

Abundance of Wild Felids in the Area of Protection of Flora and Fauna Sierra de Álamos-Rio Cuchujaqui, Álamos, Sonora

Saúl Abraham Amador Alcalá, Francisco Javier Valenzuela Amarillas, Gerardo Carreón Arroyo, José Antonio Nava, Carlos Hugo Alcalá Galván y Alma Leonor Hernández Montaña,

Naturalia Comité para la Conservación de Especies Silvestres A.C.

Abstract-- Wild felids play an important role in the dynamics of the tropical forests where they live, through the processes of depredation they exert on their prey. The populations of these carnivorous mammals have decreased throughout their range, due to conflicts with humans, habitat destruction and fragmentation. In order to know the abundance of wild cats in the Area of Protection of Flora and Fauna Sierra de Álamos-Cuchujaqui, a monitoring was carried out with the 105 trap cameras during two sampling periods (August-September and October-December of 2016) in two sites in the protected area. The duration of the sampling was 120 days, obtaining an effort of 3,474 camera days for the two periods. Sixteen species of mammals were recorded, among which highlights the jaguar (*Panthera onca*), the puma (*Puma concolor*), the bobcat (*Lynx rufus*) and the ocelot (*Leopardus pardalis*). The jaguar was photographed 13 times and in five stations within the area. Five individuals were identified, of which three were males and two were not able to determine their sex. The highest indices of abundance were for the puma (1.08) in the first period and for the ocelot (1.88) in the second period. A density of $1.43 (\pm 0.60)$ ind / 100 km^2 of jaguar was estimated. The photographic trapping was an efficient tool to estimate the abundance and density of wild cats in the area and allowed to determine the presence and relative abundance of other mammal species.

Keywords: *Panthera onca*, *Leopardus pardalis*, photo-trapping, *Leopardus weidii*.

INTRODUCTION

The Area of Protection of Flora and Fauna Sierra de Álamos- Rio Cuchujaqui (APFF-SARC) is distinguished by its high diversity and biological richness. Around 1,100 species of higher plants that representing 67 percent of the families recognized for Sonora, and more than 500 species of vertebrates, among which 351 of birds, 101 of mammals (including the jaguar), 72 of reptiles, 20 amphibians and 14 fish species confluence the area (SEMARNAT-CONANP 2015, Zarate 2012). This biological richness is the reason due some scientists consider this reserve as "the treasure of the Western Sierra Madre" (SEMARNAT-CONANP 2015).

The biodiversity conservation needs as well as the ecological and evolutionary processes in the region of the APFF-SARC are very important because of their geographical location and representativeness at the country level. Therefore, it is essential to design and execute appropriate strategies and management plans that ensure the maximum productive efficiency of agricultural and forestry systems in a manner compatible with the conservation of biological diversity and ecological continuity of the water-soil-vegetation-wildlife system (Zarate 2012).

To establish conservation plans for wild felids such as the jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), ocelot (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus weidii*) and bobcat (*Lynx rufus*) in the APFF-SARC, it is necessary to generate information on the conservation status of their populations, their prey and the quality of the habitat where they are found (Aranda 2012; Krebs 1999; Garshelis 2000). Due to the above, this study has the purpose of knowing the state of the populations of felines and their prey by means of the photo-trapping method.

METHODS

Study area

The APFF Sierra de Álamos and Rio- Cuchujaqui is located in the south of the state of Sonora and has a variety of physiographic conditions (Figure 1), and soil conformation that together with climatic and edaphic conditions define a variety of plant associations that correspond mainly:

Deciduous forest 64%, plant community from 4 to 15 m high where more than 75% of the species lose leaves during the dry season.

Oak forest 19%, located in temperate climates and at altitudes greater than 800 m.

Modified vegetation for agricultural, livestock and forestry use 10%. The activity that makes use of forest and livestock resources, can be permanent or temporary.

Pine forest 7%, located in the highest parts of the reserve and represented by several species of the *Pinus* genus (SEMARNAT-CONANP 2015).

Estimation of wild felines populations

We used the photo-trapping based on capture-recapture model method to estimate the density of jaguars with the closed population model (Karanth and Nichols, 1998; Silver et al., 2004). Two sampling periods were carried out between the months of August-September and October-December 2016, in the first period 26 stations were installed (21 paired), while in the second were 29 stations of which 24 were paired, for both periods the stations were placed for a spatial design and temporarily closed. Each sampling season was based on different sites: the first included the area known as the Cuchujaqui River, and the second sampling was at the site called Sierra de Álamos (Figure 2). Each station was separated approximately 1 to 3 km.

Each sampling season comprised a period of 60 days, which is similar to the previous methods used for felines (Karanth and Nichols, 1998, Trolle and Kéry, 2003, Silver et al., 2004, Maffei et al., 2005; Di Bitteti et al., 2006; Dillon and Kelly, 2007). Each period was considered as a sampling event and a closed population was assumed (Trollé et al., 2007). The cameras were placed following the methodology of Karanth and Nichols (1998) and Chávez et al. (2013), in sites with potential for the crossing of these felines such as trails, streams, roads and canyons (Aranda 2012). The cameras were installed at an approximate height of 50 cm from the ground, attached to tree trunks or stakes. The circuit of the cameras was programmed to remain active for 24 hours, to take pictures every 15 seconds, the cameras used were the models Moultrie M-880, Cuddeback Ambush and Attack. The cameras were revised at the end of each sampling period.

Through the photographic record, the jaguar individuals were identified by the unique rosette pattern, where each specimen was assigned a name and a unique code. Subsequently, a capture history was drawn up for each photographed jaguar individual, generating a matrix of presence (1) - absence (0) according to the sampling days (Trolle and Kery 2003).

To obtain the number of jaguars that exist in the sampled area, the MARK program was used in its CAPTURE module, which distinguishes between different capture scenarios and gives a selection of the best model that explains the probability of capture as well as an estimate of the population size (White et al. 1982; White 2008). To estimate the population density, the value of the abundance of jaguars estimated by the CAPTURE program was divided between the Effective Surveyed Area.

The density was defined as: Density (D): estimated jaguar abundance (N) / effective surveyed area. The effective surveyed area (ESA) was calculated by the method described by Karanth and Nichols (1998) and Silver et al. (2004), which consists of adding an area around the perimeter formed by the trap cameras and thus delimiting a "buffer area" from which the animals were captured. The area of influence was estimated based on the average size of the household area that has been recorded for the species (100 km², USFWS 2012).

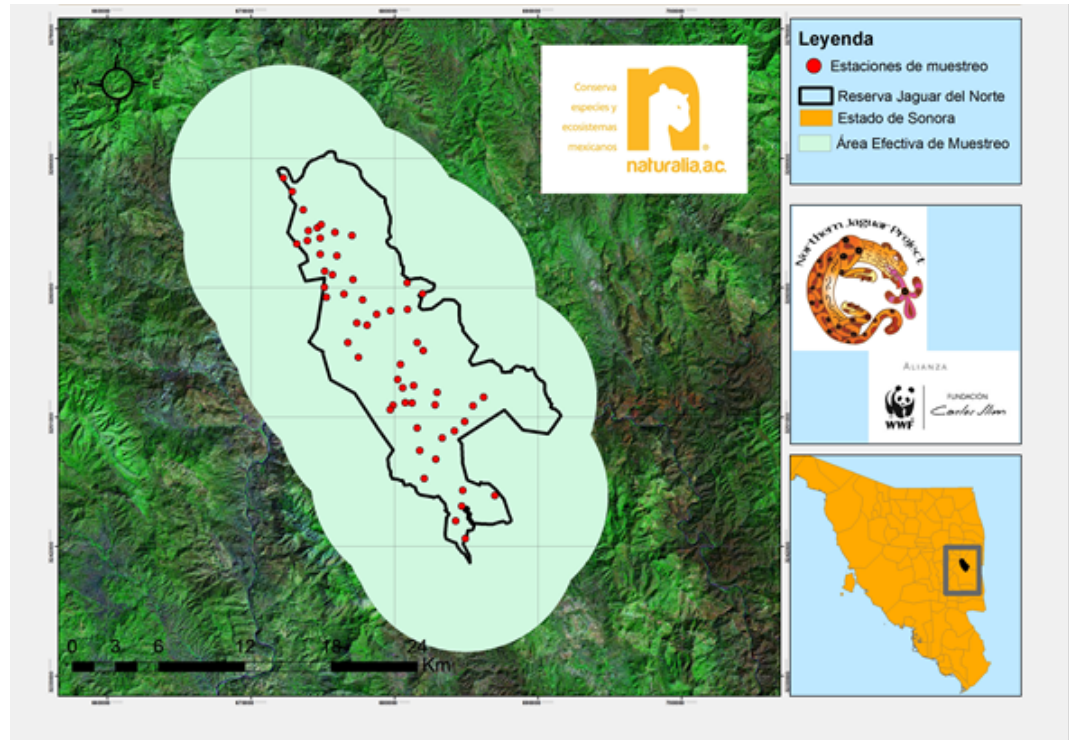


Figure 1. Location of the APFF Sierra de Alamos and Cuchujaqui River Sonora, Mexico.

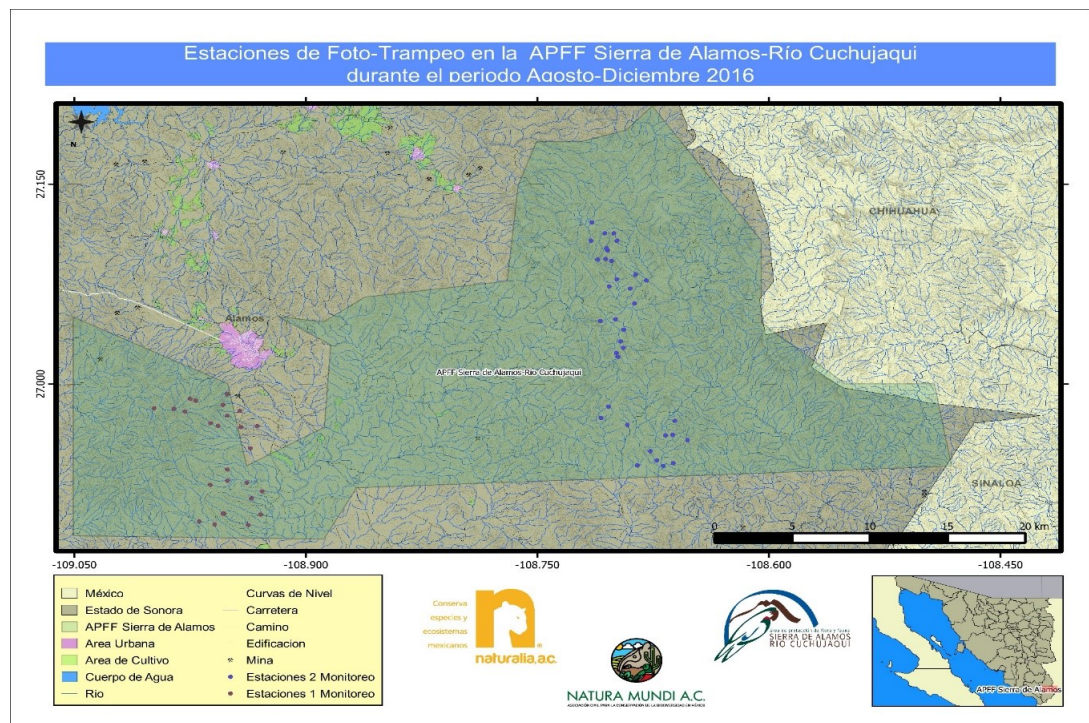


Figure 2. Camera-trap stations for monitoring jaguar (*Panthera onca*) in APFF Sierra de Álamos- Río Cuchujaqui in August-December 2016.

To obtain the relative abundance index (IAR) of the ocelots, the formula suggested by Maffei et al. (2002) $IAR = (C / EM) \times 100 \text{ days / trap}$. Where: C is the captures or independent events photographed; EM is the total sampling effort (number of trap cameras multiplied by the sampling days) and 100 days / trap (capture frequency standardizing to 100 days / trap). To avoid over-estimations, only those records that were independent with a 24-hour gap between each event were considered in the analyzes. An independent record was considered as: 1) consecutive photographic records where it was not possible to identify the jaguar as a distinct individual, 2) consecutive photographic records of completely identifiable different individuals, and 3) photographic records with several individuals considering each individual as an event.

RESULTS

Sampling was realized during 120 days in the two periods: August-September and October-December 2016, where a total sampling effort of 3,474 camera-days was obtained in both periods. As for the fauna, it was possible to register the five species of felines present in the reserve (jaguar, puma, lynx, ocelot, and tigrillo), as well as their main prey (white-tailed deer, collared peccary, wild turkey, and jackrabbit antelope; Table 1).

Regarding the jaguar records, 13 photo-captures were obtained, three corresponded to the first monitoring site (Sierra de Alamos) and ten to the second (Cuchujaqui River). With respect to the indices of relative abundance, a total sampling effort of 3,474 camera days was obtained. The most abundant feline species for both periods were puma and ocelot (Figure 3).

In order to estimate the density, five jaguar individuals were identified. Two individuals were photo-captured at the Sierra de Alamos site, and three at the Cuchujaqui River. Regarding the results obtained from the MARK Program for the first site, an abundance of two jaguar individuals was obtained, and the Capture selection algorithm indicated that the most suitable model was M (b), which is applied when the animals have different reactions to capture, that is, when the probability of capture differs between previously captured individuals and non-captured individuals, due to the response behavior they exhibit. In the case of the second site, an abundance of five individuals was obtained, the model that fitted the data the most was the M (h), which incorporates the individual heterogeneity, that is, a single probability of capture for each individual as a consequence of the accessibility that these have to the traps by the activity, the social dominance or the differences in age or sex. The estimated capture probability (P) varied from 0.01 to 0.03. The calculation of the effective sampling area was based on a buffer area of 4.96 km (which was estimated based on the home range of 100 km²), which resulted in an ESM of 267 km² and 349 km² for the first and second sites respectively (Table 2).

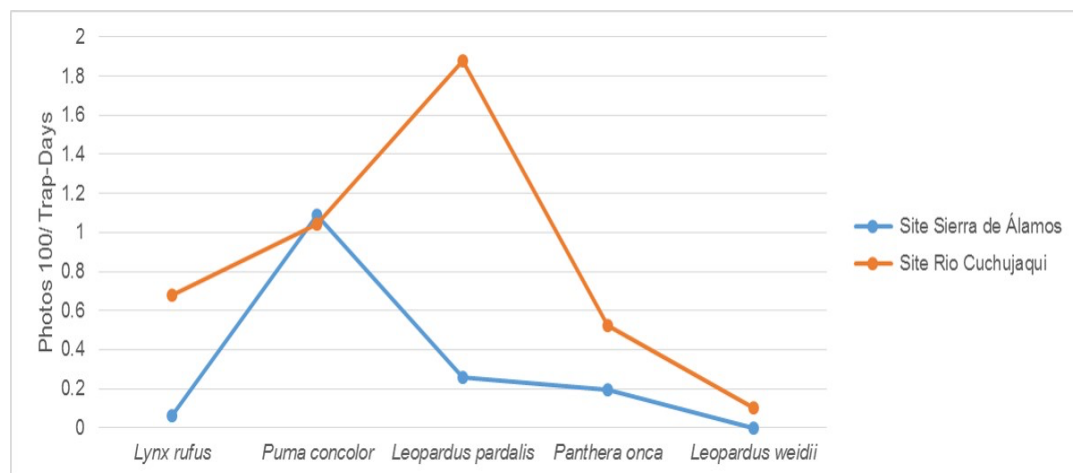


Figure 3. Index of relative abundance estimate by photo-trapping in the APFF Sierra de Alamos Rio Cuchujaqui, Sonora (August-December 2016). IAR (Photos/100 Camera-Days).

Table 1. Species of vertebrates with interest for the conservation of the jaguar (*Panthera onca*) recorded in the APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. List based on the taxonomic order of the species from the guide of mammals of Reid, (2006), Aranda (2012) and of the birds of the American Union of Ornithologists (1998).

ORDER, Family, genus and specie	Common name	Direct sighting	Indirect sign	Photo-capture
<u>CARNIVORA</u>				
Canidae				
<i>Canis latrans</i> Say, 1823	Coyote	X	X	X
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	zorra gris		X	X
Felidae				
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Puma		X	X
<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguar			X
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Ocelote			X
<i>Leopardus weidii</i> (Schinz, 1821)	Tigrillo			X
<i>Lynx rufus</i> (Eschreber, 1777)	Gato montés			X
Procyonidae				
<i>Bassariscus astutus</i> (Lichtenstein, 1830)	Cacomixtle norteño			X
<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)	Mapache			X
<i>Nasua narica</i> (Linnaeus, 1766)	Cholugo	X		X
Mephitidae				
<i>Mephitis mephitis</i> (Schreber, 1776)	Zorrillo rayado			X
<i>Conepatus leuconotus</i> (Lichtenstein, 1832)	Zorrillo real			X
<i>Spilogale gracilis</i> (Merriam, 1890)	Zorrillo manchado			X
<u>ARTIODACTYLA</u>				
Tayassuidae				
<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	pecari de collar	X		X
Cervidae				
<i>Odocoileus virginianus</i> Zimmermann,1780	Venado cola blanca	X	X	X
<u>LAGOMORPHA</u>				
Leporidae				
<i>Lepus alleni</i> (Mearns, 1890)	Liebre	X	X	X
<u>GALLIFORMES</u>				
Phasianidae				
<i>Meleagris gallopavo</i> (Linnaeus, 1758)	Guajolote	X		X
Psittacidae				
<i>Ara militaris</i> (Linnaeus, 1766)	Guacamaya verde	X		

Table 2. Abundance and density (Ind / 100 km²) of jaguar (*Panthera onca*) estimates from closed-capture method in the APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui during the period August-December 2016.

Site	August-December 2016				
	Abundance	S.E.	ESM (km ²)	Density	S.E.
Sierra de Álamos (Aug-Sep 2016)	2	0.73	267	0.74	0.27
Rio Cuchujaqui (Oct-Dec 2016)	5	2.12	349	1.43	0.60

DISCUSSION

In the APFF Sierra de Alamos Rio Cuchujaqui the densities obtained for the jaguar by means of photographic trapping were able to estimate 0.74-1.4 ind / 100 km², which is similar to that obtained in other regions of Sonora, as is the case of the Reserve Jaguar del Norte where jaguar density values varies from 0.78 - 1.5 ind / 100 km² (Amador et al. 2015), as well as in the municipality of Nacori Chico where they have obtained densities of 1.0 ind / 100km² (Rosas-Rosas and Bender 2012). In contrast, with the density obtained for the same area in 2013, which was 2.15 ind / km² (Gutiérrez et al. 2013). The difference in densities may be due to jaguar hunting that occurred in the area in retaliation for the depredation of cattle in recent years 2015-2016 (Amador et al. 2017). This density is low compared to those reported in other reserves of the country with low forest ecosystems such as: Chamela-Cuixmala Jalisco (2 ind / km², Nuñez, et al. 2011), Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala (2 ind / km²; Novack et al. 2005) and in the Calakmul Biosphere Reserve (3-7 ind / 100km²; Chávez 2006). It is important to mention that during the surveyed period extraordinary environmental and climatic events (flooding of rivers and streams) that prevented five camera-trap stations from working correctly during all the time, which caused the loss of stations with high photographic potential catches of wild cats. In this region where the vegetation is a mixture of dry deciduous forest, xerophilous scrub and oak-pine forests, the density of jaguars is low due they require larger territories to satisfy their needs for shelter and food (Urness 1981). Also, illegal hunting and killing of specimens due to reprisals against cattle depredation caused by jaguars and other carnivores, may cause the populations of these felines to be scattered and present low numbers (Rosas-Rosas et al., 2008).

SUMMARY

The estimated jaguar densities in this region of northwest Mexico are among the lowest for the country. The survival of the jaguar and other felines in the APFF-SARC will depend on whether the extensions of the tropical forest remain unchanged from land use and that the cases of hunting of felines and other species are punished in an exemplary manner as the law indicates. Meanwhile, it is important to continue with the studies and monitoring of wild cats and work with producers to develop strategies for sustainable livestock management that will reduce the damage caused by the depredation of large carnivores.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the cowboys and ranchers of La Sierrita, El Zapote, Compostela de las Amapas, Llanos de San Pedro, Mango, Guirocoba, Santa Barbara and Choquincahui ejidos and to the Social Security Society La Labor de Santa Lucia in especially Jesús Cruz, Concepción Nieblas, Candelario Álvarez "Yayo", Ruben and Irieneo Acosta. To the CONANP through its Program of Conservation of Species at Risk for the financial support provided. The authors are especially grateful to Dr. Heliot Zarza Villanueva (Division of Biological and Health Sciences of the UAM-Lerma) and Dr. Octavio Monroy Vilchis (Coordinator of the Center for Research in Applied Biological Sciences of the UAEMEX) for their valuable contribution in the review of this paper.

REFERENCES

- Amador, S., Valenzuela, J.; Carreón, G. 2015. Informe Anual Técnico del Monitoreo Biológico de Felinos en la Reserva Jaguar del Norte y Ranchos Aledaños. Naturalia A.C.-Northern Jaguar Project. 24p.
- Amador, S.; Carreón, G.; Valenzuela, J.; [et al.]. 2017. Fortalecimiento para la Conservación del Jaguar en el APFF Sierra de Alamos – Río Cuchujaqui. Reporte final entregado a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 66 p.
- Aranda, M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México, D.F., México. 255 p.
- Chávez, C. 2006. Ecología poblacional y conservación del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 71 p.
- Chávez, C.; de la Torre, A.; Bárcenas, H.; [et al.]. 2013. Manual de foto-trampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 108 p.
- Di Bitetti M.S.; Paviolo, A.; De Angelo, C. 2006. Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology*. 270 (1):153–163.
- Dillon, A.; Kelly, M. 2007. Ocelot *Leopardus pardalis* in Belize: the impact of trap spacing and distance moved on density estimates. *Oryx* 41 (4): 469–477.
- Garshelis, D.L. 2000. Delusions in habitat evaluation: measuring use, selection, and importance. Pp. 111–164. En: Boitani, L.; Fuller, T.K. (eds.). *Research techniques in animal ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press, New York.
- Gutiérrez-González, C.; Gómez-Ramírez, M.; Camargo-Carrillo, K.; [et al.]. 2013. Conservación del jaguar en el APFF Álamos-Río Cuchujaqui y la RPC El Fuerte. Reporte Final presentado a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 82 p.
- Karanth, K.U.; Nichols, J.D. 1998. Estimation of Tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79 (8): 2852–2862.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological methodology*. Second edition. Addison Wesley, Longman, Inc., Menlo Park, California, USA. 620p.
- Maffei, L.; Cúellar, E.; Noss, A. 2002. Uso de trampas cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 11 (1):55-65.
- Maffei, L.; Noss, A.; Cuellar, J.; [et al.]. 2005. Ocelot (*Felis pardalis*) population densities, activity, and ranging behaviour in the dry forests of eastern Bolivia: data from camera trapping. *Journal of Tropical Ecology* 21 (3): 349–353.
- Novack, A.J.; Main, M.B.; Sunkist, 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.
- Núñez, R. 2011. Estimating jaguar population density using camera–traps: a comparison with radio–telemetry estimates. *Journal of Zoology*. 285(1): 39–45.
- Reid, F. 2006. *A field guide to mammals of North America North of Mexico*. The Peterson field guides series. fourth edition. 579p.
- Rosas-Rosas, O.; Bender, L.; Valdez, R. 2008. Jaguar and puma predation on cattle calves in Northeastern Sonora, México. *Rangeland Ecology & Management*. 61(5): 554-560.
- Rosas-Rosas, O.C.; Bender, L. 2012. Population status of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in northeastern Sonora, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*. 28(1): 86–101.
- SEMARNAT (secretaría de medioambiente y recursos naturales)-CONANP (comisión nacional de áreas naturales protegidas). 2015. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Silvestres y Acuáticas Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. México, D.F. 305p.
- Silver, S.C.; Ostro, L.E.; March, L.K.; [et al.]. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar (*Panthera onca*) abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* 38(2): 148–154.
- Trolle, M.; Kéry, M. 2003. Estimation of ocelot density in the Pantanal using capture–recapture analysis of camera–trapping data. *Journal of Mammology* 84(2): 607–614.
- Trolle, M.; Noss, A.J.; Lima, E.D.S. [et al.]. 2007. Camera-trap studies of maned wolf density in the cerrado and the pantanal of Brazil. *Biodiversity and Conservation* 16(4): 1197–1204.
- Urness, P. 1981. Desert and chaparral habitats; food habits and nutrition, pp. 347-287 in: O.C. Wallmo (Ed.). *Mule and black-tailed deer of North America*. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska.

- U. S. Fish and Wildlife Service. 2012. Recovery outline for the jaguar (*Panthera onca*) April 2012. Pp 1-59.
- White, G.C. 2008. Mark and Recapture Parameter Estimation. Versión 6.0. Colorado State University. Online. <http://welcome.warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>. (Julio, 19 del 2009).
- White, G.C.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; [et al.]. 1982. Capture-Recapture and Removal Methods for Sampling Closed Populations. Los Alamos National Laboratory. Los Alamos, U.S.A. 229 p.
- Zarate, J. 2012. Ganadería y Recursos Naturales en un Área Natural Protegida del Sur de Sonora. Tropical and Subtropical Agroecosystems 15(2): 187-197.

Abundancia de Felinos Silvestres en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, Álamos, Sonora

Saúl Abraham Amador Alcalá, Francisco Javier Valenzuela Amarillas, Gerardo Carreón Arroyo, José Antonio Nava, Carlos Hugo Alcalá Galván, y Alma Leonor Hernández Montaña

Naturalia Comité para la Conservación de Especies Silvestres A.C.

Resumen—Los felinos silvestres juegan un papel importante en la dinámica de los bosques tropicales donde habitan, a través de los procesos de depredación que ejercen sobre sus presas. Las poblaciones de estos mamíferos carnívoros han disminuido a lo largo de su área de distribución, debido a conflictos con el humano, la destrucción y fragmentación del hábitat. Con la finalidad de conocer la abundancia de los felinos silvestres del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, se realizó un monitoreo con el 105 cámaras-trampa durante dos periodos de muestreo (agosto-septiembre y octubre-diciembre del 2016) en dos sitios en el área protegida. La duración del muestreo fue de 120 días, obteniéndose un esfuerzo de 3,474 días-cámaras para los dos periodos. Se registraron 16 especies de mamíferos, entre las que destacan el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma concolor*), el linco (*Lynx rufus*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*). El jaguar fue fotografiado en 13 ocasiones y en cinco estaciones dentro del área. Se identificaron cinco individuos, de los cuales tres eran machos y dos no se logró determinar su sexo. Los índices de abundancia más altos fueron para el puma (1.08) en el primer periodo y para el ocelote (1.88) en el segundo periodo. Se estimó una densidad de 1.43 (± 0.60) ind/100 km² de jaguar. El trapeo-fotográfico fue una herramienta eficiente para estimar la abundancia y densidad de los felinos silvestres en el área, y permitió determinar la presencia y abundancia relativa de otras especies de mamíferos.

Palabras clave: *Panthera onca*, *Leopardus pardalis*, foto-trapeo, *Leopardus weidii*.

INTRODUCCIÓN

El Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui (APFF-SARC) se distingue por presentar alta diversidad y riqueza biológica. Se han registrado alrededor de 1,100 especies de plantas superiores que representan el 67 por ciento de las familias reconocidas para Sonora, más de 500 especies de vertebrados, entre los que destacan 351 de aves, 101 de mamíferos (entre ellos el jaguar), 72 de reptiles, 20 de anfibios y 14 especies de peces (SEMARNAT-CONANP 2015; Zarate 2012). Esta riqueza biológica es la razón por la que algunos científicos consideran a esta reserva como “el tesoro de la Sierra Madre Occidental” (SEMARNAT-CONANP 2015).

Las necesidades de conservación de la biodiversidad al igual que de los procesos ecológicos y evolutivos en la región de la APFF-SARC son muy importantes por su ubicación geográfica y representatividad a nivel de país. Por ello, es imprescindible diseñar y ejecutar apropiadamente estrategias y planes de manejo que aseguren la máxima eficiencia productiva de los sistemas agropecuarios y forestales en forma compatible con la conservación de la diversidad biológica y continuidad ecológica del sistema agua-suelo-vegetación-fauna silvestre (Zarate 2012).

Para establecer planes de conservación de los felinos silvestres como el jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus weidii*) y gato montes (*Lynx rufus*) en la APFF-SARC, es necesario generar información sobre el estado de conservación de sus poblaciones, sus presas y la calidad del hábitat donde se encuentran (Aranda 2012; Krebs 1999; Garshelis 2000). Debido a lo anterior, este estudio tiene el propósito de conocer el estado de las poblaciones de felinos y sus presas mediante el método de foto-trapeo.

MÉTODOS

Área de estudio

La APFF Sierra de Álamos y Río Cuchujaqui se encuentra localizada al sur del estado de Sonora y presenta una variedad de condiciones fisiográficas (Figura 1), y de conformación de suelos que aunado a las condiciones climáticas y edáficas define una variedad de asociaciones vegetales que corresponden principalmente:

Selva baja caducifolia 64%, comunidad vegetal de 4 a 15 m de altura en donde más del 75 % de las especies pierden las hojas durante la época de secas.

Bosque de encino 19%, localizados en climas templados y en altitudes mayores a los 800 m.

Vegetación modificada por uso agrícola, pecuario y forestal 10%. Actividad que hace uso de los recursos forestales y ganaderos, puede ser permanente o de temporal.

Bosque de pino 7%, localizado en las partes más elevadas de la reserva y representada por varias especies del genero *Pinus* (SEMARNAT-CONANP 2015).

Estimación de las poblaciones de felinos silvestres

Se utilizó el método captura-recaptura empleando el foto-trampeo para estimar la densidad de jaguares con el modelo de población cerrada (Karanth y Nichols 1998; Silver et al. 2004). Se realizaron dos periodos de muestreo entre los meses de agosto-septiembre y octubre-diciembre del 2016, en el primer periodo se instalaron 26 estaciones (21 pareadas), mientras que en el segundo fueron 29 estaciones de las cuales 24 eran pareadas, para ambos periodos las estaciones estuvieron colocadas para que presentaran diseño espacial y temporalmente cerrado. Cada temporada de muestreo se ubica en sitios diferentes: el primero abarco el área denominada Río Cuchujaqui; y el segundo muestreo fue en el sitio llamado Sierra de Álamos (Figura 2). Cada estación estuvo separada aproximadamente de 1 a 3 km.

Cada temporada de muestreo comprendió un periodo de 60 días, el cual es similar a los métodos previos usados para felinos (Di Bitteti et al. 2006; Dillon y Kelly 2007; Karanth y Nichols 1998; Maffei et al. 2005; Trolle y Kéry 2003; Silver et al. 2004). Se consideró a cada periodo como un evento de muestreo y se asumió una población cerrada (Trolle et al. 2007).

Las cámaras se colocaron siguiendo la metodología de Karanth y Nichols (1998) y Chávez et al. (2013), en los sitios con potencial para el cruce de estos felinos como veredas, arroyos, caminos y cañadas (Aranda 2012). Las cámaras se instalaron a una altura aproximada de 50 cm del suelo, sujetadas a trocos de árboles o en estacas. El circuito de las cámaras fue programado para permanecer activo durante las 24 horas, tomar fotografías cada 15 segundos, las cámaras utilizadas fueron de los modelos Moultrie M-880, Cuddeback Ambush y Attak. Las cámaras se revisaron al finalizar cada periodo de muestreo.

Por medio del registro fotográfico, se identificaron los individuos de jaguar por el patrón único de rosetas, donde a cada ejemplar se le asignó un nombre y una clave única. Posteriormente, se elaboró un historial de captura para cada individuo de jaguar fotografiado generando así una base de presencia (1)- ausencia (0) de acuerdo a los días de muestreo (Trolle y Kery 2003).

Para obtener el número de jaguares que existen en el área muestreada se utilizó el programa MARK en su módulo CAPTURE el cual distingue entre distintos escenarios de captura y da una selección del mejor modelo que explica la probabilidad de captura así como un estimado del tamaño poblacional (White et al. 1982; White, 2008). Para estimar la densidad poblacional, se dividió el valor de la abundancia de jaguares estimada por el programa CAPTURE entre el Área

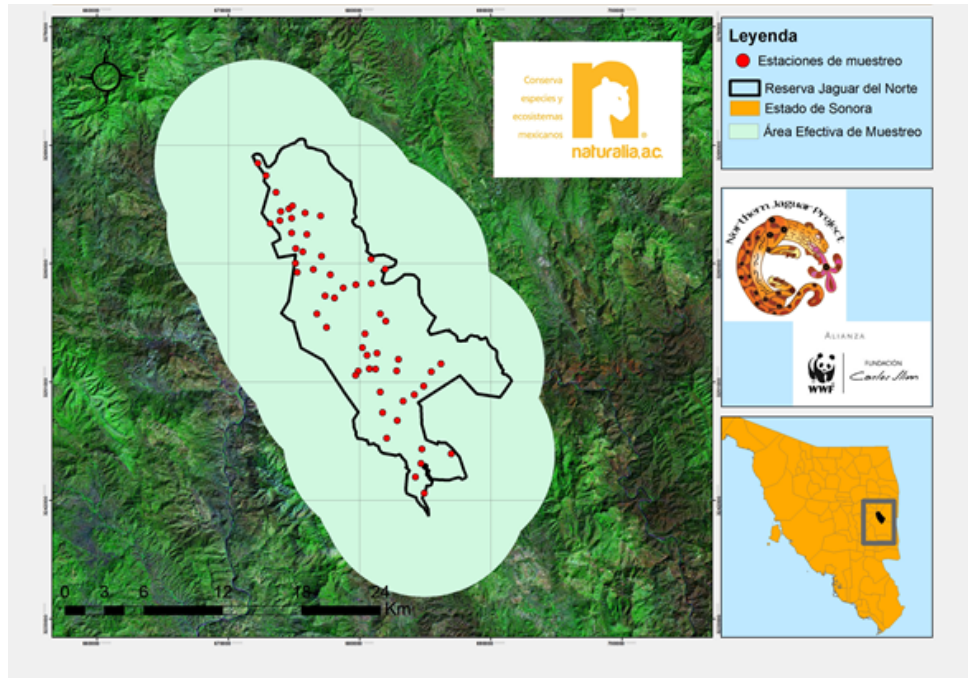


Figura 1. Localización del APFF Sierra de Álamos y Río Cuchujaqui Sonora, México.

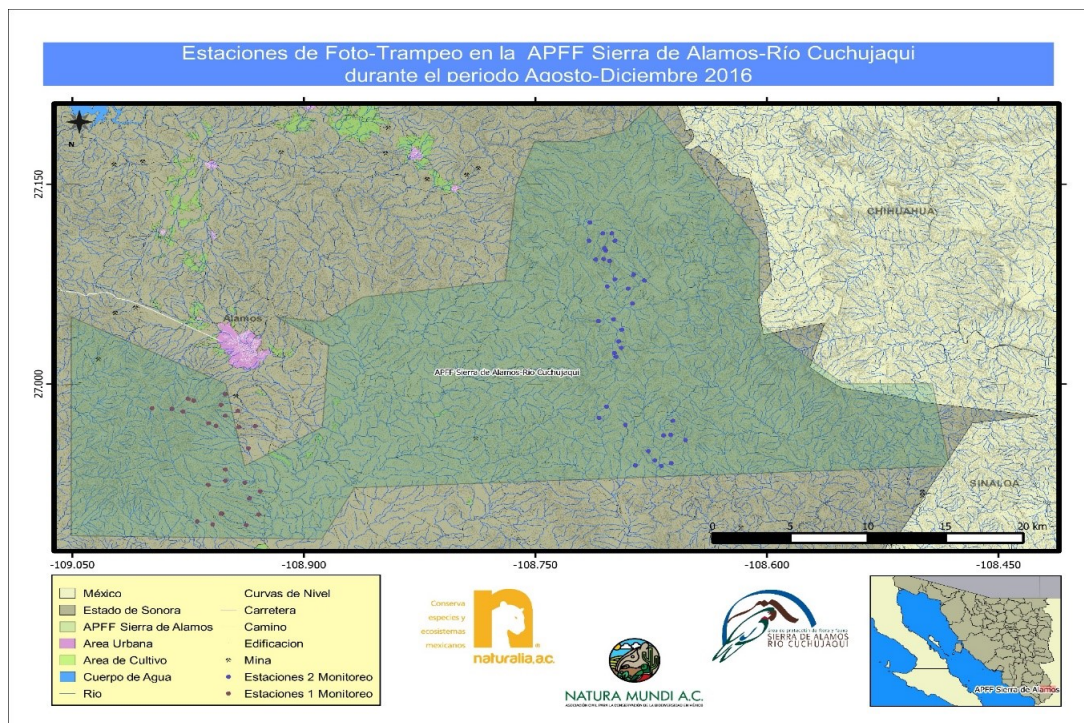


Figura 2. Estaciones cámara-trampa para el monitoreo del jaguar (*Panthera onca*) en APFF Sierra de Álamos- Río Cuchujaqui en agosto-diciembre de 2016.

Efectiva de Muestreo (AEM). La densidad se definió como: Densidad (D): abundancia de jaguares estimada (N)/ área efectiva muestreada (AEM)

El área efectiva de muestreo (AEM) se calculó mediante el método descrito por Karanth y Nichols (1998) y Silver et al. (2004), que consiste en añadir un área alrededor del perímetro conformado por las cámaras-trampa y así delimitar un “área de influencia” desde la cual los animales fueron capturados. El área de influencia se estimó con base en el tamaño promedio del ámbito hogareño que se ha registrado para la especie (100 km²; USFWS, 2012).

Para obtener el índice de abundancia relativa (IAR) de los ocelotes, se utilizó la formula sugerida por Maffei *et al.* (2002) $IAR = (C/EM) \times 100 \text{ días / trampa}$. Dónde: C son las capturas o eventos independientes fotografiados; EM es el esfuerzo de muestreo total (número de cámaras trampa multiplicado por los días de muestreo) y 100 días/trampa (frecuencia de captura estandarizando a 100 días/trampa). Para evitar sobre estimaciones, se consideraron en los análisis sólo aquellos registros que fueran independientes con un lapso de separación de 24 horas entre cada evento. Un registro independiente fue considerado como: 1) registros fotográficos consecutivos en donde no fuera posible identificar al ocelote como un individuo distinto, 2) registros fotográficos consecutivos de individuos diferentes completamente identificables, y 3) registros fotográficos con varios individuos considerando a cada individuo como un evento.

RESULTADOS

Se muestreo durante 120 días en los dos períodos: agosto-septiembre y octubre-diciembre del 2016, donde se obtuvo un esfuerzo total de muestreo de 3,474 días-cámara en ambos periodos. En cuanto a la fauna se logró registrar a las cinco especies de felinos presentes en la reserva (jaguar, puma, lince, ocelote y tigrillo), así como a sus presas principales (venado cola blanca, pecarí de collar, guajolote silvestre y liebre; Tabla 1).

En cuanto a los registros de jaguar se obtuvieron 13 foto-capturas, tres correspondieron al primer sitio de monitoreo (Sierra de Alamos) y diez al segundo (Río Cuchujaqui). Con respecto a los índices de abundancia relativa se obtuvo un esfuerzo de muestreo total de 3,474 días-cámara. Las especies de felinos más abundantes para ambos períodos fueron el puma y el ocelote (Figura 3).

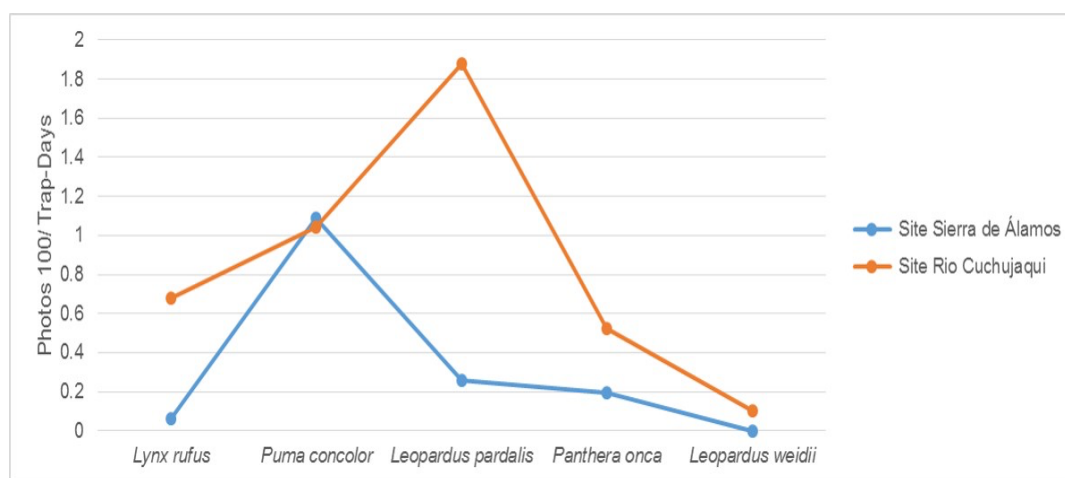


Figura 3. Índice de estimación de abundancia relativa por foto-trampas en la APFF Sierra de Alamos Río Cuchujaqui, Sonora (agosto-diciembre de 2016). IAR (Fotos / 100 días-cámara).

Para la estimación de la densidad se lograron identificar cinco individuos de jaguar. Dos individuos fueron foto-capturados en el sitio Sierra de Alamos, y tres en Río Cuchujaqui. En cuanto a los resultados obtenidos del Programa MARK para el primer sitio se obtuvo una abundancia de dos individuos de jaguar, y el algoritmo de selección de *Capture*

indico que el modelo más adecuado fue M(b), el cual se aplica cuando los animales tienen distintas reacciones a la captura, es decir, cuando la probabilidad de captura difiere entre individuos previamente capturados e individuos no capturados, debido al comportamiento de respuesta que exhiban. En el caso del segundo sitio se obtuvo una abundancia de cinco individuos, el modelo que más se ajustó a los datos fue el M(h), que incorpora la heterogeneidad individual, es decir, una única probabilidad de captura para cada individuo a consecuencia de la accesibilidad que estos tengan a las trampas por la actividad, la dominancia social o las diferencias en edad o el sexo. La probabilidad de captura ($\hat{p}$) estimada vario de 0.01 a 0.03. El cálculo del área efectiva de muestreo se basó en un área de amortiguamiento de 4.96 km (la cual se estimó en base al ámbito hogareño de 100 km²), que resulto en un AEM de 267 km² y 349 km² para el primer y segundo sitio respectivamente (Tabla 2).

DISCUSIÓN

En la APFF Sierra de Alamos Rio Cuchujaqui las densidades obtenidas para el jaguar por medio del trampeo fotográfico se logró estimar 0.74-1.4 ind/100 km², lo cual es similar a lo obtenido en otras regiones de Sonora, como es el caso de la Reserva Jaguar del Norte donde se han calculado de 0.78 - 1.5 ind/100 km² (Amador et al. 2015), así como también en el municipio de Nacori Chico donde han obtenido densidades de 1.0 ind/100km² (Rosas-Rosas y Bender 2012). En contraste, con la densidad obtenida para la misma zona en el año 2013, que fue de 2.15 ind/ km² (Gutiérrez et al. 2013), la diferencia en las densidades, posiblemente se deba a la cacería de jaguares que se presentó en el área en represalia por la depredación de ganado en años recientes 2015-2016 (Amador et al. 2017). Esta densidad es baja en comparación a las reportadas en otras reservas del país con ecosistemas de selva baja como en: Chamela-Cuixmala Jalisco (2 ind/km²; Nuñez et al. 2011), Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala (2 ind/km²; Novack et al. 2005) y en la Reserva de la Biosfera Calakmul (3-7 ind/100km²; Chávez 2006). Es importante mencionar que durante el periodo de muestreo se presentaron eventos ambientales y climáticos extraordinarios (desborde de ríos y arroyos) que impidieron que cinco estaciones de foto-trampeo no funcionaran correctamente durante todo el tiempo, lo que ocasiono que se perdieran sitios con potencial alto de foto-capturas de felinos silvestres. No obstante, en esta región donde la vegetación es una mezcla de selvas bajas caducifolias, matorral xerófilo y bosques de encino-pino la densidad de jaguares son bajas debido a que requieren de mayores territorios para satisfacer sus necesidades de refugio y alimentación (Urness, 1981). También, la cacería ilegal y las muertes de ejemplares debido a represalias por las depredaciones de ganado ocasionadas por los jaguares y otros carnívoros, puede estar ocasionado que las poblaciones de estos felinos se encuentren dispersas y en números bajos (Rosas-Rosas et al., 2008). Las densidades de jaguar estimadas en esta región del noroeste de México son de las más bajas para el país. La sobrevivencia del jaguar y otros felinos en la APFF-SARC dependerá de que las extensiones del bosque tropical se mantengan sin cambios de uso de suelo y que los casos de cacería de felinos y otras especies sean castigados de manera ejemplar como señala la ley. Mientras tanto es importante continuar con los estudios y monitoreo de felinos silvestres y del trabajo con productores para desarrollar estrategias de manejo ganadero sostenible que lleven a disminuir las afectaciones por depredación de la fauna silvestre.

AGRADECIMIENTOS

A los vaqueros y ganaderos de los ranchos La Sierrita, El Zapote, Compostela de las Amapas, los Llanos de San Pedro, el Mango, los ejidos Guirocoba, Santa Barbara y Choquincahui y a la Sociedad de Seguridad Social La Labor de Santa Lucía en especialmente a Jesús Cruz, Concepción Nieblas, Candelario Álvarez "Yayo", Ruben e Irieneo Acosta. A la CONANP a través de su Programa de Conservación de Especies en Riesgo por el apoyo económico brindado. Los autores agradecen especialmente a los Dr. Heliot Zarza Villanueva (División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM-Lerma) y Dr. Octavio Monroy Vilchis (Coordinador del Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas Aplicadas de la UAEMEX) por sus valiosas aportación en la revisión de este artículo.

Tabla 1. Fauna silvestre de interés para la conservación del jaguar (*Panthera onca*) registrados en la APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. Lista basada en el orden taxonómico de las especies y la guía de mamíferos de Reid (2006) y Aranda (2012) y de las aves de la Unión Americana de Ornitólogos (1998).

ORDER, Family, genus and specie	Common name	Direct sighting	Indirect sign	Photo-capture
<u>CARNIVORA</u>				
Canidae				
<i>Canis latrans</i> Say, 1823	Coyote	X	X	X
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	zorra gris		X	X
Felidae				
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Puma		X	X
<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguar			X
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Ocelote			X
<i>Leopardus weidii</i> (Schinz, 1821)	Tigrillo			X
<i>Lynx rufus</i> (Eschreber, 1777)	Gato montés			X
Procyonidae				
<i>Bassariscus astutus</i> (Lichtenstein, 1830)	Cacomixtle norteño			X
<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)	Mapache			X
<i>Nasua narica</i> (Linnaeus, 1766)	Cholugo	X		X
Mephitidae				
<i>Mephitis mephitis</i> (Schreber, 1776)	Zorrillo rayado			X
<i>Conepatus leuconotus</i> (Lichtenstein, 1832)	Zorrillo real			X
<i>Spilogale gracilis</i> (Merriam, 1890)	Zorrillo manchado			X
<u>ARTIODACTYLA</u>				
Tayassuidae				
<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	pecarí de collar	X		X
Cervidae				
<i>Odocoileus virginianus</i> Zimmermann, 1780	Venado cola blanca	X	X	X
<u>LAGOMORPHA</u>				
Leporidae				
<i>Lepus alleni</i> (Mearns, 1890)	Liebre	X	X	X
<u>GALLIFORMES</u>				
Phasianidae				
<i>Meleagris gallopavo</i> (Linnaeus, 1758)	Guajolote	X		X
Psittacidae				
<i>Ara militaris</i> (Linnaeus, 1766)	Guacamaya verde	X		

Tabla 2. Abundancia y densidad (Ind/100Km²) de jaguar (*Panthera onca*) registrados por medio de trampas cámara en la APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui durante el período Agosto-Diciembre 2016.

Site	August-December 2016				
	Abundance	S.E.	ESM (km ²)	Density	S.E.
Sierra de Álamos (Aug-Sep 2016)	2	0.73	267	0.74	0.27
Rio Cuchujaqui (Oct-Dec 2016)	5	2.12	349	1.43	0.60

REFERENCIAS

- Amador, S.; Valenzuela, J.; Carreón, G.. 2015. Informe Anual Técnico del Monitoreo Biológico de Felinos en la Reserva Jaguar del Norte y Ranchos Aledaños. Naturalia A.C.-Northern Jaguar Project. 24p.
- Amador, S.; Carreón, G.; Valenzuela, J.; [et al.]. 2017. Fortalecimiento para la Conservación del Jaguar en el APFF Sierrade Alamos – Río Cuchujaqui. Reporte final entregado a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 66 p.
- Aranda, M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México, D.F., México.255 p.
- Chávez, C. 2006. Ecología poblacional y conservación del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 71 p.
- Chávez, C.; de la Torre, A.; Bárcenas, H.; [et al.]. 2013. Manual de foto-trampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 108 p.
- Di Bitetti, M.S.; Paviolo, A.; De Angelo, C. 2006. Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology* 270 (1):153–163.
- Dillon, A.; Kelly, M. 2007. Ocelot *Leopardus pardalis* in Belize: the impact of trap spacing and distance moved on density estimates. *Oryx* 41 (4): 469–477.
- Garshelis, D.L. 2000. Delusions in habitat evaluation: measuring use, selection, and importance. Pp. 111–164. En: Boitani, L.; Fuller, T.K. (eds.). *Research techniques in animal ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press, New York.
- Gutiérrez-González, C.; Gómez-Ramírez, M.; Camargo-Carrillo, K.; [et al.]. 2013. Conservación del jaguar en el APFF Álamos-Río Cuchujaqui y la RPC El Fuerte. Reporte Final presentado a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 82 p.
- Karanth, K.U.; Nichols, J.D. 1998. Estimation of Tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79 (8): 2852–2862.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological methodology*. Second edition. Addison Wesley, Longman, Inc., Menlo Park, California, USA. 620p.
- Maffei, L.; Cúellar, E.; Noss, A. 2002. Uso de trampas cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 11 (1):55-65.
- Maffei, L.; Noss, A.; Cuellar, J.; [et al.]. 2005. Ocelot (*Felis pardalis*) population densities, activity, and ranging behaviour in the dry forests of eastern Bolivia: data from camera trapping. *Journal of Tropical Ecology* 21 (3): 349–353.
- 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.
- Núñez, R. 2011. Estimating jaguar population density using camera-traps: a comparison with radio-telemetry estimates. *Journal of Zoology* 285(1): 39–45.
- Reid, F. 2006. *A field guide to mammals of North America North of Mexico*. The Peterson field guides series. fourth edition. 579p.

- Rosas-Rosas, O.; Bender, L.; Valdez, R. 2008. Jaguar and puma predation on cattle calves in Northeastern Sonora, México. *Rangeland Ecology & Management* 61(5): 554-560.
- Rosas-Rosas, O.C.; Bender, L. 2012. Population status of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in northeastern Sonora, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*. 28(1): 86–101.
- SEMARNAT (secretaría de medioambiente y recursos naturales)-CONANP (comisión nacional de áreas naturales protegidas). 2015. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Silvestres y Acuáticas Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. México, D.F. 305p.
- Silver, S.C.; Ostro, L.E.; March, L. K.; [et al.]. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar (*Panthera onca*) abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* 38(2): 148–154.
- Trolle, M.; Kéry, M. 2003. Estimation of ocelot density in the Pantanal using capture–recapture analysis of camera–trapping data. *Journal of Mammology* 84(2): 607–614.
- Trolle, M.; Noss, A.J.; Lima, E.D.S. [et al.]. 2007. Camera-trap studies of maned wolf density in the cerrado and the pantanal of Brazil. *Biodiversity and Conservation* 16(4): 1197–1204.
- Urness, P. 1981. Desert and chaparral habitats; food habits and nutrition, pp. 347-287 In: Wallmo, O.C. (Ed.). Mule and black-tailed deer of North America. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska.
- U. S. Fish and Wildlife Service. 2012. Recovery outline for the jaguar (*Panthera onca*) April 2012. Pp 1-59.
- White, G.C. 2008. Mark and Recapture Parameter Estimation. Versión 6.0. Colorado State University. Online. <http://welcome.warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>. (Julio, 19 del 2009).
- White, G.C.; Anderson, D.R.; Burnham, K.P.; [et al.]. 1982. Capture-Recapture and Removal Methods for Sampling Closed Populations. Los Alamos National Laboratory. Los Alamos, U.S.A. 229 p.
- Zarate, J. 2012. Ganadería y Recursos Naturales en un Área Natural Protegida del Sur de Sonora. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15(2): 187-197.