

EVALUACIÓN DE LAS INTERACCIONES DE PREDADOR Y PRESA TRAS EL USO DE MUESTRAS FECALES COMO ESTÍMULO SENSORIAL

Evaluation of predator-prey interactions following the use of fecal samples as sensory stimuli

Peralta Álvarez, A., Hevia Méndez, M.L., Escribano Tortosa, D.

Departamento Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia.

Autor para correspondencia: Peralta Álvarez, A., andrea.peraltaa@um.es

Tipo de artículo: Trabajo de Fin de Grado (Veterinaria)

Recibido: 09/09/2024

Aceptado: 07/10/2024

RESUMEN

El enriquecimiento ambiental es un método común para mejorar el bienestar, fomentando comportamientos naturales y reduciendo estereotipias. Entre los métodos de enriquecimiento sensorial, la estimulación olfatoria es de los más sencillos de usar, pero poco estudiada. Este estudio, realizado en el Parque Zoológico Terra Natura Murcia, evaluó el uso de heces como enriquecimiento sensorial, observando cambios en el comportamiento mediante etogramas y midiendo el cortisol fecal. Se seleccionaron tres especies depredadoras (leones, hienas, leopardos) y tres presas (lémures, colobos, cercopitecos) y se plantearon dos hipótesis: en el caso de los depredadores, se postuló que las heces aumentarían sus comportamientos activos, mientras que en las presas incrementarían los comportamientos de evitación y los niveles de cortisol. Se recolectaron heces de cada grupo y se introdujeron en las praderas según las relaciones depredador-presa. La recolección de muestras fecales y la observación de comportamientos se realizaron antes y después de la introducción de las heces, y los comportamientos fueron registrados por observación focal directa durante 10 minutos, usando etogramas específicos para primates y felinos, y clasificando las conductas en activas, inactivas, agonísticas y estereotipias. Los resultados mostraron un aumento de comportamientos activos en depredadores, como olfateo y exploración, y una disminución de los mismos en las presas. Además, los niveles de cortisol en las presas tendieron a aumentar tras la introducción de las heces, mientras que no hubo diferencias significativas en depredadores.

Palabras clave: Bienestar animal. Enriquecimiento ambiental. Cortisol fecal. Etogramas. Cautividad.

ABSTRACT

This study evaluated the effectiveness of using fecal samples as sensory enrichment in zoos to improve animal welfare and interactions between predators and prey. The main objective was to analyze changes in behavior and stress levels, measured through fecal cortisol, in six different species. An experiment was designed in which fecal samples were exchanged between predators and prey, observing their behavioral and physiological responses. The results indicated an increase in active behavior in predators and an increase in avoidance behaviors and cortisol levels in prey. These findings suggest that sensory stimulation through feces can stimulate natural behaviors in predator but may also induce stress in prey. It is recommended to expand the sample size and species diversity in future studies to validate these results.

Key words: Animal welfare. Environmental enrichment. Fecal cortisol. Ethograms. Captivity.

INTRODUCCIÓN

La finalidad de los zoos ha evolucionado desde hace un siglo. En sus orígenes, su principal función consistía en exhibir una amplia gama de animales exóticos con el fin de entretener al público. Afortunadamente, esta perspectiva ha ido transformándose significativamente (Lara Garduño & Sánchez-Rojas, 2021).

El propósito del zoo moderno del siglo XXI se basa en 4 objetivos principales: conservación, educación, investigación y actividades lúdicas. En los últimos años, se ha discutido sobre incluir el bienestar animal como un objetivo más de estos centros (Greenwell et al., 2023). De este modo, en España surge la Ley 31/2003, de 27 de octubre, sobre la conservación de la fauna silvestre en los parques zoológicos, paralelamente al incremento del interés social en cuanto a la protección del medio ambiente y el bienestar de los animales (Guerra, 2006). Históricamente, las principales preocupaciones en cuanto al bienestar de los animales en zoológicos han incluido aspectos como los métodos de captura y manejo, las condiciones de alojamientos, el cuidado y la atención veterinaria. Una preocupación más reciente es el bienestar psicológico y el manejo del estrés (Kohn, 1994). Por consiguiente, diversos estudios, tanto en animales salvajes como en cautividad, han investigado las distintas variables sociales y medioambientales que pueden desencadenar

respuestas de estrés en los individuos, a través de medidas fisiológicas no invasivas y la observación de patrones de comportamiento (Wielebnowski, 2003).

Tradicionalmente, los niveles de glucocorticoides eran evaluados en plasma sanguíneo, pero los procedimientos de captura y extracción de sangre pueden resultar estresantes para los animales. Además, se ha estudiado que dichos valores en plasma pueden variar según el ciclo circadiano, presentar patrones de secreción pulsátil (Monfort et al., 1993), y representar únicamente los niveles de glucocorticoides en un momento específico (Goymann et al., 1999). Actualmente, existe un gran número de estudios relacionados con la medición de cortisol como biomarcador de estrés a partir de muestras obtenidas de forma no invasiva como orina, pelo, heces y saliva, siendo estas dos últimas las más utilizadas en la fauna silvestre (Stead et al., 2000; Arias et al., 2013; Beaulieu-McCoy et al., 2017). Debido a la fácil obtención de las muestras sin alterar al animal, las técnicas no invasivas pueden ofrecer una evaluación más precisa del estrés sin el sesgo de aumentos inducidos por la captura en los niveles de glucocorticoides (Millspaugh & Washburn, 2004). De este modo, el uso de muestras fecales como método no invasivo es preferido en el estudio de animales salvajes, donde obtener otro tipo de muestra no invasiva resulta complicado. En estos casos, se recomienda realizar la medición

de corticoides junto con las observaciones del comportamiento (Wielebnowski, 2003), ya que se podría ver afectado por problemas de muestreo y artefactos de ensayo como la edad del individuo, el momento del día en el que se recoge la muestra o la técnica de almacenamiento (Millsbaugh & Washburn, 2004).

Los objetivos del enriquecimiento ambiental son variados, incluyendo el fomento de los patrones de comportamiento típicos de la especie, fortalecimiento de la capacidad para hacer frente a los desafíos, desarrollo del repertorio conductual, aumento del uso positivo del entorno y/o reducción o eliminación de patrones del comportamiento anómalo, como las estereotipias (Young, 2003). Estas estereotipias son conductas repetitivas que realiza el animal sin ninguna función aparente (G. J. Mason, 1991), o por un mal funcionamiento del sistema nervioso central (G. Mason et al., 2006). Dentro de los diversos métodos de enriquecimiento ambiental de tipo sensorial, la estimulación olfatoria es uno de los más sencillos de emplear y consiste en presentar distintos aromas en los recintos de los animales. A pesar de esto, esta técnica de enriquecimiento está poco estudiada, y su evidencia en distintas investigaciones en animales en cautiverio presenta discrepancias (Wells, 2009). En algunos casos, los olores se han usado como enriquecimiento ambiental, con el objetivo de reducir comportamientos indicativos de estrés (Pearson, 2002; Castillo-Guevara et al., 2012; Rafacz & Santymire, 2014). Sin embargo, para otros animales mantenidos en cautividad, los olores a los que pueden estar expuestos pueden resultar en estrés crónico, como ocurre a las presas que están expuestas al olor de sus depredadores naturales (Buchanan-Smith et al., 1993; Chabot et al., 1996; Barreto & Macdonald, 1999; Kolden & Schulte, 2022).

El objetivo central de este estudio radica en evaluar la respuesta de los depredadores y de las presas al uso de heces como material de estímulo sensorial. Para ello se observará si

se producen cambios en el comportamiento de animales en cautiverio mediante la utilización de este estímulo olfativo, colocando muestras fecales de depredadores en estancias de presas y viceversa. Además, como objetivo secundario se evaluará si los estímulos añadidos ocasionan una posible respuesta fisiológica de estrés en los animales mediante la medición de los niveles de cortisol fecal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio ha sido realizado en el Parque zoológico Terra Natura Murcia. El centro cuenta con alrededor de 300 animales de más de 50 especies distintas, repartidas en varias zonas que simulan los hábitats de la Península Ibérica, el continente africano, y un espectacular aviario. Fueron elegidas las siguientes especies:

- León (*Panthera leo*): el parque cuenta con dos grupos de leones. El primero (G1) está constituido por un macho, una hembra, y tres cachorros (dos machos y una hembra), los cuales salen a la pradera a primera hora de la mañana. El segundo grupo (G2) está formado por un macho y una hembra de edad avanzada.
- Leopardo (*Panthera pardus kotiya*): se estudiaron dos hembras adultas.
- Hiena (*Crocuta crocuta*): se analizó un único grupo de dos hembras adultas.
- Colobo (*Colobus guereza*): el parque alberga un macho y una hembra adultos.
- Cercopiteco o mono de Brazza (*Cercopithecus neglectus*): se estudió un único grupo compuesto por tres machos que viven juntos.
- Lemur de cola anillada (*Lemur catta*) y Lemur vari (*Varecia variegata*): en el parque conviven 9 individuos en un único grupo, incluyendo ambas especies.

La fase experimental de este estudio se llevó a cabo durante el mes de febrero de 2024. Los etogramas basales se recopilieron durante los días 5, 6 y 7 de dicho mes, mientras que el estímulo sensorial se implementó el día 27, junto con la recogida de los etogramas post-estímulo. Las muestras fecales utilizadas fueron recolectadas entre los días 22 y 23. Aquellas muestras enviadas para análisis se recolectaron

el día 9 y el día 28, es decir, antes y después de la introducción del estímulo. Para la colocación de las heces, se midieron las praderas en m², y se dividieron los gramos recogidos en total de las presas entre los de las praderas de depredadores, y viceversa, eligiendo el número más bajo (0.21 gr de heces/m²), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Reparto de heces.

	Total	Heces recogidas (gr)	Heces a repartir (gr)
Leones	568		$568 \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ gr/m}^2 = 119.28 \text{ gr}$
Leopardas	80	1702	$80 \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ gr/m}^2 = 16.8 \text{ gr}$
Hienas	1054		$1054 \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ gr/m}^2 = 221.34 \text{ gr}$
Lémures	82		$82 \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ gr/m}^2 = 17.22 \text{ gr}$
Colobos	35	157	$35 \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ gr/m}^2 = 7.35 \text{ gr}$
Cercopitecos	40		$40 \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ gr/m}^2 = 8.4 \text{ gr}$

Además, debido a las grandes dimensiones de los cobijos de los depredadores, las heces se repartieron por cada 20 m², mientras que, en las presas, por cada 10 m².

Todos los comportamientos se recogieron por observación focal directa de los animales durante un total de 10 minutos seguidos (Martin & Bateson, 2007), tanto con el estímulo sensorial como sin éste. Los datos se anotaron en dos etogramas, uno diseñado para las presas basado en el descrito por Del Rosario (2023), y otro para los depredadores basado en el publicado por Stanton et al. (2015), y se clasificaron las conductas en:

- Comportamiento activo: abarca aquellos comportamientos en los que el animal se

involucra con el medio, incluyendo comportamiento alimenticio, de exploración, olfateo, acicalamiento, marcaje, etc.

- Comportamiento inactivo: el animal no interactúa con el medio. Se incluyen comportamientos como descansar o dormir.
- Comportamiento agonístico: incluye acciones como vocalizaciones, peleas, persecuciones o sumisión. Estos comportamientos son fundamentales para la comunicación entre animales.
- Estereotipias: son conductas repetitivas anómalas frecuentes en animales en cautividad como intento de adaptación al medio (Manteca & Salas, 2015b). Incluye comportamientos de desplazamiento (pa-

cing), balanceo (head-waving), o movimientos repetitivos de la lengua.

Para cada comportamiento, se midió el tiempo empleado en segundos, y además se anotó el tiempo que tardaron los animales en interactuar con el estímulo.

Durante la distribución de las heces, se siguió el siguiente protocolo: se efectuó un intercambio de muestras fecales entre leones y lémures, leopardos y colobos, y hienas y ceropitecos. Para el análisis posterior, solo se consideró si las muestras pertenecían a presas o depredadores, dado que en muchos casos resultaba difícil identificar individualmente cada muestra fecal, de modo que se analizaron como mezcla. Una vez recolectadas las heces, estas se almacenaron a -80°C hasta su procesado y análisis.

Para el procesado del cortisol fecal se emplearon métodos descritos con anterioridad (Valdespino et al., 2002). Aproximadamente 0.5 g de materia fecal se agitó durante la noche en 5 ml de tampón fosfato-salino modificado que contenía 50% de metanol, 0.1% de seroalbúmina bovina y 5% de Tween 20 (monolaurato de polioxietileno sorbitán monolaurato, un tensioactivo). Tras la centrifugación ($3000\times g$ durante 1h), los sobrenadantes se decantaron y se almacenaron a -80°C hasta el ensayo. La materia sólida que quedaba en los frascos de extracción se pesó después de secarla a 100°C . Posteriormente, los niveles de cortisol fecal se midieron mediante un método de enzimoanálisis quimioluminiscente en fase sólida, utilizando kits de cortisol (Immulite Cortisols Diagnostic Products Corporation, Los Ángeles, CA, EE.UU.) y un analizador automático (Immulites, Diagnostic Products Corporation, Los Ángeles, CA, EE.UU), como ha sido descrito anteriormente en otros estudios (Martínez-Mota et al., 2007). Los resultados han sido expresados en μg por gr de heces.

Para el análisis estadístico se usó el programa GraphPad Prism versión 9 (GraphPad

Software, San Diego, California, EE. UU.). Los resultados fueron expresados como mediana y rango intercuartil en pg/ml (mediana; percentiles 25-75%). En primer lugar, se evaluaron los datos para comprobar si seguían una distribución normal, usando para ello el test de Shapiro-Wilk. Tras comprobar que no seguían una distribución normal, se usó un test Mann-Whitney (no paramétrico) para comprobar si los resultados de cortisol en heces mostraban diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) entre los diferentes tiempos dentro de cada grupo. Por otro lado, los comportamientos fueron analizados de forma descriptiva en base al porcentaje de expresión comparados respecto al basal ($(\text{valor post-estímulo} - \text{valor basal}) / (\text{valor basal}) \times 100$).

RESULTADOS

1. Resultados de los etogramas

Los registros de comportamiento muestran las conductas observadas en segundos, quedando reflejadas en las Tablas 2 y 3.

1.1. Depredadores

Especie 1: león (*Panthera leo*).

Los resultados indicaron cambios significativos en el comportamiento de los leones después de la introducción del estímulo olfativo. Se observó un aumento del 34.2% en el comportamiento exploratorio y del 55% en el marcaje, mientras que el tiempo dedicado al olfateo aumentó drásticamente en un 668.2% respecto al comportamiento observado sin la presencia de heces. Además, los reflejos de Flehmen se triplicaron tras el uso de las heces, y se detectó un aumento en la persecución y revolcarse, comportamientos que solo aparecieron en este momento. Por otro lado, se observaron disminuciones notables en el comportamiento de juego en un 95%, de descanso en un 67.3%, y vocalizaciones en un 86.7% post-estímulo. Esto

Tabla 2. Etograma de comportamientos observados en los depredadores en el estudio.

	Leones (basal)	Leones (post-estímulo)	Leopardas (basal)	Leopardas (post-estímulo)	Hienas (basal)	Hienas (post-estímulo)
Hora	8:30 (G1) ^a 13:30 (G2) ^b	8:30 (G1) 13:20 (G2)	10:00	11:00	9:15	9:00
Tiempo de latencia (s)^d		40		34		80
°C. activo						
Alimenticio (s)	85	213	81	^c	10	36
Exploratorio (s)	365	490	260	220	360	130
Revolcarse (s)		4	14	425		
Saltar (nº veces)	3	1				
Acicalamiento (s)	5		34			
Olfateo (s)	88	676	16	106	40	328
Reflejo de Flehmen (nº veces)	2	8		1		
Alerta (s)	105		25	32		
Marcaje (s)	18	28	14	20		
Forrajeo (s)					80	
<i>Allogrooming</i> (s)						60
Juego (s)	198	10				
Correr (s)	28	12			70	36
Orinar/defecar (nº veces)			1			
°C. inactivo						
Descanso (s)	855	280	120			
°C. agonístico						
Vocalizaciones (s)	15	2				2
Persecución (s)		6				

a - Grupo 1 constituido por un macho, una hembra y tres cachorros (dos machos y una hembra).

b - Grupo 2 formado por un macho y una hembra de edad avanzada.

c - Los cuidadores no proporcionaron comida a las leopardas en su salida a la pradera el día del estímulo.

d - Segundos.

e - Comportamiento.

Tabla 3. Etograma de comportamientos de las presas observados durante el estudio.

	Colobos (basal)	Colobos (post-estímulo)	Cercopitecos (basal)	Cercopitecos (post-estímulo)	Lémures ^a (basal)	Lémures (post-estímulo)
Hora	9:50	10:20	10:00	10:30	9:30	10:00
^bC. Activo						
Superior (s) ^c	558	550	325	514		190
Medio (s)			485	224		324
Inferior (s)	335	90	400	120		390
Por forrajeo (s)	3		10	15		
^d Comer (s)	20		30			49
Acarreo de comida (s)	3			20		2
Juntos (s)		460	11	22		
Olfatear (s)						31
Correr (s)						32
Deambular (s)	4		296	164		66
Trepar (s)	3	7	4			25
Saltar (nº veces)	1	3	6	10		11
^bC. Inactivo						
Sentado (s)	540	586	386	458		290
^bC. Agonístico						
Arrebatarse comida (nº veces)	1					

a - Los lémures se mantuvieron todo el tiempo dentro de su cobijo debido a las bajas temperaturas durante el mes de febrero, y únicamente salían a la pradera cuando entraban los cuidadores a limpiar, y cuando se colocaron las heces.

b - Comportamiento.

c - Segundos.

d - Durante el enriquecimiento, no se colocó alimento en las praderas de presas.

último puede estar relacionado con el hecho de que Odín, el macho del primer grupo, no salió a pradera, lo que llevó a la hembra a llamarlo con frecuencia. Por último, el comportamiento de alerta se ha observado únicamente en el etograma basal, con un total de 105 segundos.

Especie 2: leopardo (*Panthera pardus kotiya*).

El etograma mostró un aumento de los com-

portamientos de revolcarse (2935.7%), olfateo (562.5%), alerta (28%), y marcaje (42.8%), tras el estímulo sensorial. En cambio, las conductas de acicalamiento y descanso estuvieron ausentes, habiendo registrado 34 y 120 segundos respectivamente en el etograma basal. Además, se observó una disminución del 15.4% del comportamiento exploratorio.

Especie 3: hiena (*Crocuta crocuta*).

Se registró una disminución del comportamiento exploratorio y de correr en un 63.9% y 48.6%, respectivamente, tras la incorporación de las heces. En contraste, la conducta de olfateo aumentó en un 720%, al igual que el allogrooming, que se pudo observar durante 60 segundos, comportamiento que no se había registrado en el etograma basal.

1.2. Presas**Especie 4:** colobo (*Colobus guereza*).

Los resultados indicaron una disminución del comportamiento inferior en un 73.1% tras la colocación del estímulo, mientras que se observó un aumento de las conductas de trepar, que se incrementaron más del doble, y la conducta de juntos, alcanzando los 460 segundos, siendo esta última un comportamiento no observado previo al estímulo. Además, se observó un aumento del 8.5% en la conducta de sentado, con respecto al etograma basal.

Especie 5: cercopiteco o mono de Brazza (*Cercocebus neglectus*).

Tras la introducción del estímulo, se registró una disminución de los comportamientos medio, inferior y deambular en un 53.8%, 70% y 44.6%, respectivamente. Por el contrario, se observó un aumento de las conductas superior, juntos y sentado, en un 58.2%, 100% y 18.6%, respectivamente. Además, el comportamiento de saltar se incrementó casi el doble, y se registró la conducta de acarreo de comida, que no había aparecido previo a la colocación de las heces.

Especie 6: Lemur de cola anillada (*Lemur catta*) y lemur vari (*Varecia variegata*).

No es posible comparar los resultados obtenidos, ya que durante la realización del etograma basal, los lémures permanecieron dentro del refugio. Si comparamos los resultados con los

obtenidos en las otras especies de primates, podemos observar un comportamiento más activo en los lémures. Este comportamiento podría estar relacionado con el hecho de que los lémures asocian la entrada de personas a su cobijo con la disponibilidad de alimento.

2. Resultados de cortisol

Los resultados de cortisol en heces aparecen en la Figura 1.

En el caso de los depredadores los niveles de cortisol previos fueron 0.86 $\mu\text{g}/\text{gr}$ de heces y tras la puesta de heces fue de 1.15 $\mu\text{g}/\text{gr}$ de heces, aunque fueron superiores no se encontraron diferencias significativas ($P = 0.44$). En el caso de las presas, el aumento pasó de 0.26 a 0.58 $\mu\text{g}/\text{gr}$ de heces. Aunque el incremento no fue significativo, sí que se observó una tendencia ($P = 0.06$).

DISCUSIÓN

Los zoológicos constituyen un valioso recurso para aumentar el conocimiento sobre cómo los animales responden al cautiverio, además de ser importantes centros de investigación para controlar o eliminar las estereotipias, e incrementar las conductas naturales con el objetivo de garantizar el bienestar animal.

Los objetivos de este trabajo radicaban en evaluar la eficacia de las heces como estímulo sensorial colocando muestras fecales de presas en los cobijos de depredadores y viceversa, y medir la concentración de cortisol fecal como indicador de una respuesta de estrés. La investigación planteaba dos hipótesis: por un lado, se postulaba que las muestras fecales actuarían como enriquecimiento sensorial en los depredadores, aumentando los comportamientos activos, mientras que para las presas se anticipaban efectos negativos, mostrando un incremento de comportamientos de evitación y de los niveles de cortisol fecal.

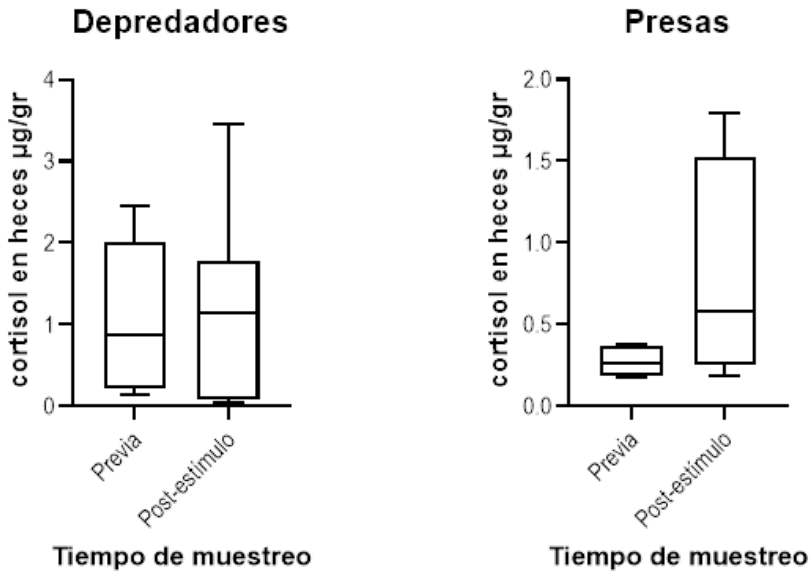


Figura 1. Resultados del cortisol en heces. Representación gráfica de la mediana (línea central), percentiles 25 y 75 (cajas), valores mínimos y máximos de las concentraciones ($\mu\text{g}/\text{gr}$ de heces) de cortisol en heces (barras) que muestran todos los grupos (depredadores y presas) durante las dos tomas (toma previa a la introducción de heces y toma post a su introducción).

Solo unos pocos estudios han investigado el reconocimiento de depredadores mediante el olfato en primates, principalmente llevados a cabo en cautividad (titíes: Caine & Weldon, 1989, Buchanan-Smith et al., 1993; lémures ratón: Sündermann et al., 2008; loris: Kolden & Schulte, 2022). En todos ellos, se introdujeron muestras fecales desconocidas de depredadores y presas, resultando en mayores conductas de olfateo, evitación y exploración visual hacia las señales olfativas de heces de depredadores. Los mismos resultados se obtuvieron en investigaciones realizadas con primates salvajes (lémures ratón: Kappel et al., 2011). De esta manera, se confirma que la capacidad de reconocimiento olfativo de depredadores es innata. En el presente estudio, los primates nunca se acercaron a interactuar con las heces, a excepción de los lémures, los cuales buscaban comida. Los principales cambios observados en el

etograma incluyeron un aumento de comportamientos inactivos, como estar sentado. Además, se registró una disminución en el tiempo que pasaron en el suelo (comportamiento inferior), y un incremento en el tiempo que pasaron juntos, confirmando los resultados obtenidos en las investigaciones de Caine & Weldon (1989), Buchanan-Smith et al. (1993), Sündermann et al. (2008), y Kolden & Schulte (2022).

Sin embargo, en otras investigaciones, como la realizada por Boon (2003) con dos hembras de tití de Goeldi (*Callimico goeldii*) criadas en cautividad, no observaron diferencias significativas de comportamiento de estos animales frente a heces de ocelote o de guepardo, y aromas de aceite de menta. Esta falta de respuesta diferencial también se ha podido observar con otras especies animales. Por ejemplo, en un estudio realizado por Monclús et al. (2005), con conejos europeos (*Oryctolagus cuniculus*)

en recintos al aire libre, y los cuales no habían tenido ningún contacto previo con depredadores, no mostraron cambios en su actividad tras introducir heces de oveja y zorro. Según sus autores, una posible explicación podría ser que los conejos tienen sistemas de madrigueras que les proporcionan cobijo contra los ataques de depredadores, lo que hace innecesaria la reducción de la locomoción. Resultados similares se obtuvieron en condiciones de laboratorio, como muestran Hegab et al. (2013) en su estudio con topos de Brandt (*Lasiopodomys brandtii*) criados en laboratorio. Este descubrimiento indicaría la importancia de la estructura del hábitat en la elaboración de la respuesta defensiva de las presas ante su predador.

En félidos en cautividad, distintos estudios se han centrado en reducir comportamientos inactivos y estereotipias (leones africanos: Baker et al., 1997, Schuett & Frase, 2001, Pearson, 2002), incrementando conductas como olfateo, juego, marcaje o revolcarse, en comparación con los etogramas basales, tal y como sugiere el presente trabajo, donde también se observaron incrementos en dichas conductas de los animales depredadores. Sin embargo, no podemos confirmar la disminución de estereotipias ya que los animales estudiados no presentaron dicho comportamiento. Además, cabe destacar que, en el caso de los leones, fueron las hembras las que mostraron mayor interacción con las heces, tanto la adulta como la cachorra, pudiendo estar relacionado con su importante papel durante la caza en el medio salvaje.

Con relación a los resultados obtenidos de cortisol, las presas presentaron un aumento (mostrando una tendencia) en sus niveles tras introducir las heces de depredadores. En el caso de los depredadores, no se encontró ningún cambio o tendencia significativas, por lo que no podemos concluir que el enriquecimiento sensorial tuvo un impacto positivo a nivel adrenal en los depredadores. La relación entre los niveles de cortisol, el nivel de actividad y el enriquecimiento olfativo ha sido poco

investigada. Por ejemplo, Rafacz & Santymire (2014), en su estudio con dos machos de perros salvajes africanos (*Lycaon pictus*) a los que les introdujeron muestras fecales de leones (*Panthera leo*), vacuno (*Bos taurus*) y gacelas de Grant (*Gazellea granti*), observaron que las heces de esta últimas provocaron un aumento de actividad en ambos individuos en comparación con las otras muestras, además de un incremento de los comportamientos afiliativos, sumisos y dominantes. También se midieron la concentración de glucocorticoides fecales, resultando en una disminución en el individuo dominante, mientras que hubo un incremento en el individuo sumiso, posiblemente relacionado con un rango social más bajo y, por tanto, tener que trabajar más duro para una porción más pequeña de presa o tener que lidiar con la agresión de los individuos más dominantes. Este estudio demuestra que el uso de heces de presas y depredadores pueden ser usados como estímulo ambiental, pudiendo incrementar los niveles de actividad y reducir potencialmente las concentraciones de las hormonas de estrés en los perros salvajes africanos, y posiblemente en otros cánidos y carnívoros.

Entre las limitaciones de este trabajo, nos encontramos el reducido tamaño de muestra (N=11 depredadores y N=14 presas), siendo insuficiente para leopardos, hienas, y colobos (N=2), y cercopitecos (N=3). Tampoco fue posible la individualización de las muestras fecales, principalmente en los primates, y tal vez sería interesante garantizar un mayor tiempo de exposición con posterior recogida de heces para valorar la habituación de los animales al estímulo. La falta de individualización impidió comparar los niveles de cortisol entre las diferentes especies de primates. Por ejemplo, a los colobos se les expuso a heces de leopardos, depredadores que tienen en frente en el parque, con el objetivo de verificar la hipótesis de que los colobos podrían estar habituados a su presencia. En cambio, a los otros primates se les introdujeron heces de depredadores que se

encuentran más alejados en el parque, bajo la suposición de que estos primates experimentarían mayores niveles de cortisol debido a la menor familiaridad con dichos depredadores, pero esto no se pudo comprobar. El hecho de individualizar los resultados es importante ya que, como indica Schapiro et al. (1996) en su estudio con macacos Rhesus (*Macaca mulatta*), las posibles diferencias entre individuos de una misma especie no solo se deben a los genes, sino que las condiciones ambientales juegan un papel muy importante en el desarrollo de un individuo. Otra limitación es la utilización de cortisol como único indicador de estrés, ya que es conocido que sus niveles pueden verse incrementados tanto en distrés como eutrés, por lo que sería recomendable ampliar el uso de biomarcadores que ayuden a diferenciar entre ambos tipos de estrés. Tampoco se ha podido comparar con otras muestras fecales en una misma especie para verificar si, en efecto, hay reconocimiento de depredadores, o los resultados obtenidos se deben a la novedad del olor. Por lo tanto, sería interesante realizar otro estudio añadiendo heces de otras presas y comparar resultados para evaluar si el reconocimiento es innato, como sugieren muchos estudios ya mencionados, o los cambios en el comportamiento se deben únicamente a la novedad de los olores. Además, se podrían repetir los etogramas y las mediciones de cortisol días después de la introducción del estímulo sensorial para evaluar si los animales regresan a su estado original una vez eliminado el aroma, como indica Boon (2003).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los depredadores indican que este tipo de enriquecimiento sensorial modifica el etograma de los animales aumentando los comportamientos relacionados con un mayor bienestar, como es el olfateo, exploración, revolcarse o el allogrooming. En el caso de las presas, este tipo de estímulo actúa

negativamente, ya que hay un aumento de los comportamientos inactivos en el etograma. Por último, en cuanto al cortisol fecal, se observó un aumento (mostrando una tendencia) en sus niveles tras la introducción del estímulo sensorial en los cobijos de presas, lo que indica una posible respuesta de estrés. Sin embargo, en el caso de los depredadores no se observaron diferencias significativas, por lo que no se puede concluir que las heces de presas actuaran como estímulo positivo y provocaran un cambio a nivel adrenal.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, N., Requena, M., & Palme, R. (2013). Measuring faecal glucocorticoid metabolites as a non-invasive tool for monitoring adrenocortical activity in South American camelids. *Animal Welfare*, 22(1), 25-31.
- Baker, W.K. Jr., Campbell, R. & Gilbert, J. (1997) Enriching the pride: scents that make sense. *The Shape of Enrichment*, 6, 1-3.
- Barreto, G. R., & Macdonald, D. W. (1999). The response of water voles, *Arvicola terrestris*, to the odours of predators. *Animal Behaviour*, 57(5), 1107-1112.
- Beaulieu-McCoy, N. E., Sherman, K. K., Trego, M. L., Crocker, D. E., & Kellar, N. M. (2017). Initial validation of blubber cortisol and progesterone as indicators of stress response and maturity in an otariid; the California sea lion (*Zalophus californianus*). *General and comparative endocrinology*, 252, 1-11.
- Boon, M. (2003). Goeldi's monkeys (*Callimico goeldii*): olfactory enrichment to stimulate natural behaviour and greater activity. T. Gilbert (Ed.), *Proceedings of the 5th Annual Symposium on Zoo Research*, Marwell Zoo, UK, 212-224.
- Buchanan-Smith, H. M., Anderson, D. A., & Ryan, C. W. (1993). Responses of Cotton-Top Tamarins (*Saguinus Oedipus*) to Faecal Scents of Predators and Non-Preda-

- tors. *Animal Welfare*, 2(1), 17-32.
- Caine, N. G., & Weldon, P. J. (1989). Responses by Red-Bellied Tamarins (*Saguinus labiatus*) to Fecal Scents of Predatory and Non-predatory Neotropical Mammals. *Biotropica*, 21(2), 186.
- Castillo-Guevara, C., Unda-Harp, K., Lara, C., & Serio-Silva, J. C. (2012). Enriquecimiento ambiental y su efecto en la exhibición de comportamientos estereotipados en jaguares (*Panthera onca*) del Parque Zoológico «Yaguar Xoo», Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*, 365-377.
- Chabot, D., Gagnon, P., & Dixon, E. A. (1996). Effect of predator odors on heart rate and metabolic rate of wapiti (*Cervus elaphus canadensis*). *Journal of Chemical Ecology*, 22(4), 839-868.
- Del Rosario, M. (2023). Enriquecimiento ambiental para monos araña (*Ateles geoffroyi*) en el Centro Mexicano de Rehabilitación de Primates. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
- Goymann, W., Möstl, E., Van'T Hof, T., East, M. L., & Hofer, H. (1999). Noninvasive Fecal Monitoring of Glucocorticoids in Spotted Hyenas, *Crocuta crocuta*. *General and Comparative Endocrinology*, 114(3), 340-348.
- Greenwell, P. J., Riley, L. M., Lemos de Figueiredo, R., Brereton, J. E., Mooney, A., & Rose, P. E. (2023). The Societal Value of the Modern Zoo: A Commentary on How Zoos Can Positively Impact on Human Populations Locally and Globally. *Journal of Zoological and Botanical Gardens 2023*, Vol. 4, Pages 53-69, 4(1), 53-69.
- Guerra, M. R. (2006). Conservación de la biodiversidad: una tarea nueva para los parques zoológicos. *Ambienta: la revista del Ministerio de Medio Ambiente*, (61), 34-41.
- Hegab, I. M., Ai, Q. W., Yin, B. F., Yang, S. M., & Wei, W. H. (2013). Behavioral and neuroendocrine response of Brandt's voles, *Lasiopodomys brandtii*, to odors of different species. *European Journal of Wildlife Research*.
- Kappel, P., Hohenbrink, S., & Radespiel, U. (2011). Experimental evidence for olfactory predator recognition in wild mouse lemurs. *American Journal of Primatology*, 73(9), 928-938.
- Kohn, B. (1994). Zoo animal welfare. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, 13(1), 233-245.
- Kolden, C. V., & Schulte, L. M. (2022). The effects of olfactory stimulation on the behaviour of captive slender lorises (*Loris lydekkerianus*). *Behavioural Processes*, 200, 104702.
- Lara Garduño, M., & Sánchez-Rojas, G. (2021). Los zoológicos: un componente importante para la preservación de las especies. *Herreñana*, 2(2), 19-24.
- Ley 7/2023, de 28 de marzo, sobre la protección de los derechos y bienestar de los animales. BOE-A-2023-7936.
- Manteca, X., & Salas, M. (2015b). Las estereotipias como indicadores de bienestar en animales de zoológico. *Zoo Animal Welfare Education Centre*, 2.
- Martin, P., Bateson, P. (2007) *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Quinta Edición. Cambridge University Press, Reino Unido.
- Martínez-Mota, R., y Valdespino, C., Sánchez-Ramos, M. A., & Serio-Silva, J. C. (2007). Effects of forest fragmentation on the physiological stress response of black howler monkeys. *Animal Conservation*, 10(3), 374-379.
- Mason, G. J. (1991). Stereotypies: a critical review. *Animal Behaviour*, 41(6), 1015-1037.
- Mason, G., Clubb, R., Latham, N., & Vickery, S. (2006). Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? *Applied Animal Behaviour Science*, 102, 3-4, 2 2007.
- Millsaugh, J. J., & Washburn, B. E. (2004). Use of fecal glucocorticoid metabolite

- measures in conservation biology research: considerations for application and interpretation. *General and Comparative Endocrinology*, 138(3), 189-199.
- Monclús, R., Rödel, H. G., Von Holst, D., & De Miguel, J. (2005). Behavioural and physiological responses of naïve European rabbits to predator odour. *Animal Behaviour*, 70(4), 753-761.
- Monfort, S. L., Brown, J. L., & Wildt, D. E. (1993). Episodic and seasonal rhythms of cortisol secretion in male Eld's deer (*Cervus eldi thamin*). *The Journal of endocrinology*, 138(1), 41-49.
- Pearson, J. (2002). On a roll: novel objects and scent enrichment for Asiatic lions. *The Shape of Enrichment*, 11, 7-10.
- Rafacz, M. L., & Santymire, R. M. (2014). Using odor cues to elicit a behavioral and hormonal response in zoo-housed African wild dogs. *Zoo Biology*, 33(2), 144-149.
- Schapiro, S. J., Bloomsmith, M. A., Suarez, S. A., & Porter, L. M. (1996). Effects of social and inanimate enrichment on the behavior of yearling rhesus monkeys. *American Journal of Primatology*, 40(3), 247-260.
- Schuett, E.B. & Frase, B.A. (2001) Making scents: using the olfactory senses for lion enrichment. *The Shape of Enrichment*, 10, 1-3.
- Stanton, L. A., Sullivan, M. S., & Fazio, J. M. (2015). A standardized ethogram for the felidae: A tool for behavioral researchers. *Applied Animal Behaviour Science*, 173, 3-16.
- Stead, S. K., Meltzer, D. G. A., & Palme, R. (2000). The measurement of glucocorticoid concentrations in the serum and faeces of captive African elephants (*Loxodonta africana*) after ACTH stimulation. *Journal of the South African Veterinary Association*, 71(3), 192-196.
- Sündermann, D., Scheumann, M., & Zimmermann, E. (2008). Olfactory Predator Recognition in Predator-Naïve Gray Mouse Lemurs (*Microcebus murinus*). *Journal of Comparative Psychology*, 122(2), 146-155.
- Valdespino, C., Asa, C. S., & Bauman, J. E. (2002). Estrous cycles, copulation, and pregnancy in the fennec fox (*Vulpes zerda*). *Journal of Mammalogy*, 83(1), 99-109.
- Wells, D. L. (2009). Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 118(1-2), 1-11.
- Wielebnowski, N. (2003). Stress and distress: evaluating their impact for the well-being of zoo animals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223(7), 973-977.
- Young, R.J. (2003). *Environmental Enrichment for Captive Animals*. Black-well Science Ltd., Oxford.