriores+	na	2 H	1 M	2 M:H
Capturas por sexo	15:26:1	18:5:0	3:9:1	8:10:3
Total de capturas independientes	24	15	13	17
Total estaciones	33	32	33	29
Número de estaciones con captura	17	8	9	9
Esfuerzo de muestreo (DTC)**	1,254	1,344	2,433	1,827
IAR***	19	11.2	5.3	9.3

997 * M macho, H hembra, N indeterminado; ** DTC, días de muestreo con trampa cámara; ***IAR, Índice de Abundancia
 998 Relativa, calculado a partir del número de capturas fotográficas independientes entre el esfuerzo de muestreo, estandarizado a
 999 mil días trampa cámara (MDTC) (Noss *et al.* 2013); + con respecto al censo próximo anterior; na, no aplica.

1000

1001 Tabla 2. Densidades de jaguares obtenidas con CAPTURE (MMDM, 1/2MMDM) y SECR con
 1002 buffer de 20 km y con buffer según *sigma* (*Sigma* *4) en las selvas secas de San Ignacio Sinaloa,
 1003 México. D* densidad ajustada a 100 km² en paréntesis se presenta los intervalos de confianza
 1004 a 95%.

Año	CAPTURE						SECR 20 km					
	MMDM (km)	AEM Km ²	D* + SE	½ MMDM (Km)	AEM Km ²	D* + SE	D*	g0	Sigma	buffer	D*	
2010	1.95	132.37	4.53 ± 0.335	0.98	89.28	6.72 ± 0.335	0.40	0.0121	8172.47	32,700	1.04 (0.04-3.36)	
2014	3.6	259.36	0.77 ± 0.162	1.8	151.72	1.32 ± 0.162	0.30	0.0144	6254.56	25,000	0.45 (0.04-2.20)	
2016	4.57	294.85	2.03 ± 2.12	2.29	153.25	3.9 ± 2.12	NA	NA	NA	NA	NA	
2017	3.08	223.97	5.36 ± 5.2	1.54	139.65	8.5 ± 5.2	1.73	0.0059	3525.59	15,000	1.73 (0.46-6.6)	

1005

Tabla 3. Estimación de proporción de sexos, abundancia, densidad con los modelos de captura-recaptura de CAPTURE (CR-MMDM, CR-1/2MMDM) y SECR (CR-SECR), y población de jaguar para México, Centroamérica y Sudamérica.

Id Autor	Sitio	Región/hábitat	País	Individuos M:H:N = total	IAR (1000 DTC)	CR- MMDM	CR- ½MMDM	CR- SECR	Población MMDM
1	Ranchos privados con manejo cinegético al noreste del estado	Sonora/ vegetación xerófila, matorral espinoso y bosque tropical caducifolio y vegetación riparia	México	15	2.8			4.61	
2	Reserva ecológica y ranchos privados con manejo cinegético al noreste del estado	Sonora/ vegetación xerófila, matorral espinoso y bosque tropical caducifolio y vegetación riparia	México	14:12:8 = 34		1.87 ± 0.47			
3	Reserva ecológica y ranchos privados con manejo cinegético al noreste del estado	Sonora/ vegetación xerófila, matorral espinoso y bosque tropical caducifolio y vegetación riparia	México	4:3:3 = 10	8.16	1.05 ± 0.4			
4	Nacori Chico	Sonora/ bosques templados, pastos, matorral semitropical y selvas secas	México	5	3.2		1.1		
5	Sonora	Doce estados o entidades federativas/ selvas bajas	México		6.25	1.05			4,800
6	Reserva ecológica Meseta de Cacaxtla	Sinaloa/ selva baja caducifolia	México	2:2:1 = 5	--	1.59			15

7	San Ignacio, área adyacente a la reserva ecológica Meseta de Cacaxtla	Sinaloa/ selva baja caducifolia	México	5:10:6 = 21	11.3	3.2 ± 1.9	5.11±1.9	0.09 ±0.04	67
8	San Blas, Marismas Nacionales	Nayarit/ domina el manglar y bosque tropical subcaducifolio	México	2:5:2 = 9	57			2.04	
9	Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala	Jalisco/ selva baja caducifolia	México	3:4:1 = 8	11.03		5.3		
10	Sierra Madre del Sur	Michoacán/ bosque tropical subcaducifolio y caducifolio, y bosques templados	México	2 hembras	9.8	0.79± 0.08	1.63±0.08	0.76±0.54	
11	Chinantla	Oaxaca/ bosques tropicales y humedos templados	México	8	13.31			1.15-1.16	
12	Reserva de la Biosfera El Cielo	Tamaulipas/ selva baja caducifolia, bosques templados	México	3:5:0 = 8	8	5.9 ± 1.3			
13	Pantanos de Centla	Campeche/ manglares y mosaico de vegetación que incluye el bosque tropical caducifolio	México	7:7:3 =17	17.8			1.93 ± 0.53	172± 47
14	Unidad de Manejo Costa Norte y Centro del Pacífico	Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco/ selvas secas	México			2.5 a 5.0			795

15	Unidad de Manejo Pacífico Centro	Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Estado de México/ vegetación diversa, dominando las selvas secas	México		--	1.2 - 6	--	--	397
16	Región de Conservación Noreste-Centro	Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Puebla / bosque mesófilo y selvas bajas	México			0.75-5.4			429 217 individuos en 9,406 km ² selva baja caducifolia
17	Península de Yucatán	Campeche, Yucatán y Quintana Roo/ selvas bajas	México	9		1.5			301
18	Mesoamerica	Selvas bajas	Guatemala a Panamá	3:2			2.85		
19	Parque Nacional Kaa-Iya	El Chaco/ bosques secos y en transición	Bolivia	12:7:7 = 26	10.1	2.6-5.0			1,000
20	Cerro cortado	Selvas bajas caducifolia	Bolivia	3:3:1			5.11 ± 2.10		
	Tucavaca	Selvas bajas caducifolia		3:3:1			3.93 ± 1.30		

1, Greenspan et al.(2020); 2 Gutiérrez-González et al.(2015); 3, Gutiérrez et al. (2012); 4, Rosas-Rosas y Bender (2012); 5, Ceballos et al.(2021b); 6, Coronel et al.(2017); 7, Esta investigación; 8, Figel et al. (2016); 9, Núñez (2011); 10, Charre-Medellín et al.(2021); 11, Lavariaga et al. (2020); 12, Carrera et al. (2016); 13, Hidalgo-Mihart et al. (2019); 14, Ceballos et al. (2016); 15, Ceballos et al.(2016); 16, Zarza et al. (2016); 17, Chávez et al. (2016); 18, Maffei et al.(2011); 19, Maffei et al.(2004); 20

Tabla 4. Índice de abundancia relativa de las especies de presas registradas por fototrampeo en San Ignacio, Sinaloa.

Especie	Nombre científico	Nombre común	Número capturas fotográficas independientes	IAR*
1	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	536	79
2	<i>Nasua narica</i>	Coatí	383	56
3	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra	167	25
4	<i>Didelphis virginiana</i>	Talcuache	85	12
5	<i>Ortalis wagleri</i>	Chachalaca		11
66	<i>Canis latrans</i>	Coyote	69	10
7	<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí	43	6
8	<i>Lepus alleni</i>	Liebre	25	4
9	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	23	3
10	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo	21	3
11	<i>Sciurus spp.</i>	Ardilla	17	2
12	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	12	2
13	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo	1	0.1

*Índice de Abundancia Relativa estandarizado a 1,000 DTC (Noss et al. 2013)

Tabla 5. Riqueza de especies presa registradas para el jaguar en el periodo de 1997 a 2021 en diversos sitios del continente americano.

Id	Autor	Área de estudio	Técnica	Principales presas	Otros datos
1	Este estudio	México Bosque seco	FT	<i>Odocoileus virginianus</i> <i>Pecari tajacu</i> <i>Nasua narica</i>	11 especies registradas
2	Souza <i>et al.</i> 2021	Brasil Bosque tropical húmedo	CH	<i>Cuniculus paca</i> <i>Mazama govazoubira</i> <i>Procyon cancrivorus</i> <i>Tamandua tetradactyla</i> <i>Myrmecophaga tridactyla</i> <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> <i>Nasua nasua</i> <i>Dasyprocta sp</i>	13 presas, incluyendo <i>Bos taurus</i> y <i>Sus scrofa</i> doméstico.
3	Arroyo-Arce <i>et al.</i> 2018	Costa Rica Bosque tropical húmedo	CH FT	<i>Tayassu pecari</i> <i>Dasypus novemcinctus</i> <i>Iguana iguana</i>	20 especies, pecarí la más abundante (47%). Estudio de 2012 a 2016
4	Miranda <i>et al.</i> 2018	Brasil Áreas protegidas	RL		Consumen presas medianas cuando las grandes escasean
5	Gutiérrez-González <i>et al.</i> 2018	México Zonas áridas norte	FT	<i>Odocoileus virginianus</i> <i>Bos tauro</i>	Venados y terneros preferidos por jaguar, terneros por el puma.
6	Polisar <i>et al.</i> 2017	Bolivia, Nicaragua, Guatemala, Guayana Francesa, Bosques tropicales	FT	<i>Caviomorpha</i> <i>Tayasu spp</i> , <i>Cervidae</i> , <i>Tapiridae</i> <i>Procyon sp</i> <i>Eira</i>	La presencia de jaguar es favorable para el manejo certificado de bosques. Tasa ponderada a 1,000 dct.
7	Carrera-Treviño 2016	México Reserva ecológica El Cielo		<i>Venado cola blanca</i> , <i>Mazama temama</i> , <i>Cuniculus paca</i> y <i>tlacuache</i>	Traslape nocturno entre jaguar y presas
8	Cassaigne <i>et al.</i> 2016	México Desierto	CH	<i>Odocoileus virginianus</i>	9 especies, venados y terneros
9	Hayward <i>et al.</i> (2016)	América	RL		Jaguares prefieren presas grandes (100kg)
10	Perilli 2016	Brasil Pantanal	CH GPS	<i>Bos taurus</i> , <i>Caiman yacare</i> <i>Tayassu pecari</i> y <i>Pecari tajacu</i>	Estas 4 especies son el 70% de 30 especies
11	Ávila-Nájera <i>et al.</i> 2015	México Bosque tropical húmedo	FT	<i>Odocoileus virginianus</i> <i>Dasypus novemcinctus</i> <i>Pecari tajacu</i> <i>Nasua narica</i> <i>Didelphis spp</i>	18 especies, el venado el más abundante, estudio del 2008 al 2012
12	Gomez-Ortiz <i>et al.</i> 2015	México Templado	CH	<i>Conepatus leuconotus</i> <i>Dasypus novemcinctus</i>	45 presas
13	Hernancez-SaintMartin <i>et al.</i> 2015	México Reserva ecológica Abra Tanchipa	CH	<i>Pecari tajacu</i>	Coexistencia de jaguar y puma
14	Rueda <i>et al.</i> 2013	México Bosque tropical semihúmedo	CH	<i>Pecari tajacu</i>	14 presas, 7 compartidas por jaguar y puma. Jaguar consumió presas medianas (1-15 kg)
15	Cavalcanti <i>et al.</i> 2010	Brasil Bosque tropical húmedo	FT	<i>Dasypus novemcinctus</i> <i>Tayassu pecari</i>	Las hembras consumieron pecarí preferentemente y los machos caimanes, estudio del 2001 al 2004

16	Foster <i>et al.</i> 2010	Belice Bosque tropical	CH	<i>Nassua narica</i>	12 especies, incluyendo domésticas entre los 5-10 kg
17	González-Maya <i>et al.</i> 2010	México y centro y sur de América	CH	<i>Pecari tajacu</i>	4 presas
18	Estrada <i>et al.</i> 2008	México Bosque tropical húmedo	CH	<i>Tayassu pecari</i> <i>Nassua narica</i> <i>Dasybus</i>	17 presas
19	Núñez <i>et al.</i> 2006	México Bosques secos Reserva ecológica	CH	<i>Odocoileus virginianus</i>	Jaguar consumió 16 presas y puma 8, presentaron traslape
20	Weckel <i>et al.</i> 2006	Belice Santuario lluvioso	CH FT	<i>Pecari tajacu</i> <i>Dasybus novemcinctus</i> <i>Cuniculus paca</i>	Jaguares tienden a seleccionar presas grandes, consumen medianas de manera oportunista, el consumo de <i>Tapirus terrestres</i> es ocasional
21	Novack <i>et al.</i> 2005	Guatemala Bosque tropical Reserva ecológica	CH	<i>Nassua narica</i> <i>Dasybus novemcinctus</i>	Diets de tamaño mediano dominan
22	Polisar <i>et al.</i> 2003	Venezuela Reserva	CH	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> <i>Pecari tajacu</i> <i>Odocoileus virginianus</i> <i>Caiman yacare</i> <i>Tayassu pecari</i>	4 jaguares seguidos en 53 meses
23	Garla <i>et al.</i> 2001	Brasil Bosque tropical	CH	<i>Dasybus novemcinctus</i> <i>Tayassu pecari</i> <i>Pecari tajacu</i>	24 presas
24	Taber <i>et al.</i> 1997	Brasil Bosques secos	CH	<i>Didelphus albiventris</i> <i>Tolypeutes matacus</i> <i>Mazama govazoubira</i> <i>Tayassu tajacu</i> <i>Sylvilagus brasiliensis</i> <i>Galea musteloides</i>	El jaguar consumió 26 presas mayores a 15 kg, el puma 16 y de talla menor, compartieron 7 presas

Métodos: Carcasas y/o heces (C/H); Fototrampeo; (FT); Revisión Literaria (RL).

CAPITULO 6.

EL JAGUAR Y SU RELACIÓN CON LAS COMUNIDADES RURALES Y LA GANADERÍA

INTRODUCCIÓN

Estado de conservación del jaguar

El jaguar es una especie en peligro de extinción y prioritaria para México (SEMARNAT, 2009; DOF, 2010), su conservación es vital por ser especie clave en los ecosistemas y regula a otras que, en un momento dado pueden convertirse en plagas y afectar el equilibrio del ecosistema naturales (Ripple *et al.* 2014, Terborgh *et al.* 2001; Miller y Rabinowitz, 2002). La relevancia cultural del jaguar no es menor, es elemento de identidad de los pueblos antiguos, emblema de las culturas prehispánicas Olmeca, Azteca y Maya (Saunders, 2005; Miller, 2011; Olivier, 2016; Sugiyama, 2016). El jaguar es una especie de amplia distribución geográfica, realiza grandes desplazamientos locales de hasta 10 km en un día (De la Torre *et al.*, 2016). Se encuentra desde los bosques de mangle en la costa y en las selvas secas al pie de la alta serranía, incluso se ha registrado su presencia y abundancia en las zonas templadas con vegetación de encinos y pinos, además del estado de conservación del hábitat, disponibilidad de presas, de individuos reproductivos y de las presiones que ejercen las actividades humanas (Ceballos *et al.*, 2002; Chávez *et al.*, 2016). El impacto de las actividades humanas, como la ganadería, reduce el hábitat y genera fragmentos desconectados con poblaciones que se marginan y con mayores riesgos de extinción por su condición de aislamiento y bajo número poblacional; otro aspecto es que se pierde la diversidad genética por endogamia o deriva genética (Silveira *et al.*, 2016). La presencia de coberturas forestales integrales y de corredores biológicos es clave para conservar las poblaciones locales del felino. Los corredores biológicos son las rutas geográficas que conectan hábitats y permiten el movimiento y el intercambio de individuos de especies

de fauna y flora silvestres dentro de los ecosistemas, esto mantienen enlazados los procesos biológicos para evitar el aislamiento de las poblaciones (Ceballos *et al.*, 2021; Theobald *et al.*, 2017).

Se ha documentado la necesidad de contar con grandes extensiones de hábitat conservado y corredores biológicos que permitan la supervivencia de poblaciones viables de grandes vertebrados, entre ellos el jaguar (n = 50 individuos), y el equilibrio de los ecosistemas (Rodríguez-Soto *et al.*, 2011; Morato *et al.*, 2018; Zanin *et al.*, 2015). En la reserva ecológica de Montes Azules en Chiapas, se identificó un área de 2,389 km² que alberga una población de jaguar con una densidad de 3 individuos/100 km², donde potencialmente podrían estar alrededor de 70 jaguares; de los cuales los machos pueden llevar a utilizar espacios de más de 80 km². Las características de estos espacios son fundamentales para sostener jaguares que van de paso o son residente; la calidad de sus coberturas, la topografía del terreno y las distancias a los poblados o sitios degradados son factores que determinan el uso de hábitat y la permanencia de individuos (Chávez *et al.*, 2016; De la Torre *et al.*, 2016).

Jaguar y su relación con la ganadería y las comunidades rurales.

Las selvas secas constituyen uno de los hábitats más importantes para el jaguar, este tipo de vegetación conforma un corredor natural en el pie de montaña de la Sierra Madre Occidental en México, donde se tienen importantes registros del jaguar en interacción con las personas (Nuñez, 2011). La interacción se interpreta como eventos que implican contacto directo o indirecto entre humanos y especies no domésticas; estas interacciones son antagónicas cuando surgen amenazas hacia alguna de las partes en su integridad física y en su entorno o hábitat (Whitehouse-Tedd *et al.* 2021).

Las selvas secas constituyen uno de los hábitats del jaguar más amenazados a escala global, son destruidos por el cambio de uso para actividades agropecuarias y desarrollo de infraestructura (Janzen, 1988; Mass *et al.*, 2010). Para Sinaloa, Monjardín *et al.*, (2017) estimaron una tasa media anual de deforestación de 0.41% y

una reducción de cobertura forestal de 126.50 km²/año, disminuyendo hábitats potenciales y recursos alimenticios para la población del jaguar y otros depredadores naturales. Esta reducción genera presión sobre los jaguares que llegan a migrar localmente en la búsqueda de alimento y llegan a hatos ganaderos que constituyen reservorios de presas secundarias para ellos y otros depredadores. Los dueños del ganado ante la pérdida de ganado por depredadores naturales toman medidas que ponen en riesgo la sobrevivencia de las poblaciones locales de jaguar, entre ellas la cacería y la colocación de cebos envenenados; estas interacciones negativas, identificadas como conflicto se presenta en otras regiones del planeta con otros grandes felinos como leopardo (*Panthera pardus*) (Akrim *et al.* 2023; el puma (*Puma concolor*) y el león (*Phantera leo*) (Khorozyan *et al.*, 2015; Francesca B. L. Palmeira *et al.*, 2008).

El conflicto entre humanos y la vida silvestre es un fenómeno que ha existido a lo largo la historia de la humanidad, y es definido como aquella situación donde “las necesidades y el comportamiento de la vida silvestre impactan negativamente en los objetivos de los humanos o cuando los objetivos de los humanos impactan negativamente las necesidades de la vida silvestre (Dickman y Hazzah, 2016).

Las interacciones negativas son resultado de causas ecológicas y socioeconómicas en conjunto, por ejemplo, como la escasez de presas y el manejo innapropiado del ganado o la carencia de apoyos técnicos que permitan mejorar las condiciones de los potreros para evitar depredación, pone en estado vulnerable al jaguar u otro depredador ante el enojo de los ganaderos (Bonacic *et al.* 2022). Las interacciones negativas también son propiciados por factores socioculturales que inciden sobre las percepciones y actitudes hacia los grandes depredadores, tanto de ganaderos como de las personas en general. Ambas condiciones cognitivas están estrechamente relacionadas con los estilos de vida y se arraigan en tradiciones o creencia sobre el supuesto que los jaguares comen humanos aún cuando la evidencia explica que se

defienden y hoy estadísticas científica que confirmen dicha creencia (Esparza *et al.*, 2022).

Los jaguares tienden a generar múltiples emociones, que van desde la admiración hasta el miedo irracional (Esparza *et al.*, 2022). Para algunas personas, la presencia de grandes carnívoros puede producir sentimientos positivos mientras que para otras puede evocar sentimientos negativos como el miedo, estas emociones pueden influir en las acciones de conservación y, por lo tanto, en la sobrevivencia de las poblaciones (Altrichter *et al.*, 2006; Hoogesteijn *et al.*, 2016a; Mascote *et al.*, 2016). Estas condiciones culturales son un factor de riesgo para el jaguar que, sumadas a las naturales, como la escasez de presas, como el venado (*Odocoileus virginianus*) o el pecarí (*Pecari tajacu*), pueden propiciar condiciones para que se de la depredación de ganado (vaca, chivos, burros, etc.) y los ganaderos se enojen y cacen o envenen jaguares, incluso sin tener la certeza que fueron los depredadores (Silveira y Jácomo, 2002; Peña y Castillo, 2013, Castaños *et al.*, 2016).

Presencia de depredadores e interacciones con la ganadería

Eeden *et al.* (2018) al analizar 114 estudios relativos a la temática, encontró que los castigos a los depredadores naturales por parte de los ganaderos son una constante a escala global, aun cuando no se tienen las evidencias experimentales o de campo suficientes que muestren el impacto real de los depredadores sobre la ganadería. Hay casos ilustrativos que revelan la conveniencia de desarrollar estrategias de coexistencia; como es el caso de Argentina, donde los ganaderos diezmaron la población del jaguar y más tarde reconocieron que el jaguar es más valioso vivo. Con esto impulsan la implementación de estrategias para fomentar la coexistencia pacífica entre jaguar-ganado-humanos, entre las más exitosas están el pago por pérdidas y el manejo alternativo del ganado para evitar depredación (Perovic, 2002; Rosas-Rosas *et al.* 2010; Krafte *et al.*, 2018).

En México se han realizado investigaciones sobre el conflicto ganadero, los factores que lo inducen y oportunidades de solución como el pago compensatorio por las pérdidas de ganado y el incremento del hábitat natural (Saracho *et al.*, 2006). En el norte del México han reduciendo las presiones sobre los jaguares siguiendo estas soluciones (Peña y Castillo, 2013; Cassaigne *et al.*, 2016), así mismo en Yucatán se impulsa el manejo alternativo y la compensación por ataque de depredadores naturales al ganado (C. Alcerreca, comp. pers.); la participación proactiva de los ganaderos es acompañada por investigadores, conservacionistas y los apoyos de aseguramiento de los Fondos Ganadero de la Confederación Nacional de Organismos Ganaderos (CNOG,) que promueve la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER).

En Sinaloa, las prácticas ganaderas son similares a las desarrolladas en resto de México y otros sitios de Latinoamérica, básicamente se da en dos grandes formas, la intensiva o en encierro, y la extensiva o “de monte”. Esta última se caracteriza por el desplazamiento altitudinal o movimiento estacional del ganado entre los pisos de la vegetación en los bosques, y se ha demostrado que es una práctica que pone en estado de vulnerabilidad al ganado, especialmente a las crías, ya que la depredación ocurre cuando el ganado está en la zona alta deambulando o cuando paren alejados de los potreros y de la atención de los dueños (Perovic, 2002; Peña y Castillo, 2013, Hoogsteijn *et al.*, 2016b).

De acuerdo con Bonacic *et al.*, (2022), el incremento de la ganadería no ha ido a la par de las acciones de conservación Latinoamérica, y en México no es la excepción, las prioridades en ganadería y conservación no son coincidentes, aun cuando tienen de base los mismos recursos naturales que es el capital que provee los insumos para alcanzar sus propósitos correspondientes, el incremento de la producción de carne/leche y la recuperación o conservación de hábitats. Los ganaderos con grandes áreas para la producción y crianza del ganado no estabulada son proclives a eventos de depredación y pérdidas económicas. Esta problemática es difícil de solventar para los productores de zonas rurales de alta marginación, donde las familias poseen un

reducido pie de cría y la pérdida de un ejemplar les genera malestar y bajas en la economía, preámbulo para que se den interacciones negativas y surgen las respuestas extremas de los ganaderos que suelen cazar o envenenar al jaguar o a cualquier depredador que deambule por sus potreros (Palmeira *et al.*, 2008; Garrote *et al.*, 2012; Amit *et al.* 2013; Peña-Mondragón *et al.*, 2013; Akrim *et al.* 2023).

Existen ejemplos donde la coexistencia pacífica entre los jaguares y los humanos se va construyendo, en Belice se ha promovido el manejo alternativo en la vida silvestre con resultados positivos para la población de jaguar y los hatos de ganado vacuno (Miller, 2002). Los jaguares constituyen un punto de atracción para los turistas, además de las acciones de investigación y conservación que acompañan a este segmento que provee recursos económicos prestadores de servicios turísticos y de compensación ante los ataques de jaguar al ganado; es así como el turismo se ha convertido en una herramienta de conservación para el jaguar y la naturaleza (Tortato *et al.*, 2017; Duque-Moreno *et al.*, 2024).

Se ha demostrado que bajo las buenas prácticas la ganadería coexiste con las poblaciones de jaguar, hatos de hasta 150 cabezas de ganado se han manejado bajo recomendaciones que contemplan la alternancia en agostaderos, el cercado y separado del bosque con un perímetro mínimo de 50 m de pasto podado, con ello han bajado las eventos de depredación de acuerdo a las experiencias Quigley y Crawshaw (1992), quienes argumentan que también es necesario contar con suficientes presas para que los jaguares no se vean forzados a atacar el ganado por hambre como pasa en la mayoría de los sitios donde la escasez de presas es uno de los factores que propician los ataques (Khorozyan *et al.*, 2015).

Observando estas experiencias, esta investigación se enfocó en consultar al sector ganadero y a la población en el sur de Sinaloa, región donde habita el jaguar y se ha registrado ataques al ganado vacuno por depredadores naturales. Se analizaron las percepciones y actitudes hacia el jaguar con el propósito de contar con la primera evaluación sobre la relación entre el felino, la ganadería y las comunidades. Esta

información es valiosa para el diseño de estrategias locales de conservación del jaguar y el manejo ganadero.

MÉTODO

Área de estudio y sitios de monitoreo

La investigación se llevó a cabo en las selvas secas del sur de Sinaloa, en los municipios de San Ignacio y Concordia; el primero representa el 9.3% de la superficie del estado y sus coordenadas extremas de son al norte 24° 22', al sur 23° 28' de latitud norte; al este 105° 51' y al oeste 106° 52' de longitud oeste, con altitud entre los 0 y los 2,900 msnm (Figura 1). Cuenta con 408 localidades y una población total de 23 355 habitantes (INEGI, 2009a). Concordia ocupa el 3.87% de la superficie del estado con 345 localidades y una población de 27 001 habitantes, se ubica en las coordenadas extremas de 23° 04' y 23° 47' de latitud norte y 105° 41' y 106° 15' de longitud oeste, con altitud entre 10 y 2,200 msnm (INEGI, 2009b). Ambas entidades cuentan con la mayor cobertura vegetal conservada en Sinaloa. San Ignacio tiene 421,084 hectáreas de selvas primarias de un total de 501,531. En tanto, Concordia tienen 121,571 hectáreas conservadas de un total de 214,374 (SEMARNAT, 2015).



Figura 1. Ubicación geográfica y tipos de vegetación de los municipios de San Ignacio y Concordia, Sinaloa, México

Para analizar la relación jaguar-comunidad y jaguar-ganadería se implementó una investigación descriptiva, prospectiva, de tipo observacional y transversal (Méndez R. I., 2006). Se diseñaron dos instrumentos para medir las variables sobre el conocimiento y percepciones hacia el jaguar, para ello se consultó literatura especializada y a expertos en psicología ambiental y producción y manejo ganadero

(Pinheiro, 2004; Roth, 2000). El enfoque de esta investigación es de carácter cualitativa, los datos obtenidos se convirtieron en número para aplicar los estadísticos correspondientes, se conocieron las percepciones de las personas a partir de las realidades vivenciales y de su contexto inmediato (Hernández *et al.*, 2003).

Para responder a la hipótesis planteada de que, las percepciones y actitudes de las personas hacia el felino serán más favorables en los sitios donde se han llevado a cabo acciones de información y conservación; esta investigación se realizó en las comunidades de dos municipios del sur de Sinaloa, San Ignacio y Concordia. El Corredor Biológico y Ecoturístico del Jaguar (CBEJ) en San Ignacio, integra una diversidad de comunidades que se distribuyen desde la costa hasta la parte media de la serranía del municipio (Rubio, 2014), en ellas se han llevado a cabo acciones de investigación (Zanin *et al.*, 2016, Coronel-Arellano *et al.*, 2017; Ceballos *et al.*, 2021) y conservación desde el año 2010, entre ellas los festivales culturales, talleres y conferencias (Ayala *et al.*, 2020; Rubio *et al.*, 2022). En Concordia se han implementado importantes esfuerzos enfocados al cuidado de las cuencas hidrológicas, el manejo ganadero sustentable y en la conservación de las selvas secas donde habita el jaguar, incluso han implementado monitoreos que han evidenciado la presencia del felino (Conserva Costas y Comunidas 2017 y 2018; Conselva, 2023).

Implementación de las consultas comunitarias

Se aplicaron entrevistas al azar y a conveniencia en los municipios de San Ignacio y Concordia, las comunidades rurales visitadas se definieron por su accesibilidad y por la disposición de sus habitantes a ser consultados. En el contexto de esta investigación, los habitantes fueron el actor de interés y se define como aquella personas que tienen la capacidad de desarrollar el pensamiento abstracto, es decir, procesar experiencias sociales e idear maneras resolver contrariedades o retos que les presente la vida, capacidades desarrolladas en personas a partir de los 16 años de edad (Wadsworth, 1992). La entrevista integró preguntas abiertas y de opción múltiple, esto permitió analizar las relaciones entre el jaguar, las comunidades y la ganadería,

y dilucidar posibles interacciones negativas que comprometan la conservación del jaguar y el bienestar y supervivencia de los hatos ganaderos (Hoogesteijn *et al.*, 2016 a,b).

La entrevista fue personal y semiestructurada, basada en la comunicación verbal directa entre dos personas con el propósito de recabar información sobre el punto de vista de un actor sobre un tema de interés (Hernández *et al.*, 2014; Castillo y Peña-Mondragón, 2015). Los entrevistados se seleccionaron al azar, mujeres y hombres a quienes se les explicó los objetivos de la entrevista y el cuestionario, se les consultó si deseaba participar y en función de ello iniciar la entrevista. Se procuró generar confianza, pues el cuestionario integró preguntas sensibles sobre la actitud hacia el felino, como ataques al ganado o a las personas. Las consultas a las comunidades sobre las percepciones y actitudes se hicieron de julio a noviembre del 2019 en el municipio de San Ignacio, para Concordia en febrero del 2020. Los cuestionarios dirigidos a analizar la relación ganadería-jaguar se aplicaron en Concordia el mes de febrero del 2020 previo a la emergencia sanitaria por COVID 19. Para San Ignacio se aplicaron después de la emergencia sanitaria, entre los años 2022 y 2023, cuando las condiciones sanitarias marcadas por la autoridad en salud y las comunidades lo permitieron.

Se registraron los ataques de depredadores denunciados por los ganaderos y se aplicó el protocolo recomendado CNOG en coordinación con las autoridades de CONANP. Se acudió a los llamados de tres ranchos productores en el municipio de San Ignacio Sinaloa, ubicados en la zona de influencia del Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Meseta de Cacaxtla (APFFMC). Se aplicó el Formato 3 para constancia de atención en campo donde se registró la información requerida para constatar el ataque: fecha, ubicación del sitio del siniestro, datos del propietario, condición y área corporal de heridas del ejemplar, etc. (Anexo 3). Una herramienta importante en toda la investigación fue la observación directa no participante la cual permite registrar datos sobresalientes o de interés que abonaron al análisis e

interpretación de los datos registrados (Whitehouse-Tedd Hernández *et al.* 2014; Castillo y Peña-Mondragón 2015).

1.- Diagnóstico de la relación comunidades-jaguar.

Las investigaciones socioambientales buscan dilucidar las relaciones entre el grado de aceptación de una situación con respecto a los saberes y actitudes de las personas de acuerdo a sus contextos e intereses (Castillo *et al.*, 2020). La aceptación suele agruparse en categorías o grados que van del acuerdo al desacuerdo, que manifiestan subjetividades o valores cualitativos que bajo la escala Likert son analizados; esta escala es una de las herramientas más utilizadas para valorar los juicios de las personas y categoriza sus respuestas de manera cualitativa con posibilidad de convertirlas a valores numéricos para su análisis (Whitehouse-Tedd *et al.*, 2021; Maldonado, 2012). La escala es un nivel de medición que consiste en una serie de juicios o ítems a modo de afirmaciones/preguntas ante los cuales se solicita la reacción del entrevistado. El ítem representa variable a medir a través de las respuestas emitidas en términos de grados de acuerdo o desacuerdo que el entrevistado manifiesta.

La relación de las comunidades con el jaguar se evaluó a partir de los aspectos socioeconómicos, de conocimiento, de interacción y de percepciones y actitudes hacia el felino, estos fueron integrados en un cuestionario con 37 ítems (Anexo 1 Cuestionario 1).

- Siete (7) ítems relativos a datos socioeconómicos del entrevistado (localidad, nombre, género, edad, residencia, escolaridad, oficio),
- Seis (6) ítems dirigidos a identificar posibles interacciones entre las personas y el felino (relativos observaciones del jaguar y posibles ataques), y
- Veinticuatro (24) ítems sobre percepciones y actitudes para conocer el grado de aceptación del jaguar en las comunidades; estos se agruparon en cuatro tópicos:

conocimiento sobre la biología y ecología del jaguar (n = 7); valor del jaguar (n = 7); ganadería y turismo (n = 6) y el jaguar como elemento de identidad (n = 4).

Los estadísticos utilizados fueron no paramétricas y se basan en rangos utilizados para corroborar si existen diferencias relevantes a nivel estadístico entre dos o más grupos con respecto a una variable independiente (ítem o pregunta) en relación a una variable dependiente ordinal o continua (respuesta) (Zar, 1984). Esta última variable, cualitativa ordinal o variable cuasicuantitativa, puede tomar distintos valores siguiendo una escala definida que puede ir desde el desacuerdo hasta el muy de acuerdo, como en la escala Lickert antes mencionada (Hernández *et al.*, 2014). La escala Lickert fue la base para el diseño de las entrevistas esperando que los habitantes diera una respuesta categórica a la que se le asignó un valor numérico como a continuación se describe: Desacuerdo (1), Neutro (2) o Acuerdo (3). La mediana fue la variable analizada con la prueba U de Mann - Whitney para comparar dos muestras independientes, en este caso las poblaciones de los dos municipios, San Ignacio y Concordia (Zar, 1984).

2.- Diagnóstico de la relación jaguar-ganadería.

El grado de interacción entre los ganaderos y el jaguar se midió con preguntas dirigidas a los encargados de manejar los hatos ganaderos; se visitaron los ranchos para observar y conocer sobre el manejo que dan a los animales y se asistió a un par de reuniones para interactuar con los ganaderos y conocer sobre el contexto y la dinámica que implica la producción pecuaria; así como las necesidades, los riesgos y beneficios para el productor. Se diseñó un cuestionario con 43 ítems, previamente se piloteó su contenido para validar la pertinencia y aplicación (Maldonado, 2012). Los aspectos que integró el instrumento fueron el manejo ganadero, la pérdida de ganado por ataque, la percepción hacia el jaguar y ubicación de sitios de siniestros (Garrote, 2012; Castillo y Peña-Mondragón, 2015; Carvalho *et al.*, 2015). Esto último se preguntó con el propósito de establecer estaciones de fototrampeo (Chávez *et al.*, 2013) para verificar la presencia del felino, verificar si los ataques eran del jaguar u otro depredador e inferir el impacto sobre el ganado y (Anexo 2, Cuestionario 2).

Con las frecuencias y distancias de los siniestros se realizó un análisis de regresión logística binaria y se generó un modelo de riesgo de depredación, el cual mide las probabilidades de riesgo de ataque. Para el análisis de ocurrencia de los ataques como variable categorica (respuestas: no, si; o 1 y 2, respectivamente) se analizó el valor de la mediana de las distancias del sitio de ataque a la comunidad.

El modelo se evaluó mediante el valor del coeficiente de determinación (R²), así como el intervalo de confianza del coeficiente de regresión (β), con los estimadores de los parámetros del modelo obtenido se calcularon las probabilidades, con la ecuación anotada por Daniel (2002):

$$P(evento) = \frac{exp^{(\alpha+\beta x)}}{1 + exp^{(\alpha+\beta x)}}$$

Donde: $P(evento)$ = probabilidad del evento de interés

exp = base del logaritmo natural (2.7183)

α = el estimador del intercepto de la ecuación de regresión

β = el estimador del coeficiente de regresión

Para los análisis de la moda y la mediana, como medidas centrales para las categorías definidas, se aplicó el análisis de varianza Kruskal-Wallis (Hernández *et al.*, 2014) (Sokal & James Rohlf, 1984) con el programa estadístico SPSS. El análisis de regresión logística para estimar la probabilidad de siniestros se realizó con el paquete estadístico Minitab 18 y los gráficos se realizaron en Microsoft Excel versión 16.77.1-2023.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

I. Relación del jaguar con las comunidades y su valor en el sur de Sinaloa

a) Datos socioeconómicos

Se entrevistaron 103 habitantes del sur de Sinaloa, el 87% corresponde a hombres y el 13% a mujeres. En el municipio de San Ignacio se consultó a 53 personas de 17 comunidades; entre ellas El Veladero, El Tule, Cabazán, Palmarito, Los Guayabos, La Labor y la cabecera municipal. En el municipio de Concordia se consultó a 50 personas siete comunidades; La Guácima, Chupaderos, Tambá, Mesillas y la cabecera municipal. Los datos recabados contemplaron aspectos socioeconómicos, de interacción con el jaguar y actitudes de las personas hacia el felino. En términos generales, ambos municipios tienen un perfil ambiental y socioeconómico similar (INEGI 2009a, b), las dos entidades cuentan con la mayor cobertura de selvas secas conservadas, en San Ignacio el 83% de sus selvas son primarias, y en Concordia el 57% (SEMARNAT, 2015).

Los entrevistados en San Ignacio (92%) y Concordia (74%) declararon ser mayores de 30 años con una residencia superior a los 20 años, lo que denota un conocimiento de la región y de su contexto socioambiental. Los años de formación escolar de las personas fueron similares en ambos municipios; los porcentaje en educación básica (primaria, secundaria y bachillerato) fueron del 77% para San Ignacio y de 74% para Concordia. De las personas entrevistadas el 13% y 16%, respectivamente, cursaron el nivel superior; licenciatura y posgrado.

Los empleos más comunes para ambos municipios fueron los relacionados con las actividades agropecuarias. San Ignacio presentó el mayor porcentaje (79%) en este segmento, en tanto, Concordia registró el mayor porcentaje de personas que se dedican a otros oficios (53%), como el comercio, la albañilería, las artesanías, la música, la carpintería, la mecánica, el manejo forestal, la educación ambiental, el ecoturismo y obrero. Finalmente, el servicio público, la vigilancia comunitaria y la

cacería fueron oficios ejercidos por el 20% de los entrevistados en Concordia y el 7% en San Ignacio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos socioeconómicos de las personas entrevistadas en las comunidades de los municipios de San Ignacio y Concordia, Sinaloa, México.

San Ignacio			Concordia		
Entrevistados			Entrevistados		
Edad	n	%	Edad	n	%
16-30	4	7	16-30	8	16
31-45	13	25	31-45	11	22
46-60	27	51	46-60	7	14
Más de 60	9	17	Mayor de 60	24	48
Escolaridad			Escolaridad		
Primaria	14	26	Primaria	18	36
Secundaria	19	36	Secundaria	11	22
Preparatoria	8	15	Preparatoria	8	16
Licenciatura	6	11	Licenciatura	8	16
Maestría	1	2	Maestría	1	2
Sin escolaridad	2	4	Sin escolaridad	1	2
No contestó	3	6	No contestó	3	6
Oficio			Oficio		
Ganadería	32	39	Agricultura	15	21
Agricultura	33	40	Ganadería	9	13
Cacería	2	2	Servicio público	4	6
Servicio público	1	1	Vigilante comun.	3	4
Vigilante comunitario	1	1	Cacería	2	3
Otros oficios	14	17	Otros oficios	37	53

b) Interacción comunidad-jaguar

Al inicio de esta investigación se plasmó la necesidad conocer las interacciones entre los habitantes y el jaguar en la región sur del estado de Sinaloa, particularmente en los municipios de San Ignacio y Concordia, sitios donde se han llevado a cabo diversas acciones de investigación y conservación (Coronel-Arellano *et al.*, 2017; Rubio *et al.*, 2016; Chávez y Ceballos, 2014; Conselva 2023). Los hallazgos para cada municipio se ilustran en los porcentajes de la Figura 2; en San Ignacio el 18% afirmó conocer al jaguar y en Concordia el 30%, la mayoría lo observó en las selvas secas (50% y 68%, respectivamente) y en cuerpos de agua (30% y 14%, respectivamente), estas durante sus labores de campo y de vigilancia.

Las respuestas encontradas para cada uno de los municipios denotan una baja interacción negativa, en San Ignacio no se registró ataque de jaguares hacia las personas, en tanto en Concordia dos personas (4%) tenían conocimiento de ataques del jaguar a personas; pero dichos ataques corresponden a anécdotas que les fueron compartidas por otras personas. Con respecto al cuestionamiento sobre si han matado alguna vez a un jaguar, en San Ignacio el 15% de los entrevistados aceptaron haberlo hecho y el 19% no contestó; en Concordia el 2% lo afirmó y el 18% no contestó. Las actitudes hacia el felino en ambos municipios tienen a ser semejantes y el análisis de datos no encontró diferencias significativas entre las respuestas dadas por las personas de San Ignacio y Concordia (Kruskall-Wallis =0.3951, d.f. = 1, P. 0.53).

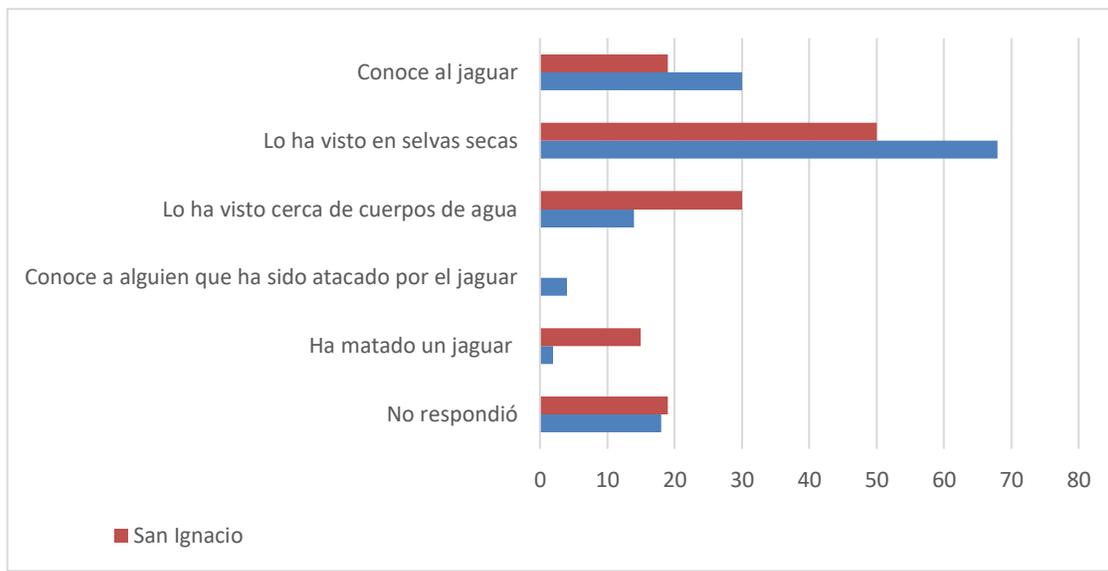


Figura 2. Conocimiento e interacción de los habitantes de los municipios de Concordia y San Ignacio, Sinaloa.

La cacería de jaguares por trofeo y el castigo por depredación al ganado se ha registrado históricamente en la región de estudio, en San Ignacio los rancheros buscan la forma de aniquilarlo contratando cazadores o poniendo cebos envenenados (Leopold, 1959; Navarro *et al.*, 2005). Hoy en día, esta práctica se ha reducido, o por lo menos así lo expresan los ganaderos, quienes tienen la presión de los conservacionista y de sus coterráneos. Algunos ganaderos acuden a las autoridades para la búsqueda de soluciones y se da aviso a las oficinas locales de CONANP y/o a grupos de apoyo como la Alianza Nacional para la Conservación del Jaguar (ANCJ) que proporcionan sus enlaces técnicos y asesorías ante la pérdida de ganado por ataque de jaguar. Para estos grupos de trabajo el jaguar es una especie de prioridad para su preservación y colaboran con las comunidades locales para el censo poblacional y acciones de conservación (SEMARNAT, 2009).

La pérdida económica para los ganaderos es diferida, para los pequeños productores la muerte de una vaca o vaquilla representa el esfuerzo y el recurso para la familia de

un par de semanas de trabajo, en cambio para grandes productores la depredación de un ejemplar no les representa pérdidas significativas. Entre los entrevistados resaltan dos ganaderos, quienes manejan entre 100 a 400 cabezas de ganado, y hasta 2,000 hectáreas de agostaderos, ellos manifestaron que bajo el manejo de rotación y vigilancia que le han dado a sus hatos ganaderos no sufren de ataques de depredadores, o por lo menos minimizan la posibilidad de algún siniestro. Otro componente de este manejo es la prohibición de la caza de venado u otras presas del jaguar. La cacería furtiva de venado es una realidad en la región, durante los cuatro años de investigación se observó a cazadores en posesión de carne o piezas del venado siendo comercializadas sin restricción o permiso oficial.

Estos mismos ganaderos mueven su ganado a los potreros cercanos a la comunidad en tiempos de riesgo, cuando baja la disponibilidad de agua o cuando se acerca el momento de parir de las vacas. Sin embargo, la pérdida de un par de vaquillas la justifican ante la presencia del jaguar en sus predios, reconocen al felino como una especie importante para el equilibrio del ecosistema y representante de la belleza de la selva. Enfatizan que, sí ocurre un siniestro, es resultado de la escasez del venado, que es la presa más importante para el jaguar en términos de tamaño y compensación nutricional (Taber *et al.*, 1997; Núñez *et al.*, 2006; De Azevedo y Murray, 2007).

En general, el 25% de los entrevistados conoce al jaguar y el 14% lo observó en los últimos doce meses de manera directa trabajando en las labores del campo o mediante el fototrampeo que realizaron como actividad de vigilancia en coordinación con la CONANP. El 9% reconoció haber matado a un jaguar, pero resalta señalar que el 18.5% de las personas no respondió a esta última pregunta. Este silencio se puede interpretar como una situación de aquiescencia o aprobación, y puede generar sesgos al momento de interpretarlo (Whitehouse-Tedd *et al.*, 2021). Para esta investigación no se exploró más esta respuesta, pero se observó y comentó de manera clara la tradición de cazar al jaguar. La cacería del jaguar es ilegal y es el factor más crítico

que afecta las poblaciones locales de jaguar, es sancionada por la opinión pública y las autoridades ambientales en México; sin embargo, se sigue registrando pero discretamente por las implicaciones legales, que de acuerdo al código penal federal en México, pueden conferirle a las personas hasta nueve años de prisión. La muerte de jaguar por cacería es un fenómeno común en el resto de Latinoamérica, en Bolivia y Brasil las personas entrevistadas expresaron su desagrado hacia los jaguares y la actitud positiva hacia la matanza del jaguar (Marchini et al. 2012; Knox et al., 2019).

Los ganaderos y otros habitantes de las comunidades rurales de la región manifiestan que encontrarse a un jaguar es un suceso raro, pero no imposible. El jaguar es un animal evasivo que tiende a evitar la presencia de los humanos, en casos extremos de acorralamiento el felino se defiende ante el ataque de perros y cazadores, así lo afirman los habitantes y es concordante con lo señalado en la literatura (Leopold, 1959). Durante los cuatro años de esta investigación no se registró ningún ataque a humanos en el área de estudio, ni en otras regiones donde habita el jaguar. Los ataques fortuitos son prácticamente inexistentes a lo largo de su distribución en América, salvo en Brasil (Altrichter et al. 2006; Esparza et al., 2022).

En la literatura médica se encontró un par de casos documentados en Sudamérica; uno en Guyana donde una niña de tres años fue atacada por el jaguar mientras la abuela lavaba la ropa a las márgenes de un río en una región selvática; la rápida reacción de la abuela permitió la defensa y sobrevivencia de la pequeña, además de que le proporcionaron una excelente atención médica (Iserson y Francis, 2015); aun así, los habitantes de la región mencionaron que los ataques son raros. En Brasil Campos et al. (2011) documentó el ataque a dos personas; uno se registró en zona turística donde los jaguares eran alimentados con pescado con el propósito de que permanecieran pasivos para la observación y disfrute de los turistas; en este caso, el felino entró a la tienda de campaña donde dormía un prestador de servicios junto a una tina de pescado, es ahí se ocurre el lamentable suceso. El otro caso fue el de un pescador que estaba agachado buscando lombrices como carnada cuando fue

atacado; la evidencia señala que era un jaguar hembra con crías que al parecer se sintió agredida y atacó en defensa. Como lo cita Esparza *et al.* (2022), las personas sienten un miedo exacerbado, irracional y ancestral al tener conocimiento de los ataques o defensas que despliegan los jaguares, y a ello se adiciona el amarillismo o la información mal conducida en los medios de comunicación.

Los habitantes de Concordia y San Ignacio manifestaron respeto y admiración por el jaguar aun cuando reconocen que potencialmente puede atacar en condiciones particulares de defensa como ha sido registrado de manera anecdótica en algunos ranchos. Las experiencias observadas y vívidas en esta investigación permiten refutar la idea equívoca de que el jaguar ataca al humano. No se registró una evidencia de ello, aun cuando de manera anecdótica lo relatan algunos pobladores durante las entrevistas. Estas personas no presentaron evidencias contundentes o datos que indicaran ataques de jaguar al humano. Las condiciones de los ataques han sido registradas, pero es necesario recalcar que se han registrado bajo circunstancias particulares, por defensa de las crías y por el alimento. Esta última es el resultado de la impronta alimenticia a la que son sometidos los jaguares para atraer a turistas, como se citó anteriormente (Iserson y Francis, 2015; Campos *et al.* 2011).

c) Percepción y actitud de las comunidades hacia el jaguar

Las entrevistas hechas en los municipios San Ignacio y Concordia, reflejan la diversidad de personas y sus concepciones con respecto al jaguar, la mayoría favorables al jaguar como especie y elemento de identidad. Pero, también emergieron sentimientos y opiniones negativas como el enojo ante un posible acto de depredación hacia su ganado. El Cuadro 2 resume las respuestas en porcentajes para los cuatro tópicos abordados durante las entrevistas a los habitantes de cada municipio.

San Ignacio

En el tópico de Conocimiento, la mayoría de los entrevistados afirma que el jaguar habita en Sinaloa (72%), alimentándose de animales del monte (96%), que es una especie en peligro de extinción (64%) y es un animal pacífico (55%). Reconocen que su presencia es buena para la salud de las selvas (62%) y están dispuestos a conocer sobre sus beneficios (87%). El 43% afirma que las personas no son parte de la dieta del jaguar, el 49% cree lo contrario y el 8% no sabe.

En el tópico de Valoración del jaguar, el 96% de los entrevistados señalaron que es un animal hermoso que merece vivir (81%), que es malo que lo maten (66%) y que si lo ven lo dejarían vivir (68%). El 87% señala que si encuentra con el jaguar no le causaría enojo y no lo mataría (64%).

En los tópicos de Actividades de Ganadería y Turismo, un alto porcentaje manifiesta que el jaguar causa miedo o molestia al ganado (87%), ataca (72%) y se alimenta del ganado (70%), pero reconocen que su presencia beneficia las actividades de turismo (62%) y manifiestan actitud para mejorar sus prácticas ganaderas (83%) y productivas (84%) para proteger el ambiente y al jaguar. En Identidad el 72% de los entrevistados sabe que el jaguar vive cerca de su comunidad y es un elemento que los representa (58%) aún cuando les puede generar sentimiento de miedo (55%) y está en desacuerdo con respecto a que si el jaguar desaparece de la región no pasaría nada (51%).

Concordia

Para el municipio de Concordia, en Conocimiento un alto porcentaje de personas de sus comunidades reconocen que el jaguar habita en todo Sinaloa (66%), que es pacífico (70%) y se alimenta de animales del monte (98%), y que las personas no son parte de la comida del jaguar (68%). Señalan que se encuentra en peligro de extinción (78%) y que su presencia es buena para la salud de las selvas (84%), y mayoría están dispuestos a conocer más sobre los beneficios del jaguar (92%).

En la Valoración del jaguar el 94% de los entrevistados señalaron que es un animal hermoso que merece vivir (92%), que esta mal que lo maten si lo encuentran en el monte (78%) y que si lo ven lo dejarían vivir (86%). El 88% y 70% están en desacuerdo en que les provoque enojo y en matarlo, respectivamente.

En Actividades de Ganadería y Turismo, un alto porcentaje manifiesta que el jaguar causa miedo o molestia al ganado (92%), que si ataca (90%) y se alimenta del ganado (82%). Reconocen que su presencia beneficia las actividades de turismo (78%) y manifiestan actitud para mejorar sus prácticas ganaderas (88%) y productivas (84%) para proteger el ambiente y al jaguar. En Identidad los porcentajes salieron más bajo con respecto a Concordia, aún así la mayoría reconoce que el jaguar vive cerca de su comunidad (68%), y el 50% afirma que representa a la comunidad, menos de la mitad (44%) afirma que si el jaguar desaparece no pasa nada en la región.

Analizando las entrevistas para ambos municipios, resalta mencionar que en San Ignacio el 45% de entrevistados tiene la creencia de que las personas son parte de su dieta, no obstante, las mismas personas tienen en alto el valor estético del jaguar, afirman en su mayoría que el jaguar es hermoso y merece vivir. Para región de estudio, la mayoría de los entrevistados manifiestan percepciones y actitudes positivas, arriba del 95% afirmaron que el jaguar es un animal hermoso que se alimenta de animales del monte y está dispuesto a conocer más sobre sus beneficios; y solo un 11% manifestaron sentimientos negativos de miedo o enojo de encontrarse con el felino. Las percepciones y actitudes derivan de la cultura local y de las condiciones socioeconómicas; diversas comunidades en San Ignacio y en Concordia han sido informadas y/o han asistido a talleres de educación ambiental, lo que podría estar explicando la alta disposición por participar en acciones que favorezcan al ambiente y particularmente al jaguar u otra especie que sea atractiva para ellos, hecho que concuerda con investigaciones realizadas en Sudamérica (Engel *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Respuestas de las personas entrevistadas en las comunidades de Concordia y San Ignacio, Sinaloa.

Tópicos	San Ignacio / Concordia		
	Porcentajes (%)*		
	Desacuerdo	Neutral	Acuerdo
Conocimiento			
1 El jaguar habita todo Sinaloa.	13/12	13/18	72/66
2 Se alimenta de animales de monte.	0/0	0/2	96/98
3 Está en peligro de extinción	21/16	13/6	64/78
4 Su presencia es buena para la salud de las selvas secas.	19/4	19/10	62/84
5 Las personas no son parte de su comida.	45/24	8/6	40/68
6 Es un animal pacífico.	32/12	11/16	55/70
7 Dispuesto a conocer más sobre sus beneficios.	2/6	9/2	87/92
Valoración			
1 La presencia del jaguar en la región causa molestia o miedo a tu familia.	62/58	4/6	34/36
2 Mataría un jaguar si me lo encontrará	64/70	11/4	25/24
3 El jaguar merece vivir.	6/4	11/4	81/92
4 Esta mal que se mate a un jaguar cuando se lo encuentra en el monte.	23/18	11/4	66/78
5 Toparme con el jaguar me daría enojo.	87/88	2/2	11/8
6 El jaguar es hermoso.	2/2	0/4	96/94
7 Si veo un jaguar lo dejo vivir.	21/8	11/6	68/86
Actividades ganaderas y de turismo			
1 El jaguar se alimenta de ganado.	25/14	6/2	70/82
2 La presencia del jaguar en la región causa molestia o miedo al ganado	13/4	0/4	87/92
3 El jaguar ataca al ganado.	21/8	6/2	72/90
4 La presencia del jaguar beneficia a las actividades de turismo.	21/12	13/10	62/78
5 Dispuesto a mejorar prácticas ganaderas para proteger ambiente y jaguar	8/2	8/6	72/56
6 Dispuesto a mejorar prácticas productivas para proteger al jaguar.	8/6	8/6	83/68
Identidad			
1 El jaguar es un animal que vive cerca de mi comunidad	21/28	8/4	72/68
2 Toparme con un jaguar me daría miedo	42/38	2/6	55/56
3 El jaguar nos representa como comunidad.	28/30	9/12	58/52
4 Si el jaguar desaparece de la región no pasaría nada.	51/44	9/10	40/42

*Algunas personas no respondieron, por ello las sumatorias no alcanzan el 100% .

Al analizar las respuestas de las personas para ambos municipios, la prueba estadística no encontró diferencias significativas entre sus percepciones y actitudes (U de Mann-Whitney = 0.144; $gI = 1$; $p = 0.704$). Los entrevistados manifestaron el grado de conocimiento, valoración, identidad y aceptación hacia el jaguar. Las actitudes se definen por los afectos (emociones), comportamientos (verbal y no verbal) y pensamientos que integra el conocimiento y las creencias de las personas (Whitehouse-Tedd *et al.*, 2021); no es sencillo determinar actitudes por la complejidad resultante de la combinación entre estos componentes, pero su frecuencia puede ayudar definir patrones similares o discordantes, tomando el contexto de cada sitio.

Durante la investigación, para ambos sitios se encontraron situaciones sensibles que pueden influir en la conservación local del jaguar, éstas son sucesos que generan sentimientos negativos como el miedo y el enojo en las personas. El miedo por la posibilidad del ataque del felino hacia las personas, aún cuando no hay evidencia de ataques a humanos en Sinaloa o en México. El enojo surge por la depredación al ganado; los ganaderos manifiestan que los ataques de depredadores son una posibilidad latente en San Ignacio y Concordia, sobre todo cuando las presas son escasas; y el manejo del ganado es inadecuado. Las vaquillas y los terneros son las presas domésticas más atractivas y vulnerables, las posibilidades de depredación aumentan cuando están alejados de sus potreros o del cuidado de los vaqueros, esto ha sido documentado en Brasil (Perilli *et al.*, 2016), en México (Peña-Mondragón y Castillo, 2013) y Costa Rica (Amit *et al.*, 2013). Los hallazgos en esta investigación, al igual que las experiencias documentadas por los autores anteriormente citados, exponen las interacciones negativas que se genera entre el jaguar y los ganaderos, pero también actitudes positivas en propuestas y acciones para minimizar o evitar la depredación mediante la capacitación a los productores y la adopción del manejo alternativo que incluye entre otros aspectos, el encierro nocturno, corrales para nacimientos, reducir la cacería de las presas naturales y promover la monta controlada de las vacas para que los becerros nazcan simultáneamente (WCS & JSM, 2020).

El jaguar en la región sur de Sinaloa

El grado de conocimiento y aceptación hacia el jaguar es favorable, el 95% de los entrevistados afirma que el jaguar es hermoso y que se alimenta de animales del monte (97%) y su presencia en las selvas es necesaria para el ecosistema (73%), incluso la mayoría de los entrevistados (75%) están dispuestos a mejorar sus prácticas productivas. El 77% afirma que si lo ven lo dejan vivir y el 72% está en desacuerdo con que lo maten. Sin embargo, emergieron percepciones que pueden poner en riesgo la conservación de jaguares en la región, entre ellas resalta que el 89% de los entrevistados para ambos municipios afirmaron que la presencia del jaguar causa molestia o miedo al ganado y el 81% sostiene que el jaguar ataca al ganado, por lo que se tienen que buscar alternativas para evitarlo y evitar la muerte de individuos por cacería o consumo de cebos envenenados.

La percepciones y actitudes de los entrevistados con mayor porcentaje de aceptación (> 60%) para los municipios de Concordia y San Ignacio se ilustran en la Figura 3. Catorce de los 24 ítems alcanzaron los mayores porcentajes, de los cuales once son favorables para la especie, reflejan el conocimiento y valor que le dan las personas al jaguar, entre ellos resaltan los valores positivos de la especie centrados en las categorías de belleza y sobre la disposición por conocerlo más y mejorar las practicas productivas para que siga habitando en la región.

El resto de los ítems ilustrados hacen referencia a la relación del ganado y las personas con el jaguar, los entrevistados afirman que el jaguar genera miedo en el ganado, que lo llega atacar y se lo come. Esta situación que ha sido analizada en otras regiones de México y América donde se ha documentado la depredación de ganado (Peña y Castillo, 2013; Tortato *et al.* 2015) y en algunos caso el castigo (muerte por cacería) o el deseo de matarlo (Knox *et al.* 2019).

La mayoría de los entrevistados en San Ignacio (70%) y Concordia (92%) afirman que el jaguar se alimenta de ganado, lo saben por la comunicación que se da entre dueños

de ganado y que tienden a magnificar los eventos de depredación, en caso de presentarse. En dos ranchos ganaderos de San Ignacio, los dueños mostraron evidencias de los ataques y dieron los avisos a la autoridad. La pérdida que sufrieron fue de diversas especies de animales, entre ellas aves de corral, perros y vaquillas. Sin embargo, tuvieron la disposición de implementar acciones recomendadas por expertos para evitar o minimizar las posibilidades de depredación por el jaguar u otro depredador natural.

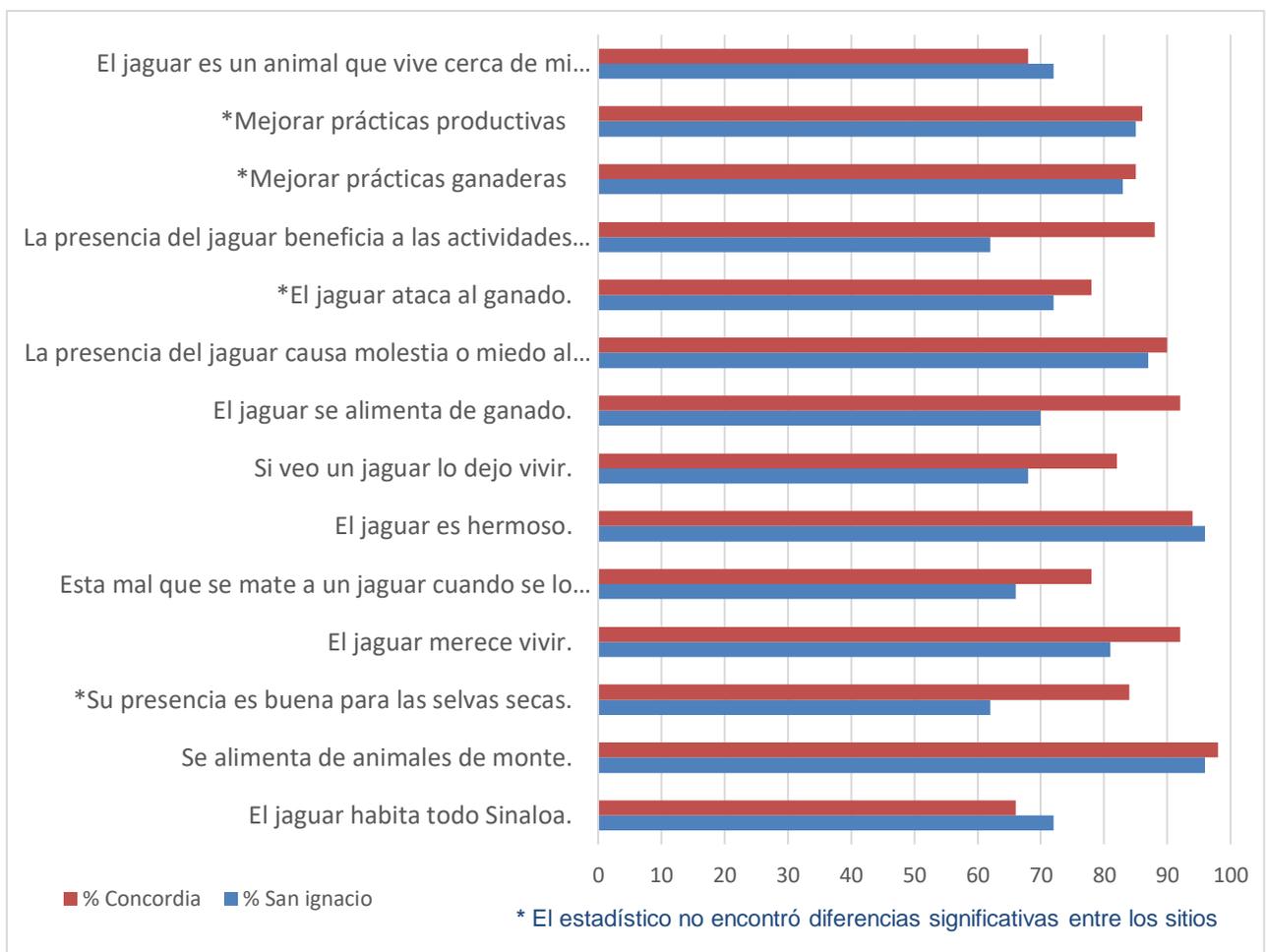


Figura 3. Ítems con los porcentajes más altos (> 60%) para la categoría Acuerdo de las percepciones y actitudes de las personas residentes en las comunidades de los municipios de Concordia y San Ignacio, Sinaloa.

La tendencia de los jaguares por consumir vaquillas o terneros ha sido ampliamente documentada, los eventos de depredación suelen ocurrir cuando los hatos ganaderos no tienen la vigilancia o el manejo adecuado para evitar la depredación que ocurre generalmente lejos de los ranchos ganaderos cuando el ganado deambula en las selvas conservadas, en temporada de sequía cuando el jaguar se acerca buscando el agua y con hay escasez de presas naturales (Palmeira *et al.*, 2008; Burgas *et al.*, 2014; Khorozyan *et al.* 2015). En ranchos ganaderos del estado de Sonora el jaguar ha provocado altas pérdidas económicas por el consumo del ganado, se estimó que un 58% de la biomasa consumida por los jaguares corresponde a terneros o vaquillas, pero no se menciona el castigo para los jaguares en los ranchos estudiados (Rosas *et al.*, 2008).

Peña y Castillo (2013) documentaron que el 29% de los entrevistados en sesenta comunidades del noreste de México sufrieron pérdidas por el jaguar, a lo largo casi dos décadas acumularon una pérdida de 40 mil dólares. En otros sitios el jaguar genera pérdidas económicas mucho menores, Garrote *et al.* (2012) en Colombia menciona que las pérdidas acumuladas en las fincas ganaderas fue de 1.4% de bovinos al año. Las pérdidas económicas, o la muerte de las vaquillas en si misma, provoca enojo en los ganaderos y se persigue y mata al jaguar ante la posibilidad de otro ataque, situaciones registradas en el sur de Sinaloa y documentadas ampliamente en donde habita el jaguar.

Diversas investigaciones han demostrado que los jaguares pueden consumir entre 15 a 28 diferentes especies de presas (Avila-Najera *et al.*, 2018; Garla *et al.*, 2001; Hayward *et al.*, 2016); en algunos sitios de Sudamérica hasta 61 especies (Weckel *et al.*, 2006) e incluso hasta 153 presas fueron registradas para la región del Pantanal en Brasil, región con una megadiversidad biológica (Perilli *et al.*, 2016). Con relación a la depredación de ganado u otros animales domésticos por el jaguar (Khorozyan *et al.*, 2015; A. R. Rabinowitz, 1986; Zimmermann, Walpole, & Leader-Williams, 2005), se

evidenció que los ataques se asociaron a una baja abundancia de presas y a la cercanía con las selvas conservadas; adicional a esto se analizó que las pérdidas de ganado no son significativas ya que variaron entre 0.9 % y 2.8 % del tamaño total del hato (Azevedo & Murray, 2007; Tortato *et al.*, 2015).

Durante los cuatro años de esta investigación se documentaron tres avisos de ataques de jaguar hacia el ganado vacuno; sin embargo, no se encontró evidencia de pérdida de ejemplares y tampoco ataques de jaguares merodeando al ganado. Se registró un ataque a una vaquilla, posiblemente de puma por el tipo de heridas en el cuerpo del ejemplar, el cual logró sobrevivir. Los posibles ataques de jaguar, u otro depredador natural, emergen como un factor de riesgo, ya que los ganaderos tienen a castigar a los depredadores, cazándolos o poniendo cebos envenenados, práctica común en otros sitios de México y Latinoamérica, con el argumento de proteger a la familia y al patrimonio (De Carvalho *et al.*, 2013).

No obstante a lo anterior, los valores positivos asociados al jaguar como el ecológico y estético emergieron como factores de oportunidad para su preservación. Al ser reconocido por los habitantes del sur de Sinaloa como un animal hermoso y representativo de su comunidad, le confiere a la especie posibilidades para su conservación y permanencia, estos resultados coinciden con otras experiencias desarrolladas en México y en Sudamérica. Zamudio *et al.* (2020) encontró en Nayarit una inclinación positiva hacia el jaguar, resaltando el valor estético como un punto de partida para la implementación de estrategias de educación ambiental, aún cuando los pobladores lo situaron como peligroso para su familia y patrimonio al saber que ataca al ganado e incluso a los perros. En Brasil, Engel *et al.* (2017) bajo condiciones similares, las personas demostraron aprecio hacia el felino y no están de acuerdo con matarlo.

En San Ignacio y Concordia, la mayoría de los entrevistados afirman que el jaguar es hermoso y que merece vivir, y están de acuerdo en que la salud de las selvas secas depende de su presencia y que se alimenta de animales del monte que potencialmente

pueden ser una plaga como los pecarí; resaltando con ello su valor como especie clave en el ecosistema (Terborgh *et al.* 2001; Miller y Rabinowitz, 2002). El jaguar al consumir, y con ello, regular las poblaciones de herbívoros permite la recuperación indirecta de las selvas a través de la generación de nuevos individuos vegetales mediante la germinación y establecimiento de nuevas plantas; así como del rebrote de las plantas al bajar la presión del ramoneo y la herbivoría (Ripple *et al.* 2014).

Coincidencias y actitudes para la conservación del jaguar

La diversidad de respuestas generadas en esta investigación, entre ellas las favorables para el jaguar, se esperaban ante la heterogeneidad de personas y perfiles consultados. Las entrevistas fueron atendidas por personas con formación básica, universitaria, productores y empleados pero, al final todos, fueron coincidentes en la valoración del jaguar y manifestaron estar dispuestos a mejorar sus prácticas productivas y ganaderas para contribuir a su conservación ante la posibilidad de verse favorecidos a través de acciones y proyectos redituables económicamente como el ecoturismo y el turismo académico, actividades que adquieren mayor demanda e involucran a los habitantes de las regiones donde el jaguar habita. Un ejemplo ilustrativo lo constituye la comunidad de Cabazán en el municipio de San Ignacio, donde se promueven las visitas al Museo de Jaguar, donde los prestadores de servicios turísticos y de alimentos se ven favorecidos en sus ventas y el aporte a la economía local es significativo. Este espacio atrae a cientos de visitantes cada año, a sus festivales y diversas actividades que centran al jaguar como elemento de identidad y de atracción (Ayala *et al.*, 2020).

Tortato *et al.*, (2017) en Brasil demostró que el turismo de vida silvestre, particularmente la observación del jaguar genera millones de dólares al año y es herramienta de conservación para promover la coexistencia entre los jaguares y los ranchos privados. Las condiciones naturales de hábitats entre Sinaloa y Brasil son diferentes, en este último dominan las selvas altas perennifolias y la disponibilidad del recurso agua es permanente todo el año, condiciones que limitan el observar directa

o indirectamente al jaguar, pero se puede tomar esta experiencia como un referente para impulsar el turismo de naturaleza y de observación indirecta de vida silvestre (mediante rastros o el uso de cámaras-trampa) donde el jaguar sea el elemento de atracción.

En esta investigación fue más común de lo esperado encontrar que los jaguares son observados por los habitantes en las zonas agropecuarias, en ranchos privados y alrededor de poblados donde se práctica la ganadería extensiva, donde la presencia de presas como el venados y los pecarís es aún abundante (Rubio *et al.*, en prep). Estos avistamientos alertan a algunos ganaderos ante posibles actos de depredación, y mueven sus hatos hacia potreros cercanos a sus comunidades, evitando posibles interacciones negativas entre el ganado y el jaguar, permitiendo con ello su coexistencia (Carrillo-Reyes y Rioja-Paradela, 2014; Zimmermann *et al.*, 2021; Gil-Fernández *et al.*, 2023).

Durante las entrevistas, la mayoría de las personas expresaron conocer el jaguar y reconocer que es un animal hermoso que habita en Sinaloa y del cual están dispuestos a conocer más, incluso a mejorar sus prácticas productivas, como la ganadería. Resalta mencionar que los entrevistados manifestaron conocimiento y empatía por las acciones de investigación y conservación que se han implementado en San Ignacio y Concordia durante los últimos diez años. Entre las actividades desarrolladas están los talleres de educación ambiental centrados en el jaguar como objeto de conservación, campañas de información sobre la importancia del manejo ganadero y la conservación de cuencas, entre otros dirigidos a la niñez, juventud y productores.

En México existen escasos estudios que nos permiten ponderar lo que pasa en las comunidades de San Ignacio y Concordia con respecto a los mismo; uno de los más cercanos en el tiempo y espacio geográfico es el de Zamudio *et al.* (2020) en el vecino estado de Nayarit; donde el jaguar también es visibilizado como una especie atrayente y que inspira miedo; sin embargo también reconocen su papel fundamental en el mantenimiento de los ecosistemas, de igual forma las acciones de información y

educación ambiental que se están implementando marcan la pauta en las nuevas generaciones para promover la coexistencia entre humanos y jaguares.

En el sur de Sinaloa, particularmente en los municipios de San Ignacio y Concordia, se han desarrollado esfuerzos de conservación que han contribuido a visibilizar la presencia e importancia del jaguar; así como a mejorar las percepciones y actitudes hacia la especie y las interacciones entre las comunidades y el felino. En San Ignacio se promueve el ecoturismo, ahí se encuentra el Corredor Ecoturístico del Jaguar, un área que integra diversas comunidades y carreteras que permiten el libre tráfico de las personas para visitar el Museo del Jaguar, la Meseta de Cacaxtla y los pueblos señoriales, donde además de promover la conservación del jaguar los visitantes pueden participar en los proyectos de conservación con investigadores, disfrutar de actividades culturales, gastronomía y naturaleza (Rubio *et al.*, 2014; Chávez y Ceballos, 2016).

En Concordia existen grupos integrados por gestores ambientales, académicos y comunidades que impulsan el conocimiento y la conservación de las cuencas hidrológicas mediante el manejo alternativo del ganado y la preservación de los selvas y bosques, y sus especies como el jaguar y las aves (Conserva Costas y Comunidades, 2017 y 2018, Conserva, 2023). En México existen experiencias documentadas que han demostrado como ha mejorado la imagen del jaguar, pasando de ser un depredadora de ganado a ser reconocida por su valor cultural y ecológico. En el estado de Nuevo León los problemas de depredación se redujeron cuando los habitantes recibieron asesoría y capacitación en el manejo de ganado, además de impulsar actividades educativas y lúdicas como los festivales culturales sobre el jaguar, estas experiencias han abonado a la coexistencia entre humanos, ganado y jaguar, y pueden ser retomadas y ajustadas a la realidad local (Castillo *et al.*, 2020).

II. Relación jaguar-ganadería en las selvas secas sur de Sinaloa.

a) Datos socioeconómicos

Se entrevistó a 25 personas adultas del sexo masculino en el sur de Sinaloa, responsables y dueños de ranchos ganaderos. El 92% declaró tener nivel de escolaridad básico (primaria-secundaria) y el resto con bachillerato. El 72% de los entrevistados tiene una residencia entre los 41 y más de 60 años. Todos entrevistados son ganaderos por herencia, el 80% también se dedica a la agricultura. En Concordia el 67% de los entrevistados tienen más de 60 años, en tanto, en San Ignacio la edad dominante de los entrevistados osciló entre los 31-60 años (61%);

De los entrevistados, 13 son del municipio de San Ignacio asentados en diez comunidades; nueve son ejidatarios y propietarios de los ranchos de crianza de ganado vacuno con manejo extensivo en su mayoría con fines zootécnicos mixtos (8) (engorda, leche y venta), de producción leche (2) y engorda (1). En Concordia se entrevistó a 12 personas de cuatro comunidades; ocho son ejidatarios de los cuales siete son propietarios, en su mayoría también con manejo extensivo (7); en cinco de los ranchos la producción es mixta, de engorda (3) y venta (3) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fines zootécnicos de los ranchos ganaderos en las comunidades de San Ignacio y Concordia, Sinaloa.

Fin de producción	San Ignacio	Concordia
Manejo extensivo	8	7
Mixto (leche, engorda, venta)	8	5
Engorda	1	3
Leche	2	0
Venta	0	3

b) Características de los ranchos productores y siniestros registrados

En Cuadro 4 se registran los datos de los ranchos visitados así como sus características en extensión, número de cabezas de ganado, siniestros registrados, entre otros datos de importancia que permitieron dilucidar la relación entre los productores ganaderos y el jaguar como depredador.

Cuadro 4. Ranchos de las comunidades de San Ignacio y Concordia, Sinaloa y sus características de ubicación, producción y siniestros registrados.

	Rancho productor	Ubicación	Extensión (Ha)/ cabezas	Tierras de pastoreo	Agostadero	Rotación de Ganado	Siniestro	Depredador	Pérdida \$	Distancia del Siniestro al potrero	Distancia de potreros a la comunidad Km
	San Ignacio										
1	Los Guayabos	23°44'38.4" 106°34'00.6"	98/30	si	si	Si	no	-	-	-	0
2	Agua Caliente	23°45'12.2" 106°33'58.8"	45/40	si	no	Si	si	Indefinido	25,000	0.02	3.0
3	Los Mecates	23°51'42.31" 106°28'13.98"	80/40	-	si	Si	no	-	-	-	0
4	Las Milpitas	23°46'04.63" 106°30'46.03"	59/90	si	si	Si	si	jaguar perros	5,000	8.0	8.0
5	Los Humarales	23°51'06.99"	50/70	si	si	Si	no	-	-	-	3.5

		106°27'30.40"										
6	El Cañón	23°48'21.23" 106°28'54.08"	2,500/400	si	si	Si	no	-	-	-	0	
7	El Cañón-La Calera	23°49'44.03" 106°29'27.79"	2,500/400	si	si	si	no	-	-	-	2.6	
8	Los Mecates	23°51'42.31" 106°28'13.98"	43/41	si	si	Si	no			-	0	
9	La Tasajera	23°42'44.66" 106°25'43.26"	0/100	-	-	-	no	-	-	-	0	
10	El Cuichi	23°49'02.34" 106°32'31.36"	14/70	si	si	Si	no	-	-	-	0.20	
11	Los Nacares	23°45'14.89" 106°36'46.17"	32/80	si	si	Si	si	jaguar	30,000	0	7.5	
12	Los Mecates	23°51'42.31" 106°28'13.98"	40/28	si	si	Si	no	-	-	-	0	
13	Los Mecates	23°51'42.31" 106°28'13.98"	43/25	si	si	Si	no	-	-	-	0	

14	La Palma	23°51'42.31" 106°28'13.98"	16/22	si	no	Si	no	-	-	-	2.5
	Concordia										
15	Chupaderos	23°21'55.85" 105°57'11.56"	26/8	si	si	si	no*	-	-	-	-
16	Chupaderos	23°21'55.85" 105°57'11.56"	80/20	si	si	No	si	jaguar	40,000	5.0	5.0
17	Los Laureles	23°21'55.85" 105°57'11.56"	15/80	si	si	Si	si	jaguar	5,000	0.3	2
18	Palmillas	23°33'52.88" 106°07'10.48"	100/50	si	si	Si	si	jaguar	16,000	12	12
19	San Isidro	23°18'51.34" 105°56'11.66"	12/7	si	si	Si	si	jaguar	16,000	6	6
20	Prados	23°14'51.97" 105°59'01.40"	12/40	si	si	si	si	jaguar puma	1,600	0.50	6.6

21	Cabeza de Vaca	23°13'56.41" 106°02'51.89"	20/6	si	no	Si	no	-	-	-	1.2
22	Chupaderos	23°21'55.85" 105°57'11.56"	18/84	si	si	Si	no	-	-	-	.5
23	La Labor del Estadio	23°14'57.35" 106°02'45.83"	8/20	si	si	Si	no	-	-	-	0.2
24	La Guácima	23°19'56.6" 105°58'20.1"	0/7	-	-	-	no	-	-	-	n. a. vendió rancho
25	La Guácima	23°19'56.6" 105°58'20.1"	14/12	-	-	No	no	-	-	-	n. a. vendió rancho
26	La Guácima	23°19'56.6" 105°58'20.1"	17/300	si	no	Si	no	-	-	-	0

**hace más de 30 años*

La Tasajera no manifestó disposición a mejorar prácticas y dos ranchos de La Guácima vendieron su ganado, por lo tanto, tampoco manifestó disposición.

De los 25 ranchos visitados, dieciséis (64%) corresponden a pequeños productores con posesión de menos de 50 cabezas de ganado vacuno (*Bos taurus*) y el resto (36%) tienen 50 o más. Un productor reportó 400 ejemplares de ganado de diferentes edades en su rancho conocido como El Cañón, este fue el rancho más grande registrado con 2,500 Ha; pero en general la mayoría osciló entre 7 y 100 Ha. Todos los productores, con excepción tres, tienen tierras para el pastoreo. Cinco no tienen agostadero (tierras de uso común) y dos no realizan la rotación de ganado (Cuadro 4).

b) Ataques al ganado

Los ganaderos informaron sobre ocho siniestros registrados en sus hatos; seis corresponden a jaguar, uno a puma y otro a depredador desconocido. El municipio de Concordia registró cinco de los ocho de los siniestros y las pérdidas económicas mayores también. La distancia mínima donde se presentó ataque fue de 2 km en la comunidad de Los Laureles, y la máxima distancia fue de 12 km en la comunidad de Palmillas. En tanto, para San Ignacio se registraron tres siniestros, la distancia mínima del evento fue a los 3 km del rancho de Agua Caliente, la vaquilla logró sobrevivir al ataque de un posible puma ya que el productor prefirió invertir en su tratamiento médico y no cobrar el seguro ganadero. La distancia máxima fue de 7.5 km de la comunidad de Coyotitan en un cerco conocido como Los Nacares localizado en la reserva ecológica APFF Meseta de Cacaxtla en selva baja caducifolia en buen estado de conservación.

La mayoría de los siniestros ocurrieron en los sitios alejados de las comunidades, las distancias a los sitios del siniestro oscilaron entre los 2 y 12 km (Cuadro 4; Figura 4). La prueba de ANOVA encontró que ciertamente la distancia es un factor de riesgo, es decir, los siniestros ocurren en los puntos más alejados (Kruskal-Wallis = 13.6, $df = 1$, $P = 0.00$) (Figura 4). En el Cuadro 5 se concentra la estadística descriptiva para 15 ranchos sin registro de siniestro, cuyos sus potreros o sitios de pastoreo se ubicaron a una distancia promedio de 0.71 km. También se contemplan los ocho ranchos donde

se registraron ataques al ganado, y el promedio de la distancia entre los sitios de pastoreo y las comunidades o ranchos fue de 6.26 km.

Cuadro 5. Frecuencia de siniestros y promedio de las distancias los eventos

Ocurrencia de siniestro	Ranchos	Promedio de distancia a la comunidad	Desviación estándar	Mediana
1	15	0.71	1.177	0
2	8	6.26	3.118	6.3

1 = rancho sin siniestro; 2 = rancho con siniestro

Con el registro de los siniestros y las distancias de los sitios, el modelo de regresión logística binaria estimó las probabilidades de riesgo de depredación. Para tener un escenario más claro sobre esta relación entre las distancias y la ocurrencia de ataques, el análisis de regresión logística binaria relacionó la variable de siniestro (0, no ocurre; 1, ocurre,) con la variable predictora continua de distancia desde el siniestro a la comunidad. El modelo se evaluó mediante el valor del coeficiente de determinación (R^2), el intervalo de confianza del coeficiente de regresión (β) y el estimador del intercepto de la ecuación de regresión (α) (Daniel, 2002). La siguiente ecuación define la curva de probabilidades de ataque, se integran los valores estimados para (β), (α) y un valor de $R^2 = 65.69$;

$$P(\text{Siniestro}) = \frac{\exp(-4.29+1.369 (\text{Dist},\text{km}))}{1 + \exp(-4.29+1.369 (\text{Dist},\text{km}))}$$

Donde: $P(\text{evento})$ = probabilidad del evento de interés

\exp = base del logaritmo natural (2.7183)

α = el estimador del intercepto de la ecuación de regresión (- 4.29)

β = el estimador del coeficiente de regresión (1.369)

Dist. Km = Distancia del siniestro a la comunidad.

Se estimaron las probabilidades de ataque para cada 0.5 km, desde 0 hasta 12 km, de acuerdo con los datos recabados y se elaboró el gráfico para mostrar la relación entre las variables donde la curva describe una relación proporcional, es decir, conforme el ganado se sitúe más lejos de la comunidad mayor será la probabilidad de que ocurra un siniestro. Las probabilidades de que ocurra un siniestro van desde las mas baja ($p = 0.017$) con una distancia de 0.2 km a la comunidad más cercana; la probabilidad más alta de ocurrencia ($p = 0.999$) se presenta a los 12 km de distancia; pero es a partir de los 7 km de distancia a las comunidades que se presentan las probabilidades más altas ($p = 0.997$) (Figura 5).

El modelo no incluye otras variables que aportan a las probabilidades de ocurrencia de siniestro, como es la presencia de coberturas conservadas, edad del ejemplar, la vigilancia, etc. La ausencia de estas variables explica en gran medida el valor de la R^2 cercano al 70%.



Figura 4. Comparación entre la frecuencia de ataques con respecto a la distancia entre los potreros y las comunidades.

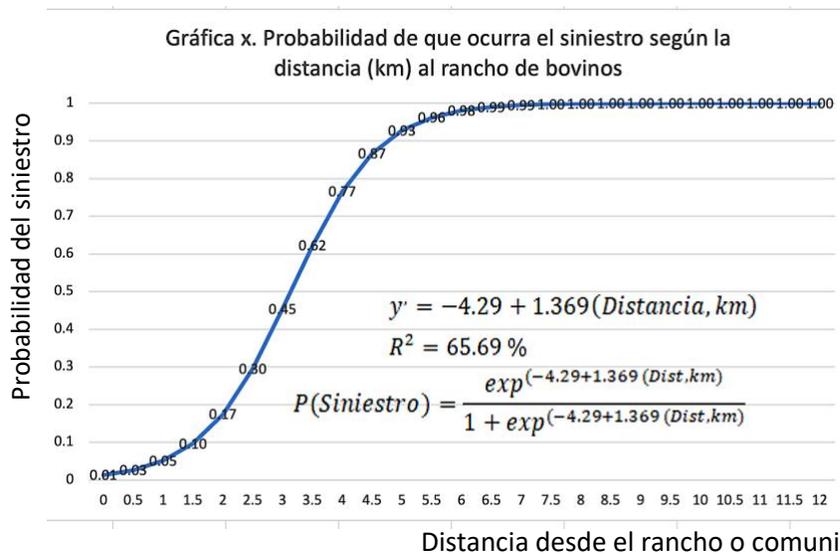


Figura 5. Probabilidad de que ocurra el siniestro con relación a la distancia (Km) al rancho de bovinos.

Conocer los factores ecológicos y antropógenicos que favorecen la depredación del ganado por parte del jaguar puede ayudar a reducir el número de ataques y las

pérdidas económicas y con ello también los castigos a los felinos. Estas experiencias se han documentado en Brasil, donde Azevedo y Murray (2007) y Carvalho *et al.* (2015) encontraron que la probabilidad de depredación por grandes carnívoros aumenta conforme la distancia de los sitios de pastoreo, adicionando a ello la escasa vigilancia de los hatos que generalmente se alimentan en sitios de vegetación densa, un factor más de riesgo asociado a eventos de depredación. Así mismo, Sarmiento-Giraldo *et al.* (2016) analizó la distribución de los ataques al ganado vacuno por jaguares y pumas en Colombia y encontró que los mayores niveles de riesgo se asocian con las áreas boscosas, en los territorios poco poblados o con menor densidad de ranchos ganaderos (1.5 fincas ganaderas/10 km²) y cuando las distancias entre los ranchos ganaderos son mayores de 5.5 km; en general, hay un patrón que define que en cuanto más cerca esté el sitio del hábitat carnívoro favorecido, mayor será el riesgo de depredación, patrón que se presenta en la coexistencia entre ganadería y jaguar para la región sur Sinaloa (Palmeira *et al.*, 2008; Inskip & Zimmermann 2009).

c) Reportes de siniestros y pérdida de ganado en el municipio de San Ignacio

Las pérdidas entre los productores oscilaron entre los \$1,600.00 pesos MX hasta los \$40,000.00 pesos MX; pero las más frecuentes estuvieron entre los \$5,000.00 y los \$16,000.00 pesos MX. En la comunidad de Chupaderos en Concordia, un productor registró la mayor pérdida económica, \$40,000.00 pesos MX. Las comunidades con potreros aledaños no presentaron siniestros, y de los ocho ataques registrados cinco se presentaron en Concordia y tres en las comunidades de San Ignacio. Los ataques se presentaron en sitios con distancias promedio de 6 km a las comunidades.

Durante esta investigación se registraron cuatro eventos de ataques de depredadores naturales, se acudió a solicitud de los ganaderos y se verificó el ataque y las condiciones de ocurrencia. A continuación se describen los hallazgos:

- 1) El día 18 noviembre 2018 en reunión con un grupo de veinte ganaderos en la comunidad de Coyotitán se acordó atender la solicitud para investigar los presuntos ataques de jaguar al ganado vacuno. Se identificó el sitio de los ataques referidos y

colocó una estación doble de fototrampeo durante 15 días (Chávez *et al.*, 2013). La estación doble contempla la instalación de dos cámaras-trampa para obtener ambos flancos del depredador y su posible identificación. Al final, no se encontró evidencia de ataque, pero si se logró obtener imágenes un jaguar y diferente fauna acompañante, entre ella el coyote (*Canis latrans*). En seguimiento, acudimos el 06 diciembre 2018 a reunión informativa con ganaderos y autoridades locales en Coyotitán, la cual fue convocada por el H. Ayuntamiento y CONANP y asistieron representantes de diversas instituciones (UAS, COVIDEC, FA-CNG). Una tercera reunión realizó el 01 de febrero en la comunidad de San Juan bajo la misma temática y dinámica, se adicionó personal de la SEMARNAT y de la PROFEPA. Se tomaron acuerdos para dar seguimiento y promover la conservación del jaguar.

2.- El día 18 de febrero del 2020 se atendió un aviso de siniestro por ataque de depredador en el rancho Agua Caliente, en San Ignacio. Durante la visita y el registro de hechos se confirmó el ataque a un ejemplar joven de vaca (*Bos taurus*), presentó heridas claramente definidas provenientes del ataque de un depredador silvestre. El tipo de herida y las condiciones del sitio da evidencia de que fue puma (*Puma concolor*); el testimonio del ganadero fue valioso para fundamentar la presunción, quien explicó que lograron ahuyentar al depredador por medio de perros y rescataron la vaquilla. Se establecieron tres estaciones de fototrampeo y no se registró depredador. El dueño del rancho rechazó la indicación del ajustador de seguros ganaderos de la CNG, quien le informó que el seguro se pagaría cuando el ejemplar muriera o fuera sacrificada. El productor aplicó tratamiento médico y la vaquilla se recupera, en los meses siguientes el ganadero fue apoyado por los programas PROCER- CONANP y se le dotó de recursos para mejorar su potrero y minimizar un posible ataque de depredador natural. Este beneficio se extendió a otros dos ranchos vecinos. Se mejoraron los cercos de los potreros y se colocaron lámparas led que se activan con el movimiento con el propósito de ahuyentar a posibles depredadores, práctica común y efectiva en otras regiones del país que ha permitido bajar los niveles de ataque. En los siguientes años no se registró siniestro.

3.- En enero 24 del 2021 se acudió a atender aviso de presencia de jaguar cerca del potrero del rancho conocido Aguaje de Los Humaranes. Se instaló una estación de fototrampeo y después de una semana de seguimiento, no se encontró evidencia sobre la presencia de depredadores, solo se identificaron aves en las imágenes captadas, además de un sinnúmero de fotos de vacas utilizando el potrero.

4.- En el rancho Los Nacares, localizado dentro de la reserva ecológica APFF Meseta de Cacaxtla y a una distancia lineal de 7.5 km a la comunidad de Coyotitán se registraron diversos siniestros en octubre del 2017. La evaluación de la pérdida económica se estimó en \$30,000.00 pesos; en este sitio el jaguar atacó en repetidas ocasiones, consumió vaquillas, aves de corral y perros. El productor manifestó su enojo, sin embargo acató las recomendaciones para ahuyentar al jaguar, el cual fue identificado mediante fototrampeo y al final estuvo de acuerdo en la posibilidad de mejorar sus prácticas ganaderas, mejorando las condiciones para minimizar la probabilidad de otro ataque por depredadores naturales.

En otros escenarios, están los sitios con la presencia de jaguar y sin registro de ataque, tal es el caso del rancho El Cañón con dos grandes corrales, uno adjunto a las casas y otro localizado a 2.6 km de distancia al interior de la selva. Las 2, 500 ha de este rancho son un espacio importante para la conservación del jaguar a largo plazo, su dueño, y los encargados en turno, han apoyado las acciones de monitoreo desde el año del 2010 cuando se inician los primeros censos del felino en la región y que registraron hasta tres jaguares distintos coexistiendo con el ganado y las comunidades aledañas; también se se registró la presencia de hembras preñadas y crías; la presencia de presas como el venado (*Odocoileus virginianus*), pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y coatís (*Nasua narica*) (Chavez et al., 2016).

d) Actitudes de los ganaderos

Durante las entrevistas la mayoría de los productores manifestó su descontento por la falta de apoyos técnicos y económicos, y de atención a los siniestros ocasionados por los depredadores. Solo dos de seis productores dieron aviso al fondo de compensación al sufrir ataque de depredador, el resto de los productores no aviso porque desconfianza o por no conocer el programa de seguro. La falta de atención hacia los productores pone en riesgo la sobrevivencia del jaguar u otro depredador en la región sur de Sinaloa, ya que los ganaderos pueden tomar las represalias sin dar aviso a las autoridades y sin tener evidencia del depredador que atacó a su ganado. A estas acciones se adicionan otros factores de riesgo de procedencia antropogénica de riesgo como la cacería ilegal por trofeo, la persecución para aniquilarlo para prevenir ataques al ganado y la muerte por atropellamiento en las carreteras (Jędrzejewski *et al.*, 2017; Zimmermann *et al.*, 2005; González-Gallina e Hidalgo, 2018; Rubio *et al.*, 2022); y otros factores de carácter natural que surgen como amenaza son la crisis climática con las altas temperaturas y sequías prolongadas que pueden llegar a afectar la distribución del jaguar y sus recursos (Zanin *et al.*, 2021; Arias-Alzate *et al.*, 2016)

Los productores locales conocen las implicaciones legales si llegan a matar a un jaguar, sin embargo, tres de los afectados por la pérdida de ganado en la región de estudio decidieron tomar medidas contra los depredadores naturales. Estas acciones no son exclusivas de Sinaloa, se presentan en todo el planeta y la principal razón de la persecución es la depredación del ganado (Inskip y Zimmermann, 2009; Carvalho *et al.*, 2015). Hay ejemplos en diversas regiones de América donde los productores están tomando decisiones personales para proteger su ganado sin importarles la conservación o integridad del jaguar; Torres Serpa (2008) en un estudio sobre la caracterización de conflictos socio-espaciales entre la ganadería y los carnívoros dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela, identificó que los productores tomaban la represalias aún con las implicaciones legales al hacerlo dentro de un área protegida oficialmente. La crisis económica son factores que llevan a los productores a tomar decisiones prácticas y redituales para ellos, es más fácil acabar con el problema matando al depredador, ya que de otra forma inviertan más tiempo, esfuerzo y recursos económicos en la búsqueda de soluciones o apoyos de las autoridades.

En San Ignacio y Concordia, solo el 24% de los ganaderos ha recibido apoyos anuales para la compra de alimento o agua para sus hatos ganaderos, el resto los ha recibido ocasionalmente o nunca. Los productores consultados en su mayoría manifiestan la misma actitud de aplicar represalias y matar al jaguar, o al depredador que sea, pues no cuentan con apoyos ni asesorías de las instituciones oficiales para proteger a su ganado ni asistencia técnica que les permita mejorar sus prácticas ganaderas para una mejor producción y el cuidado de sus hatos ganaderos, y el cuidado de la naturaleza. Si los productores no toman medidas o represalias, tienen que aplicar un mayor tiempo y dinero para proteger al ganado, que usualmente es el único patrimonio con el que cuenta la familia, como sucede en otras regiones de México (Rosas-Rosas *et al.*, 2008; Peña-Mondragón y Castillo, 2013; Zarco-González *et al.*, 2013), y de América Latina (Zimmermann *et al.*, 2005; Palmeira *et al.*, 2007; Marchini *et al.* 2018).

Los sentires y opiniones de las personas locales, productoras sobre todo, son importantes para la construcción de esquemas de manejo ganadero alternativos que posibiliten la conservación del jaguar y su coexistencia con una ganadería sustentable que de valor agregado a la producción de ganado en Sinaloa, así se hace en otras regiones latinoamericanas, donde la presión sobre las actividades agropecuarias está haciendo eco e impulsa la producción con sellos o certificados denominados amigable con las poblaciones de jaguar y otros depredadores, Costa Rica, país centroamericano ofrece experiencias enriquecedoras en el tema (Romero-Muñoz *et al.*, 2020).

d) Jaguar, ganadería y turismo

Los productores y los prestadores de servicios en los municipios de Concordia y San Ignacio están dispuestos a conocer más sobre los beneficios ecológicos del felino y los beneficios económicos que pueden derivarse al impulsar actividades turísticas en sus hábitats. En diversos foros les han brindado información sobre la importancia del jaguar, haciendo énfasis en el aspecto económico, ya que las selvas secas de San Ignacio y Concordia ofrecen escenarios de gran belleza y diversidad biológica para el desarrollo de proyectos ecoturísticos que contemplan en el centro al jaguar como especie bandera y emblema de la conservación a nivel continental (Conserva Costas y Comunidades, 2017; 2018; Rubio *et al.*, 2014; Ceballos *et al.* 2016). Investigaciones

focalizadas señalan que el ecoturismo y el turismo de naturaleza son una alternativa para las regiones que cuentan con una gran riqueza de recursos naturales y sus economías son débiles; especies emblemáticas y atractivos como el jaguar pueden constituir un elemento que provea de beneficios tangibles para las comunidades que bajo un manejo apropiado los impactos negativos que puedan derivarse del turismo, como el exceso de visitantes, pueden apoyar a la economía y al arraigo de las personas, sobre todo de los jóvenes quienes suelen emigrar por empleo.

El jaguar tiene la capacidad para ajustarse a disturbios provenientes del ecoturismo, incluso se ha observado que ha modificado sus periodos de actividad y llega a utilizar senderos construidos por las personas y los utilizan en horarios diferenciados donde la presencia de visitantes es reducida (Foster *et al.*, 2010a). Estas experiencias se han observado en el área de estudio donde las personas hacen senderismo y han observado huellas de jaguar sobre las rutas abiertas al ecoturismo, estas rutas están sobre los lomeríos y cerros donde la selva baja constituye el hábitat del jaguar. Su presencia y la de las otras cinco especies de felino registradas para Sinaloa fueron verificadas con el fototrampeo a lo largo de diversas veredas y caminos.

En San Ignacio aún es posible identificar importantes extensiones de la selva seca en buen estado de conservación habitadas por el jaguar, en sus colindancias se extienden áreas agropecuarias de temporal donde se pueden enriquecer con programas productivos en ecoturismo y ganadería sustentable, y con ello promover la coexistencia entre el felino y las comunidades humanas como se hace en los Llanos de Colombia, donde se ha demostrado que la coexistencia entre jaguares y ecoturismo es factible y propicia la conservación de los felinos a mediano plazo. Hyde *et al.* (2022), evidenció el aumento de la población residente de jaguar como resultado de un buen manejo ganadero y las prácticas apropiadas de ecoturismo. Retomando estas experiencias, los ranchos ganaderos en el área de estudio pueden ser un destino atractivo para atraer ecoturistas a la serranía media en sur de Sinaloa y promover la conservación del jaguar y sus presas, y beneficiar económicamente a las personas residentes, productores, guías de campo y prestadores de servicios de alimentos y hospedaje. Así también, se contribuiría a fortalecer el tejido social propiciando encuentros entre

personas y grupos que intercambian saberes y experiencias a la vez que promueven la derrama económica.

El ecoturismo, también conocido como turismo de naturaleza o vida silvestre ha crecido exponencialmente y a menudo se ha utilizado como un argumento financiero para la conservación de las especies y sus hábitats. Por ejemplo, en el Pantanal, Brasil; la observación de jaguares en vida silvestre es una práctica turística común y con ella la generación de recursos económicos que se dispersan entre prestadores de servicios, agencias y necesariamente en acciones de educación ambiental para concientizar sobre la importancia del jaguar y sus hábitats. De acuerdo a Tortato *et al.*, (2017), el ecoturismo de jaguar representa un ingreso anual bruto de 6,827,392 dólares en ingresos por uso de la tierra en el Pantanal brasileño, el humedal más grande del mundo. En tanto, las pérdidas de ganado bovino por depredación ascienden a 121,500 dólares anuales. Es una diferencia enorme la que se observa entre los beneficios del turismo y los impactos de los ataques del jaguar. El balance entre ganancias y pérdidas económicas fortalece al ecoturismo como herramienta de conservación para impulsar la tolerancia a los jaguares en los ranchos privados y su coexistencia con los hatos ganaderos y los productores.

En México, como en el resto del planeta, el interés por el ecoturismo como aliado para el desarrollo sustentable y la conservación de la vida silvestre ha incrementado después de la pandemia originada por el virus SARS-CoV-2, y las personas desean disfrutar de espacios naturales (Alvarez *et al.*, 2021). En el sureste mexicano se localiza la reserva de la Biosfera de Calakmul, una región con una alta riqueza biológica, ahí el jaguar coexiste con comunidades rurales donde la mayoría de las personas viven en condiciones de pobreza (74%) y aspiran a mejorar sus condiciones socioeconómicas. Duque-Moreno *et al.* (2024) evaluó el Índice de Potencial Ecoturístico de su área destinada voluntariamente a la conservación ubicada en el ejido Centauro del Norte y encontró factible el desarrollo de proyecto ecoturísticos en función de los accesos al área, de su riqueza biológica, la afluencia de visitantes y a la diversidad de actividades o productos que pueden ofrecer al ecoturista.

e) Para qué conservar el jaguar en sus hábitats

El sentimiento generalizado del ser humano al desear que desaparezcan los depredadores, o en su caso extinguirlos localmente, manifiesta el miedo o rechazo a los mismos, argumentando posibles ataques a humanos y a sus animales domésticos (Altrichter, 2006; Zamudio *et al.*, 2020; Esparza *et al.*, 2022). Conservar el jaguar, no es solo conservar un depredador natural, es conservar un elemento del patrimonio biocultural de México y de América que confiere bienestar a las comunidades humanas, aún cuando este beneficio no sea del todo tangible para la mayoría de las personas (Morales y Morales, 2018). Entre los servicios ambientales que el jaguar brinda esta el mantenimiento de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, al ser una especie clave, mantiene en equilibrio de los mesodepredadores como el coyote (*Canis latrans*) y otros felinos, entre ellos el ocelote (*Leopardus pardalis*) que en abundancia excesiva alteran la composición de la comunidad de presas, llegando ser plaga dañina para los cultivos como en el caso del pecarí (*Pecari tajacu*) (Miller y Rabinowitz, 2002).

Las implicaciones para la conservación del jaguar van más allá del miedo, de la ética y la estética, se ha evidenciado que los efectos cascada de la desaparición de grandes especies, como el jaguar, llegan a las estructuras más finas de un ecosistema de manera indirecta pero contundente. Por ejemplo, se ha demostrado que los depredadores pueden desempeñar un papel importante en la prestación de servicios ambientales críticos de soporte vital, como el ciclo de nutrientes del ecosistema, la deposición directa de nutrientes (excreción) en los ecosistemas después del consumo de presas beneficia a la flora del suelo y a la incorporación de sus nutrientes; dependiendo de su ecología conductual, los depredadores pueden crear distribuciones de nutrientes heterogéneas u homogéneas en los paisajes naturales (Ripple *et al.* 2014).

El jaguar como patrimonio biocultural ofrece posibilidades de desarrollo local, se ha convertido en un poderoso atractivo para los observadores de vida silvestre y para los ecoturistas que buscan nuevas formas de esparcimiento y aprendizajes, y participar en las acciones de conservación de la vida silvestre. Las personas manifiestan mayor interés cuando se trata de especies grandes y carismáticas en peligro de extinción

como el jaguar, el tigre (*Panthera tigris*) o el oso panda (*Ailuropoda melanoleuca*) (Mossaz *et al.*, 2015; Tortato *et al.*, 2017).

La ganadería y el turismo son actividades que se desarrollan en coexistencia con el jaguar, se ha demostrado contribuyen a su conservación y a la de naturaleza. El ecoturismo en Brasil ilustra el crecimiento de la industria y los beneficios de la observación del jaguar, siete empresas locales en El Pantanal ingresaron anualmente casi siete millones de dólares; pagando los turistas entre 150 a 900 dólares diarios por ver al jaguar en su hábitat (Tortato *et al.*, 2017). El ecoturismo es una empresa que puede apoyar a la conservación del jaguar en San Ignacio y Concordia, ambos municipios están a menos de 70 km de distancia del puerto internacional de Mazatlán, lo cual ofrece una opción para los turistas que buscan el contacto con la naturaleza y disfrutar de otros segmentos del turismo como el rural o gastronómico.

En ambos municipios se han desarrollado acciones que han atraído al turista; en la comunidad de Cabazán en San Ignacio, se encuentra el Museo del Jaguar que atrae a cientos de visitantes, aún con sus limitaciones, al ser museo comunitario no cuenta con el personal y las instalaciones más apropiadas, sin embargo, la museografía sobre jaguar y la atención de los responsables de este espacio educativo y recreativo son elementos de atracción.

Las selvas secas de Concordia han atraído a grupos de senderistas y ecoturistas; por lo que las autoridades de turismo podrían considerar estas experiencias y promover la conservación del jaguar fortaleciendo de capacidades locales y mejorando la infraestructura en servicios de hospedaje, alimentación, etc.; contribuyendo al arraigo y a la identidad en las comunidades mediante la generación de empleos en una de las regiones con altos índices de marginación y emigración de jóvenes (INEGI, 2009 a, b).

CONCLUSIONES

Esta investigación es la primera para Sinaloa en estudiar las actitudes de las personas hacia el jaguar a partir de las percepciones y sentimientos que se construyen en el contexto cultural y socioeconómico local en la región sur de Sinaloa.

Para ambos municipios, Concordia y San Ignacio, se encontró que la imagen del jaguar es buena y la valoración que otorgan los habitantes se manifiesta en sus percepciones y actitudes, entre ellas resaltan su importancia como especie clave en los ecosistemas y la disposición para mejorar sus prácticas productivas para la permanencia del jaguar en sus hábitats.

El jaguar es percibido como un animal bello de gran valor ecológico que merece coexistir con las sociedades humanas y sus animales domésticos. Sin embargo, las personas no desestiman su animalidad al prevalecer el miedo hacia el felino, producto de mitos, como ser devorador de humanos. Se debe seguir trabajando para fortalecer al jaguar como elemento de identidad y orgullo.

Las acciones de información y educación hechas en el sur de Sinaloa han contribuido a mejorar la imagen del jaguar, pasando de ser el “animal” o la fiera al acecho de sus presas, a ser un elemento de orgullo e identidad, cuya belleza e importancia como especie clave en los ecosistemas puede traer beneficios económicos y culturales a través de ecoturismo sustentable diseñado a la realidad y necesidades locales.

Se analizaron las condiciones de manejo de 25 ranchos ganaderos, dieciséis corresponden a pequeños productores con menos de 50 cabezas de ganado vacuno, el resto son medianos y grandes productores, la mayoría con fines de producción mixto (leche, engorda y venta),

La ganadería dominante es la extensiva, asentada en las inmediaciones de la serranía media, las condiciones de manejo y las actitudes de los ganaderos hacia el jaguar en ambos municipios son semejantes. La mayoría son ganaderos por herencia y las prácticas productivas son las mismas que hace 20 años, en secas se mantienen en potreros cercanos a los ranchos pero sin un manejo que prevea el ataque de depredadores, en tiempo de lluvias, con el monte verde, los animales deambulan libremente y aceptan que la posibilidad de pérdidas por depredación, principalmente por el jaguar.

Se registraron ocho siniestros en los hatos ganaderos, todos con excepción de uno fueron hechos por el jaguar. Las pérdidas económicas oscilaron entre los \$5,000.00 y

los \$16,000.00 pesos MX, están dispuestos todos a recibir capacitación técnica y mejorar sus prácticas para la coexistencia entre su ganado y el jaguar.

Los ataques se presentaron en sitios con distancias promedios de 6 km a las comunidades, no se registraron siniestros en los potreros aledaños a las comunidades. La prueba estadística encontró que la distancia es un factor de riesgo para el ganado y se elaboró un modelo de regresión logística que estima las probabilidades de ocurrencia de siniestro.

Los paisajes de selvas secas y los ranchos ganaderos ofrecen destinos atractivos para atraer ecoturistas a la serranía media en sur de Sinaloa y promover la conservación del jaguar y beneficiar económicamente a las personas residentes, productores, guías de campo y prestadores de servicios de alimentos y hospedaje

Conservar el jaguar, no es solo conservar un depredador natural, es conservar un elemento del patrimonio biocultural de México y de América que confiere bienestar a las comunidades humanas por los servicios ambientales que le ofrece como especie clave al mantener las poblaciones de presas, que en abundancia excesiva pueden ser plaga dañina para los cultivos

La coexistencia entre jaguares, humanos y ganado puede ser facilitada por mecanismos económicos sustentables como el ecoturismo, actividad económica de bajo impacto que puede ser impulsada por los propietarios de predios en coordinación con las autoridades de turismo, que actualmente promueven las visitas a sus pueblos mágicos y señoriales en los municipios de San Ignacio y Concordia con el propósito de dar a conocer el patrimonio biocultural y de generar espacios de intercambio de experiencias y economías.

LITERATURA CITADA

Akrim, F., K. Khursheed, J. Belant, T. Mehmood, T. Mahmood. A. Rafique, S. Qasim, A. Mushtaq, S. Aslam, Z. Ahmed, U, Habib, S. Ahmed, A. Aslam, N. Munawar. 2023. Patterns, costs, and drivers of livestock depredations by leopards, in rural

settlements of Pakistan. *Global Ecology and Conservation*, 46, e02564.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02564>

Altrichter, M. 2006. Wildlife in the life of local people of the semi-arid Argentine Chaco. *Biodiversity and Conservation*, 15(8), 2719-2736. doi:10.1007/s10531-005-0307-5

Altrichter, M., Boaglio, G., & Perovic, P. 2006. The decline of jaguars *Panthera onca* in the Argentine Chaco. *Oryx*, 40(3), 302-309.

Álvarez Malvido, M., Lázaro, C., De Lamo, X., Juffe-Bignoli, D., Cao, R., Bueno, P., Sofrony, C., Maretti, C. y Guerra, F. (Editores). (2021). Informe Planeta Protegido 2020: Latinoamérica y el Caribe. Ciudad de México, México. Cambridge UK; Gland, Switzerland; Bogotá, Colombia: RedParques, UNEP-WCMC, CMAP-UICN, WWF, CONANP y Proyecto IAPA. 75 pp.

Amit, R., E. Gordillo-Chávez, y R. Bone. 2013. Jaguar and puma attacks on livestock in Costa Rica. *Human-Wildlife Interactions*, 7(1), 77-84. doi:10.2307/24874119

Avila-Najera, D. M., F. Palomares, C. Chavez, B. Tigar y G. Mendoza. 2018. Jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) diets in Quintana Roo, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation*, 41(2), 257-266. doi:10.32800/abc.2018.41.0257

Ayala R. M., R. Osuna, H. Sicairos, R. Quintero, Y. Rubio, A. Cruz y M. Osuna. 2020. Museo del Jaguar, elemento de identidad en Sinaloa México. En memorias del Simpoiso internacional de ecología y conservación del jaguar y otros felinos neotropicales. Ceballos, G., H. Zarza, J. González-Maya y G. Cerecedo-Palacios. Edits. P. 41

Azevedo, F. y D. Murray. 2007. Evaluation of Potential Factors Predisposing Livestock to Predation by Jaguars. *Journal of Wildlife Management*, 71(7), 2379-2386. doi:10.2193/2006-520

- Bonacic, C., S. Chinchilla, C. Arévalo, H. Zarza, J. Pacheco y G. Ceballos. 2022. Hambre cero y conservación de la biodiversidad. Desafíos para la conservación de depredadores tope y la ganadería sostenible en Latinoamérica. En *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*. Núm. 2: 7-22. Universidad de los Andes.
- Campos, M., D. Garrone, y V. Haddad. 2011. Attacks by jaguars (*Panthera onca*) on humans in central Brazil: Report of three cases, with observation of a death. *Wilderness and Environmental Medicine* 22:130-135.
- Carrillo-Reyes, A. y T. Rioja-Paradela. 2014. Felinos Silvestres en la Región de los Pueblos Santos, Guerrero: Implicaciones y Propuestas para su Conservación. En *Gestión territorial y manejo de recursos naturales: fauna silvestre y sistemas agropecuarios*. Medina L. , C. Tejeda, A. Carrillo y T. Rioja. (Eds.). Libro Digital Universitario UNACH. Pp. 209-243.
- Carvalho, E., M. Zarco-González, O. Monroy-Vilchis y R. Morato. 2015. Modeling the risk of livestock depredation by jaguar along the Transamazon highway, Brazil. *Basic and Applied Ecology*, 16(5), 413-419. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.03.005>
- Cassaigne, I., R. Medellín, R. Thompson, M. Culver, A. Ochoa, K. Vargas, J. Childs, J. Sanderson, R. List y A. Torres-Gómez. 2016. Diet of pumas (*Puma concolor*) in Sonora, Mexico, as determined by GPS kill sites and molecular identified scat, with comments on jaguar (*Panthera onca*) diet. *Southwestern Association of Naturalists*. 61(2):125-132.
- Castaño-Uribe, C., Lasso, R. Hoogesteijn, A. Díaz-Pulido y E. Payán (Editores). 2016. II. Conflictos entre felinos y humanos en América Latina. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D. C., Colombia. 489 pp.

- Castillo, A., A. Bullen-Aguilar, J. Peña-Mondragon, y N. Gutierrez-Serrano. 2020. The social component of social-ecological research: moving from the periphery to the center. *Ecology and Society*, 25(1). doi:10.5751/ES-11345-250106
- Ceballos G., C. Chávez, A. Rivera, C. Manterola y B. Wall. 2002. Tamaño poblacional y conservación del jaguar en la reserva de la biosfera Calakmul, Campeche, México. En *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Medellín, R. A., Equihua, C., Chetkiewicz, C. L. B. Crawshaw Jr P. G., Rabinowitz, A. Redford, K. H. Robinson, J. G. Sanderson, E. W. y Taber, A. B. (Comps.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife
- Ceballos, G., de la Torre, J. A., Zarza, H., M. Huerta, M. Lazcano-Barrero, H. Barcenas, I. Cassaigne, C. Chávez, G. Carreón, A. Caso, S. Carvajal, A. García, J. Morales, O. Moctezuma, O. Monroy-Vilchis, F. Ruiz y E. Torres-Romero. 2021. Jaguar distribution, biological corridors and protected areas in Mexico: from science to public policies. *Landscape Ecology*, 36(11), 3287-3309. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-021-01264-0>
- Ceballos, G., H. Zarza, C. Chavez y J. Gonzalez-Maya. 2016. Ecology and Conservation of jaguars in Mexico. *Tropical Conservation: Perspectives on Local and Global Priorities*, 273.
- Ceballos, G., H. Zarza, J. Gonzalez-Maya, J. de la Torre, A. Arias-Alzate, C. Alcerreca, H. Bárcenas, G. Carreón-Arroyo, C. Chávez, C. Cruz, D. Medellín, A. García, M. García. M. Lazcano, R. Medellín, O. Moctezuma, F. Ruiz, R. Rubio, V. Luja, E. . Torres. 2021. Beyond words: From jaguar population trends to conservation and public policy in Mexico. *PLoS One*, 16(10), e0255555. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255555>
- Chávez, C. y G. Ceballos. 2014. Jaguar. En *Mammals of Mexico*. Ceballos, G. (Ed.). Johns Hopkins University Press. Baltimore. 507-509 pp.
- Chávez, C., H. Bárcenas, R. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos. 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. *El Jaguar en México como caso de*

estudio. México: Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México.

Chávez, C., H. Zarza, A. de la Torre, R. Medellín y G. Ceballos. 2016. Distribución y estado de conservación del jaguar en México. En El Jaguar en el siglo XX. La perspectiva continental. Medellín, R., A. de la Torre, H. Zarza, C. Chávez y G. Ceballos (Coords.) 47-92 pp. doi:10.1016/s0006-3207(02)00277-x

CNOG. 2019. Fondo de aseguramiento. <http://fondocnog.com/fondo-de-aseguramiento-cnog/logros-de-los-fondos-de-aseguramiento-de-la-cnog/>

Consultado el 03 febrero 2019

CNOG. 2024. Fondo de aseguramiento. www.fondocnog.com

Consultado 28 mayo del 2024, en construcción FanCampo FanVida

Conselva, 2023. Biodiversidad. <https://conselva.org/cuencas-y-biodiversidad/>

Consultado el 15 septiembre del 2023

Conselva Costas y Comunidades. 2017. Un año de logros para la sustentabilidad para el Sur de Sinaloa. Informe Anual. 44 pp.

Conselva Costas y Comunidades. 2018. Por un futuro próspero y sustentable para Sinaloa. Informe Anual. 49 pp.

Coronel-Arellano H., Lara-Díaz N. E. y López-González C. A. 2017. Abundancia y densidad de jaguar (*Panthera onca*) en el APFF Meseta de Cacaxtla, Sinaloa, México. Acta Zoológica Mexicana (*n.s.*). 33(1): 116-119. ISSN 0065-1737.

Daniel, W. 2002. Biestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa. 755 pp.

de Azevedo, F. y D. Murray. 2007. Spatial organization and food habits of jaguars (*Panthera onca*) in a floodplain forest. Biological Conservation, 137(3), 391-402. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.02.022>

- de Carvalho, E. y R. Morato, R. G. 2013. Factors Affecting Big Cat Hunting in Brazilian Protected Areas. *Tropical Conservation Science*, 6(2), 303-310. <https://doi.org/10.1177/194008291300600210>
- De la Torre, A., J. Núñez y R. Medellín. 2016. Habitat availability and connectivity for jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Mayan Forest: Conservation priorities for a fragmented landscape. En *Biological Conservation*.
- Dickman, A. J y L. Hazzah, L. 2016. Money, myths and man-eaters: Complexities of human-wildlife conflict. *Problematic wildlife: A cross-disciplinary approach*, 339-356.
- DOF. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059-SEMARNAT-2010) Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial* 30/12/2010
- Duque-Moreno V., F. Contreras-Moreno, J. Borges-Zapata y G. Gutiérrez-Granados. 2024. Potencial ecoturístico basado en la observación de mamíferos silvestres en el área destinada voluntariamente a la conservación Centauro del Norte en la región de Calakmul, Campeche, México. Em *El Periplo Sustentable* 46, 142-161. doi.org/10.36677/elperiplo.v0i46.18198
- Eeden, L., A. Eklund, J. Miller, J. López-Bao, G. Chapron, M. Cejtin, M. Crowther, C. Dickman, J. Frank, M. Krofel, D. Macdonald, J. McManus, T. Meyer, A. Middleton, T. Newsome, W. Ripple, E. Ritchie, O. Schmitz, K. Stoner, M. Tourani y A. Treves. 2018. Carnivore conservation need evidence based livestock protection. *PLoS Biol* 16(9): e2005577. [DOI.org/10.1371/journal.pbio.2005577](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2005577)
- Engel, M., J. Vaske, A. Bath y S. Marchini. 2017. Attitudes toward jaguars and pumas and the acceptability of killing big cats in the Brazilian Atlantic Forest: An application of the Potential for Conflict Index2. *Ambio*, 46(5), 604-612. [doi:10.1007/s13280-017-0898-6](https://doi.org/10.1007/s13280-017-0898-6)

- Esparza C., J. Peña y A. Hoogesteijn. 2022. Los jaguares y pumas no son devoradores de humanos. *Therya ixmana*, 1(1), 20-22.
- Garla, R., E. Z. Setz y N. Gobbi. 2001. Jaguar (*Panthera onca*) Food Habits in Atlantic Rain Forest of Southeastern Brazil. *BIOTROPICA*, 33(4), 691-696. doi:10.1111/j.1744-7429.2001.tb00226.x
- Garrote, G. 2012. Depredación del jaguar (*Panthera onca*) sobre el ganado en los llanos orientales de Colombia. *Mastozoología neotropical*, 19(1), 139-145. Recuperado en 24 de mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832012000100012&lng=es&tlng=es.
- Gil-Fernández, M., J. Peña-Mondragón, D. Gómez-Hoyos, S. Escobar-Lasso, S., Marchini, S., E. Carrillo. (2023). Attention matters: A preliminary assessment of ranchers' attitudes towards big cats in Costa Rica. *Trees, Forests and People*, 13, 100408. doi:https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100408
- González-Gallina, A. y M. Hidalgo. 2018. A Review of Road-killed Felids in Mexico. *Therya*, 9:147.159.
- Hayward, M., J. Kamler, R. Montgomery, A. Newlove, S. Rostro-García, L. Sales y B. Van Valkenburgh. 2016. Prey preferences of the jaguar *Panthera onca* reflect the post-Pleistocene demise of large prey. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 148. doi:10.3389/fevo.2015.00148
- Hernández E., C. Fernández y P. Baptista. 2014. *Metodología de la Investigación*.
- Hoogesteijn, R., A. Hoogesteijn, A., F. Tortato, E. Payán, W. Jedrzejewski, S. Marchini, C. Valderrama, E. Boede. 2016a. Consideraciones sobre la peligrosidad del jaguar para los humanos. Quién es letal para quién? Conflicto entre felinos y humanos en América Latina. in *II Conflictos entre felinos y humanos en América Latina* (Castaño-Urbe, C., eds.). Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, Colombia. Pp. 445-466.

- Hoogesteijn, A., C López, R. Núñez, O. Rosas-Rosas y J. Febles. 2016b. El jaguar y las comunidades rurales: uso de densidad humana y bovina para identificar zonas de conflicto a nivel nacional en México. En *II Conflictos entre felinos y humanos en América Latina* (Castaño-Uribe, C., eds.). Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, Colombia. Pp. 49-60.
- Hyde, M., E. Payán, J. Barragan, D. Stasiukynas, S. Rincón, W. Kendall, Boron, V. 2023. Tourism-supported working lands sustain a growing jaguar population in the Colombian Llanos. *Scientific Reports*, 13(1), 10408. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-36935-2>
- INEGI. 2009a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Ignacio, Sinaloa.
- INEGI. 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Concordia Sinaloa.
- Inskip, C., y A. Zimmerman. 2009. Human-felid conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx*, 43, 18-34. doi:10.1017/S003060530899030X
- Iserson, K. y A. Francis. 2015. Jaguar attack on a child: case report and literature review. *West J Emerg Med*, 16(2), 303-309. doi:10.5811/westjem.2015.1.24043
- Jędrzejewski, W., Carreño, R., Sánchez-Mercado, A., Schmidt, K., Abarca, M., Robinson, H. S., . . . Zambrano-Martínez, S. (2017). Human-jaguar conflicts and the relative importance of retaliatory killing and hunting for jaguar (*Panthera onca*) populations in Venezuela. *Biological Conservation*, 209, 524-532. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.03.025>
- Khorozyan, I., A. Ghoddousi, M. Soofi, y M. Waltert. 2015. Big cats kill more livestock when wild prey reaches a minimum threshold. *Biological*
- Knox, J., Negrões, N., Marchini, S., Barboza, K., Guanacoma, G., Balhau, P., . . . Glikman, J. A. (2019). Jaguar Persecution Without “Cowflict”: Insights From

Protected Territories in the Bolivian Amazon. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7(494). <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00494>

Krafte, K., L. Larson y R. Powell. 2018. Characterizing conflict between humans and big cats *Panthera* spp: A systematic review of research trends and management opportunities. *PLoS One*, 13(9), e0203877-e0203877. doi:10.1371/journal.pone.0203877

Leopold, A. S. 1959. *Fauna silvestre de México*. Editorial Pax. México.

Maldonado S. M. 2012. Manual Práctico Para El Diseño De La Escala Likert. *Xihmai*, 2(4). <https://doi.org/10.37646/xihmai.v2i4.101>

Marchini, S. y D. Macdonald. 2012. Predicting ranchers' intention to kill jaguars: Case studies in Amazonia and Pantanal. *Biological Conservation*, 147(1), 213-221. doi:10.1016/j.biocon.2012.01.002

Marchini, S. y D. Macdonald. 2018. Mind over matter: Perceptions behind the impact of jaguars on human livelihoods. *Biological Conservation*, 224, 230-237. doi:10.1016/j.biocon.2018.06.001

Mascote C., A. Castillo, J. Peña-Mondragón. 2016. Percepciones y conocimientos del Jaguar entre los niños en las comunidades vecinas a la Reserva de la Biosfera Montes Azules en Chiapas, México. *Ciencia de la conservación tropical*. 9(4). doi:10.1177/1940082916679407

Maass, M., A. Búrquez, I. Trejo, D. Valenzuela, M. González, M. Rodríguez y H. Arias. 2020. Amenazas. En *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México* (Ceballos, G., et al., eds.). F.C.E. México. Pp. 321-346.

Méndez, I., L. Moreno y C. Sosa. 2006. *El Protocolo de Investigación. Linemientos para su elaboración y análisis*. (Trillas Ed.). México.

Miller, B. y A. Rabinowitz. 2002. ¿Porqué conservar al jaguar? En *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Medellín, R., C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw Jr., A.

- Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderon y A. Taber (Comps.). FCE-UNAM-WCS. 303-315 pp.
- Miller, C. 2002. Jaguares, ganado y humanos: un ejemplo de coexistência pacífica en el noroeste de Belice. En *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Medellín, R., C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderon y A. Taber (Comps.). FCE-UNAM-WCS. 477-491 pp.
- Morales A. y J. Morales. 2018. Patrimonio cultural y biodiversidad; el caso del jaguar mexicano. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, nueva serie, año L, núm. 153, septiembre-diciembre de 2018, pp. 973-999, doi:dx.doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2018.153.13664.
- Morato, R., G. Connette, J. Stabach, R. De Paula, K. Ferraz, D. Kantek, S. Miyazaki, T. Pereira, L. Silva, A. Paviolo, C. De Angelo, M. Bitetti, P. Cruz, F. Lima, L. Cullen, D. Sana, E. Ramalho, M. Carvalho, M. da Silva, M. Moraes y P. Leimgruber. 2018. Resource selection in an apex predator and variation in response to local landscape characteristics. *Biological Conservation*, 228, 233-240. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.10.022>
- Mossaz, A., R. Buckley y J. Castley. 2015. Ecotourism contributions to conservation of African big cats. *Journal for Nature Conservation*. Volume 28. Pages 112-118
- Navarro-Serment, C., C. López-González, J. Gallo-Reynoso y C. Jones. 2005. Occurrence of Jaguar (*Panthera Onca*) in Sinaloa, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 50(1), 102-106. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000227295200019
- Núñez-Pérez, R. 2011. Estimating jaguar population density using camera-traps: a comparison with radio-telemetry estimates. *Journal of Zoology*, 285(1), 39-45.
- Núñez, R., B. Miller y F. Lindzey. 2006. Food habits of jaguars and pumas in Jalisco, Mexico. *Journal of Zoology*, 252(3), 373-379. doi:10.1111/j.1469-7998.2000.tb00632.x

- Olivier G. 2016. Dioses y Jaguares. En Artes de México Jaguar (121): 48-54.
- Palmeira, F., P. Crawshaw, P., C. Haddad, K. Ferraz y L. Verdade. 2008. Cattle depredation by puma (*Puma concolor*) and jaguar (*Panthera onca*) in central-western Brazil. *Biological Conservation*, 141(1), 118-125. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.09.015>
- Peña-Mondragon, J. L., & Castillo, A. (2013). Depredación de ganado por jaguar y otros carnívoros en el noreste de México. *Therya*, 4, 431-446. doi:10.12933/therya-13-153
- Peña-Mondragón, J. L., Castillo, A., & Gallina-Tessaro, S. (2015). Métodos de investigación social: fundamentos, técnicas y aportes para el entendimiento de las relaciones sociedad-vida silvestre. Manual de técnicas del estudio de la fauna, 192-210.
- Perilli, M., R. Lima, F. Rodrigues y S. Cavalcanti. 2016. Can Scat Analysis Describe the Feeding Habits of Big Cats? A Case Study with Jaguars (*Panthera onca*) in Southern Pantanal, Brazil. *PLoS One*, 11(3), e0151814. doi:10.1371/journal.pone.0151814
- Perovic P. G. 2002. Conservación del jaguar en el noroeste de Argentina. En *El Jaguar en el Nuevo Milenio*. Medellín, R., C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderon y A. Taber (Comps.). FCE-UNAM-WCS. 465-475 pp.
- Corral, V. y J. de Queiroz. 2004. Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 5, 1-26.
- Quigley, H.B. y P. G. Crawshaw Jr. 1992. A Conservation Plan for the Jaguar *Panthera onca* in the Pantanal Region of Brazil. *Biological Conservation*, 61:149-157.
- Rabinowitz, A. 1986. Jaguar predation on domestic livestock in Belize. *Wildlife Society Bulletin*, 14(2), 170-174.

- Ripple, W., J. Estes, 2014. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167).
- Rodríguez-Soto, C., O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, L. Boitani, J. Faller, M. Briones, R. Núñez, O. Rosas-Rosas, G. Ceballos y A. Falcucci. 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: identification of priority areas for conservation. *Diversity and Distributions*. 17 (2): 350-361.
- Romero-Muñoz, A., R. Morato, F. Tortato, T. Kuemmerle. 2020. Beyond fangs: beef and soybean trade drive jaguar extinction. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(2), 67-68.
- Rosas-Rosas, O., L. Bender y R. Valdez. 2008. Jaguar and Puma Predation on Cattle Calves in Northeastern Sonora, Mexico. *Rangeland Ecology & Management*, 61(5), 554-560. doi:10.2111/08-038.1
- Rosas-Rosas, O. y R. Valdez. 2010. The role of landowners in jaguar conservation in Sonora, Mexico. *Conservation Biology*, 24(2), 366-371.
- Roth, E. 2000. Psicología ambiental: interfase entre conducta y naturaleza. *Universidad Católica Boliviana*, 8, 11.
- Rubio R. Y. 2014. Bases para la creación del Corredor Biológico y Ecoturístico del jaguar en el sur de Sinaloa (CBEJSS). Informe final para la Comisión Nacional del Áreas Naturales Protegidas de acuerdo a Convenio No. PROCER/DRNO y AGC/03/2014. 48 pp.
- Rubio Y., H. Bárcenas, A. Cruz, G. Corrales, A. Sánchez, F. Barraza y C. González. 2017. Ecología y conservación del jaguar en las selvas secas de Sinaloa, México. Resumen en *Mesoamericana Revista Oficial de la Sociedad*
- Rubio-Rocha, Y., et al. 2022. Impact of the roadkill of a jaguar cub (*Panthera onca*) on social networks and the inhabitants of Sinaloa, México. *Therya Notes*, 3, 92-97.
- Saracho E., A. Caso, M. Collington, C. Alcerreca, C. Miller, A. González, F. Guadarama, M. Oliveras, A. Rivera, F. Remolina y J. Vallejoz. 2006. Conflictos

- entre el jaguar y los humanos. En Memorias del Primer Simposio El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo. Chávez C. y Ceballos G. (Eds.). CONABIO-WWF-TELCEL-UNAM. Pp. 57-60.
- Saunders, N. 2005. El Jaguar en Mesoamérica. El Icono felino en México. En Arqueología Mexicana. Vol. XII No. 72:20-27.
- SEMARNAT. 2009. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Jaguar (*Panthera onca*). México.
- SEMARNAT. 2015. Inventario Estatal Forestal y de Suelos 2014. 162 pp.
- Silveira L. y A. Jácomo. 2002. Conservación del jaguar en el centro del Cerrado de Brasil. En El Jaguar en el Nuevo Milenio. Medellín, R., C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderon y A. Taber (Comps.). FCE-UNAM-WCS. 437-450 pp.
- Sokal, R. y J. Rohlf. 1984. Introducción a la bioestadística.
- Sugiyama N. 2016. La noche y el día en Teotihuacan. En Artes de México Jaguar (121): 30-35.
- Taber, A., A. Novaro, N. Neris y F. Colman. 1997. The Food Habits of Sympatric Jaguar and Puma in the Paraguayan Chaco. BIOTROPICA, 29(2), 204-213. doi:10.1111/j.1744-7429.1997.tb00025.x
- Terborgh, J., L. Lopez, P. Nuñez, M. Rao, G. Shahabuddin, G. Orihuela, M. Riveros, R. Ascanio, G. Adler, T. Lambert y L. Balbas. 2001. Ecological Meltdown in Predator-Free Forest Fragments. Science, 294(5548), 1923-1926. doi:10.1126/science.1064397
- Theobald D. M., V. L., M. McClure y B. Dickson. (2017). Potential jaguar habitat and structural connectivity in and surrounding the Northwestern Recovery Unit.

- Tortato, R., V. Layme, P. Crawshaw y T. Izzo. 2015. The impact of herd composition and foraging area on livestock predation by big cats in the Pantanal of Brazil. *Animal Conservation*, 18(6), 539-547. doi:10.1111/acv.12207
- Tortato, R., T. Izzo, R. Hoogesteijn y C. Peres. 2017. The numbers of the beast: Valuation of jaguar (*Panthera onca*) tourism and cattle depredation in the Brazilian Pantanal. *Global Ecology and Conservation*, 11, 106-114. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.05.003>
- Wadsworth, B. 1992. *Teoría de Piaget del desarrollo cognoscitivo y afectivo*. México: Diana, 213 pp.
- WCS y JSM. 2020. *Conviviendo con el Jaguar-Manual de buenas prácticas ganaderas para mejorar la convivencia con los jaguares en la Selva Maya*. Wildlife Conservation Society – Guatemala y el Programa Jaguares de la Selva Maya (Bioconciencia y Natura y Ecosistemas Mexicanos). 52 pp
- Weckel, M., W. Giuliano y S. Silver. 2006. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of*
- Whitehouse-Tedd K., J. Abell y A. Dunn. 2021. Evaluation of the use of psychometric scales in human–wildlife interaction research to determine attitudes and tolerance toward wildlife. *Conservation Biology*, Volume 35, No. 2, 533–547. doi:<https://doi.org/10.1111/cobi.13599>.
- Zamudio, M., O. Nájera y V. Luja. 2020. Perspectivas sobre el jaguar (*Panthera onca*) en dos comunidades insertas en áreas para su conservación en Nayarit, México. *Sociedad y Ambiente*(23), 1-19. doi:10.31840/sya.vi23.2135
- Zanin, M., B. Adrados, N. González, S. Roques, D. Brito, C. Chávez, Y. Rubio y F. Palomares. 2016. Gene flow and genetic structure of the puma and jaguar in Mexico. *European Journal of Wildlife Research*. 62:461-469.

- Zanin, M., F. Palomares y D. Brito. 2015. The jaguar's patches: Viability of jaguar populations in fragmented landscapes. *Journal for Nature Conservation*, 23, 90-97. doi.org/10.1016/j.jnc.2014.06.003
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Second Edition. Prenti Hall. New Jersey. Pp. 138-149.
- Zimmermann, A., M. Walpole y N. Leader-Williams. 2005. Cattle ranchers' attitudes to conflicts with jaguar *Panthera onca* in the Pantanal of Brazil. *Oryx*, 39(04), 406-412. doi:10.1017/s0030605305000992
- Zimmermann, A., P. Johnson, A. de Barros, C. Inskip, R. Amit, E. Cuellar, C. Lopez-Gonzalez, C. Sillero-Zubiri, R. de Paula, S. Marchini, J. Soto-Shoender, P. Perovic, S. Earle, C. Quiroga-Pacheco, D. Macdonald (2021). Every case is different: Cautionary insights about generalisations in human-wildlife conflict from a range-wide study of people and jaguars. *Biological Conservation*, 260, 109185. doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109185

CAPÍTULO 7. CONCLUSION GENERALES

La presente investigación es la primera para Sinaloa en integrar el enfoque social y ecológico para estudiar al jaguar, especie en peligro de extinción de gran importancia ecológica y cultural para México.

La revisión de alcance sobre los recursos alimenticios del jaguar y su interacción con los humanos, proporcionó un panorama contrastante de la evidencia sobre estas interacciones a nivel continental. Se encontró que los jaguares consumen entre 15 a 60 especies de presas, con once para Sinaloa de un espectro de 26. La percepción sobre el jaguar varió de lo positivo a lo negativo, dependiendo del contexto sociocultural y de los eventos de ataques de ganado sufridos por los productores.

Se documentó por vez primera el atropellamiento de una cría de jaguar en México ocurrido en noviembre de 2020 en una carretera colindante a la reserva ecológica Meseta de Cacaxtla. Se llevaron a cabo diversas acciones dirigidas a sensibilizar y tomar precauciones para evitar accidentes que comprometan el bienestar de la fauna y los transeúntes en carretera. Se generó información sobre la mortalidad por colisión de jaguares adultos y otros mamíferos, donde se identificaron once especies, entre ellas el ocelote y el tlacoyote, y las más atropelladas fueron el coatí, el tlacuache y el lince.

Se generó conocimiento sobre la dinámica poblacional del jaguar y la abundancia de sus presas en las selvas secas de Concordia y San Ignacio. Se identificaron 21 individuos en una proporción de sexo de 1♂:2♀ a lo largo de siete años, con dos residentes con seguimiento de cuatro años. A partir de las estimaciones y considerando los valores discretos dados por los modelos de captura y recaptura (0.77 – 5.36 jaguares / 100 km²) y los modelos espacialmente explícitos (0.45 – 1.73 jaguares / 100 km²), se estimó una población de 71 jaguares para las selvas secas del municipio de San Ignacio, incluyendo el APFF Meseta de Cacaxtla.

Esta investigación también es la primera en Sinaloa en estudiar las actitudes y percepciones hacia el jaguar, reveló que en los municipios de San Ignacio y Concordia

el 90% de los habitantes valora y acepta su presencia, considerándolo como un animal bello que merece coexistir con las sociedades humanas y sus animales domésticos.

Las acciones de información y educación han demostrado ser eficaces al transformar la imagen del jaguar como "fiera" peligrosa a un símbolo de orgullo e identidad, destacando su rol clave en los ecosistemas y su potencial para generar beneficios económicos y culturales a través del ecoturismo. Aunque persisten temores asociados a mitos, los habitantes están dispuestos a ajustar sus prácticas productivas para favorecer su conservación.

Se analizaron las condiciones de manejo de 25 ranchos ganaderos; la ganadería dominante es la extensiva, las condiciones de manejo y las actitudes de los ganaderos hacia el jaguar en ambos municipios son semejantes. El jaguar es percibido como el mayor depredador de ganado. La mayoría son ganaderos por herencia y las prácticas productivas son las mismas que hace 20 años, en secas se mantienen en potreros cercanos a los ranchos, pero sin un manejo que prevea el ataque de depredadores, en tiempo de lluvias, los animales deambulan libremente y aceptan la posibilidad de pérdidas por depredación.

Se registraron ocho siniestros en los hatos ganaderos con pérdidas económicas significativas de hasta \$40,000 pesos MX, los cuales de acuerdo con un modelo de regresión son más probables de ocurrir en sitios alejados de los potreros y con escasa vigilancia. Los ganaderos están dispuestos a recibir capacitación técnica y mejorar sus prácticas para la coexistencia entre su ganado y el jaguar, si las autoridades correspondientes otorgan los apoyos básicos.

Conservar el jaguar, no es solo conservar un depredador natural, es conservar un elemento del patrimonio biocultural de México y de América que confiere bienestar a las comunidades humanas por los servicios ambientales que ofrece como especie reguladora del equilibrio en los ecosistemas. La presente investigación evidencia la importancia de las selvas secas del sur de Sinaloa como hábitat crítico para la conservación del jaguar y sus presas al norte de su distribución en México.

La coexistencia entre jaguares, humanos y ganado es una realidad, pero pueden mejorar las interacciones con estrategias de desarrollo basadas en información científica, como la generada en esta investigación, que integren el contexto socioambiental local y se impulse el intercambio de experiencias y economías centrando al jaguar como un patrimonio biocultural.