

Caracterización de la conducta del perrito de las praderas (*Cynomys ludovicianus*), en cautiverio: análisis de vocalizaciones y de conducta en respuesta a la intrusión experimental simulada de amenazas potenciales

Ramírez-Aburto Hilda I.¹, Salgado-Ortiz Javier² ✉ y Galvéz-Gutiérrez Alejandra³

¹ Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J. Múgica s/n. Col. Felicitas del Río. Morelia, Michoacán.

² Laboratorio de Investigación en Ornitología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J. Múgica s/n. Col. Felicitas del Río. Morelia, Michoacán.

³ Departamento de Etología del Zoológico Benito Juárez. Calzada Juárez, S/N, Col. Félix Ireta. Morelia, Michoacán.

Behavioral description of captive prairie dog (*Cynomys ludovicianus*): An experiment based on simulated intrusions as potential

Abstract

Prairie Dogs are among the animals showing very complex and structured communication system, even more sophisticated than that of chimpanzees and dolphins. In this study, we analyze behavior and vocalizations of the Black-tail prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) in captivity. We aimed to determine based on an experimental design whether differential recognition its present in relation to different potential threats. The study was carried out at the Morelia Zoo, which holds a small colony integrated by nine prairie dogs that come from captivity and have never been exposed to the pressures of predators as they face in the wild. We exposed dissected models of potential threats (coyote and raccoon) and a familiar stimulus (person in charge of caring the colony) for periods of five minutes, during which we recorded vocalizations at the same time than behavioral responses. We found that prairie dogs were able to distinguish each threat by assigning different calls for each of them, being different from the one emitted in response to their caregiver. This experiment demonstrated that, despite not having the pressure of threats, prairie dogs in our captivity colony presented vocalizations in a context similar to that of individuals living in the wild. More studies like this are necessary to increase our understanding of communication systems in animals.

Keywords: prairie dogs, alarm calls, captivity.

Resumen

Se ha demostrado que los perritos de las praderas tienen un sistema de comunicación complejo en vida silvestre, incluso se ha sugerido que es más sofisticado que el de los chimpancés y los delfines. En este estudio, describimos la conducta y vocalizaciones del perrito de las praderas de cola negra (*Cynomys ludovicianus*) en cautiverio en respuesta a simulaciones de intrusos como amenazas potenciales para determinar si existe la capacidad de reconocimiento diferencial. El estudio se llevó a cabo en el zoológico de Morelia, que cuenta con una pequeña colonia de nueve individuos que provienen de cautiverio y que nunca han estado expuestos a las presiones de depredadores. Presentamos modelos disecados (coyote y mapache) como amenazas y un estímulo familiar (persona a cargo de cuidar la colonia) por lapsos de cinco minutos, realizando al mismo tiempo grabaciones de las vocalizaciones y registros de conducta. Encontramos que los perritos de las praderas emitieron diferentes tipos de llamadas para cada intruso y que variaron en comparación con las emitidas para su cuidador. La conducta de los individuos de la colonia y también de los vigías fue similar a lo reportado en vida libre. Este experimento evidenció que, a pesar de no tener presión por amenazas (depredadores), los perritos fueron capaces de emitir vocalizaciones específicas en un contexto similar a lo documentado en vida libre. Más estudios en cautiverio son necesarios para incrementar nuestro entendimiento de los sistemas de comunicación en animales.

Palabras clave: perritos de la pradera, lenguaje, llamados de alarma, cautiverio.

Introducción

La comunicación animal es definida como “la acción o señal realizada por un organismo (emisor), que es percibida por otro organismo (receptor) que es capaz de modificar el comportamiento de una manera adaptativa para uno o para ambos organismos” (Wilson, 1975; Dugakatin, 2013). Tener una comunicación eficaz con otros individuos es primordial en la vida de los

animales, siendo necesaria para conseguir pareja, establecer dominancia o defender territorio, transmitir información sobre la existencia de depredadores cercanos, coordinar comportamientos grupales, y para el cuidado de las crías (Dugatkin, 2013). Entre las capacidades sensoriales para la comunicación que realizan los animales se incluyen señales: visuales, auditivas, químicas, eléctricas, táctiles o de contacto físico (Bradbury y Vehrencamp, 2011). La comunicación auditiva es el uso de señales acústicas para enviar y recibir información. Esta es particularmente importante en aves y mamíferos que utilizan sonidos para comunicar advertencias, atraer compañeros y señalar a otros individuos para que se agrupen (Bradbury y

Direcciones de correspondencia

✉ Javier Salgado Ortiz, javo_salgado@yahoo.com.mx

✉ Hilda I. Ramírez Aburto, hildaimor@live.com.mx

Laboratorio de Investigación en Ornitología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J. Múgica s/n. Col. Felicitas del Río. Morelia, Michoacán.

Vehrencamp, 2011). El entendimiento de la información codificada en las vocalizaciones es muy importante, ya que de esto puede depender la sobrevivencia o el éxito reproductivo de un organismo. Los animales han desarrollado sistemas de comunicación intraespecífica para transmitir información, en especial a sus parientes cercanos (Wilson, 1975; Hidalgo de Trucios, 2010; Bradbury y Vehrencamp, 2011) sobre situaciones y condiciones a las que se exponen durante sus actividades en el medio ambiente en el que se desarrollan (Dugatkin, 2013).

Por ejemplo, los adultos de los monos vervet (*Chlorocebus pygerytrus*) en Kenya, ante la presencia de un depredador, emiten una llamada de advertencia para que los otros miembros de la tropa tengan la oportunidad de escapar (Cheney y Seyfarth, 1990). Además, las vocalizaciones son diferentes dependiendo del depredador, por ejemplo, cuando observan un águila moteada, emiten una llamada similar a la tos ("cough" por sus siglas en inglés). Por el contrario, cuando detectan una serpiente aproximándose, los monos se ponen de pie y emiten una llamada de alarma parecida a un murmullo ("chutter" por sus siglas en inglés). De manera que detectan un leopardo los monos lanzan la alarma de ladrido ("barking" por sus siglas en inglés) y trepan a los árboles para resguardarse. Otros primates como los tamarinos, monos colobos y chimpancés presentan respuestas similares (Hauser y Wrangham, 1990; Crockford *et al.*, 2012; Kirchhof y Hammerschmidt, 2006; Dugatkin, 2013).

Por otro lado, la comunicación animal ocurre también entre miembros de diferente especie (comunicación interespecífica) y la interpretación correcta de esta, resulta en diferentes beneficios para los diferentes miembros de una comunidad. Por ejemplo, en aves se ha documentado que, dentro de bandadas mixtas, ciertas especies emiten vocalizaciones diferentes para mantener la cohesión del grupo y para advertir de posibles amenazas mientras forrajea en diferentes sustratos de la vegetación (Goodale, 2010). En este contexto, la señal del cascabeleo emitido por la serpiente de cascabel, indica a los posibles depredadores que se mantengan alejados antes de arriesgarse a tener una mordedura venenosa (Allf *et al.*, 2016). Otro caso de comunicación interespecífica sucede entre la lechuza de madriguera occidental (*Athene curicularia hypugaea*) y el Perrito de la pradera de cola negra (*Cynomys ludovicianus*), que coexisten en los mismos sitios y ambas especies cohabitan en las madrigueras (Bryan *et al.*, 2013) las lechuzas se benefician de los llamados de alarma emitidos por los Perritos obteniendo información sobre los depredadores que se aproximan a la colonia, aumentando así su supervivencia y el éxito de anidación (Bryan *et al.*, 2013).

Los perritos de las praderas (*Cynomys* sp.), han sido uno de los modelos más populares en estudios de comunicación intraespecífica. Lo llaman "perrito",

porque tiene un complicado sistema de comunicación integrado por chillidos y vocalizaciones muy parecidas a ladridos (Slobodchikoff *et al.*, 2009c). Slobodchikoff (2002) reportó que los perritos de las praderas pasan alrededor de una tercera parte de su tiempo vigilando y defendiendo su territorio contra depredadores u otros perritos, utilizando para ello dichos chillidos y ladridos. Al detectar a un depredador, el vigía emite la señal de alarma y esta detona una respuesta de huida de los otros individuos de su clan y de los clanes cercanos que percibieron la señal.

Kiriazis y Slobodchikoff (2006), estudiaron las llamadas de alerta de los perritos de la pradera de Gunnison (*Cynomys gunnisoni*) ante diferentes depredadores y encontraron que emiten llamadas diferentes de acuerdo con el depredador del que se trate, y lograron identificar señales de alarma distintos para halcones, búhos, y águilas entre otros depredadores. En ese estudio demostraron que los perritos tienen un lenguaje complejo y que son capaces de aprender a identificar nuevos estímulos ante los cuales emiten nuevas vocalizaciones para diferenciarlos. Frederiksen y Slobodchikoff (2007) propusieron que el lenguaje de *C. ludovicianus* es de tipo referencial-funcional, es decir que, a partir de estímulos, transmite información mediante sus vocalizaciones y/o señales para comunicar sobre un objeto o evento externo, tal como la presencia de un depredador potencial. En estudios más recientes, Slobodchikoff *et al.*, (2009a, b, c; 2012), encontraron que las llamadas de alarma de *Cynomys gunnisoni* son incluso más complejas, y además de alertar sobre el tipo de depredador, incluyen detalles, como el tamaño, color, forma del depredador y la dirección o la velocidad de la amenaza. Cada vocalización tiene una modulación, ritmo y frecuencia diferentes, dependiendo del peligro que aceche. Describen además que cada miembro de la colonia tiene tonos diferentes, similares a lo que ocurre con las distintas voces humanas.

Los estudios de perritos de las praderas en cautiverio son escasos, aunque existen trabajos sobre el comportamiento y vocalizaciones, particularmente del perrito de cola negra (*C. ludovicianus*) (Smith *et al.*, 1973, 1977). Por ejemplo, Smith *et al.*, 1977 describieron la variación estacional de la conducta de la especie y de la estructura social en el Zoológico de Filadelfia. Por otra parte, Eitorai y Sussman (2010) registraron los efectos de la presencia de los visitantes del zoológico sobre comportamientos sociales clave de *C. ludovicianus* en el Zoológico de Saint Louis Missouri, Estados Unidos. Con respecto a vocalizaciones, Slobodchikoff *et al.* (2009c), compararon los llamados de alarma de *Cynomys gunnisoni* en vida silvestre con los de una colonia en cautiverio del zoológico de San Diego, encontrando que como respuesta a la presentación experimental de depredadores de perritos en vida libre tales como Coyote (*Canis latrans*), Tejón (*Taxidea taxus*) y Halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*), solo los individuos en vida

libre son capaces de emitir alarmas específicas para cada tipo de depredador, registrando en los sonogramas que las vocalizaciones estaban bien estructuradas y la llamada emitida para cada tipo de depredador fue la misma para todos los individuos muestreados. Por el contrario, los individuos en cautiverio emitieron vocalizaciones menos complejas y variables entre individuos, clasificándose como un prototipo de alarma, cuya estructura no es consistente entre individuos (Slobodchikoff, *et al.*, 2009c). Además, su conducta de vigilancia fue clasificada como incipiente en contraste a como lo hacen los individuos en vida libre.

La variación en respuesta conductual observada en los estudios anteriores, evidencian que las colonias en cautiverio, principalmente en zoológicos, representan una excelente oportunidad para entender el proceso de comunicación y de aprendizaje del lenguaje en esta especie. En el zoológico de Morelia, Michoacán, México, se encuentra una colonia de perritos de las praderas de cola negra (*C. ludovicianus*) integrada por nueve individuos nacidos en cautiverio y que nunca han estado expuestos a los depredadores propios de su hábitat natural. Dadas estas condiciones, en este estudio planteamos la pregunta de si los individuos de esta colonia en cautiverio eran capaces de distinguir entre diferentes tipos de intrusos, simulando amenazas de depredadores potenciales y comunicar esa información a sus conespecíficos con llamados de alarma diferentes. En este trabajo proponemos la hipótesis de que, dada su condición de cautiverio y su carencia de experiencia frente a depredadores, los llamados de alarma emitidos frente a la exposición artificial de intrusos que representan una amenaza potencial, mapache y coyote (*Procyon lotor* y *Canis latrans*) serán similares en contraste a lo documentado con los individuos de colonias en su hábitat natural.

Materiales y métodos

Los perritos de la pradera son parientes de las ardillas (orden Rodentia, y familia Sciuridae) y se podían encontrar en el pasado viviendo en colonias de hasta millones de individuos (Ceballos y Pacheco, 2000). En Norteamérica existen cinco especies de perritos de las praderas, de las cuales dos se encuentran en México, el de cola negra y el perrito mexicano (*C. ludovicianus* y *C. mexicanus*; este último endémico de México). El perrito de cola negra es el de más amplia distribución, encontrándose desde el sur de Canadá hasta el extremo noroeste de Chihuahua y el noreste de Sonora en México (CONABIO, 2011).

En Chihuahua se distribuyen al norte entre el Rancho San Francisco, Janos e inmediaciones de Nuevo Casas Grandes, siendo más abundantes en el área de Janos-Pancho Villa (Ceballos y Pacheco, 2000). El estudio se llevó a cabo con la colonia de perritos de cola negra (*Cynomys ludovicianus*) integrada por nueve individuos del Parque Zoológico Benito Juárez en Morelia,

Michoacán México (**Figura 1**). La estructura social se compone de tres individuos adultos de entre 4 a 6 años que fueron originalmente adquiridos del Parque Loro de Puebla mientras que los restantes seis individuos de edad juvenil fueron adquiridos por medio de un intercambio con un centro de cuidado de fauna durante el año que se realizó el experimento (2017).

Para el estudio de vocalizaciones de alarma se utilizó un diseño experimental que consistió en presentar animales disecados (coyote y mapache), que fueron facilitados por el laboratorio de Zoología de la Facultad de Biología de la UMSNH. Con base a los estudios en vida libre se conoce que el coyote, es un depredador en las colonias de Perritos en vida libre en todo su rango geográfico de distribución (Slobodchikoff *et al.*, 2009c; Bryan *et al.*, 2013). El mapache (*Procyon lotor*) no coexiste en las áreas de colonias de Perritos de cola negra, por lo que, aunque no representa un depredador, si se consideró como amenaza potencial. Para contrastar con estos estímulos clasificados como amenaza (coyote y mapache), se utilizó la presencia del



Figura 1. Perritos de la pradera *Cynomys ludovicianus*, del Zoológico de Morelia.

cuidador de la colonia como un estímulo familiar y no amenazante dado que los Perritos están acostumbrados a su presencia por la visita diaria para limpieza del encierro y alimentación de la colonia. Los estímulos (coyote y mapache) se presentaron en tres ocasiones cada uno (tres replicas), con intervalos de 15 días entre uno y otro entre septiembre a octubre del 2017 con la finalidad de evitar la habituación. En cada ocasión los estímulos se presentaron en diferente orden y consistió en presentar el animal en movimiento a lo largo de la periferia del hábitat, evitando que la persona llevando el estímulo fuera vista, mientras caminaba por detrás del muro del hábitat de los perritos. Cada estímulo fue presentado durante cinco minutos, durante los cuales otra persona realizaba las grabaciones de los llamados de los individuos que estuvieron presentes durante el estímulo utilizando un Ipod de quinta generación con la aplicación MP3 Recorder Free, usando formato mp3 y grabando a una distancia aproximada de entre 2 a 4 m. Para evitar confusiones y dada la estructura jerárquica de la colonia, las grabaciones fueron obtenidas exclusivamente de los tres individuos adultos (dos hembras y un macho), que a priori se identificaron como los vigías de la colonia. Al momento del experimento, la presencia de los adultos (indistintamente del sexo), fue variable.

Las grabaciones fueron editadas para eliminar el exceso de ruido y seleccionar el audio de mejor calidad para los análisis. Excepto para el estímulo del cuidador, para cada una de las tres grabaciones obtenidas en las réplicas por tratamiento ($n = 3$) de intrusos (coyote y mapache), se seleccionaron aleatoriamente 25 vocalizaciones (n total = 75 vocalizaciones por tratamiento) con las cuales se analizaron las métricas de interés. Para el caso del cuidador fueron solamente cinco vocalizaciones al azar (n total = 15 vocalizaciones), dado que estas solo fueron emitidas al momento de la llegada de la persona. Otro criterio de selección de grabaciones fue que estas no fueran del mismo

individuo de grabaciones anteriores para satisfacer la independencia de los datos.

Para la edición de sonogramas y obtención de datos de estos, se utilizaron los programas Audacity 2.0.6 y Raven Pro1.5. Utilizamos el método de análisis del espectrograma, mediante identificación visual y métricas de acuerdo con lo propuesto por Towers (2011), donde las variables medidas para describir las características de las vocalizaciones fueron: la frecuencia alta (el pico más alto en Hertz registrado en las llamadas), baja (la frecuencia base o más baja en Hertz registrado en las llamadas) y central (la frecuencia media entre la frecuencia baja y la frecuencia alta en Hertz registrado en las llamadas), el tiempo central (duración de cada sílaba en el llamado de alarma en segundos), el intervalo de tiempo entre vocalizaciones (tiempo entre las sílabas de las en segundos) y el número de armónicos (número de picos presentes asociados a la vocalización principal) observados en la vocalización.

Para determinar por diferencias significativas entre las variables acústicas, se utilizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis dado que, aún transformados los datos a base logarítmica, en general no satisficieron los parámetros para distribución normal. Las variables de respuesta fueron los parámetros medidos de las vocalizaciones en respuesta a los tres diferentes estímulos (i.e. coyote, mapache y cuidador). Para determinar las diferencias entre pares, se utilizó un análisis post-hoc basado en la comparación de medias con base en pruebas pareadas de Tukey. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico JMP® 8.0.

Para caracterizar la conducta durante los experimentos, definimos categorías de comportamiento a priori basadas en observaciones de estudios en vida libre (Slobodchikoff, 2002; Kiriazis y Slobodchikoff, 2006; Frederiksen y Slobodchikoff, 2007) y en el estudio en cautiverio (Waring, 1970; Smith *et al.*, 1973, 1977; Shier y Owings (2006); Slobodchikoff, *et al.*, (2009c).

Tabla 1. Descripción de las conductas presentadas por vigías de la colonia de Perrito de las praderas (*C. ludovicianus*) en cautiverio durante la presentación experimental de intrusos en el Zoológico de Morelia.

Respuesta conductual (Vigía)	Descripción
Alarma parada en dos patas	Emite alarma parado en dos patas observando desde la entrada de la madriguera.
Alarma posada sobre sus cuartos traseros	Estaba sentado, y al percibir al intruso emitió la alarma.
Huir y dar alarma parado en cuatro patas	Al percibir al intruso fue a la entrada de la madriguera ocultando el cuerpo (parado sobre sus cuatro patas) y solo dejando la cabeza afuera para observar al intruso mientras emitía la alarma.
Agitar la cola	Mientras emite la alarma mueve la cola de arriba abajo rápidamente.
Brinco-aullido	Brinca extendiendo la cabeza hacia arriba y hacia atrás levantándose sobre sus patas traseras con la espalda arqueada, las patas delanteras extendidas hacia arriba y hacia afuera por encima de la horizontal. Mientras emite un aullido (WeeOO) (Waring,1970).
Acercarse y seguir al intruso	Inmediatamente después de percibir al intruso, brincaban mientras emitían una vocalización similar al aullido, provocando una reacción en cadena con los demás individuos de la colonia presentes (Frederiksen y Slobodchikoff, 2007).

Tabla 2. Descripción de las conductas presentadas por los individuos de la colonia de Perrito de las praderas (*C. ludovicianus*) en respuesta ante la presencia de intrusiones experimentales en el Zoológico de Morelia.

Respuesta conductual (colonia)	Descripción
Huir y meterse a la madriguera	Al escuchar la alarma, corrían hacia la madriguera a esconderse
Agitar la cola	Al escuchar la alarma, movían la cola rápidamente en vertical mientras se movían para huir o mientras se acercaban
Actitud de Alerta a la entrada de las madrigueras	Si estaban lejos de la madriguera iban a la entrada y observaban o si ya estaban en la entrada de esta permanecían alertas
Acercarse e interactuar	Al escuchar la alarma y percibir al intruso, se acercan y observan con curiosidad e intentan alcanzarlo para interactuar con él.
Acercarse para observar y/o seguir al intruso	Al detectar al intruso y escuchar la alarma lo siguen con la mirada y/o se acercan curiosos hacia el estímulo.
Brinco-aullido	Inmediatamente después de escuchar al vigía y percibir al intruso, brincan mientras emiten un aullido al igual que el vigía.

Las categorías conductuales se dividieron para los vigías (**Tabla 1**) y para la colonia en general al momento de iniciar el experimento (**Tabla 2**). Las conductas como respuesta a la presentación de intrusos son mostradas a manera de etograma, describiendo la frecuencia en porcentaje para cada una de las conductas observadas.

Resultados

Encontramos que todas las métricas acústicas mostraron diferencias significativas en los valores entre los diferentes estímulos (ver **Tabla 3**). Para la frecuencia alta los valores variaron significativamente entre los tres tratamientos ($X^2 = 122.98$, $gl = 2$, $P < 0.0001$; **Fig. 2**). Para la frecuencia baja y la frecuencia central, no hubo diferencias en los valores promedio entre el coyote y cuidador, pero si entre estos con el mapache ($X^2 = 32.33$, $gl = 2$, $P = < 0.0001$; **Fig. 2**, para frecuencia baja y $X^2 = 69.19$, $gl = 2$, $P = < 0.0001$, para frecuencia central). Para el tiempo central, no hubo diferencias entre el mapache y el cuidador, pero si entre estos con el coyote ($X^2 = 34.66$, $gl = 2$, $P = < 0.0001$; **Fig. 3**). Para el intervalo entre sílabas, hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos ($X^2 = 115.37$, $gl = 2$, $P = < 0.0001$; **Fig. 4**).

Con respecto al número promedio de armónicos no hubo diferencias entre el cuidador y el mapache, pero si entre estos con el coyote, ($X^2 = 117.85$, $gl = 2$, $P <$

0.0001 ; **Tabla 3**).

Las respuestas conductuales de los vigías al momento de la presentación de intrusos variaron entre estos (**Tabla 4**). Por ejemplo, agitar la cola solo se presentó durante la presencia de coyote y mapache, pero no con el cuidador. Las conductas del vigía ante el coyote fueron más intensas en comparación con el mapache, por ejemplo, las alarmas emitidas parado en dos patas y sobre sus cuartos traseros, ocurrieron en mayor proporción ante el coyote que el mapache. La conducta identificada como Brinco-aullido, solo se presentó en presencia del cuidador (**Tabla 4**).

Para el caso de las respuestas conductuales de la colonia también se encontraron diferencias entre tratamientos. Por ejemplo, huir y meterse a la madriguera solo se presentó ante el coyote, pero no con el mapache y el cuidador (**Tabla 5**). Agitar la cola se presentó en todos los individuos de la colonia tanto para el coyote como para el mapache, pero no con el cuidador. Para el caso particular del mapache, la conducta de permanecer alerta a la entrada de la madriguera fue la de mayor frecuencia, siendo baja para el coyote. El Brinco-aullido, fue emitido por todos los individuos de la colonia, inmediatamente después de ser emitido por el vigía. Acercarse y seguir al intruso fue también una conducta solo presente en presencia del cuidador (**Tabla 5**).

Tabla 3. Comparación de las métricas bioacústicas (media \pm desviación estándar) en respuesta a intrusiones experimentales presentadas al Perrito de las praderas *C. ludovicianus* en cautiverio en el Zoológico de Morelia.

Variable	Tratamiento		
	Mapache	Coyote	Cuidador
Frecuencia alta (Hz)	6907.71 \pm 72.67	7706.05 \pm 257.55	6241.27 \pm 763.10
Frecuencia baja (Hz)	1298.63 \pm 314.11	1022.80 \pm 283.61	904.71 \pm 209.17
Frecuencia central (Hz)	4002.01 \pm 819.23	3110.83 \pm 531.97	2750.09 \pm 331.79
Tiempo central (s)	17.2 \pm 19.67	31.61 \pm 21.04	5.5 \pm 2.39
Intervalo (s)	0.21 \pm 0.04	0.11 \pm 0.02	0.26 \pm 0.08
Número de Armónicos	2.89 \pm 0.31	2 \pm 0.0	3.07 \pm 1.14

Tabla 4. Frecuencia de ocurrencia de conductas (porcentaje) presentes ante simulaciones experimentales de intrusos por individuos vigías.

Respuesta conductual (Vigía)	Intruso		
	Coyote	Mapache	Cuidador
Alarma parado en dos patas	33%	0%	0%
Alarma posado sobre sus cuartos traseros	67%	33%	0%
Huir y alarma parado en cuatro patas	0%	67%	0%
Agitar la cola	100%	100%	0%
Brinco-aullido	0%	0%	100%
Acercarse y seguir al intruso	0%	0%	100%

Tabla 5. Frecuencia de ocurrencia de conductas (porcentaje) presentes ante simulaciones experimentales de intrusos por los individuos de la colonia.

Respuesta conductual (colonia)	Intruso		
	Coyote	Mapache	Cuidador
Huir y meterse a la madriguera	72%	0%	0%
Agitar la cola rápidamente de arriba a abajo	100%	100%	0%
Permanecer alerta a la entrada de la madriguera	28%	80%	0%
Acercarse para observar y/o seguir al intruso	0%	13%	100%
Acercarse e interactuar	0%	7%	0%
Brinco-aullido	0%	0%	100%

Discusión

Entre los primeros estudios de vocalizaciones con perritos de las praderas en vida libre, no se reportaron diferencias consistentes en las llamadas de alarmas para los diferentes depredadores (Waring 1970), registrándose una situación similar en una colonia en cautiverio en el zoológico de Philadelphia (Smith 1977). Lo anterior se podría atribuir principalmente a la carencia de tecnología adecuada y de software especializado para el análisis de parámetros bioacústicos. No obstante, en su estudio experimental con individuos de *C. ludovicianus* en cautiverio, Smith *et al.* (1977) registraron que, ante la presencia de amenazas potenciales, los ladridos repetitivos emitidos por los perritos tuvieron una frecuencia alta (de hasta 8 kHz) y de poca duración (a los que llamaron estrechos) y clasificaron como llamados de alarma.

Estudios más recientes, han demostrado con precisión, que los llamados de alarma de *C. ludovicianus* en vida libre son específicos para diferentes depredadores (Kiriazis y Slobodchikoff 2006; Frederiksen y Slobodchikoff, 2007), y que inclusive

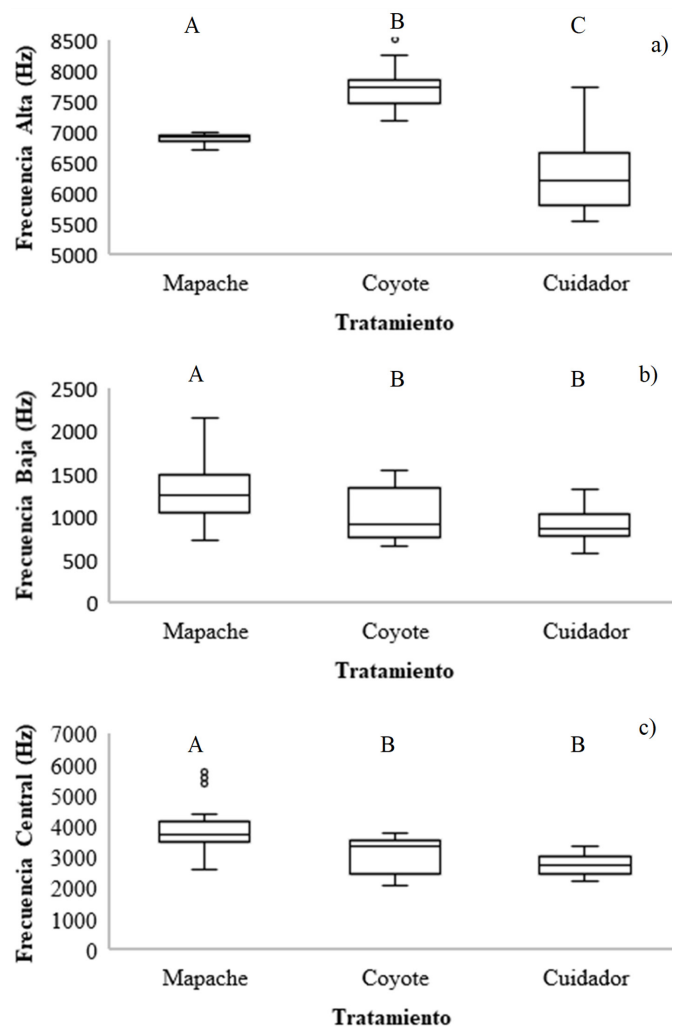


Figura 2. Variación de la frecuencia alta (a), baja (b) y central (c) en Hertz observada en los tres tratamientos experimentales para el Perrito de las praderas *C. ludovicianus* en cautiverio en el Zoológico de Morelia, Michoacán. Las letras mayúsculas sobre las cajas indican diferencias entre tratamientos con base a la prueba post-hoc de Tukey.

son capaces de identificar características específicas de seres humanos, decodificando en sus llamados el color de ropa y las características físicas en humanos (alto, flaco, gordo, calvo o la combinación entre estas características), e incluso el reconocimiento de individuos dependiendo del nivel de riesgo que representan (por ejemplo, sujetos que proveen alimento o que dispararan con un arma), (Frederiksen y Slobodchikoff 2007). En nuestra investigación pudimos confirmar que los individuos estudiados de *C. ludovicianus* en cautiverio emitieron llamados que corresponden a ladridos repetitivos continuos (Waring 1970) emitidos cuando se presentaron las intrusiones de coyote y mapache respectivamente y que tuvieron las frecuencias más altas (**Fig. 2**) en concordancia con lo descrito por Smith (1977) con individuos en cautiverio y por Kiriazis y Slobodchikoff (2006) con individuos en vida libre. Como evidencia adicional, registramos que las vocalizaciones

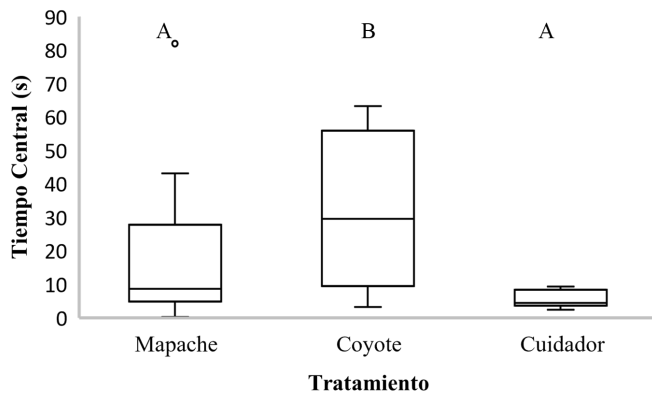


Figura 3. Variación del tiempo central en segundos observada en los tres tratamientos experimentales para el Perrito de las praderas *C. ludovicianus* en cautiverio en el Zoológico de Morelia, Michoacán.

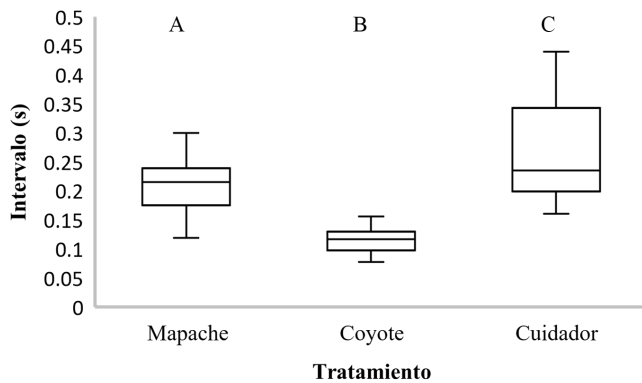


Figura 4. Variación del intervalo de tiempo entre las sílabas de las llamadas de alarma en segundos observada en los tres tratamientos experimentales para el Perrito de las praderas *C. ludovicianus* en cautiverio en el Zoológico de Morelia, Michoacán.

de alarma de los individuos en nuestro estudio fueron muy diferentes a las vocalizaciones emitidas de manera cotidiana como se aprecia visualmente en la **figura 6**. En adición, Waring (1970) reporta que los individuos muestran una postura durante la emisión de la vocalización de ladridos repetitivos que consiste en mostrarse sentado en las patas traseras, de pie sobre sus cuatro patas o de pie sobre sus patas traseras, con la cabeza y nariz levantada a nivel horizontal con los ojos. Esta conducta fue similar en los individuos que se identificaron como vigías durante nuestro experimento.

Los dos intrusos (coyote y mapache) utilizados para el experimento, fueron reconocidos de manera distintiva por los perritos en cautiverio, no obstante que el mapache no se reporta como depredador de perritos en vida libre. Lo anterior demuestra la capacidad de los perritos en cautiverio de distinguir y comunicar los intrusos con diferentes notas acústicas, tales como lo hacen en vida libre (Slobodchikoff *et al.*, 2009b). En nuestros sonogramas se puede apreciar una diferencia significativa en las variables acústicas entre los llamados de alarma del coyote y el mapache,

a pesar de que dichos ladridos repetitivos carecen de una buena estructura acústica, siendo similar a lo que describió Slobodchikoff *et al.*, (2009c) con individuos de *C. gunisonni* del zoológico de San Diego, donde sugiere que dada la condición de cautiverio, no cuentan o no desarrollaron los cimientos de comunicación descriptiva referencial de sus padres como se da en la naturaleza, limitando la habilidad para comunicarse de manera específica y detallada sobre la situación de peligro a sus descendientes y parientes cercanos. Slobodchikoff *et al.*, (2009c) proponen además, que dado que los individuos de perritos en cautiverio carecen de experiencia para reconocer a los depredadores o situaciones de peligro comunes en vida libre, las alarmas emitidas en cautiverio, pueden deberse al comportamiento social innato de supervivencia ante el estímulo de los depredadores potenciales, o bien, como sugiere Morton (1977) en su Hipótesis de la función estructural, los individuos podrían simplemente estar respondiendo porque la llamada es una expresión del estado interno de miedo o excitación en el animal que llama.

Para demostrar el mecanismo de aprendizaje de conductas ante depredadores, Shier y Owings (2006), realizaron un experimento con individuos juveniles de *C. ludovicianus* en cautiverio; los expusieron a llamados y presencia de depredadores para enseñarlos a reconocer y responder ante amenazas, previo a su liberación en sitios de vida libre y asegurar mayor sobrevivencia. Para ello presentaron las vocalizaciones de alarma emitidas por individuos en vida libre ante depredadores tales como el Coyote, Hurón y Halcón cola roja (*Canis latrans*, *Mustela nigripes* y *Buteo jamaicensis*) y un control no depredador (Conejo; *Oryctolagus cuniculus*). En este experimento, demostraron que los juveniles desarrollaron un comportamiento antidepredador efectivo en respuesta a la exposición de vocalizaciones de alarma, al observar una interacción específica con un depredador y encontrarse con un depredador en presencia de un miembro del grupo experimental. La reproducción de vocalizaciones de alarma mejoró el comportamiento antidepredador hacia estos depredadores, de tal forma, el entrenamiento tuvo un efecto inmediato y duradero en los juveniles antes de su liberación al medio silvestre.

En nuestro estudio, fue notorio que frente a la simulación de intrusos (coyote y mapache), los intervalos entre ladridos fueron más cortos y los individuos se pusieron en alerta y se mostraron intranquilos moviendo la cola en vertical rápidamente, conducta similar a lo reportado por Waring (1970). Los demás individuos de *C. ludovicianus* que escucharon el llamado de alarma, empezaron a buscar el motivo de la misma, observando a su alrededor y cuando descubrieron al depredador, la mayoría corrieron a la madriguera más cercana sin entrar completamente en ella mientras continuaban observando al intruso, conducta similar a lo descrito

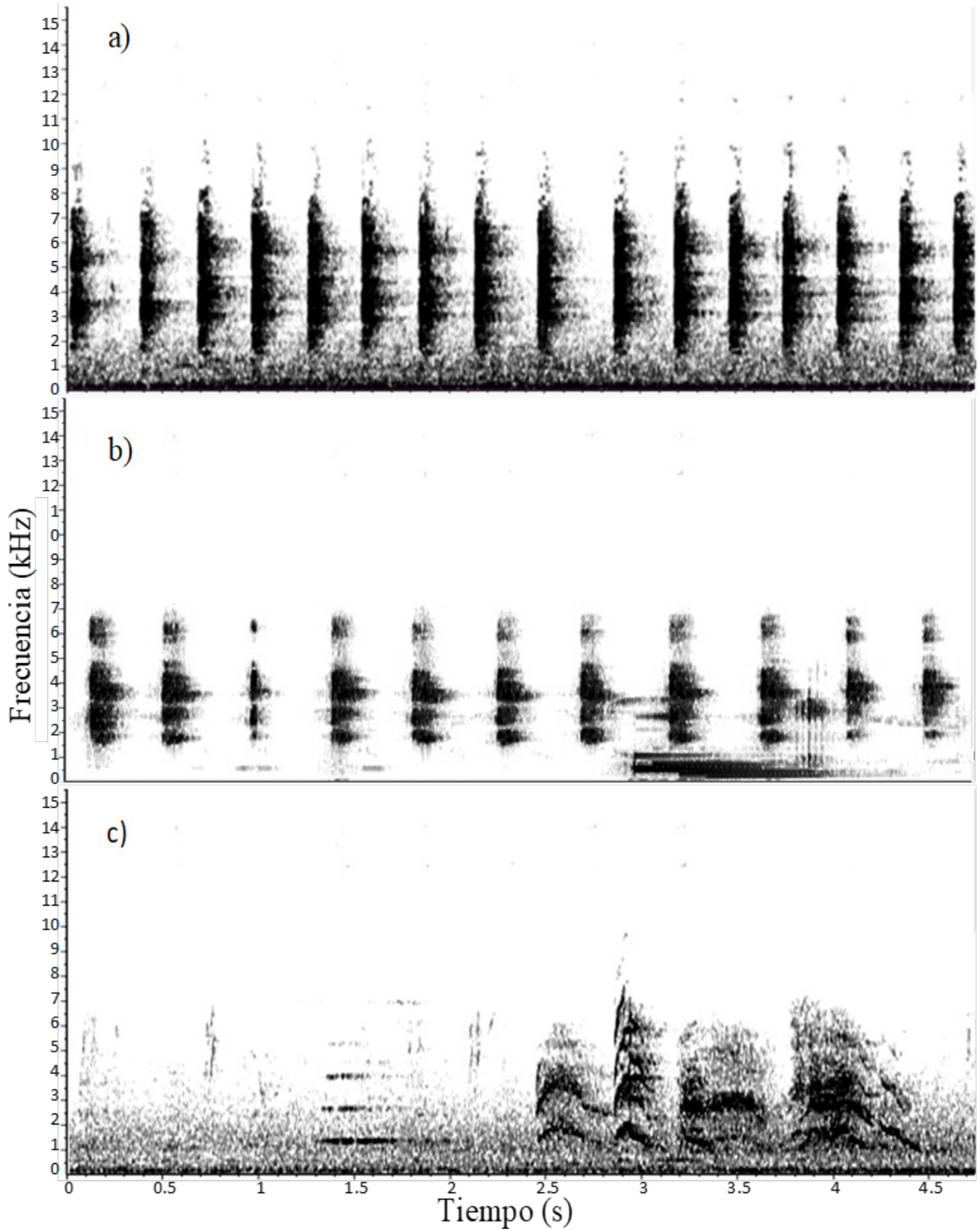


Figura 5. Espectrograma del llamado de alarma de *C. luduvicianus* en respuesta a la presentación experimental de depredadores potenciales y control: a) coyote, b) mapache y c) su cuidador (brinco-aullido).

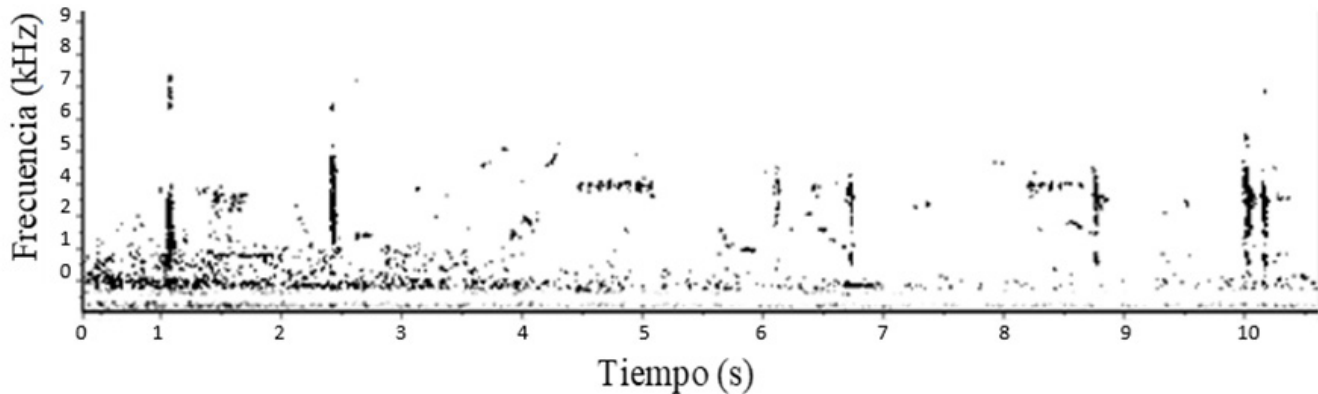


Figura 6. Espectrograma de vocalizaciones cotidianas de *C. ludovicianus* cuando socializa con otros miembros de la colonia.

en estudios en colonias de vida libre de acuerdo a Hoogland (1995) en el Parque Nacional Wind Cave, Dakota del Sur, en los Estados Unidos, al igual que lo descrito por Slobodchikoff (2002) con base a sus estudios en colonias de Perritos en el sur de Estados Unidos.

La respuesta conductual al coyote (*C. latrans*) fue más intensa ya que los perritos huyeron y algunos entraron a las madrigueras, mientras que con el mapache (*P. lotor*) en general corrieron a la entrada de las madrigueras donde permanecieron alertas observando, excepto en uno solo de los experimentos, cuando uno de los juveniles se acercó curioso a donde se encontraba el mapache e intento hacer contacto con él, posiblemente dada la ignorancia de no identificarlo como una amenaza y por su falta de experiencia. Los ladridos de alarma repetitivos continuaron hasta la ausencia del depredador y continuaron con su actividad cotidiana en el encierro (comiendo hojas secas o las hojas de *Agave*, o bien reposando).

Las diferencias de conducta de los perritos ante el coyote y mapache pueden explicarse considerando las diferencias físicas propias entre estos. Proponemos particularmente, que la respuesta menos intensa hacia el mapache se relaciona a su menor tamaño en contraste con el coyote. En el estudio de Slobodchikoff *et al.*, (2012), se reportó que los perritos de la pradera de Gunnison fueron capaces de decodificar información de tamaño y forma de depredadores y otros estímulos presentados, a los cuales emitieron también diferentes vocalizaciones para cada uno. El estudio anterior apoya nuestra propuesta de que los perritos del zoológico de Morelia tienen la misma capacidad de decodificar la información, pero se requiere de estudios adicionales para confirmar esta hipótesis.

Nuestros resultados de respuesta conductual de alarma son interesantes, ya que, sin tener una presión continua ante depredadores, las conductas fueron similares a lo que ocurre en vida libre, donde se ha demostrado que las respuestas de escape dependen del tipo de depredador al que se enfrentan. Kiriazis

y Slobodchikoff (2006), identificaron dos categorías cualitativamente diferentes; 1) correr hacia la madriguera y meterse, para halcones (*B. jamaicensis*) y humanos, y 2) estar de pie fuera de la madriguera para *C. latrans* y perros (*Canis familiaris*). En el caso de tejones (*Taxidea taxus*) y hurones (*M. nigripens*) corren a la entrada de la madriguera y permanecen agachados en el borde con el fin de no ser vistos por estos y observar hacia donde se dirigen pues ambos suelen entrar a sus madrigueras y excavar (Slobodchikoff *et al.*, 2009ac). Estas conductas se asemejan a lo observado en nuestro estudio, donde dependiendo del intruso, variaron su respuesta conductual (ver Tablas 4 y 5).

En contraste, en presencia del cuidador, emitieron vocalizaciones distintivas (denominadas “brinco-aullido”; Slobodchikoff *et al.*, 2009c) que se definen como más estructuradas por contener diferente tipo de notas (ver **Figura 5**) y que de acuerdo con los autores se asocian en vida libre con momentos de interacción entre los individuos particularmente temprano en las mañanas como forma de socializar y fortalecer vínculos. En nuestro experimento, el brinco-aullido fue emitido inmediatamente después de detectar la presencia de su cuidador y luego corrieron hacia él en busca de alimento.

Waring (1970) describe al brinco-aullido como un sonido parecido a “WeeOo”, que es muy contagioso entre individuos y que se repite inmediatamente por los individuos presentes. Esta llamada muy inusual, se acompaña con una conducta donde la cabeza se extiende hacia arriba y hacia atrás levantándose sobre sus patas traseras con la espalda arqueada, las patas delanteras extendidas hacia arriba y hacia afuera por encima de la horizontal. No se tiene la certeza del mensaje que codifica este llamado, pero se ha sugerido que se emite para indicar la función de exhibición de contacto del grupo, para mantener los lazos sociales, alegría o bien para indicar que el peligro ha pasado (Waring, 1970; Smith *et al.*, 1976). En contraste, Owings y Owings (1979) mencionan que tanto individuos de *C. ludovicianus* de vida libre como en cautiverio reaccionan

ante la presencia de una serpiente en movimiento con un brinco aullido. Por otro lado, Hoogland (1995) explica que el brinco aullido solo es usado por individuos de *C. ludovicianus* y *C. mexicanus* y es utilizado para mantener a los vecinos alertas, solicitar la información social de lo que está sucediendo a su grupo conespecífico y asegurarse de que todo esté bien. Hare et al., 2014 proponen que esta vocalización les permite asignar menos tiempo a la vigilancia y dedicarlo a otras actividades como el forrajeo, o detectar depredadores.

Nuestro estudio demuestra que, pese a su condición de cautiverio, los perritos de las praderas fueron capaces de diferenciar los intrusos expuestos experimentalmente y responder asignándoles vocalizaciones y conductas diferentes. Las colonias en cautiverio son un modelo muy interesante para expandir el conocimiento sobre la complejidad de la comunicación y su aprendizaje. Recomendamos realizar más estudios experimentales para incrementar evidencia y para entender los patrones conductuales, ecológicos y evolutivos de la comunicación animal.

Agradecimientos

Agradecemos al Maestro Josué Rangel Díaz, Director del Parque Zoológico Benito Juárez de Morelia por la autorización y disponibilidad para hacer posible el experimento con los individuos de *C. ludovicianus*. A Salvador Avalos Cándido, a la Bióloga Luz Eneyda, Alonso Espinosa, y al veterinario Oscar González Ruiz, por el apoyo otorgado durante los experimentos. Al Maestro Martín Mejía Zavala y a Roberto Morales Hernández por autorizarnos el uso de los ejemplares del coyote y de mapache.

Referencias

- Allif BC, Durst PAD, Pfenning DW** (2016) Behavioral plasticity in the origins of novelty: the evolution of rattlesnake rattle. *The American Naturalist* 188 (4): 475-483.
- Bradbury JW y Vehrencamp SL** (2011) *Principles of animal communication*. 2nd ed. Sunderland, MA, US: Sinauer Associates. pp. 697.
- Bryan RD, Wunder MB** (2013) Western Burrowing Owls (*Athene cunicularia hypugaea*) Eavesdrop on Alarm Calls of Black-Tailed Prairie Dogs (*Cynomys ludovicianus*). *Ethology* 120(2): 180-188.
- Ceballos G, Pacheco J** (2000) Los perros llaneros de Chihuahua: importancia biológica y conservación. *CONABIO. Biodiversitas* 31: 1-5.
- Cheney DL, Seyfarth RM** (1990) *How monkeys see the world*. Chicago: University of Chicago Press. pp. 377.
- CONABIO** (2011) *Fichas de especies prioritarias. Perrito de la Pradera Cola Negra (Cynomys ludovicianus)* Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.
- Crockford C, Wittig RM, Mundry R, Zuberbühler K** (2012) Wild chimpanzees inform ignorant group members of danger. *Curr Biol*. 22(2): 142-146.
- Dugatkin LA** (2013) *Principles of Animal Behavior*. 3ra Edición. W. W. Norton & Company. USA. pp. 648.
- Eitorai AEM, Sussman RW** (2010) The “Visitor Effect” and captive black-tailed prairie dog behavior. *Zool. Garten N.F.* 79: 109-120.
- Frederiksen JK, Slobodchikoff CN** (2007) Referential specificity in the alarm calls of the black-tailed prairie dog. *Ethology Ecology & Evolution* 19 (2): 87-99.
- Goodale E, Beauchamp G, Magrath RD, Nieh JC, Ruxton GD** (2010) Interspecific information transfer influences animal community structure. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 354-361.
- Hare JF, Campbell KL, Senkiw RW** (2014) Catch the wave: prairie dogs assess neighbors' awareness using contagious displays. *Proc. R. Soc. B* 281: 1-5.
- Hauser MD, Wrangham RW** (1990) Recognition of predator and competitor calls in nonhuman primates and birds: A preliminary report. *Ethology* 86(2): 116-130.
- Hidalgo de Trucios SJ** (2010) Evolución de los comportamientos altruistas y cooperativos. En Juan Carranza (ed.), *Etología Introducción a la Ciencia del Comportamiento*. España: Universidad de Extremadura. pp. 299-336.
- Hoogland JL** (1995) *The black-tailed prairie dog: social life of a burrowing mammal*. Chicago, IL: The University of Chicago Press. pp. 521.
- Kirchhof J, Hammerschmidt K** (2006) Functionally Referential Alarm Calls in Tamarins (*Saguinus fuscicollis* and *Saguinus mystax*) – Evidence from Playback Experiments. *Ethology* 112(4): 346-354.
- Kiriazis J, Slobodchikoff CN** (2006) Perceptual specificity in the alarm calls of Gunnison's prairie dogs. *Behavior Processes* 73: 29–35.
- Morton ES** (1977) On the occurrence and significance of motivation/structural rules in some bird and animal sounds. *Am. Nat.* 111: 855-869.
- Owings DH, Owings SC** (1979) Snake-directed Behavior by Black-tailed Prairie Dogs (*Cynomys ludovicianus*). *Zeitschrift Für Tierpsychologie* 49(1): 35–54.
- Shier DM, Owings DH** (2006) Effects of predator training on behavior and post-release survival of captive prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*). *Biological Conservation*, 132: 126-135.
- Slobodchikoff CN, Kiriazis J, Fischer C, Creef E** (1991) Semantic information distinguishing individual predators in the alarm calls of Gunnison's prairie dogs. *Animal Behaviour* 42: 713-719.
- Slobodchikoff CN** (2002) Cognition and communication in prairie dogs. In M. Bekoff, C. Allen, y G. Burghardt (eds.), *The Cognitive Animal, empirical and theoretical perspectives*. Cambridge: MIT Press. pp. 257-264.
- Slobodchikoff CN, Briggs WR, Dennis PA** (2009a) Decoding the Information Contained in the Alarm Calls of Gunnison's Prairie Dogs. *The Journal of the Acoustical Society of America* 125(4): 2739.
- Slobodchikoff CN, Paseka A, Verdolin JL** (2009b) Prairie dog alarm calls encode labels about predator colors. *Animal Cognition* 12: 435-439.

- Slobodchikoff CN, Perla BS, Verdolin JL** (2009c) *Prairie Dogs: Communication and Community in an Animal Society*. Harvard University Press, Cambridge, MA. pp.280.
- Slobodchikoff CN, Briggs WR, Dennis PA, Hodge AMC** (2012) Size and shape information serve as labels in the alarm calls of Gunnison's prairie dogs *Cynomys gunnisoni*. *Curr. Zool* 58(5): 741-748.
- Smith JW, Smith SL, De villa JG, & Oppenheimer EC** (1976) The jump-yip display of the black-tailed prairie dog *Cynomys ludovicianus*. *Animal Behaviour* 24(3): 609-621.
- Smith SL, Oppenheimer EC, De Villa JG, Smith WJ, Ulmer FA** (1973) Behavior of a Captive Population of Black-Tailed Prairie Dogs. *Behaviour* 46(3-4): 189-219.
- Smith WJ, Smith SL, Oppenheimer EC, De villa JG** (1977) Vocalizations of the black tailed prairie dog, *Cynomys ludovicianus*. *Animal Behaviour* 25: 152-164.
- Towers, Lloyd W. III** (2011) Alarm-calling and response behaviors of the black-tailed prairie dog in Kansas. *Master's Theses*. EUA: Fort Hays State University.
- Waring GH** (1970) Sound communication of black-tailed, white-tailed, and Gunnison's prairie dogs. *The American Midland Naturalist* 83: 167-185.
- Wilson KO** (1975) *Sociobiology: The new synthesis*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.