

**Validación del uso de un acelerómetro
tri-axial para caracterizar el patrón de actividad y
comportamientos de locomoción en *Tamandua tetradactyla*
en habitáculos semicontrolados.**

Tesinista: Sofía Pavese

Director: Dr. Juan Manuel Busso

Codirector: MSc. Ing. Carlos Centeno

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA (UNC)

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (IIByT)/CONICET-UNC

Carrera de Ciencias Biológicas

Marzo 2020

**Validación del uso de un acelerómetro
tri-axial para caracterizar el patrón de actividad y
comportamientos de locomoción en *Tamandua tetradactyla* en
habitáculos semicontrolados.**

Tribunal Examinador

Nombre y Apellido: Firma:

Nombre y Apellido: Firma:

Nombre y Apellido: Firma:

Calificación:

Fecha:

Índice

Agradecimientos	5
Resumen	6
1. Introducción.....	7
1.1. Hipótesis, predicciones y objetivos	11
2. Materiales y métodos	12
2.1. Animales y condiciones de manejo	12
2.2. Estudios diseñados y metodologías empleadas	13
2.2.1. Estudio 1: Influencia del montaje del acelerómetro	14
2.2.2. Estudio 2: Exactitud de las evaluaciones del acelerómetro	17
2.2.3. Estudio 3: Relevancia biológica del uso del acelerómetro	22
2.3. Consideraciones estadísticas generales	25
3. Resultados	26
3.1. Estudio 1: Influencia del montaje del acelerómetro	26
3.2. Estudio 2: Exactitud de las evaluaciones del acelerómetro	27
3.3. Estudio 3: Relevancia biológica del uso del acelerómetro	34
4. Discusión	40
5. Conclusiones	46
Referencias bibliográficas	47
Anexo 1	51
Anexo 2	52

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Córdoba por permitir mi formación académica, a todos los docentes que me transmitieron tanto amor por la carrera que elegí, y a los miembros del tribunal de la tesina por su buena predisposición y sus aportes.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, particularmente a la Unidad Ejecutora Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas por recibirme en su ámbito y permitir el uso del equipamiento necesario para el desarrollo del presente trabajo.

Al Zoológico de Córdoba, institución que permitió el desarrollo de este estudio, a todo el personal que de una u otra forma colaboró en este proyecto y particularmente a los cuidadores, por estar siempre dispuestos a ayudarme.

A mi director Juan, por creer en mi y motivarme continuamente, por el inmenso tiempo dedicado y por sus enseñanzas, que me ayudaron a crecer tanto en lo académico como en lo personal.

A mi co-director Carlos, por abrirme las puertas de su laboratorio, por sus valiosos aportes y su predisposición para trabajar en este proyecto.

A Luis, por todo el tiempo y esfuerzo dedicado, por escuchar lo que necesitábamos y plasmarlo en el programa “Meleros”.

A Lorenzo Von Fersen del Zoológico de Núremberg de Alemania, por su apoyo y sus colaboraciones.

A Cami, Gabina, Johan, Flor y Romi, mis compañeros del Laboratorio de Técnicas No Invasivas, por ser un grupo de trabajo increíble, siempre con las mejores intenciones para avanzar juntos.

A los Bartolos, por motivarme y estar a mi lado en cada paso.

A Paz, Carli, Aylu y Andre, mujeres fuertes y hermosas que conocí gracias a esta carrera.

Al Palán Palán, un grupo de amigos de los que aprendí muchísimo.

A Eri y Aldi, por sus cariño incondicional desde siempre.

A mi familia, lo más valioso que tengo, todo lo que soy hoy es gracias a ellos.

Resumen

Los acelerómetros aplicados en animales mejoran la obtención de información sobre las actividades comportamentales. Un acelerómetro (Ac) tri-axial se ubicó, mediante un chaleco, sobre ejemplares adultos de *Tamandua tetradactyla* alojados con condiciones semicontroladas en el Zoológico de Córdoba. Primero: se evaluó la influencia del montaje del Ac mediante un chaleco en el patrón de actividad, siguiendo un diseño experimental tipo ABA, donde en la etapa B el animal tiene montado el chaleco durante 24hs y las etapas A son las situaciones basales, cuando el animal no tuvo el chaleco. Se filmaron los animales durante 72hs y se registraron eventos de actividad por medio de un método focal y evaluación continua de los videos. El chaleco no cambió el patrón de actividad con respecto a las etapas basales. Segundo: se registraron las actividades dentro de una sala experimental (20 minutos) mediante cámaras en conjunto con el Ac configurado con una frecuencia de muestreo: 10Hz y un rango dinámico: 8g. Los datos obtenidos se analizaron para obtener medidas de resumen estadísticas para los ejes *X*, *Y* y *Z* del Ac, definiendo intervalos para caracterizar tipos de locomoción. Además, se calculó la Aceleración Dinámica General del Cuerpo para cada comportamiento, logrando así discriminar *eventos de actividad* en base a un umbral de 0,0055 para la varianza de este parámetro. Se ajustaron los criterios mencionados en una prueba complementaria de 24hs en su habitáculo específico y se calcularon los porcentajes de sensibilidad (85,91%) y precisión (100%) comparando lo observado en vídeo (puntos de muestreo cada 5 min) con lo determinado en la serie de datos del Ac. Tercero y último: se evaluó la relevancia biológica del uso del Ac exponiendo a los animales a habitáculos con distinta complejidad (diseño experimental tipo ABA, etapa B: habitáculo reducido en elementos de trepado). Se detectó un mayor porcentaje de actividad total (precisión 100% y sensibilidad 91,3%) durante la etapa B ($A1: 26,15 \pm 1,50$; $B: 35,36 \pm 3,15$ y $A2: 29,29 \pm 2,25$; $F_{2, 46651} = 161,4$; $p < 0,0001$) y los actogramas obtenidos para los datos del video y para los del Ac fueron similares entre sí para cada etapa. En cambio, la precisión y la sensibilidad fueron reducidas para discriminar con confianza tipos de locomoción. Por lo tanto, mediante la validación realizada es confiable el uso del Ac ubicado en el dorso del animal para determinar el patrón de actividad de *T. tetradactyla* en condiciones semicontroladas.

Palabras claves: pilosa, oso melero, comportamiento animal, aceleración tri-axial, calibración, locomoción, zoológico.

1. Introducción

El conocimiento de los patrones temporales de actividad es un aspecto del comportamiento de los mamíferos importante para abordar preguntas ecológicas y evolutivas, así como problemas relacionados con su conservación (Albanesi *et al.*, 2016). Los patrones de actividad de una especie son respuestas adaptativas determinadas por las características intrínsecas del animal (como fisiología y comportamientos, entre otros), y por factores externos, como por ejemplo la distribución y abundancia de los recursos (Fragaszy *et al.*, 2004). Las investigaciones que buscan caracterizar el patrón de actividad o diversos comportamientos de mamíferos en vida silvestre utilizan usualmente técnicas tales como observación directa, cámaras trampa o búsqueda de rastros (como heces o huellas). Estos tipos de técnicas son efectivas principalmente en el registro de animales terrestres, pero laboriosas para detectar animales con otros hábitos de vida, como por ejemplo mamíferos arborícolas y/o nocturnos. Además, la heterogeneidad del hábitat y el tipo de vegetación puede influir en la eficacia relativa de las diferentes técnicas mencionadas (Cortés-Marcial y Briones-Salas, 2014; Swan *et al.*, 2014; Albanesi *et al.*, 2016).

Es por ello que avances en la aplicación de tecnologías de sensores de actividad animal, por ejemplo, los acelerómetros, han permitido reducir el esfuerzo y el sesgo del observador, como así también la influencia del observador sobre las actividades comportamentales. Además, los sensores han posibilitado ampliar el volumen de datos (capacidad de muestreo) en diversos grupos de mamíferos (Clemente *et al.*, 2016; Williams, *et al.*, 2016; Pagano *et al.*, 2017; Hughey *et al.*, 2018; Reinhardt *et al.*, 2019). Los acelerómetros son dispositivos que permiten cuantificar movimientos del cuerpo del animal y su uso ha aumentado gracias al desarrollo de *hardware* y *software* más accesibles (Brown *et al.*, 2013, Hammond *et al.*, 2016; Backman *et al.*, 2017; Cox *et al.*, 2018; Potts *et al.*, 2018; Heerah *et al.*, 2019).

El acelerómetro unido a un animal mediante un accesorio de montaje (por ejemplo collares, pulseras, arneses, etc.) mide simultáneamente el movimiento del ejemplar en el espacio, a lo largo de una, dos o incluso tres dimensiones perpendiculares entre sí. En el caso de los acelerómetros de tres dimensiones o tri-axiales, es posible describir el movimiento en los sentidos altitudinal (arriba/abajo), longitudinal (adelante/atrás) y lateral (izquierda/derecha) (Gleiss *et al.*, 2011). Por ejemplo, mamíferos terrestres tetrápodos (de las especies *Acinonyx jubatus*, *Tapirus terrestris*, *Myrmecophaga*

tridactyla, *Lama guanicoe*, entre otros) al caminar han mostrado oscilaciones importantes en el sentido altitudinal mientras se desplazan, lo que permitiría utilizar este criterio para identificar estos comportamientos (Shepard *et al.*, 2008b).

Puede considerarse que la aceleración medida por los acelerómetros posee dos componentes: la aceleración estática, relacionada a la fuerza de gravedad y la orientación del acelerómetro en el espacio, y la aceleración dinámica, asociada al movimiento del animal (Shepard *et al.*, 2008b). De esta manera, empleando una técnica mínimamente invasiva, la información que los acelerómetros ofrecen es susceptible de análisis para identificar los estados de actividad (ej.: Gervasi *et al.*, 2006) y tiene un gran potencial para dilucidar y cuantificar el comportamiento (Laich *et al.*, 2008; Hammond *et al.*, 2016; Studd *et al.*, 2019). Además, algunos autores proponen que los avances en la aplicación de acelerómetros soportan la utilidad para correlacionar las actividades comportamentales con el estado interno del animal (incluyendo los niveles hormonales), la presencia de enfermedades, y los estados nutricionales y emocionales (Wilson *et al.*, 2014).

La validación de los datos obtenidos con el acelerómetro se recomienda cuando se aplica por primera vez en una especie para determinar actividad y comportamientos (ej.: revisión, ver Brown *et al.*, 2013; artículo específico, ver Kröschel *et al.*, 2017). En los estudios que carecen de validaciones, los resultados se ven afectados en su robustez y los experimentos en la posibilidad de ser replicados.

En tal sentido, Brown *et al.* (2013) indican que este proceso de validación se logra sincronizando la evaluación de observaciones comportamentales adquiridas mediante otras técnicas (ej. análisis de vídeos) con los datos del acelerómetro obtenidos simultáneamente. A partir del proceso de validación, se puede clasificar la variación de los datos del acelerómetro con mayor precisión, ya sea por métodos manuales o con la utilización de algoritmos estadísticos y/o incluso programas computacionales desarrollados para tal fin (Brown *et al.*, 2013). En la mayor parte de los trabajos realizados hasta la fecha, la validación es proporcionada estudiando el comportamiento en animales domésticos (ej.: Vázquez Diosdado *et al.*, 2015) o en animales silvestres en condiciones controladas (ej.: Hammond *et al.*, 2016), ya que se requiere la aplicación de ambas tecnologías simultáneamente (filmaciones de videos y datos del acelerómetro) y esto es difícil de lograr en animales silvestres *in situ*.

En el marco de aplicar esta herramienta tecnológica, la presente tesina busca profundizar el conocimiento sobre determinados aspectos comportamentales de la especie *Tamandua tetradactyla* mediante la utilización de un acelerómetro tri-axial.

Esta especie de mamífero xenarthra es endémica de Sudamérica, conocida comúnmente en Córdoba como oso melero (Tamburini, 2018). Pertenece a la familia Mymecophagidae que incluye los géneros *Myrmecophaga* (oso hormiguero) y *Tamandua* (*T. tetradactyla* y *T. mexicana*). Los ejemplares de *T. tetradactyla* han sido encontrados en áreas tropicales y subtropicales desde Colombia y Venezuela hasta áreas de monte en Argentina (Redford y Eisenberg, 1992; Torres *et al.*, 2009; Hayssen, 2011). El estado de conservación es variable según la escala, en Córdoba se ha categorizado en peligro de extinción (Tamburini, 2018), mientras que a nivel nacional como casi amenazada (Varela *et al.*, 2019) y a nivel internacional como de preocupación menor (Miranda *et al.*, 2014). En Córdoba, los registros muestran que se distribuyen mayormente en la región chaqueña serrana y en la llanura del oeste y norte de la provincia (Tamburini, 2018). Poseen principalmente hábitos arborícolas, aunque también se desplazan, alimentan y descansan en el suelo, por lo que en condiciones controladas deben contar con los requerimientos de hábitat adecuados que permitan expresar sus comportamientos naturales (Superina *et al.*, 2008).

El conocimiento sobre el patrón de actividad y comportamiento del género *Tamandua* spp es limitado (Hayssen, 2011; Navarrete y Ortega, 2011). Por un lado, en una investigación realizada en ejemplares de vida silvestre de *T. mexicana* se logró determinar el número, duración y frecuencia de eventos de actividad durante el período de 24hs. En ese estudio, los tiempos asignados a las actividades comportamentales mediante el uso del acelerómetro no fueron validados, por lo cual la misma autora reconoce que deben ser considerados con la precaución del caso (Brown, 2011). Por otro lado, en vida silvestre *T. tetradactyla* se ha visto activo en las diferentes fases del ciclo de luz/oscuridad (Hayssen, 2011). En habitáculos semicontrolados (zoológico), hay estudios recientes en ejemplares de *T. tetradactyla* expuestos al ciclo natural de luz/oscuridad evaluados mediante el uso de cámaras infrarrojas, que evidenciaron eventos de actividad tanto diurnos como nocturnos (Eguizábal *et al.*, 2019).

A su vez, al analizar las actividades comportamentales bajo condiciones semicontroladas, se ha informado la presencia de distintos tipos de actividades de locomoción en diversos porcentajes de ocurrencia, como por ejemplo, locomoción en el sustrato, trepado de diversos elementos de altura, entre otras (Eguizábal *et al.*, 2019). Por un lado, se han detectado actividades de locomoción que podrían ser agrupadas en comportamientos naturales y por otro lado, se ha detectado un tipo de locomoción denominado locomoción repetitiva que sería un tipo de comportamiento anormal o

indeseado. En ejemplares que están bajo cuidado humano, la expresión de este comportamiento no tendría una causa biológica aparente y se teme que podría asociarse a necesidades comportamentales no resueltas, frustraciones o posibles disfunciones subclínicas o clínicas (Morgan y Tromborg, 2007; Mason, 2010; Rose *et al.*, 2016).

Por lo tanto, comprender el movimiento de los animales es relevante ya que esta actividad podría considerarse que caracteriza a cada especie y puede ser indicador de su estado de salud y su interacción con diversos factores ambientales (Kays *et al.*, 2015). Entre los factores ambientales, la presencia de la especie humana es un aspecto reconocido como fuente de cambios en los comportamientos. A su vez, la degradación del hábitat como resultado de las actividades antrópicas, puede generar perturbaciones como alteraciones en el patrón de actividad, en los comportamientos y en las interacciones interespecíficas. La comprensión de estos efectos es un desafío constante y conocer los cambios en el comportamiento contribuye a la conservación y gestión de las especies (Cooke *et al.*, 2004; Frey *et al.*, 2017). En base a la literatura revisada surge el desafío en el presente trabajo de utilizar una herramienta tecnológica validada, tanto en el análisis del patrón de actividad, como en la capacidad de discriminar actividades de locomoción. Al presente, los estudios realizados en *T. tetradactyla* en ambientes heterogéneos mediante observaciones directas y/o análisis de videos implican un laborioso procesamiento de datos para inferir la reacción de los animales a nivel comportamental, por lo que la validación del uso del acelerómetro permitiría facilitar el análisis de los datos comportamentales. De esta manera, los resultados validados en el presente estudio pueden ser una referencia para el manejo de ejemplares bajo cuidado humano y afianzar los posibles futuros proyectos en vida silvestre.

1.1. Hipótesis, predicciones y objetivos

Hipótesis:

El uso de un acelerómetro tri-axial permitiría caracterizar el patrón de actividad y discriminar tipos de locomoción de ejemplares de la especie *Tamandua tetradactyla*.

Predicciones:

Los registros del acelerómetro con alta o baja varianza se corresponderán con los movimientos observados en los videos, permitiendo discriminar los estados de actividad e inactividad respectivamente. Además los cambios en la orientación de los ejes del acelerómetro relacionados directamente con la posición del cuerpo del animal se podrán asociar a diferentes tipos de locomoción.

Objetivo general:

Validar y caracterizar el uso de un acelerómetro tri-axial para determinar el patrón de actividad y comportamientos de locomoción en ejemplares de *Tamandua tetradactyla* bajo condiciones semicontroladas.

Objetivos específicos:

Con ejemplares adultos de *T. tetradactyla* alojados en el Zoológico de Córdoba, el presente trabajo propuso:

- 1- Valorar la influencia del montaje del acelerómetro, mediante un chaleco, en el patrón de actividad;
- 2- Evaluar el patrón de fluctuaciones resultante del acelerómetro para caracterizar los cambios de orientación de los movimientos que realiza cada animal, usando de referencia el análisis temporal de los videos adquiridos en paralelo;
- 3- Evaluar la relevancia biológica del uso del acelerómetro para caracterizar el patrón de actividad y discriminar tipos de locomoción en hábitáculos con distinta complejidad en elementos de trepado.

2. Materiales y métodos

2.1. Animales y condiciones de manejo

Se estudiaron ejemplares adultos de *Tamandua tetradactyla* (n=10, 5 hembras: $6,5 \pm 0,8$ kg y 5 machos: $8,5 \pm 0,6$ kg), los cuales se encontraban alojados bajo condiciones semicontroladas en el Zoológico de Córdoba ($31^{\circ}12,32'S$; $64^{\circ}16,84'O$). Según estas condiciones, los animales estaban expuestos al ciclo de luz/oscuridad, temperatura y variaciones climáticas naturales. En cambio, las condiciones relacionadas al factor social y la alimentación se encontraban establecidas por los responsables del manejo del Zoológico, estando los animales alojados individualmente.

La alimentación fue administrada de acuerdo a las instrucciones específicas del Manual de Nutrición y Dieta para Animales Silvestres en Cautiverio (Dierenfeld y Graffam, 1996). Sumado a la comida habitual los animales recibieron enriquecimientos ambientales con énfasis en la dieta que ha demostrado ser favorable en la expresión de comportamientos naturales (más detalles en Eguizábal *et al.*, 2013).

Los habitáculos se encontraban ambientados de acuerdo a las recomendaciones para el mantenimiento de la especie en instituciones zoológicas (Superina *et al.*, 2008) y centros de rescate (Rojano Bolaño *et al.*, 2014). Cada habitáculo cuenta con cuatro paredes, tres de cemento y una de vidrio (la cual es útil para que los visitantes puedan observar a los animales) y con un techo de tejido de alambre (Figura 2.1). Además, poseían características físicas y tamaño similares y se encontraban contiguos en la misma área de la institución (ver detalles en Eguizábal *et al.*, 2019). Teniendo en cuenta los beneficios potenciales de proveer nuevas oportunidades de exploración, los animales se cambiaban quincenalmente de habitáculo.



Figura 2.1: Fotografía de uno de los habitáculos empleados, donde puede observarse un ejemplar de *Tamandua tetradactyla*, y los elementos de trepado naturales (ej. troncos) y artificiales (ej. tejido del techo) relevantes para el presente estudio.

2.2. Estudios diseñados y metodologías empleadas

A los fines de alcanzar los objetivos específicos establecidos para el trabajo se desarrollaron los estudios que se detallan a continuación:

- Estudio 1: Influencia del montaje del acelerómetro, desarrollado en la sección 2.2.1.
- Estudio 2: Exactitud de las evaluaciones del acelerómetro; desarrollado en la sección 2.2.2.
- Estudio 3: Relevancia biológica del uso del acelerómetro; desarrollado en la sección 2.2.3.

Considerando las normativas legales de la Provincia de Córdoba (Ley 22.421; Decreto 666/97), la disponibilidad de los animales está determinada por la Secretaría de Ambiente, quien es la autoridad de aplicación, por lo que el número de animales disponibles para los estudios 1 y 3 fue de tres machos y tres hembras, y para el estudio 2 de cinco machos y cinco hembras. Teniendo en cuenta este tamaño muestral y que no fue posible alojar a más ejemplares en las condiciones adecuadas, el estudio se diseñó siguiendo las recomendaciones de Saudargas y Drummer (1996).

2.2.1. Estudio 1

Diseño experimental: los ejemplares fueron expuestos en sus habitáculos a un diseño experimental tipo ABA (Saudargas y Drummer, 1996) durante 3 días consecutivos (una etapa experimental por día; mayo 2019). La prueba comenzó a las 14hs en cada una de las tres etapas experimentales debido a que en este horario los animales generalmente se encuentran activos, lo cual coincide con la administración de alimento por parte de los cuidadores. Con esta estrategia experimental, durante el primer día (etapa A1) se procuró evaluar las actividades basales de los animales sin el chaleco. Luego, en el segundo día (etapa B, tratamiento) se colocó el accesorio para montar el acelerómetro (Figura 2.2, Panel A). En esta ocasión no se colocó el acelerómetro en el bolsillo del chaleco debido a que se consideró innecesaria la exposición del equipo a esta prueba por su reducido peso (0,7 g; 0,009% del promedio del peso corporal de los animales). En el tercer día (etapa A2), se retiró el chaleco procurando llevar a los ejemplares a su situación inicial. De esta manera, los animales fueron filmados con una cámara infrarroja que abarcaba todo el habitáculo a partir de las 14hs, durante las 24hs que duró cada etapa experimental, registrando los eventos de actividad e inactividad.

Metodología y variables de estudio: el chaleco utilizado fue hecho a medida y estampado con una técnica termotransferible imitando el pelaje de la especie. El mismo tiene un bolsillo para montar el acelerómetro que queda posicionado en el dorso del animal, entre la cintura escapular y la pélvica. El textil por el que se optó para su confección es *Scuba*, un material simil neoprene de baja densidad. El chaleco pesa 64 g, lo que corresponde al 0,7 y 1 % del peso corporal promedio de los machos y de las hembras, respectivamente.

Se utilizaron cámaras (HIKVISION Turbo HD- IR Turret Camera- DS 2CE56C2T IRM) para filmar las actividades de los animales y los videos fueron almacenados en una grabadora de vídeo digital (conocida por sus siglas en inglés DVR, Digital Video Recorder). El muestreo se llevó a cabo por medio de un método focal y evaluación continua de los videos, donde se obtuvieron los registros de las variables analizadas (Martin y Bateson, 2007). Las variables fueron: *eventos de actividad* (conteo/día), *actividad total* (hora/día) y *actividad por hora* (porcentaje). Un *evento de actividad* iniciaba cuando se detectaba un comportamiento activo y finalizaba cuando iniciaba un comportamiento de descanso (Ver Tabla 2.1). El tiempo de resolución fue de 1 segundo, si el evento duraba menos de 1 segundo se consideró despreciable. Los tiempos asignados

a los eventos mencionados fueron empleados para el cálculo de *actividad total* y *actividad por hora*.

Análisis estadístico: la variable *eventos de actividad* (conteo/día) se analizó por medio de un modelo lineal generalizado mixto, considerando una distribución del tipo *Poisson*, especificando como efecto fijo las etapas ABA y el efecto aleatorio el animal y el sexo. A su vez, considerando la misma estructura factorial, la variable *actividad total* (hora/día; transformada por medio de Ln) fue analizada mediante un modelo general lineal y mixto. En el caso de la variable *actividad por hora* (porcentaje) se ilustraron los perfiles en relación al ciclo de luz/oscuridad, considerando el sexo. Las pruebas para validación de supuestos y test *a posteriori* se indican en la sección 2.3.

Tabla 2.1: Etograma para analizar en videos los comportamientos de ejemplares adultos de *T. tetradactyla* alojados individualmente en el Zoológico de Córdoba.

Comportamiento	Estado	Descripción
Descanso (D)	Inactivo	Sin cambios o con cambios mínimos (sin desplazamiento) de posición de las partes del cuerpo, siempre con ojos cerrados. Posición del animal variable: vientre o dorso en contacto con el sustrato, o enrollado sobre sí mismo.
Inmóvil (IM)	Activo	Interrupción de cualquier actividad en progreso mayor a 1 segundo, sin cambios de posición de las partes del cuerpo, siempre con ojos abiertos. Posición variable, pero nunca vientre o dorso en contacto con el sustrato o enrollado sobre sí mismo.
Alerta (A)	Activo	Interrupción de cualquier actividad en progreso, con cambios de posición de las partes del cuerpo para ubicarse de manera bípeda. Posición y movimiento de la cabeza variable, mínimos movimientos del cuerpo.
Auto-acicalamiento (AA)	Activo	Cualquier movimiento que incluya solo el contacto de extremidades (patas) y/o de la cabeza con otras partes del cuerpo. Posición variable del cuerpo.
Alimentación (AL)	Activo	Interacción del hocico y/o cabeza para ingerir alimento (ubicado usualmente en comederos), ayudándose con la lengua y/o las garras. Posición variable del cuerpo, con mínimos movimientos, sin desplazamiento.
Exploración (E)	Activo	Interacción con el medio evidenciada como movimientos amplios de la cabeza, presumiblemente olfateando, con o sin desplazamiento; y/o utilizando las garras, para la manipulación de elementos o distintos materiales no comestibles. Posición del animal variable.
Locomoción (L)	Activo	Desplazamiento donde al menos una extremidad (pata) en contacto con el piso cambia su ubicación, ya sea en dirección lineal o rotando sobre el eje del animal, a nivel del suelo. Con el eje longitudinal del cuerpo paralelo al plano horizontal, y mínimos movimientos de la cabeza. Este desplazamiento se observa con variaciones en la aparente ruta empleada y distancias variables.
Locomoción repetitiva en el suelo (LR)	Activo	Desplazamiento donde al menos una extremidad (pata) en contacto con el piso cambia su ubicación, ya sea en dirección lineal o rotando sobre el eje del animal, a nivel del suelo. Se expresa en un espacio reducido sobre una misma ruta aparente, con distancia constante y cambiando el sentido más de 2 veces (actividad sin función aparente o estereotipia).
Locomoción de ascenso (LA)	Activo	Desplazamiento con el eje longitudinal del cuerpo posicionándose perpendicular al suelo, al menos una extremidad (pata) en contacto con un elemento de trepado cambia su ubicación, ya sea en dirección lineal o rotando sobre el eje del animal para elevarse. El sentido del desplazamiento es siempre hacia la parte anterior (cabeza).
Locomoción de descenso (LD)	Activo	Desplazamiento con el eje longitudinal del cuerpo posicionándose perpendicular al suelo, al menos una extremidad (pata) en contacto con un elemento de trepado cambia su ubicación, ya sea en dirección lineal o rotando sobre el eje del animal para descender. El desplazamiento puede ser hacia la parte anterior (cabeza) o posterior (cola).
Locomoción de trepado invertido (LI)	Activo	Con el eje longitudinal del cuerpo paralelo al suelo, suspendido en un elemento de trepado, al menos una extremidad (pata) cambia su ubicación, ya sea en dirección lineal o rotando sobre el eje del animal, provocando desplazamiento.
Otros (O)	Activo	Incluye actividades como: a) rotación del cuerpo antes del descanso y b) Interacción con el medio físico y excreción de orina.

Basado en el etograma utilizado por Eguizabal *et al.* (2019). Tiempo de resolución: 1 segundo (eventos con duración menor a 1 segundo se consideraron despreciables).

2.2.2. Estudio 2

Diseño experimental: los ejemplares fueron sujetos a una prueba individual de 20 minutos de duración para la evaluación del patrón de fluctuaciones del acelerómetro junto al análisis de video en una sala experimental (agosto-septiembre, 2019); con 5 minutos de aclimatación. El período de 20 minutos surge de una prueba piloto previa con tres periodos de 10 minutos ante los recursos empleados (estructura de trepado y alimento), donde se observó que podía simplificarse esta evaluación en una única prueba, reduciendo así la manipulación de los animales sin perder la expresión de los comportamientos buscados. Se utilizó un acelerómetro tri-axial, ubicado en el cuerpo del animal de manera tal que el eje X quedó posicionado en correspondencia con el eje anterior/posterior, el eje Y en correspondencia con derecha/izquierda y el eje Z en correspondencia con arriba/abajo (Figura 2.2, Panel B).

La sala experimental (3 x 3 m, con 2,4 m de altura; ubicada en el Laboratorio de Técnicas No Invasivas en el Zoológico de Córdoba) cuenta con cuatro paredes homogéneas, suelo de cemento y un único ingreso a través de una puerta, con condiciones de iluminación y temperatura controladas. Los animales estaban aclimatados a la sala experimental, ya que en ella se han realizado otras evaluaciones comportamentales (por ej, ver Zárate 2018). En la sala experimental se colocó una estructura de madera y tejido de alambre, procurando así que el animal tenga recursos para expresar comportamientos de trepado. Además, contaba con espacio para expresar locomoción en el plano horizontal y dos comederos. Una ración del alimento de su dieta fue administrada luego de transcurridos los primeros 10 minutos de la prueba en un comedero ubicado en la parte superior de la estructura de trepado y en otro comedero ubicado en un lateral de la misma, cercano al suelo (Figura 2.2, Panel C). Las actividades comportamentales fueron registradas a través de dos cámaras de filmación, una ubicada en posición central y otra en un lateral.

Para complementar esta validación, un ejemplar con el acelerómetro montado fue filmado durante 24hs en su habitáculo, por medio de dos cámaras (una que abarca todo el habitáculo y otra dentro de un refugio de madera). Así, los criterios definidos (ver más adelante) según los resultados en la prueba en la sala experimental fueron puestos a prueba y reajustados cuando fue necesario.

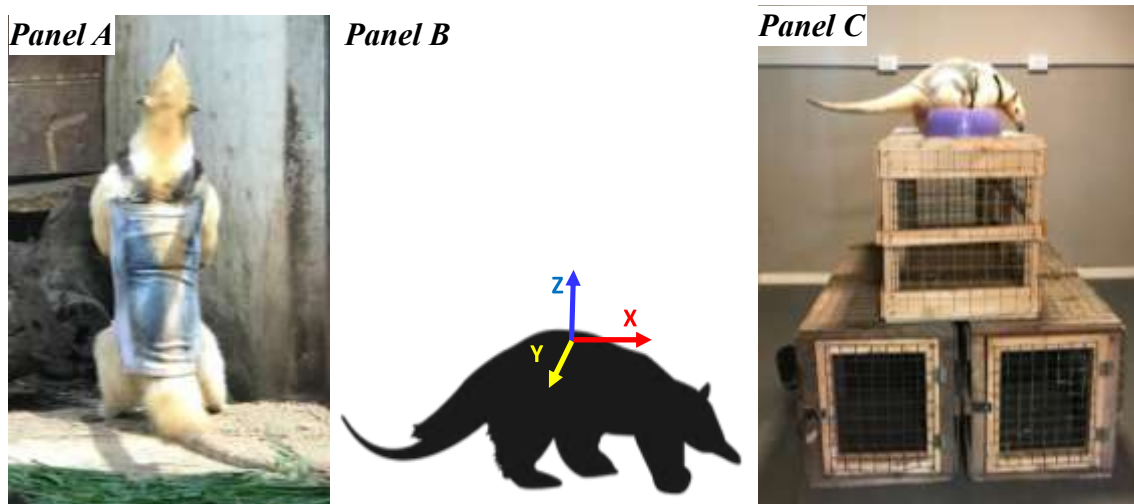


Figura 2.3: Fotografías e ilustración de ejemplares adultos de *T. tetradactyla* empleados en el estudio. Panel A: Fotografía de un ejemplar con el accesorio de montaje del acelerómetro (chaleco). Panel B: Esquema que representa la posición de los ejes X (rojo), Y (amarillo) y Z (azul) del acelerómetro en relación al cuerpo de un ejemplar. La imagen vectorizada fue obtenida en www.freepng.es (06 de enero de 2020). Panel C: Fotografía de un ejemplar sobre la estructura de trepado en la sala experimental. Se observan los dos comederos, uno en la parte inferior izquierda y otro en la parte superior.

Metodología y variables de estudio: en la sala experimental todas las actividades de cada animal con el acelerómetro montado fueron filmadas y almacenadas de la misma manera que lo expresado en el Estudio 1, y por medio de un método focal se evaluaron continuamente las actividades comportamentales observadas, según el etograma detallado en Tabla 2.1. Teniendo en cuenta este etograma, se identificaron los comportamientos observados en el video considerando el inicio y fin de cada evento, para determinar su duración (s). El tiempo de resolución fue de 1 segundo, si el evento duraba menos de 1 segundo se consideró despreciable. En el Anexo 1, se detallan las frecuencias de cada comportamiento por unidad experimental y las medidas de resumen para los tiempos de expresión de cada comportamiento.

El acelerómetro utilizado en esta investigación fue un dispositivo tri-axial AXY-3 TechnoSmArt (www.technosmart.eu), pesa 0,7 g (0,009% del promedio del peso corporal de los animales) y tiene dimensiones de 9 x 15 x 4 mm. La configuración de este equipo fue: frecuencia de muestreo 10Hz (10 datos/segundo/eje) y rango dinámico 8g. Esta frecuencia de muestreo para el registro del comportamiento de los animales fue elegida teniendo en cuenta la literatura consultada, la velocidad en la que se mueven los ejemplares de esta especie y pruebas piloto que se realizaron en el laboratorio GInTEA UTN-FRC, donde se determinó que 10Hz eran suficientes para evaluar los

comportamientos de interés según los objetivos planteados. En paralelo a la ejecución del presente trabajo, junto a colaboradores del co-director se desarrolló un programa mediante LabVIEW (National Instruments) para el procesamiento de los datos del acelerómetro. Esta aplicación permite realizar gráficos donde se representan los valores de aceleración de cada eje en función del tiempo y se puede visualizar simultáneamente a la reproducción del video analizado (Figura 2.3). Así, se inició la exploración conjunta de las actividades comportamentales observadas en los videos y la serie de datos obtenida del acelerómetro.

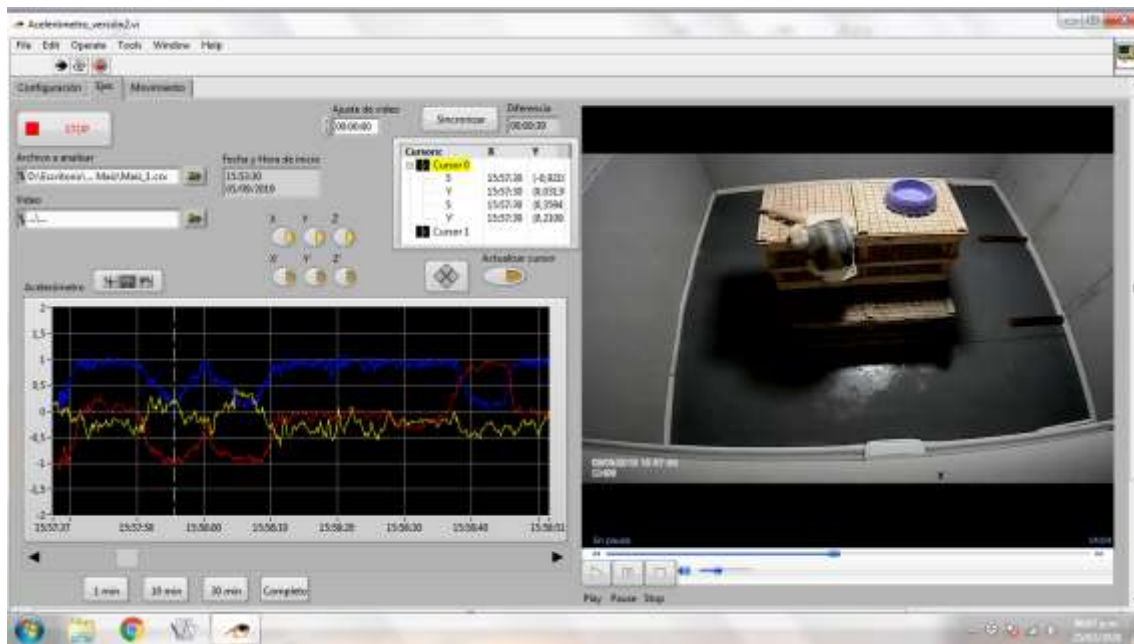


Figura 2.3: Captura de pantalla de la aplicación para analizar simultáneamente el patrón de fluctuaciones resultante del acelerómetro con la reproducción del video asociado. En la ventana izquierda de la imagen se observan los perfiles de los ejes X (rojo), Y (amarillo) y Z (azul), en relación al tiempo. La línea blanca discontinua vertical que se observa en el gráfico es un cursor móvil que avanza con la reproducción del video, para poder asociar los registros de ambas tecnologías obtenidos simultáneamente. En la ventana derecha se observa el video del animal con el acelerómetro montado. En este caso particularmente, se observa una marcada disminución en los valores de aceleración de los ejes X y Z mientras el animal realiza un comportamiento de locomoción de descenso.

Se consideraron las variables X , Y y Z (valores de aceleración para cada eje respectivamente) y la *Aceleración Dinámica General del Cuerpo* (ODBA, por sus siglas en inglés Overall Dynamic Body Acceleration) de acuerdo a Ladds *et al.* (2017).

$$ODBA = |X_{din}| + |Y_{din}| + |Z_{din}|$$

Donde X_{din} = aceleración dinámica del eje X, Y_{din} = aceleración dinámica del eje Y y Z_{din} = aceleración dinámica del eje Z. Para obtener el valor de la aceleración dinámica de cada eje se utilizó una media móvil de 3 segundos obteniendo el valor de la aceleración estática que luego se restó de cada del eje (Shepard *et al.*, 2008a).

El valor de *ODBA* permite analizar la aceleración dinámica (asociada al movimiento) sacando el componente de la aceleración estática (relacionada a la fuerza de gravedad y la orientación del acelerómetro en el espacio). En el Anexo 2, se informan las medidas de resumen estadísticas obtenidas para las variables *X*, *Y*, *Z* y *ODBA* según los comportamientos identificados, las cuales fueron utilizadas en el análisis exploratorio para caracterizar el patrón de fluctuaciones resultante asociado a los comportamientos. En el caso de *ODBA*, se observó que el valor medio fue una medida de resumen estadístico que presenta diferencias entre los comportamientos, particularmente al considerar su magnitud de aceleración (ej. *descanso* vs *alimentación* vs *locomoción*).

En base al análisis exploratorio de estas medidas de resumen, se decidió utilizar como umbral la varianza del *ODBA* para discriminar eventos de actividad de inactividad. El umbral fue 0,0055, ya que se observó que los comportamientos activos poseían valores mayores o iguales a este valor de varianza del *ODBA*; es decir, que eventos comportamentales con valores mayores o iguales a 0,0055 se clasificaron como activos. Además, teniendo en cuenta las medidas de resumen estadísticas se determinó un intervalo de valores de los ejes *X* y *Z* para distinguir tipos de locomoción procurando definir los límites inferior y superior de cada intervalo en los percentiles 05 y 95, respectivamente (Anexo 2; redondeando los datos a un decimal, por ej: los valores P(05): -0,0938 y P(95): 0,5000 para el eje *X* del comportamiento *locomoción* se redondearon a -0,01 y 0,5, respectivamente). Es relevante mencionar que los ejes *X* y *Z* fueron los que tuvieron mayor rango de variación entre los comportamientos de acuerdo con el análisis exploratorio, en cambio el eje *Y* mostró valores muy similares entre los comportamientos. De los datos naturales surgen los siguientes intervalos para los tipos de locomoción: *locomoción*: $X = (-0,1 ; 0,5)$, $Z = (0,5 ; 1)$; *locomoción de ascenso*: $X = (0,2 ; 1)$, $Z = (-0,5 ; 0,5)$ y *locomoción de descenso*: $X = (-1 ; 0,2)$, $Z = (0 ; 1)$. Así, en los eventos comportamentales analizados *a posteriori* se decidió utilizar la mediana de los ejes *X* y *Z* como parámetro para definir si el evento comportamental dado estaba o no dentro del intervalo definido para ese comportamiento. Se decidió utilizar la mediana y no la media, ya que esta medida estadística es menos influenciada por los valores extremos. Por ejemplo, si un evento de locomoción de ascenso observado en el video tuvo una mediana de $X = 0,1$ y de $Z = 0,2$, ese evento fue clasificado como incorrecto debido a que uno de los valores no estaba incluido en el intervalo. Los intervalos definidos fueron reajustados en el Estudio 3 para procurar que sean mutuamente excluyentes, ya que el análisis observacional de las medidas de resumen estadísticas evidenciaba algunos solapamientos.

Además, considerando que en la prueba de 24hs se observaron tipos de locomoción (locomoción repetitiva en el suelo y locomoción de trepado invertido) no registrados en la sala experimental, se procedió a caracterizarlos con medidas de resumen estadísticas (Anexo 2). También se determinaron los intervalos para los valores de la mediana de los ejes X y Z para estos comportamientos: *locomoción repetitiva en el suelo*: $X = (-0,1 ; 0,2)$, $Z = (0,7 ; 1)$; *locomoción de trepado invertido*: $X = (-0,3 ; 0,3)$, $Z = (-1 ; 0,6)$.

En relación a los intervalos de X y Z para procurar discriminar los eventos de locomoción, a modo de resumen, primero se generaron intervalos a partir de los comportamientos observados en la sala experimental. Luego de poner a prueba estos intervalos en la prueba de 24hs, los mismos fueron reajustados. Nuevos intervalos se calcularon para los comportamientos no observados en la sala experimental (ej locomoción de trepado invertido). Finalmente, los intervalos fueron empleados para valorar su utilidad en el estudio 3, aunque no se logró con el análisis observacional que fueran totalmente excluyentes.

Considerando todos los comportamientos observados en la sala experimental, se amplió el análisis exploratorio por medio de un análisis de conglomerados siguiendo recomendaciones de la literatura específica (Sakamoto *et al.*, 2009; Brown *et al.*, 2013). Brevemente, se usó un método no jerárquico K-Means y el tipo de distancia fue Euclídea promedio para la conformación de conglomerados.

En relación a la prueba de 24hs se registraron las frecuencias de eventos activos e inactivos y de los distintos tipos de locomoción. Cada evento observado en los videos fue asociado a la serie de datos correspondiente del acelerómetro. Se consideraron las variables X, Y, Z y ODBA y se obtuvieron los valores para cada evento. Utilizando el valor umbral definido en la prueba de la sala experimental para discriminar eventos de actividad (varianza ODBA > 0,0055 indica eventos activos), se obtuvo una matriz comparando el número de eventos observados en el video con los predichos por el acelerómetro. En base a esta matriz se calcularon los porcentajes de precisión y sensibilidad (Vázquez Diosdado *et al.*, 2015; Fehlmann *et al.*, 2017).

$$\text{Precisión} = \frac{\text{Verdadero Positivo}}{(\text{Verdadero Positivo} + \text{Falso Positivo})}$$

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Verdadero Positivo}}{(\text{Verdadero Positivo} + \text{Falso Negativo})}$$

Verdadero Positivo: coincidencia en la identificación del evento observado en el video y clasificado mediante el acelerómetro; **Falso Positivo:** evento observado en el video como inactivo y clasificado como activo mediante el acelerómetro y **Falso Negativo:** evento observado en el video como activo y clasificado como inactivo mediante el acelerómetro.

Además, se cuantificó el número de eventos de cada tipo de locomoción observados en el video de 24hs que fueron predichos de manera correcta, es decir, que estaban incluidos en los intervalos fijados de la mediana de los eje X y Z (se consideró que la predicción era correcta sólo si ambas medianas obtenidas en cada evento de locomoción del acelerómetro estaban incluidas en los intervalos correspondientes).

2.2.3. Estudio 3

Diseño experimental: cada ejemplar fue sujeto a un diseño experimental tipo ABA (Saudargas y Drummer, 1996) durante 3 días consecutivos (una etapa experimental por día; octubre 2019). En las etapas A1 y A2 el animal fue ubicado en un habitáculo (el mencionado en la prueba de 24hs del estudio 2) que contenía un refugio de madera, diversas estructuras de trepado (tronco, escaleras, techo de tejido de alambre), plantas y sustrato de tierra con corteza de árbol. Durante el tratamiento (etapa B), se expuso al animal durante 24hs a un habitáculo contiguo con complejidad reducida, en el cual se habían eliminado al mínimo los recursos de trepado.

El período experimental inició con el traslado (<120 segundos, sostenido de la cola, como habitualmente son manipulados desde hace años por los cuidadores) del animal al habitáculo inicial de estudio, donde tuvo una aclimatación de 24hs. Luego se comenzó a registrar la actividad con ambas tecnologías (videos y acelerómetro) a fin de establecer el estado basal durante el primer día de estudio (etapa A1). A continuación, se trasladó (<10 segundos, sostenido de la cola) el animal al habitáculo contiguo para aplicar durante 24hs la condición experimental (etapa B). El animal fue devuelto al habitáculo inicial y se estudió en esta condición basal nuevamente durante 24hs (etapa A2). En Figura 2.4, a modo representativo se ilustran los habitáculos empleados en este estudio (Panel A corresponde a etapas A1 y A2, Panel B corresponde a etapa B).

Metodología y variables de estudio: las actividades de cada animal con el acelerómetro montado fueron filmadas utilizando dos cámaras, una que abarca todo el habitáculo y otra dentro del refugio de madera. Se trabajó de acuerdo a Martin y Bateson

(2007), analizando cada individuo de acuerdo al siguiente esquema de muestreo: en puntos de muestreo cada 5 minutos a lo largo de 72hs (etapas A1, B y A2; 288 puntos de muestreo por etapa) se registraron durante 9 segundos los comportamientos observados en los videos. La serie de datos del acelerómetro se asoció a la actividad comportamental detectada.

Procesamiento de datos:

- a) Sobre los videos se analizaron las siguientes variables: *eventos de actividad* (registros/animal) y eventos de los distintos *tipos de locomociones* (registros/animal). Sus valores fueron 0 o 1, siendo 1 cuando se presentó el registro de actividad o locomoción, según corresponda y 0 cuando el animal se encontraba inactivo o activo expresando otros comportamientos. La resolución de muestreo fue de 1 dato por segundo.
- b) En relación a los datos obtenidos con el acelerómetro, se calculó un promedio de los valores de los ejes X, Y y Z para cada segundo muestreado (10Hz = 10 registros/segundo en cada eje). También se calculó para cada punto de muestreo el *ODBA*, y su respectiva varianza muestral, para luego clasificar los eventos que habían sido distinguidos en el video.
- c) De los 288 puntos de muestreo por etapa, se consideraron los eventos observados en el vídeo y su valor de *ODBA*, clasificándolos como activos o inactivos según superaban el umbral de *ODBA*; los eventos activos fueron considerados para el cálculo de patrón de actividad. Nuevamente se obtuvo una matriz comparando el número de eventos activos observados en el video con los predichos por el acelerómetro, calculando los porcentajes de precisión y sensibilidad.
- d) Los intervalos de X y Z definidos mediante los percentiles 05 y 95 en el Estudio 2 para los tipos de locomoción fueron reajustados a la mediana ± 1 desvío estándar de acuerdo a los valores expresados en el Anexo 2, a los fines de maximizar las posibilidades de que los intervalos sean mutuamente excluyentes. De esta manera los intervalos quedaron definidos como *locomoción*: $X = (-0,12 ; 0,28)$, $Z = (0,73 ; 1,07)$; *locomoción de ascenso*: $X = (0,65 ; 1,15)$, $Z = (-0,3 ; 0,5)$; *locomoción de descenso*: $X = (-1,1 ; -0,3)$, $Z = (0,2 ; 0,8)$; *locomoción repetitiva en el suelo*: $X = (-0,07 ; 0,13)$, $Z = (0,81 ; 0,99)$ y *locomoción de trepado invertido*: $X = (-0,2 ; 0,14)$, $Z = (-1,14 ; -0,86)$.

A continuación, se calcularon los porcentajes de precisión y sensibilidad para cada tipo de locomoción.

- e) Considerando los registros de *actividad* se construyeron actogramas tanto para los datos obtenidos a partir de los videos como del acelerómetro. Los actogramas son figuras que representan la forma en la que se distribuye la actividad de los animales a lo largo del día. Los mismos fueron realizados utilizando el software ActogramJ (Schmid *et al.*, 2011). A partir de los actogramas individuales se construyeron actogramas promedio suavizados para cada una de las etapas ABA. A su vez, fue posible calcular valores de *acrofase* (horario del día de mayor actividad) e *inicio/fin de actividad* (horario).

Análisis estadístico: los registros de actividad obtenidos mediante el video y el acelerómetro fueron analizados por medio de un modelo lineal generalizado mixto. La estructura factorial consistió en las etapas ABA como factor fijo y cada animal como factor aleatorio. Considerando la misma estrategia de análisis se evaluó el impacto de las etapas ABA sobre los registros de los tipos de locomoción obtenidos en los videos (locomoción repetitiva en el suelo solo fue expresada por dos animales, por lo tanto, no fue incluida en el análisis). No se analizaron los datos de locomoción obtenidos en el acelerómetro debido a los valores de precisión y sensibilidad (ver Resultados). Se empleó una prueba T para comparar los valores obtenidos de *actividad total* para las etapas ABA con ambas metodologías empleadas (videos y acelerómetro). Finalmente, también se empleó una prueba T para comparar los valores obtenidos en el análisis de los actogramas para las variables *acrofase*, *inicio* y *fin de actividad*, considerando ambas metodologías empleadas.

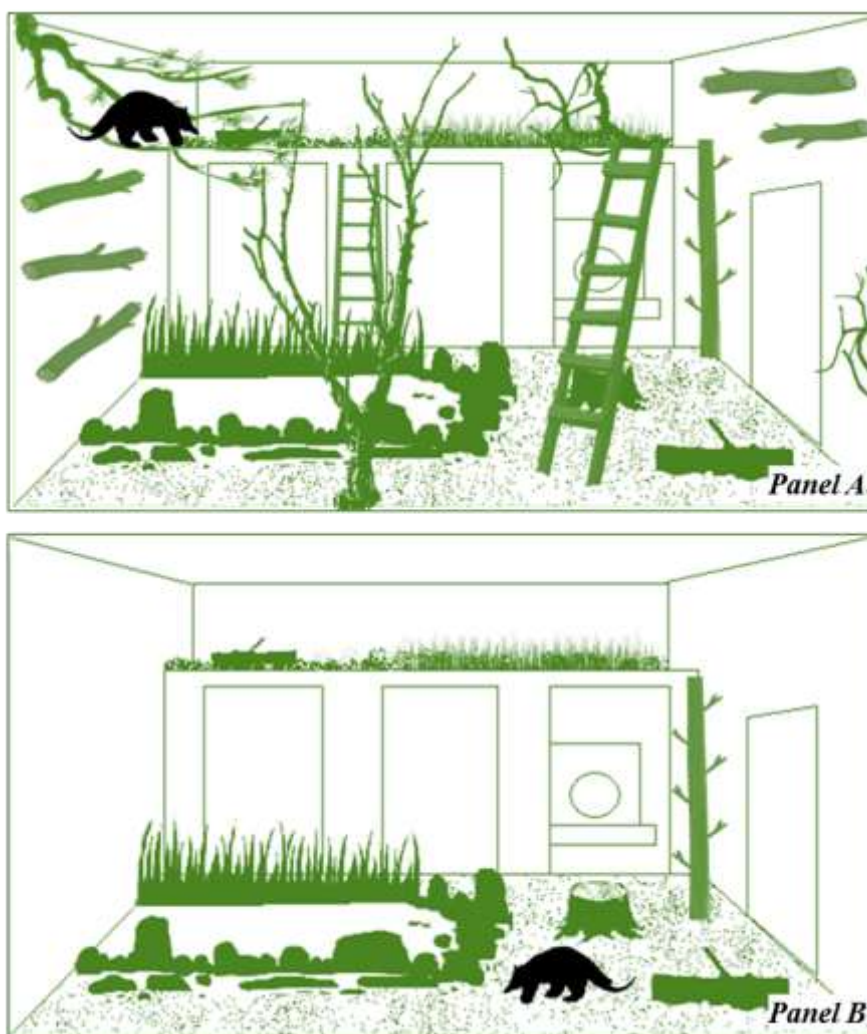


Figura 2.4: Esquema que representa los hábitáculos utilizados durante el Estudio 3, en relación a las tres etapas del diseño experimental ABA. Panel A: hábitáculo complejo, con elementos de trepado, donde se llevaron a cabo las etapas A1 y A2. Panel B: hábitáculo con complejidad reducida, donde se llevó a cabo la etapa B.

2.3. Consideraciones estadísticas generales

Cada ejemplar adulto de *T. tetradactyla*, fue la unidad de análisis estadística sobre la cual se realizaron las mediciones y fue considerado su propio control de acuerdo al diseño tipo ABA. Los datos obtenidos fueron verificados en su cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza mediante las pruebas de Shapiro-Wilks modificado y la Prueba F para igualdad de varianzas. Por otra parte, para todos los análisis estadísticos se utilizó la prueba LSD Fisher *a posteriori*. Los valores se expresan como media \pm error estándar de la media. Todas las pruebas fueron ejecutadas con el programa Infostat versión 2019 (Di Rienzo *et al.*, 2019).

3. Resultados

3.1. Estudio 1

El análisis estadístico indicó que no se observaron diferencias significativas en la *actividad total* (h/día) a lo largo de las etapas experimentales (Etapa A1: $5,68 \pm 0,79$; etapa B: $7,34 \pm 1,93$; etapa A2: $6,15 \pm 0,98$ horas). Además, al considerar la cantidad de *eventos de actividad* (conteo/día) el análisis estadístico no indicó diferencias significativas a lo largo de las tres etapas: A1 = $3,67 \pm 0,88$; B = $2,50 \pm 0,22$ y A2 = $2,50 \pm 0,43$ eventos por día. En la Figura 3.1 se observa la *actividad por hora* (porcentaje) para ambos sexos, donde se observa gráficamente que no hay diferencias en los perfiles debido al uso del chaleco para el montaje del acelerómetro, tanto en machos como en hembras.

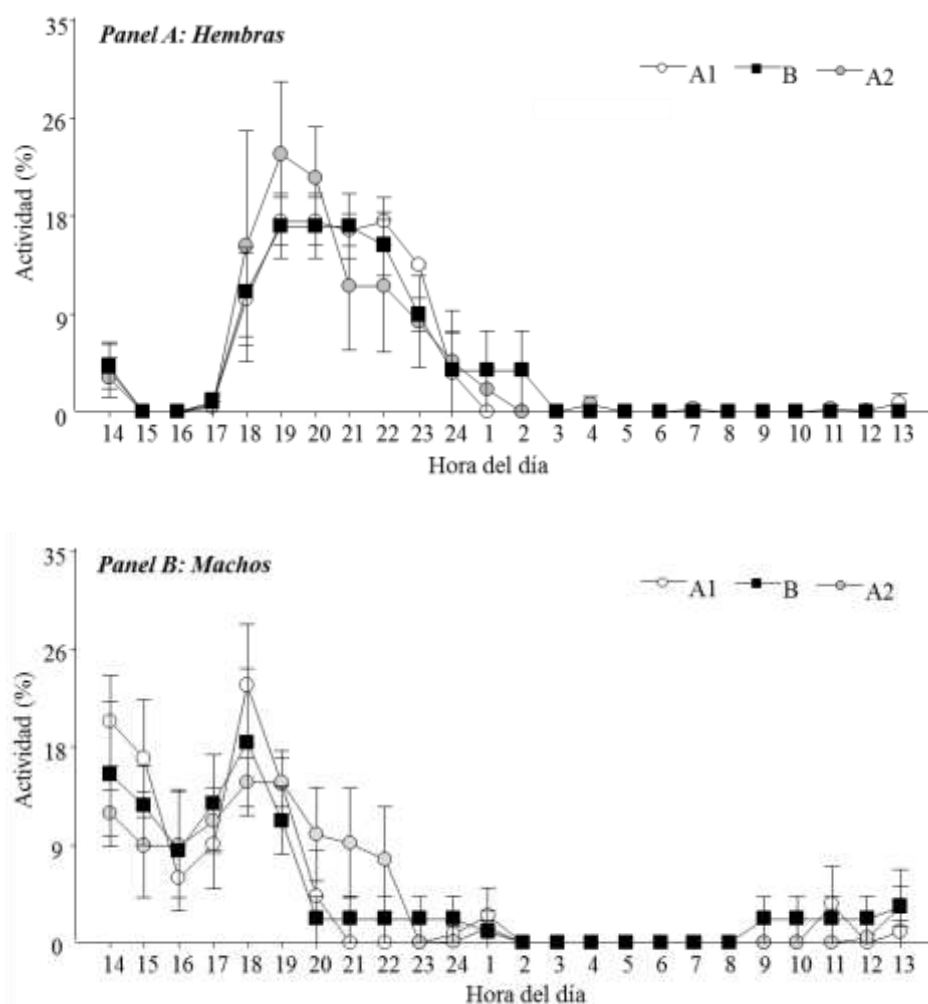


Figura 3.1: Porcentaje de actividad de ejemplares adultos de *T. tetradactyla* alojados individualmente en el Zoológico de Córdoba a lo largo de las 24hs del día, en relación a las tres etapas del diseño experimental ABA. Etapa A1 y A2: sin el chaleco y B: con el chaleco. El porcentaje se obtuvo mediante un análisis focal de los videos mediante muestreo continuo. Los resultados se expresan como media \pm error estándar; n = 6 ejemplares. La prueba comenzó a las 14hs debido a que coincide con la administración de alimento por los cuidadores.

3.2. Estudio 2

En Figura 3.2 se ilustran los perfiles de aceleración en el tiempo asociados a las actividades comportamentales observadas en un ejemplar de *T. tetradactyla* durante la prueba en la sala experimental. En ella puede observarse, por ejemplo, que el comportamiento con menor variación en los tres ejes fue el comportamiento *inmóvil*. Luego, se observa el comportamiento de *locomoción de descenso*, apreciándose que los valores tienden a -1 en el eje X, y a 0 en el eje Y y en el eje Z.

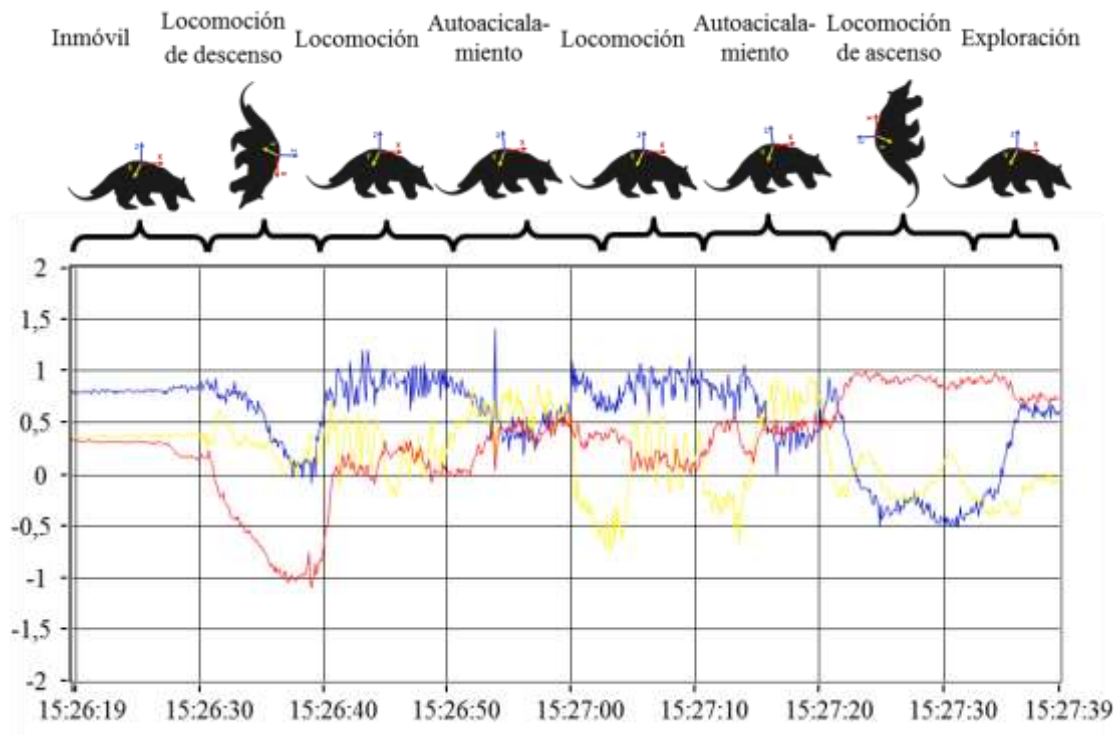


Figura 3.2: Perfiles de aceleración en el tiempo asociados a las actividades comportamentales observadas en un ejemplar de *T. tetradactyla* durante la prueba en la sala experimental. Fragmento de tiempo (15:26:19 – 15:27:39 h) ilustrado como ejemplo de los datos obtenidos durante toda la prueba. Nota: en la parte superior de la figura se observa la orientación del cuerpo y de los ejes del acelerómetro en relación a los comportamientos identificados (Ejes X = rojo, Y = amarillo y Z = azul; 10 registros/s).

Continuando con el análisis exploratorio de los valores obtenidos de *ODBA* se realizó un análisis de conglomerados (Figura 3.3). Se destacan por un lado los comportamientos llamados *descanso*, *inmóvil*, *alimentación* y *otros* que tienen su origen en un mismo nodo, quedando separados del resto de los comportamientos, como consecuencia de la comparación de medias, lo que genera la secuencia jerárquica presentada en la figura.

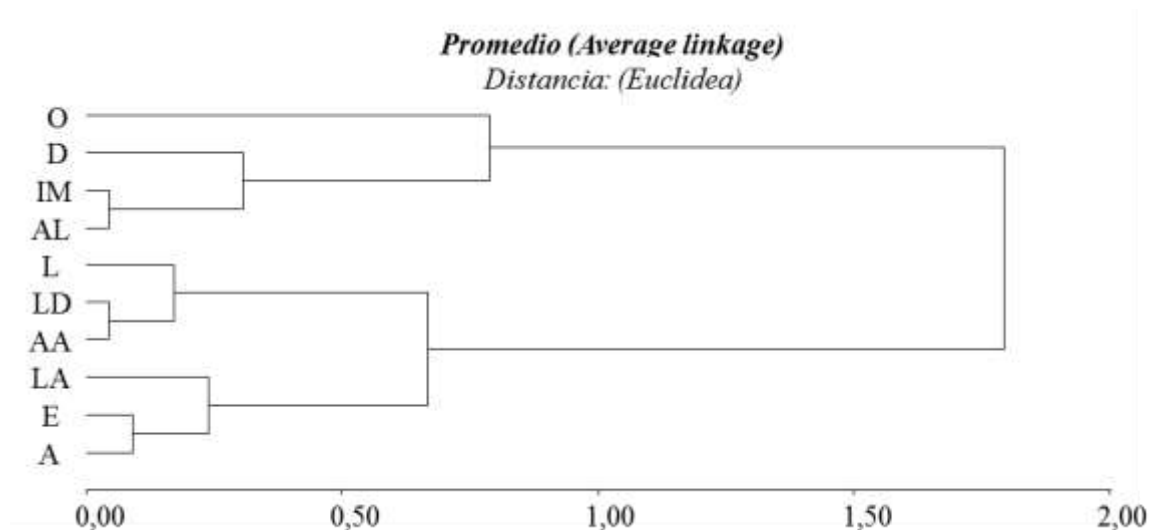


Figura 3.3: Análisis de conglomerados para los valores de ODBA asociados a los comportamientos registrados en ejemplares de *T. tetradactyla* durante la prueba en la sala experimental. Se observa la secuencia jerárquica de formación de conglomerados teniendo en cuenta la comparación de medias. Otros: O; Descanso: D; Inmóvil: IM; Alimentación: AL; Locomoción: L; Locomoción de descenso: LD; Auto-acicalamiento: AA; Locomoción de ascenso: LA; Exploración: E y Alerta: A. n= 10 ejemplares.

Mediante la exploración gráfica, se detectó que el *ODBA* en los comportamientos descanso, inmóvil y alimentación presentó valores próximos a 0. Los demás comportamientos observados tuvieron valores mayores de *ODBA* (Figura 3.4, panel A). De la misma manera se exploraron gráficamente los valores de los ejes X, Y y Z para cada comportamiento, observándose en Figura 3.4, panel B los comportamientos *locomoción ascenso* y *descenso*. Particularmente el comportamiento *locomoción de ascenso* mostró valores del eje X cercanos a 1, ya que la posición del cuerpo del animal siempre fue con la cabeza hacia arriba durante el desarrollo del mismo. Por el contrario, el comportamiento *locomoción de descenso* fue realizado en dos posiciones distintas: con la cabeza hacia arriba, arrojando valores de los tres ejes similares al comportamiento *locomoción de ascenso*; o con la cabeza hacia abajo, el cual fue el único comportamiento con valores del eje X tendientes a -1. Además, se infirió de este análisis (datos no mostrados) que el comportamiento *descanso* presentó la menor variación en los tres ejes, seguido por el comportamiento *inmóvil*. Los datos del eje Y oscilaron en todos los comportamientos activos alrededor de 0. Los comportamientos de *exploración*, *auto-acicalamiento* y *locomoción* mostraron patrones muy similares, con valores de los ejes X e Y cercanos a 0 y valores del eje Z cercanos a 1.

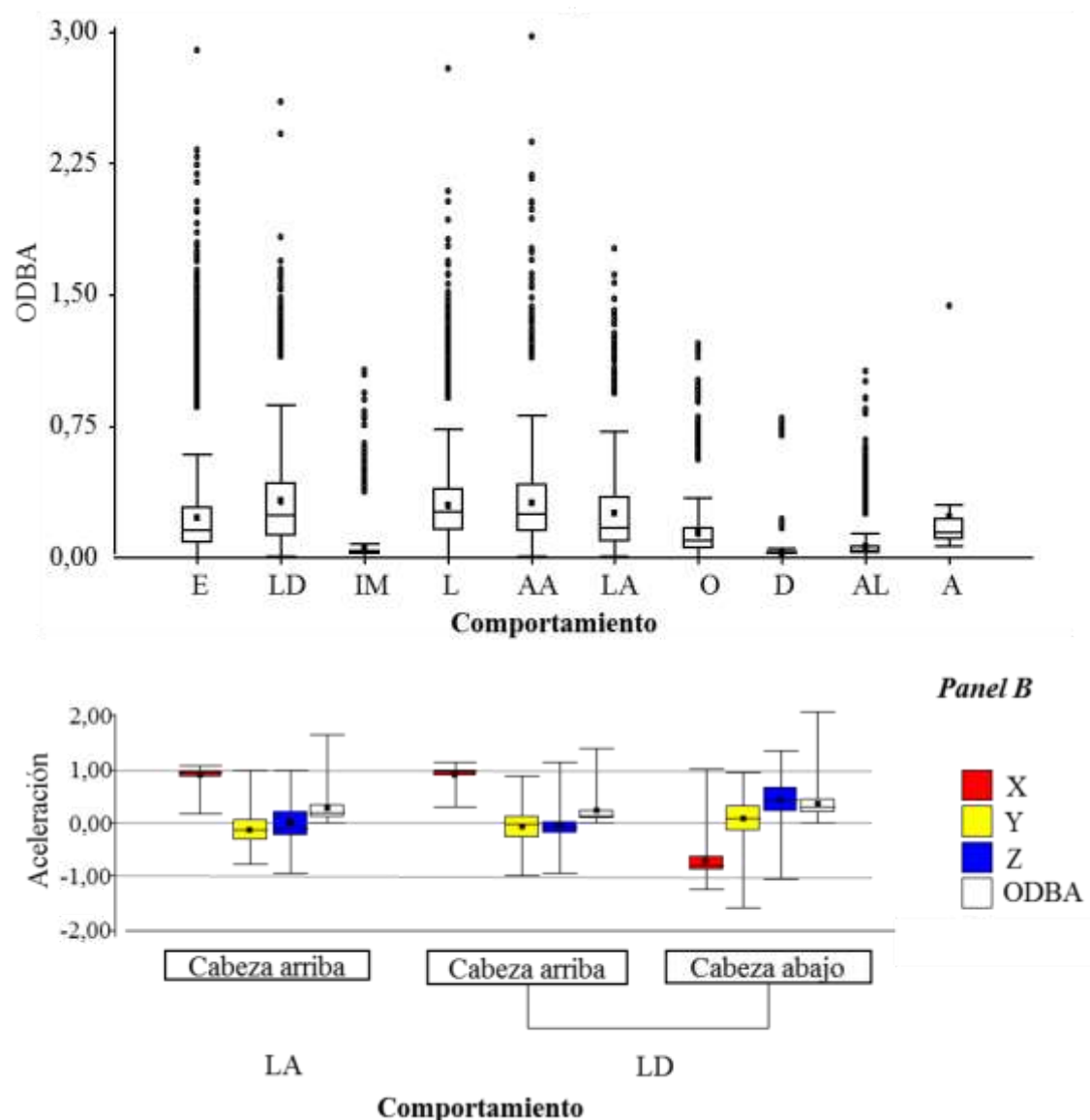


Figura 3.4: Representación gráfica de caja (tipo box-plot) de los datos del acelerómetro obtenidos en ejemplares de *T. tetradactyla* durante la prueba realizada en la sala experimental. Los diagramas de caja muestran la media (punto en el interior), la mediana (línea horizontal en el interior), los percentiles 25 y 75 (límite inferior y superior de la caja), el error estándar ± 1 (en las barras) y los valores extremos (puntos fuera de la caja). Panel A: valores de ODBA (Aceleración Dinámica General del Cuerpo) en relación a cada comportamiento, un valor de ODBA por segundo analizado en la serie de tiempo (E: exploración, $n = 48080$ s; LD: locomoción de descenso, $n = 5500$ s; IM: inmóvil, $n = 1810$ s; L: locomoción, $n = 18941$ s; AA: auto-acicalamiento, $n = 9739$ s; LA: locomoción de ascenso, $n = 4550$ s; O: Otros, $n = 2540$ s; D: descanso, $n = 7080$ s; AL: alimentación, $n = 20730$ s; A: alerta, $n = 50$ s). Panel B: valores de los ejes X, Y y Z y ODA para los comportamientos locomoción de ascenso ($n = 4550$ s) y locomoción de descenso, detallando la posición del cuerpo del ejemplar (cabeza arriba $n = 470$ s y cabeza abajo $n = 4800$ s).

En la prueba de 24hs realizada en el habitáculo, el análisis de video permitió determinar 71 eventos de *actividad* e *inactividad*. Además se registraron 674 eventos de

comportamientos que incluyen *locomoción*, *locomoción de ascenso*, *locomoción de descenso*, *locomoción repetitiva* y *locomoción de trepado invertido*. El acelerómetro mostró un patrón de fluctuaciones como se ilustra en la Figura 3.5, panel A. En ella se observan períodos con mayores fluctuaciones de los ejes, principalmente durante la etapa de luz (diurno) alternados con períodos donde los valores de los ejes se mantienen con menos variaciones. Los períodos con mayores fluctuaciones, se corresponden con valores mayores de *ODBA*, como puede observarse en la Figura 3.5, Panel B.

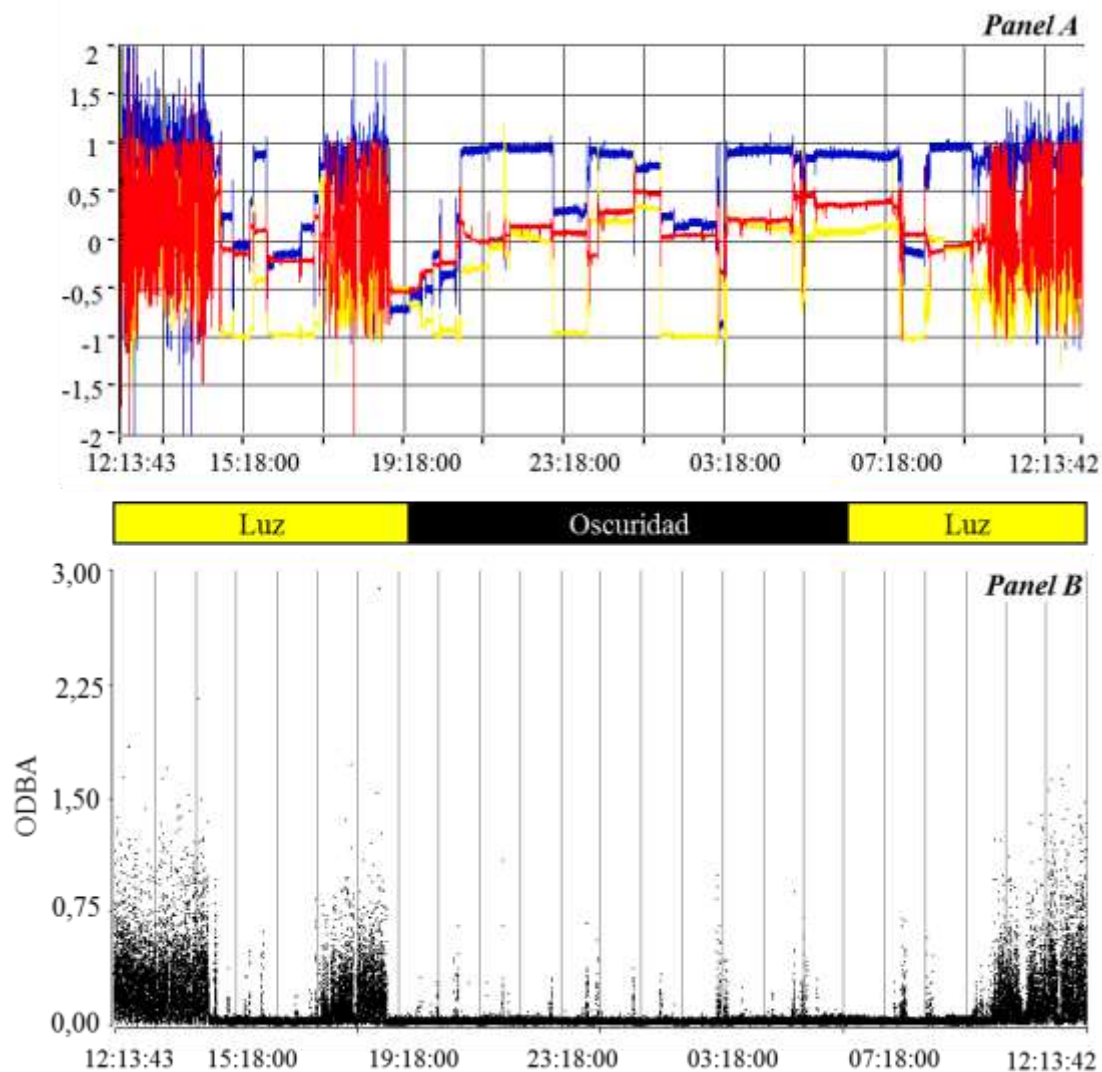


Figura 3.5: Perfiles de la salida del acelerómetro (panel A) y diagrama de puntos de ODBA (panel B) obtenidos durante la prueba de 24hs realizada con un ejemplar de *T. tetradactyla* en el habitáculo. Panel A: fluctuaciones de los ejes X (rojo), Y (amarillo) y Z (azul). Panel B: las líneas verticales indican períodos de 60 minutos a lo largo de la prueba. Los períodos de 12:13:43h a 19:23:00h y de 06:43:00h a 12:13:42h se asocian con la fase de luz y el periodo de 19:24:00h a 06:42:00h con la fase de oscuridad.

Luego del análisis del video de 24hs se aplicaron los valores umbrales de *ODBA* definidos anteriormente para detectar actividad en la salida de los datos del acelerómetro.

En Tabla 3.1 se muestra la relación entre eventos observados y eventos esperados. Teniendo en cuenta estos resultados la precisión del análisis fue del 100% y la sensibilidad del mismo 85,91%. Además, en Figura 3.6 se ilustra un evento de actividad (verdadero positivo), uno de inactividad (verdadero positivo) y uno de actividad observado en el video y clasificado como inactivo por el acelerómetro (falso negativo).

Tabla 3.1: Matriz comparativa de clasificación de los eventos de actividad e inactividad de un ejemplar de *T. tetradactyla* durante la prueba de 24hs en el habitáculo, según las tecnologías empleadas.

		Eventos observados (video)		
		Actividad	Inactividad	Total
Eventos predichos (acelerómetro)	Actividad	26	0*	26
	Inactividad	10**	35	45
	Total	36	35	71

*Falsos positivo; **Falso negativo.

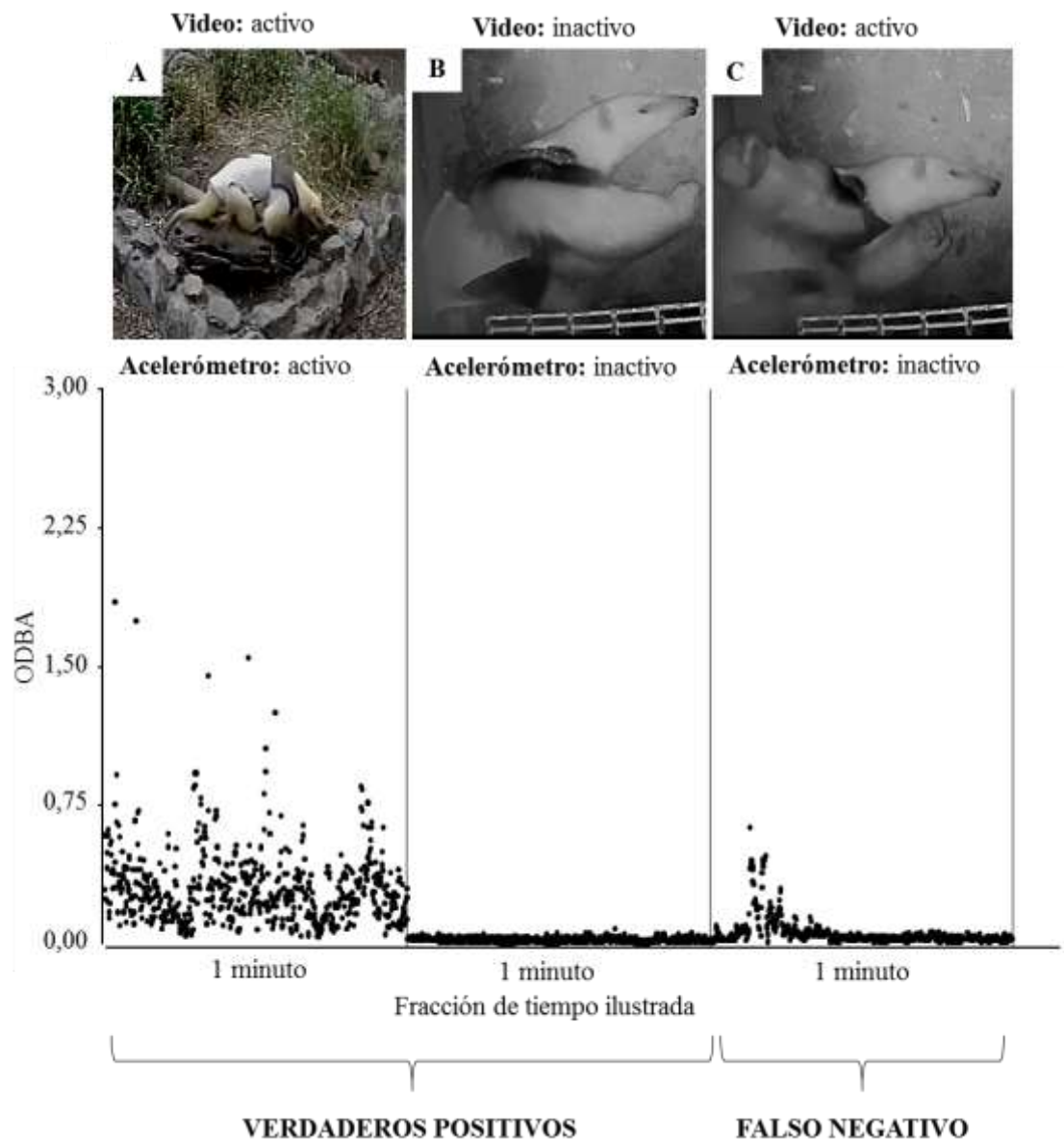


Figura 3.6: Ilustración combinando elementos de ambas tecnologías empleadas para monitorear el patrón de actividad de *T. tetradactyla* en habitáculos del Zoológico de Córdoba. Se muestran 3 fotografías asociadas al estado del animal, imagen típica observada durante un muestreo analizado en el vídeo y clasificada según etograma (Tabla 2.1). En la imagen A se observa al animal realizando el comportamiento de locomoción (activo), en la imagen B el animal se encuentra descansando (inactivo), y en la imagen C se observa al animal realizando otro comportamiento (activo; moviendo las patas delanteras). Al pie de cada foto se ilustran los valores de ODBA detectados durante el muestreo analizados en los vídeos, nótese que en el primer panel los datos son mayores a 0.0055 (umbral de actividad), en el segundo panel los datos son inferiores y en el tercer panel algunos datos son mayores al umbral. El promedio de ODBA de los paneles dos y tres fue inferior al umbral de actividad.

Luego, se analizó la salida del acelerómetro para corroborar si los valores esperados de los tipos de locomoción identificados en el video estaban incluidos dentro de los intervalos definidos para los ejes X y Z según los datos analizados en la sala experimental (Tabla 3.2).

Tabla 3.2: Análisis del recuento de los tipos de locomoción observados en un ejemplar de *T. tetradactyla* durante la prueba de 24hs según las tecnologías empleadas.

Comportamientos observados	Total	Intervalos de la mediana para X y Z según el acelerómetro	
		Eventos incluidos	Eventos no incluidos
Locomoción	558	547	11
Locomoción de ascenso	38	37	1
Locomoción de descenso	50	29	21

En la prueba de 24hs en el habitáculo se registraron dos comportamientos que no habían expresado los animales en la prueba de la sala experimental: *locomoción de trepado invertido* y *locomoción repetitiva*. Los valores de los ejes X, Y y Z, y el ODBA para estos tipos de locomoción se muestran en la Figura 3.7, junto con locomoción de manera comparativa. Los comportamientos de *locomoción* y *locomoción repetitiva* muestran patrones similares, mientras que en el comportamiento de *locomoción de trepado invertido* se destacan valores del eje Z cercanos a -1.

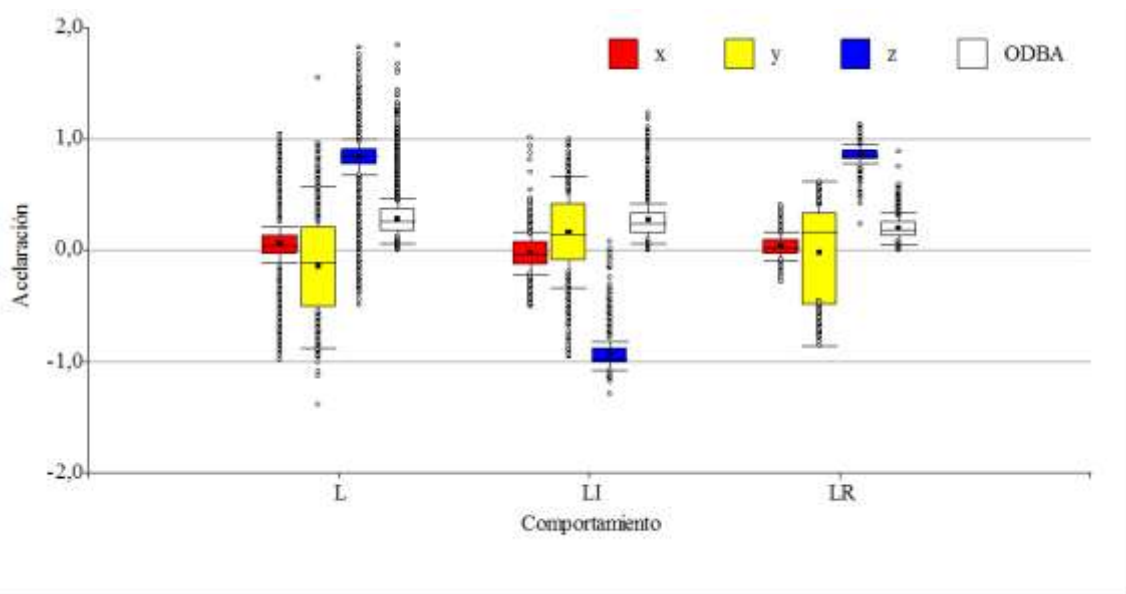


Figura 3.7: Representación gráfica de caja (tipo box-plot) de los datos del acelerómetro obtenidos en un ejemplar de *T. tetradactyla* durante la prueba de 24hs realizada en el habitáculo. Valores de los ejes X, Y y Z y valores de ODBA (Aceleración Dinámica General del Cuerpo; un valor de ODBA por segundo analizado en la serie de tiempo) en relación a tres comportamientos de locomoción (L: locomoción, n = 18941s; LI: locomoción de trepado invertido, n = 2820s; LR: locomoción repetitiva, n = 1320s). Los diagramas de caja muestran la media (punto en el interior), la mediana (línea horizontal en el interior), los percentiles 25 y 75 (límite inferior y superior de la caja), el error estándar ± 1 (en las barras) y los valores extremos (puntos fuera de la caja).

3.3. Estudio 3

El análisis estadístico de las observaciones realizadas sobre los videos indicó diferencias significativas en la *actividad total* ($F_{2, 46651} = 161,4$; $p < 0,0001$; Figura 3.8).

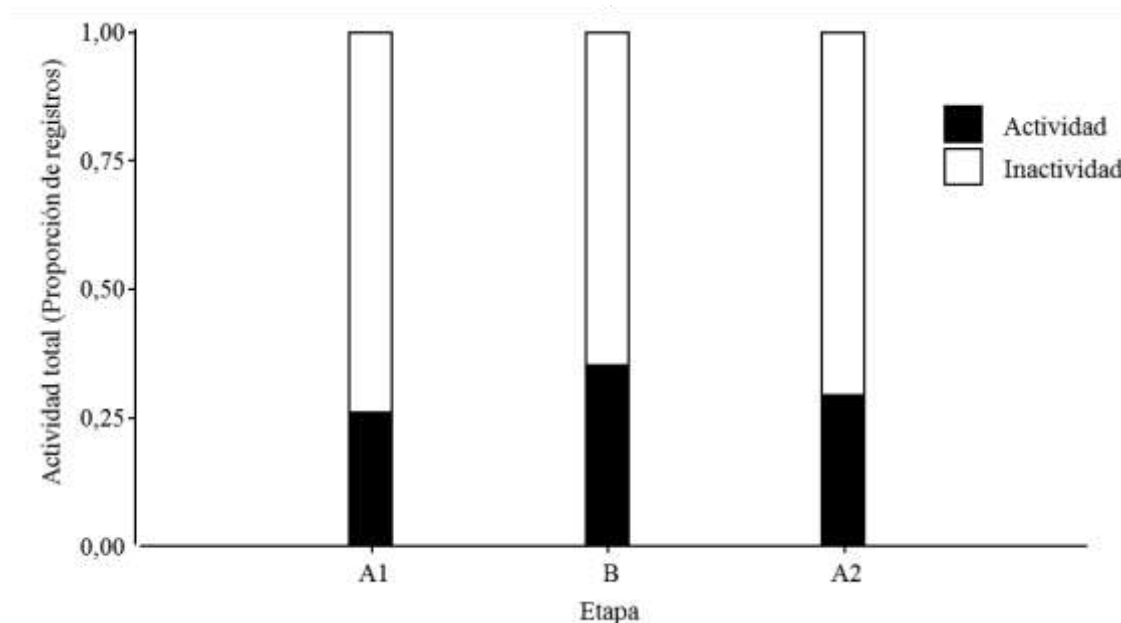


Figura 3.8: Actividad total de ejemplares adultos de *T. tetradactyla* alojados individualmente en el Zoológico de Córdoba en relación a las etapas experimentales (ABA) para valorar la influencia de la complejidad del hábitaculo. Etapas A1 y A2: hábitaculo con elementos de trepado y B: hábitaculo reducido en su número de elementos de trepado. Los registros de actividad se obtuvieron en puntos de muestreo cada 5 minutos, mediante observaciones durante 9 segundos en los videos (2592 registros/ejemplar/etapa). Los resultados se expresan como proporción de registros; $n = 6$ ejemplares. La prueba LSD de Fisher indicó diferencias estadísticas: $B > A2 > A1$ = $p < 0,0001$.

En relación al análisis estadístico de los datos del acelerómetro y al registro de eventos que se asociaron a un valor de varianza para ODBA superior al valor umbral, se observaron diferencias significativas en la *actividad total* (número de registro/etapa) a lo largo de las tres etapas experimentales ($F_{2, 5181} = 26,06$; $p < 0,0001$); la prueba de LSD de Fisher indicó la diferencia $B > A2 > A1$ (Figura 3.9; se ilustran los perfiles de un ejemplar a modo ilustrativo).

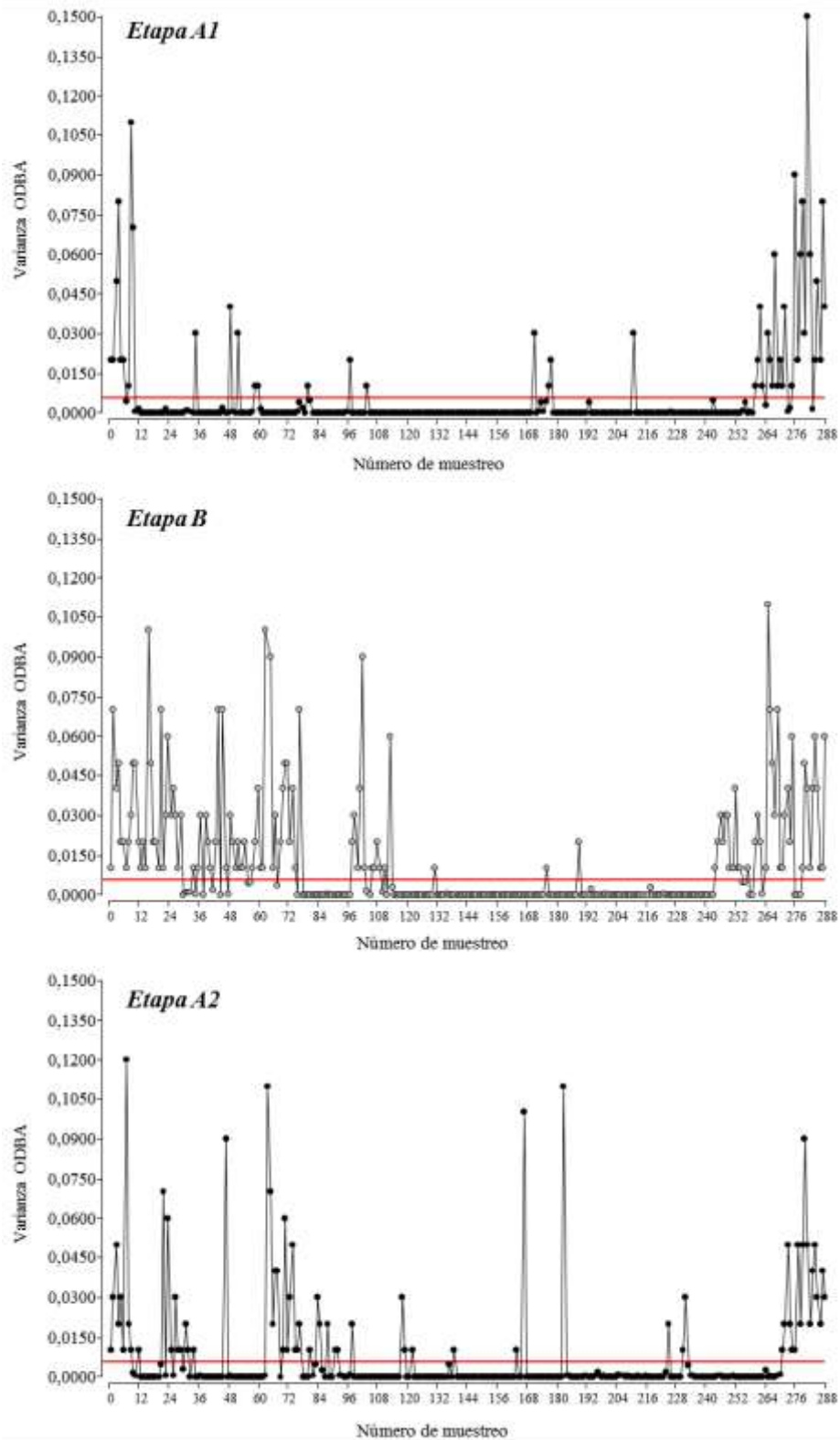


Figura 3.9: Patrón de actividad de un ejemplar adulto de *T. tetradactyla* alojado individualmente en el Zoológico de Córdoba en relación a las etapas experimentales (ABA) para valorar la influencia de la complejidad del hábitaculo. Se calculó la varianza del ODBA para cada punto de muestreo (90 registros/muestreo; 12 muestreos/hora). La línea roja horizontal indica el valor umbral para discriminar comportamientos activos de inactivos.

Considerando el análisis del patrón de actividad con ambas tecnologías (Tabla 3.3), la precisión fue 100% y la sensibilidad fue 91,3%.

Tabla 3.3: Matriz comparativa de la clasificación de los eventos de actividad e inactividad de los ejemplares de *T. tetradactyla* durante las etapas experimentales ABA, según las tecnologías empleadas.

		Eventos observados (video)		
		Actividad	Inactividad	Total
Eventos predichos (acelerómetro)	Actividad	1121	0*	1121
	Inactividad	450**	3613	4063
	Total	1571	3613	5184

*Falsos positivo; **Falso negativo. 5184 = 288 puntos de muestreo/6 ejemplares/3 etapas.

En relación a los tipos de locomoción, el análisis estadístico indicó diferencias significativas en los comportamientos de *locomoción* ($F_{2, 46651} = 18,18$; $p < 0,0001$) y de *locomoción de trepado invertido* ($F_{2, 46651} = 14,84$; $p < 0,0001$) a lo largo de las tres etapas experimentales, según los análisis de video. La prueba LSD de Fisher indicó para ambos comportamientos que la etapa B tuvo mayor número de registros acumulados (*Locomoción*: $B > A1 = A2$; *Locomoción de trepado invertido*: $B > A1 > A2$). En cambio, las *locomociones de ascenso* o *descenso* no mostraron diferencias a lo largo de las etapas experimentales (Figura 3.10).

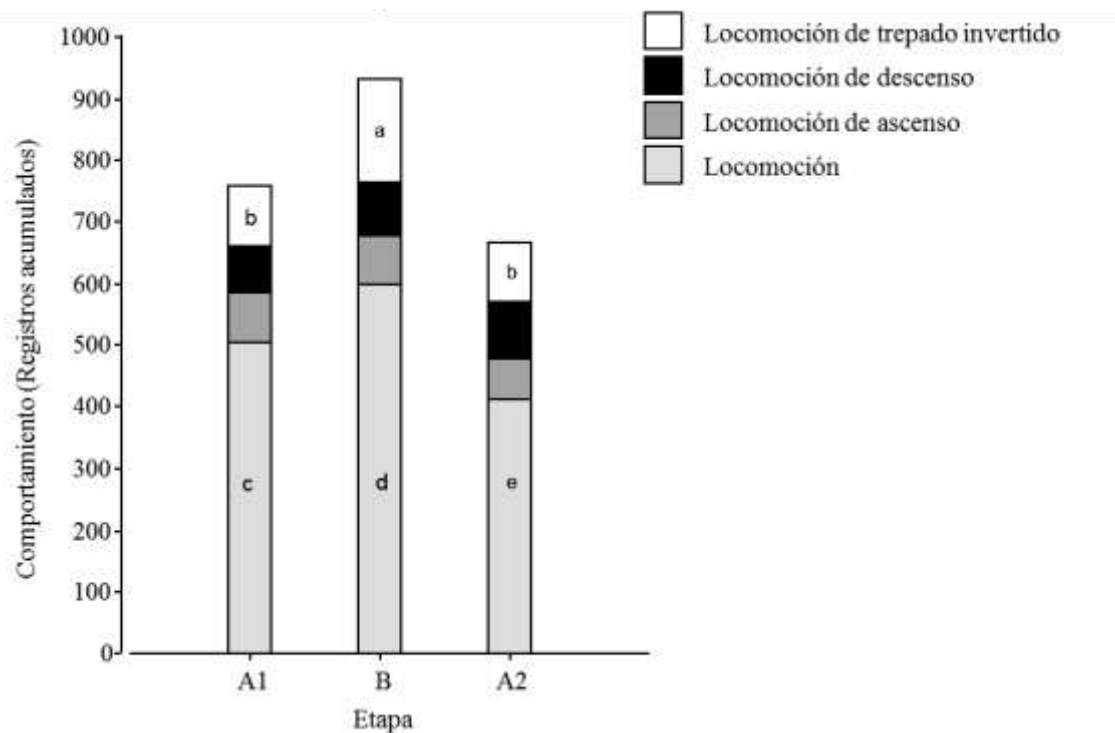


Figura 3.10: Actividades de locomoción (registros acumulados/tipo de locomoción) de ejemplares adultos de *T. tetradactyla* alojados individualmente en el Zoológico de Córdoba en relación a las etapas experimentales (ABA) para valorar la influencia de la complejidad del hábitáculo. Etapas A1 y A2: hábitáculo con elementos de trepado y B: hábitáculo reducido en su número de elementos de trepado. Los registros de actividad se obtuvieron en puntos de muestreo cada 5 minutos, mediante observaciones durante 9 segundos en los videos (2592 registros/ejemplar/etapa). n = 6 ejemplares.

En relación al análisis de los tipos de locomoción según los datos del acelerómetro, los valores de precisión y sensibilidad obtenidos para cada locomoción se detallan en la Tabla 3.4. En tal sentido, por ejemplo, el 24% de precisión para el comportamiento de *locomoción* surge del registro de 509 eventos verdaderos positivos y 1587 eventos falsos positivos (eventos clasificados como *locomoción* según los intervalos de los ejes X y Z, que fueron en realidad observados como otros comportamientos en los videos). En el caso de la sensibilidad, el 33% surge del registro de 509 eventos verdaderos positivos y 1011 eventos falsos negativos (eventos clasificados en otros tipos comportamientos, que fueron en realidad observados como *locomoción* en los videos). Por lo tanto, este análisis impidió el análisis de las actividades de locomoción en relación a las etapas experimentales por medio del empleo del acelerómetro.

Tabla 3.4: Medidas de precisión y sensibilidad calculada para los tipos de locomoción observadas en los ejemplares de *T. tetradactyla* durante las etapas experimentales ABA, según los registros de los videos y los datos del acelerómetro.

Comportamiento	Precisión	Sensibilidad
Locomoción	24%	33%
Locomoción de ascenso	17%	65%
Locomoción de descenso	21%	19%
Locomoción de trepado invertido	62%	23%
Locomoción repetitiva en el suelo	8%	12%

Al comparar estadísticamente la *actividad total* se encontraron diferencias significativas entre los registros obtenidos mediante el video y el acelerómetro, siendo los valores obtenidos en vídeos superiores para las etapas basales (A1: $T = -5,22$; $p = 0,0004$; A2: $T = -2,24$; $p = 0,0486$) y en la etapa tratamiento sin diferencias significativas (B: $T = -1,72$; $p = 0,1159$). Sumado a esto, al comparar las variables *acrofase* ($T = 0,84$; $p = 0,4334$), *inicio* ($T = 0,49$; $p = 0,6332$) y el *fin* ($T = -0,15$; $p = 0,8833$) de la actividad no se detectaron estadísticamente diferencias entre los datos de los videos con los del acelerómetro. Por ejemplo, en el caso de *acrofase* según el video el valor obtenido fue $6,17 \pm 1,14$ hs, mientras que el valor obtenido según los datos del acelerómetro fue $8,91 \pm 3,05$ hs. En la Figura 3.11 se muestran los actogramas para las 3 etapas generados a partir de los datos del video y del acelerómetro, los cuales son similares para cada día de estudio.

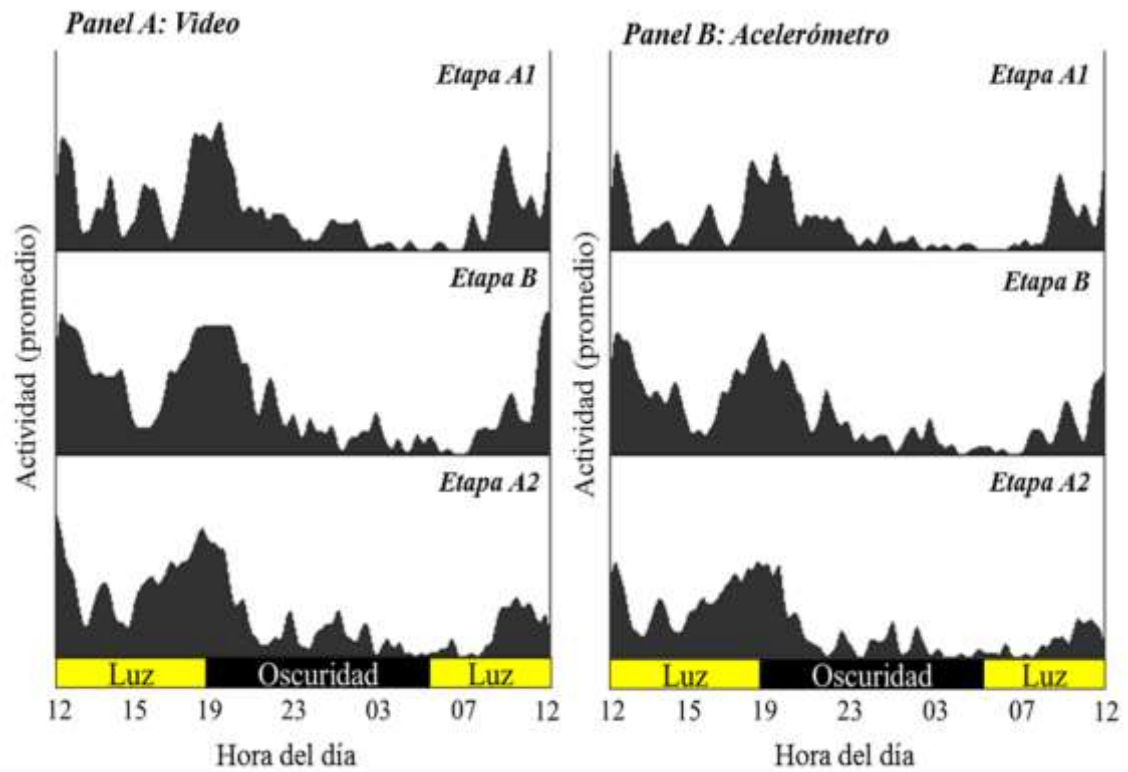


Figura 3.11: Actogramas promedio suavizados de ejemplares adultos de *T. tetradactyla* alojados individualmente en el Zoológico de Córdoba en relación a las etapas experimentales (ABA) para valorar la influencia de la complejidad del hábitaculo. Los períodos de 12:13:43h a 19:23:00h y de 06:43:00h a 12:13:42h se asocian con la fase de luz y el periodo de 19:24:00h a 06:42:00h con la fase de oscuridad; n = 6 ejemplares.

4. Discusión

En el presente trabajo fue posible validar el uso de un acelerómetro tri-axial para caracterizar el patrón de actividad en ejemplares de *Tamandua tetradactyla* en condiciones semicontroladas. Sin embargo, la validación demostró al presente que no son confiables, de acuerdo a los parámetros de sensibilidad y precisión, las variables consideradas en el estudio (*X*, *Z* y *ODBA*) para determinar tipos de locomoción observadas en los vídeos.

En primera instancia se logró determinar que el montaje del acelerómetro, realizado mediante el chaleco diseñado para ubicarlo sobre el dorso del animal, no influyó en el *patrón de actividad* de los ejemplares de *T. tetradactyla* estudiados bajo condiciones semicontroladas. El *porcentaje de actividad* por hora del día mostró claramente que a lo largo de las tres etapas experimentales ABA los perfiles fueron similares, y los horarios con los mayores *porcentajes de actividad*, tanto para machos como para hembras, fueron similares a los encontrados en otro estudio de comportamiento realizado sobre ejemplares de *T. tetradactyla* alojados individualmente en el Zoológico de Córdoba sin la utilización del chaleco (Eguizábal *et al.*, 2019). Además, los animales estudiados se encontraron activos en ambas fases del ciclo de luz/oscuridad, lo que se corresponde con lo publicado para otra especie del mismo género en vida silvestre (*T. mexicana*) que presenta actividad tanto diurna como nocturna (Brown, 2011). Cabe destacar, sin embargo, que la colocación del acelerómetro de la manera más similar posible en todos los individuos, aún en los de diferente tamaño corporal, es un desafío para minimizar los errores en la interpretación de los resultados obtenidos (Gleiss *et al.*, 2010). En este caso la utilización del chaleco como accesorio de montaje permitió posicionar el acelerómetro bien sujeto al cuerpo del animal manteniendo el eje *X* alineado con el eje longitudinal del cuerpo, sin que se observaran aparentes rotaciones ni cambios de posición durante las pruebas realizadas.) Algunas consideraciones prácticas a tener en cuenta son: la colocación del chaleco requiere el trabajo conjunto de tres o cuatro personas entrenadas para que sea realizado en un periodo breve de tiempo (<5 minutos); en cambio, el acelerómetro puede ser colocado y desmontado del chaleco con facilidad por un solo operario; y por último, quizás sería interesante explorar nuevos materiales textiles, siempre y cuando se ajusten a la forma anatómica del cuerpo, ya que se observó con algunos de los ejemplares estudiados que el material utilizado en este trabajo fue debilitado con las garras al auto-acicalarse. Considerando las pruebas realizadas y la falta de efecto del chaleco sobre el

patrón de actividad como otras alternativas utilizadas en especies emparentadas (Brown, 2011: animal anestesiado para pegar el acelerómetro en el lomo; Di Blanco *et al.*, 2012: oso hormiguero con arnés de cuero), consideramos que el chaleco podría ser la opción más adecuada para aplicar en estudios comportamentales con el acelerómetro, procurando no anestesiarse (estresor farmacológico que altera el estado del animal) ni usar elementos rígidos (como los arneses). Aunque se necesitan pruebas adicionales para demostrar que el chaleco es la opción más adecuada entre otras tecnologías para evaluar el patrón de actividad sin alteraciones sobre el animal. Por lo tanto, el chaleco sería una herramienta no invasiva para aplicar de manera temporaria el acelerómetro y/u otros dispositivos de tamaño pequeño, de forma que sean fácilmente recuperables, lo cual es especialmente importante cuando se trabaja con animales silvestres bajo cuidado humano en zoológicos y/o centros de conservación. Sumado a esto, utilizar el chaleco para asociar al acelerómetro otros dispositivos como sistemas de localización por GPS, magnetómetros, etc. permitiría estudiar con mayor detalle aspectos comportamentales, fisiológicos y ecológicos (Cooke *et al.*, 2004; Brown *et al.*, 2013; Hughey *et al.*, 2018).

En el presente estudio también se logró caracterizar el patrón de fluctuaciones resultante del acelerómetro con los cambios de orientación y movimiento del cuerpo de cada animal. La prueba realizada en la sala experimental permitió observar con gran detalle los movimientos y posiciones del cuerpo para casi todos los comportamientos que expresan habitualmente los animales en estudio. Los comportamientos de *locomoción*, *exploración* y *autoacicalamiento* fueron los que tuvieron mayor número de eventos registrados. Sólo los comportamientos de *locomoción repetitiva* y de *locomoción de trepado invertido* no fueron observados y tuvieron que ser caracterizados posteriormente en la prueba de 24hs. La *locomoción de trepado invertido* no podía expresarse debido a que en la sala experimental no había una estructura de trepado que permitiera realizar este comportamiento. Por otro lado, los perfiles de aceleración en el tiempo asociados a las actividades comportamentales observadas permitieron comprobar que los comportamientos que implican pocos movimientos del cuerpo (como descanso, inmóvil y alimentación) presentaron la menor variación en los valores de los ejes X, Y y Z, tanto en la sala experimental como en la prueba de 24hs realizada en el hábitculo. Este resultado en el comportamiento de descanso coincide en general con lo descrito para otras especies estudiadas con acelerómetros (ej.: Clemente *et al.*, 2016; Fehlmann *et al.*, 2017). También se observó que los valores de los ejes X y Z permiten inferir de manera correcta la posición del cuerpo del animal. En cuanto a los valores del eje Y, no se

encontraron en los perfiles de aceleración valores que fueran de utilidad para caracterizar posiciones del cuerpo o algún comportamiento en particular. Se comprobó que el comportamiento *locomoción de ascenso* se caracteriza por poseer valores cercanos a 1 en el eje X, lo cual se correlaciona con la posición perpendicular al suelo del eje longitudinal del cuerpo, ya que es un comportamiento en el que los ejemplares siempre tienen la cabeza hacia arriba. En cambio, el comportamiento de *locomoción de descenso*, si bien fue el único comportamiento que en varios eventos mostró valores del eje X cercanos a -1 (lo que se correlaciona con la posición del cuerpo cabeza hacia abajo), también se observaron otros valores correspondientes a descensos con la cabeza hacia arriba o de lateral, lo que indica que los valores de los ejes no son suficientes para caracterizar a este comportamiento, en particular en nuestras condiciones experimentales. Por otro lado, los comportamientos de *locomoción* y *exploración* mostraron patrones similares en los valores de los tres ejes probablemente por las características del etograma utilizado, ya que la exploración puede incluir movimientos de desplazamiento. Si bien *exploración* necesariamente implica interacción con el medio (por ejemplo, olfateando), la ubicación del acelerómetro en el cuerpo del animal utilizada en este estudio no permite la discriminación de los movimientos de cabeza. Sin embargo, cabe destacar que antes de comenzar el estudio 2, en el laboratorio, durante la exploración visual de los datos del acelerómetro se observaron en el eje Y oscilaciones a lo largo de los eventos de *locomoción* y *exploraciones* con desplazamiento que podrían ser estudiados con otros índices en futuras investigaciones, por ejemplo, buscando si estas fluctuaciones caracterizan o se corresponden con los pasos de locomoción (ver lo realizado por Clemente *et al.*, 2016). En relación a los intervalos fijados de los valores de los ejes X y Z para caracterizar los tipos de locomoción en la prueba de 24hs, tanto el comportamiento de *locomoción* como el de *locomoción de ascenso* tuvieron la mayoría de los eventos clasificados de manera correcta, pero el comportamiento de *locomoción de descenso* tuvo una notable proporción de eventos clasificados de manera incorrecta probablemente por las distintas posibles posiciones mencionadas anteriormente que puede tener este comportamiento. También, por medio de la prueba de 24hs, se pudieron registrar y caracterizar los comportamientos de *locomoción repetitiva* (con valores de los tres ejes muy similares a locomoción y exploración) y de *locomoción de trepado invertido*. En este último comportamiento, se destacaron valores del eje Z cercanos a -1, lo que permitió caracterizar la posición del cuerpo paralela al suelo cuando el animal se encontraba suspendido en un elemento de trepado. Sin embargo, al poner a prueba los intervalos

definidos en la sala experimental y la prueba de 24hs para distinguir tipos de locomoción en el último estudio realizado, los valores de precisión y sensibilidad fueron reducidos. Esto significaría, por un lado, que los restantes comportamientos tienen características de su dinámica, desde el punto de vista del acelerómetro, similares al comportamiento que se quería distinguir; este inconveniente no existió en el análisis de video. Por otro lado, quizás en relación al muestreo de los datos del acelerómetro, los intervalos para distinguir comportamientos incluían a los datos que reflejaban la transición entre distintas actividades comportamentales. Entendemos por transición al momento en el que concluye un comportamiento y comienza el siguiente según el etograma que implica algunos segundos de video asociados a 10 datos/segundo registrados por el acelerómetro. Por lo cual, si bien los valores de los ejes X y Z fueron suficientes para caracterizar las distintas posiciones del cuerpo en cada tipo de locomoción, no fueron suficientes para permitir discriminarlas de otros comportamientos de acuerdo a los valores de los parámetros de confianza utilizados.

En relación al *ODBA*, fue un parámetro donde el umbral fijado para su varianza permitió discriminar eventos de *actividad* y de *inactividad*, teniendo un alto porcentaje de precisión y sensibilidad, tanto en la prueba de 24hs del Estudio 2 como en el Estudio 3. Sumado a esto, los eventos falsos negativos obtenidos en la prueba de 24hs del Estudio 2, fueron explorados nuevamente en las filmaciones de video y se encontró que todos eran eventos donde el animal interrumpía el comportamiento de *descanso* abriendo los ojos o acomodando su posición para seguir descansando, por lo tanto, eran eventos de muy baja aceleración según los datos del acelerómetro, ocasionando que se confundían con *descanso*. Los valores más bajos de *ODBA* (cerca de 0) correspondieron a comportamientos de baja aceleración dinámica (*descanso*, *inmóvil* y *alimentación*), lo que se reflejó en el análisis de conglomerados y coincide con la menor variación de los ejes X, Y y Z obtenidos para esos comportamientos. En cuanto al comportamiento de *alimentación*, presenta bajos valores de *ODBA* (y baja variación en los valores de los tres ejes) particularmente en esta especie, debido a que los animales realizan la ingesta de alimento con mínimos movimientos del cuerpo, ayudándose con la lengua y/o las garras para interactuar con el alimento pero sin grandes desplazamientos, por lo cual sus valores de aceleración no tienen marcadas fluctuaciones. Esto concuerda con lo informado por Brown (2011) para *T. mexicana* en vida silvestre, que tiene los mismos hábitos alimenticios que *T. tetradactyla*, y difiere con especies que por ejemplo cazan (Pagano *et al.*, 2017: *Ursus maritimus* y *Ursus arctos*; Heerah *et al.*, 2019: *Leptonychotes weddellii*).

Los restantes comportamientos estudiados, y en especial los tipos de locomoción, tuvieron valores de *ODBA* similares y dentro de un amplio rango de valores, por lo que no pudieron ser discriminados entre sí con este parámetro. Esto puede deberse a que el *ODBA* es afectado por variables como la media utilizada para calcularlo, la frecuencia de muestreo y la resolución del acelerómetro (Shepard *et al.*, 2008a). Se sugiere profundizar sobre su aplicación para distinguir comportamientos en esta especie ya que el *ODBA* es un parámetro importante para evaluar el gasto de energía, y junto con otras medidas puede contribuir a la integración de la biomecánica, el comportamiento y la ecología (Halsey *et al.*, 2011; Nathan *et al.*, 2012; Brown *et al.*, 2013).

En el presente trabajo también se logró determinar que el uso del acelerómetro es relevante biológicamente para caracterizar el patrón de actividad en habitáculos con distinta complejidad en elementos de trepado. Resultados interesantes se obtuvieron mediante el análisis de video en relación a cómo cambia la expresión de los distintos tipos de locomoción al variar la complejidad del habitáculo, aunque los resultados de la validación (confianza de acuerdo a la sensibilidad y a la precisión) restringen al presente uso del acelerómetro para revelar los cambios en la expresión de estos comportamientos. Teniendo en cuenta el procesamiento manual de los datos que se realizó en este trabajo, la aplicación en futuras investigaciones de herramientas tecnológicas de mayor complejidad o de programas de procesamiento automático de datos tendrían el potencial para facilitar la comprensión de la posible asociación entre los comportamientos observados y los registros de aceleración.

Por otro lado, se encontró tanto en el análisis de videos como en los datos del acelerómetro, que en el habitáculo con complejidad reducida los ejemplares estudiados tuvieron una mayor *actividad* (registros/día) que en el habitáculo complejo. Comparando los valores obtenidos con ambas metodologías, la *actividad total* fue mayor en los videos. Esta diferencia podría ser explicada con la sensibilidad del estudio. La misma fue del 91,3%, lo que indica que si bien es alta, los valores de actividad total detectados con el acelerómetro fueron menores que los detectados con las filmaciones. Brown (2011) reflexiona que utilizando un acelerómetro, las mediciones de eventos de ciertos comportamientos como *alimentación* pueden ser confundidas con descanso cuando el animal se encuentra inmóvil y sólo extiende y retrae su lengua. De hecho, en nuestro caso como se mencionó anteriormente, algunos eventos activos observados en los videos fueron detectados como inactivos en el acelerómetro, marcados como falsos negativos que se asociaban a interrupciones breves del descanso del animal. Lo cual indica que el

acelerómetro estaría subestimando la *actividad* con respecto al análisis del video, pero sin que esto sea relevante biológicamente. Sumado a esto, no se encontraron diferencias significativas entre la *acrofase*, el *inicio* de la actividad y el *fin* de la actividad al comparar los datos de los videos con los del acelerómetro, lo que indica la relevancia de esta tecnología para caracterizar el patrón de actividad. En concordancia con estos resultados, se ha encontrado en vida silvestre que por ejemplo, *Dasypus novemcinctus* (una especie de armadillo de la familia Dasypodidae que está emparentada con los osos meleros, hormigueros y perezosos) aumenta su actividad diurna con la fragmentación del hábitat (Norris *et al.*, 2010). Los autores estiman que esto podría deberse a factores como estrés o a la posibilidad de adquirir alimentos, e hipotetizan que la flexibilidad en los patrones de actividad contribuye a la capacidad de esta especie para adaptarse a los cambios inducidos por las actividades antrópicas.

5. Conclusiones

En el presente estudio realizado con ejemplares adultos machos y hembras de *Tamandua tetradactyla* alojados individualmente en el Zoológico de Córdoba, se concluye que:

- El montaje del acelerómetro mediante un chaleco no influyó en el patrón de actividad.
- El patrón de fluctuaciones resultante del acelerómetro en relación al análisis de los videos permitió inferir los cambios de orientación y movimiento del cuerpo de cada animal. Se logró discriminar eventos de actividad y caracterizar los tipos de comportamientos de locomoción empleando la mediana para los valores de los ejes X, Y y Z y la varianza de la Aceleración Dinámica General del Cuerpo (ODBA).
- El uso del acelerómetro fue relevante biológicamente para caracterizar la respuesta del patrón de actividad en habitáculos con distinta complejidad en elementos de trepado, siendo el ODBA un parámetro que permitió distinguir eventos de actividad e inactividad. Sin embargo, la precisión y la sensibilidad fueron reducidas para discriminar con confianza tipos de locomoción de las restantes actividades comportamentales.
- Mediante la validación realizada es confiable el uso del acelerómetro ubicado en el dorso del animal para determinar el patrón de actividad en ejemplares de *Tamandua tetradactyla* en condiciones semicontroladas.

Referencias bibliográficas

- ❖ Albanesi, S. A., Jayat, J. P., & Brown, A. D. (2016). Patrones de actividad de mamíferos de medio y gran porte en el pedemonte de Yungas del noroeste argentino. *Mastozoología neotropical*, 23(2), 335-358.
- ❖ Bäckman, J., Andersson, A., Pedersen, L., Sjöberg, S., Tøttrup, A. P., & Alerstam, T. (2017). Actogram analysis of free-flying migratory birds: new perspectives based on acceleration logging. *Journal of Comparative Physiology A*, 203(6-7), 543-564.
- ❖ Brown, D. D. (2011). Activity patterns and space use of northern tamandua anteaters (*Tamandua mexicana*) on Barro Colorado Island, Panamá. University of California, Davis.
- ❖ Brown, D. D., Kays, R., Wikelski, M., Wilson, R., & Klimley, A. P. (2013). Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior. *Animal Biotelemetry*, 1(1), 20.
- ❖ Clemente, C. J., Cooper, C. E., Withers, P. C., Freakley, C., Singh, S., & Terrill, P. (2016). The private life of echidnas: using accelerometry and GPS to examine field biomechanics and assess the ecological impact of a widespread, semi-fossorial monotreme. *Journal of Experimental Biology*, 219(20), 3271-3283.
- ❖ Cooke, S. J., Hinch, S. G., Wikelski, M., Andrews, R. D., Kuchel, L. J., Wolcott, T. G., & Butler, P. J. (2004). Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in ecology & evolution*, 19(6), 334-343.
- ❖ Cortés-Marcial, M., & Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1433-1448.
- ❖ Di Blanco, Y. E., Pérez, I. J., Díaz, P., & Spørring, Y. K. (2012). Cinco años de radiomarcaje de osos hormigueros (*Myrmecophaga tridactyla*): mejoras implementadas y lecciones aprendidas. *Edentata*, 13(1), 49-55.
- ❖ Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M. G., Gonzalez L., Tablada, M. & Robledo C. W. InfoStat versión (2019). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- ❖ Dierenfeld, E. S., & Graffam, W. S. (1996). Manual de nutrición y dietas para animales silvestres en cautiverio (ejemplos para animales de America Latina). *Bronx: Wildlife Conservation Society*.
- ❖ Eguizábal, G. V., Palme, R., Superina, M., Asencio, C. J., García Capocasa, M. C., & Busso, J. M. (2019). Characterization and correlations of behavioral and adrenocortical activities of zoo-housed lesser anteaters (*Tamandua tetradactyla*). *Zoo biology*, 38(4), 334-342.
- ❖ Eguizábal, G. V., Palme, R., Villarreal, D., Dal Borgo, C., Di Rienzo, J. A., & Busso, J. M. (2013). Assessment of adrenocortical activity and behavior of the collared anteater (*Tamandua tetradactyla*) in response to food-based environmental enrichment. *Zoo biology*, 32(6), 632-640.
- ❖ Fehlmann, G., O'Riain, M. J., Hopkins, P. W., O'Sullivan, J., Holton, M. D., Shepard, E. L., & King, A. J. (2017). Identification of behaviours from accelerometer data in a wild social primate. *Animal Biotelemetry*, 5(1), 6.
- ❖ Frigaszy, D. M., Visalberghi, E., & Fedigan, L. M. (2004). The complete capuchin: the biology of the genus *Cebus*. *Cambridge University Press, Cambridge*.
- ❖ Frey, S., Fisher, J. T., Burton, A. C., & Volpe, J. P. (2017). Investigating animal activity patterns and temporal niche partitioning using camera-trap data: challenges and opportunities. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 3(3), 123-132.

- ❖ Gervasi, V., Brunberg, S., & Swenson, J. E. (2006). An individual-based method to measure animal activity levels: a test on brown bears. *Wildlife Society Bulletin*, 34(5), 1314-1319.
- ❖ Gleiss, A. C., Dale, J. J., Holland, K. N., & Wilson, R. P. (2010). Accelerating estimates of activity-specific metabolic rate in fishes: testing the applicability of acceleration data-loggers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 385(1-2), 85-91.
- ❖ Gleiss, A. C., Wilson, R. P., & Shepard, E. L. (2011). Making overall dynamic body acceleration work: on the theory of acceleration as a proxy for energy expenditure. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(1), 23-33.
- ❖ Halsey, L. G., Shepard, E. L., & Wilson, R. P. (2011). Assessing the development and application of the accelerometry technique for estimating energy expenditure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 158(3), 305-314.
- ❖ Hammond, T. T., Springthorpe, D., Walsh, R. E., & Berg-Kirkpatrick, T. (2016). Using accelerometers to remotely and automatically characterize behavior in small animals. *Journal of Experimental Biology*, 219(11), 1618-1624.
- ❖ Hayssen, V. (2011). *Tamandua tetradactyla* (Pilosa: Myrmecophagidae). *Mammalian Species*, 43(1), 64-74.
- ❖ Heerah, K., Cox, S. L., Blevin, P., Guinet, C., & Charrassin, J. B. (2019). Validation of dive foraging indices using archived and transmitted acceleration data: The case of the Weddell seal. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 30.
- ❖ Hughey, L. F., Hein, A. M., Strandburg-Peshkin, A., & Jensen, F. H. (2018). Challenges and solutions for studying collective animal behaviour in the wild. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1746), 20170005.
- ❖ Kays, R., Crofoot, M. C., Jetz, W., & Wikelski, M. (2015). Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science*, 348(6240), aaa2478.
- ❖ Kröschel, M., Reineking, B., Werwie, F., Wildi, F., & Storch, I. (2017). Remote monitoring of vigilance behavior in large herbivores using acceleration data. *Animal Biotelemetry*, 5(1), 10.
- ❖ Ladds, M. A., Thompson, A. P., Kadar, J. P., Slip, D. J., Hocking, D. P., & Harcourt, R. G. (2017). Super machine learning: improving accuracy and reducing variance of behaviour classification from accelerometry. *Animal Biotelemetry*, 5(1), 8.
- ❖ Laich, A. G., Wilson, R. P., Quintana, F., & Shepard, E. L. (2008). Identification of imperial cormorant *Phalacrocorax atriceps* behaviour using accelerometers. *Endangered species research*, 10, 29-37.
- ❖ Martin, P., & Bateson, P. (2007). Recording methods. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press.
- ❖ Mason, G. J. (2010). Species differences in responses to captivity: stress, welfare and the comparative method. *Trends in Ecology and Evolution*, 25: 713-721.
- ❖ Miranda, F., Fallabrino, A., Arteaga, M., Tirira, D. G., Meritt, D. A. & Superina, M. (2014). *Tamandua tetradactyla*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2014*: e.T21350A47442916. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20141.RLTS.T21350A47442916.en>. Descargado el 09 de Febrero de 2020.
- ❖ Morgan, K. N., & Tromborg, C. T. (2007). Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science* 102: 262-302.

- ❖ Nathan, R., Spiegel, O., Fortmann-Roe, S., Harel, R., Wikelski, M., & Getz, W. M. (2012). Using tri-axial acceleration data to identify behavioral modes of free-ranging animals: general concepts and tools illustrated for griffon vultures. *Journal of Experimental Biology*, 215(6), 986-996.
- ❖ Navarrete, D., & Ortega, J. (2011). *Tamandua mexicana* (Pilosa: Myrmecophagidae). *Mammalian Species*, 43(874), 56-63.
- ❖ Norris, D., Michalski, F., & Peres, C. A. (2010). Habitat patch size modulates terrestrial mammal activity patterns in Amazonian forest fragments. *Journal of Mammalogy*, 91(3), 551-560.
- ❖ Pagano, A. M., Rode, K. D., Cutting, A., Owen, M. A., Jensen, S., Ware, J. V., Robbins, C. T., Durner, G. M., Atwood, T. C., Obbard, M. E., Thiemann, G. W., Williams, T. M., & Middel, K. R. (2017). Using tri-axial accelerometers to identify wild polar bear behaviors. *Endangered Species Research*, 32, 19-33.
- ❖ Potts, J. R., Börger, L., Scantlebury, D. M., Bennett, N. C., Alagaili, A., & Wilson, R. P. (2018). Finding turning-points in ultra-high-resolution animal movement data. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(10), 2091-2101.
- ❖ Redford, K. H., & Eisenberg, J. F. (1992). Order Xenarthra (Edentata). *Mammals of the neotropics: The Southern Cone*. The University of Chicago Press, 46-68.
- ❖ Reinhardt, K. D., Vyazovskiy, V. V., Hernandez-Aguilar, R. A., Imron, M. A., & Nekaris, K. A. I. (2019). Environment shapes sleep patterns in a wild nocturnal primate. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.
- ❖ Rojano Bolaño, C., Miranda Cortés, L., Ávila Avilán, R., & Álvarez Otero, G. (2014). Parámetros hematológicos de Hormigueros gigantes (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758) de vida libre en Pore, Colombia. *Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 85-98.
- ❖ Rose, P. E, Nash, S. M., & Riley, L. M. (2016). To pace or not to pace? A review of what abnormal repetitive behavior tells us about zoo animal management. *Journal of Veterinary Behavior*, 20, 11-21.
- ❖ Sakamoto, K. Q., Sato, K., Ishizuka, M., Watanuki, Y., Takahashi, A., Daunt, F., & Wanless, S. (2009). Can ethograms be automatically generated using body acceleration data from free-ranging birds?. *PLoS one*, 4(4).
- ❖ Saudargas, R. A., & Drummer, L. C. (1996). Single subject (small N) research designs and zoo research. *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 15(2), 173-181.
- ❖ Schmid, B., Helfrich-Förster, C., & Yoshii, T. (2011). A new ImageJ plug-in “ActogramJ” for chronobiological analyses. *Journal of biological rhythms*, 26(5), 464-467.
- ❖ Shepard, E. L., Wilson, R. P., Halsey, L. G., Quintana, F., Laich, A. G., Gleiss, A. C., Liebsch, N., Myers, A. E., & Norman, B. (2008a). Derivation of body motion via appropriate smoothing of acceleration data. *Aquatic Biology*, 4(3), 235-241.
- ❖ Shepard, E.L., Wilson, R. P., Quintana, F., Laich, A.G., Liebsch, N., Albareda, D.A., Halsey, L. G., Gleiss, A., Morgan, D. T., Myers, A. E., Newman, C., & Macdonald, D. W. (2008b). Identification of animal movement patterns using tri-axial accelerometry. *Endangered Species Research*, 10, 47-60.
- ❖ Studd, E. K., Boudreau, M., Majchrzak, Y., Menzies, A., Peers, M., Seguin, J., Lavergne, S. G., Boonstra, R., Murray, D. L., Boutin, S., & Humphries, M. (2019). Use of acceleration and acoustics to classify behavior, generate time budgets, and evaluate responses to moonlight in free-ranging snowshoe hares. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 154.

- ❖ Superina, M., Miranda, F., & Plese, T. (2008). Maintenance of Xenarthra in captivity. The biology of the Xenarthra (SF Vizcaino and WJ Loughry, eds.). *University Press of Florida*, Gainesville, 232-243.
- ❖ Swan, M., Di Stefano, J., Christie, F., Steel, E., & York, A. (2014). Detecting mammals in heterogeneous landscapes: implications for biodiversity monitoring and management. *Biodiversity and Conservation*, 23(2), 343-355.
- ❖ Tamburini, D. (2018). Orden Pilosa, en: Torres, R. & Tamburini, D. (eds.). Mamíferos de Córdoba y su estado de conservación. Editorial de la UNC. 81-86.
- ❖ Torres, R., Monguillot, J., Bruno, G., Michelutti, P., & Ponce, A., (2009). Ampliación del límite austral de la distribución del oso melero (*Tamandua tetradactyla*) en la Argentina. *Nótulas Faunísticas, Segunda Serie* 39: 1-5.
- ❖ Varela, D., Cirignoli, S., Torres, R. M., Superina, M., (2019). *Tamandua tetradactyla*. Categorización 2019 de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción. Lista Roja de los mamíferos de Argentina. Versión digital: <http://cma.sarem.org.ar>.
- ❖ Vázquez Diosdado, J. A., Barker, Z. E., Hodges, H. R., Amory, J. R., Croft, D. P., Bell, N. J., & Codling, E. A. (2015). Classification of behaviour in housed dairy cows using an accelerometer-based activity monitoring system. *Animal Biotelemetry*, 3(1), 15.
- ❖ Williams, C. T., Barnes, B. M., & Buck, C. L. (2016). Integrating physiology, behavior, and energetics: biologging in a free-living arctic hibernator. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 202, 53-62.
- ❖ Wilson, R. P., Grundy, E., Massy, R., Soltis, J., Tysse, B., Holton, M., Cai, Y., Parrott, A., Downey, L. A., Qasem, L., & Butt, T. (2014). Wild state secrets: ultra-sensitive measurement of micro-movement can reveal internal processes in animals. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(10), 582-587.
- ❖ Zárate, Valentín. (2018) Evaluación del comportamiento de *Tamandua tetradactyla* ante estímulos alimentarios (insecta: Formicidae y Termitidae), su valor nutricional y su digestibilidad in vitro. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas. Físicas y Naturales, Tesis de Licenciatura.

Anexo 1

Tabla: Número de registros para cada uno de los comportamientos observados en los ejemplares de *T. tetradacyla* expuestos a la prueba en la sala experimental.

Comportamiento	Cantidad de eventos/U.E.										Eventos totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Alerta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Alimentación	0	2	0	3	2	3	13	1	4	1	29
Auto-acicalamiento	9	0	14	36	26	16	6	30	16	14	167
Descanso	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Exploración	34	56	35	45	37	80	48	57	31	31	454
Inmóvil	10	1	0	0	3	2	4	0	0	2	22
Locomoción	19	35	20	19	38	57	6	47	20	12	273
Locomoción de ascenso	1	2	1	7	6	6	2	4	5	2	36
Locomoción de descenso	4	1	3	5	7	6	1	2	6	4	39
Locomoción repetitiva en el suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locomoción de trepado invertido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2

Tabla: Medidas de resumen de estadística descriptiva obtenidas para cada uno de los comportamientos observados en los ejemplares de *T. tetradacyla* expuestos a la prueba en la sala experimental.

Comportamiento	n	Media	D. E.	C. V.	Min.	Max.
Alerta	1	4,0	0,0	0,0	4,0	4,0
Alimentación	29	70,5	89,5	127,0	2,0	412,0
Autoacicalamiento	167	5,2	6,6	127,5	1,0	62,0
Descanso	1	707,0	0,0	0,0	707,0	707,0
Exploración	454	10,3	16,0	155,1	1,0	182,0
Inmóvil	22	7,3	7,9	109,1	1,0	30,0
Locomoción	273	6,6	11,8	179,3	1,0	181,0
Locomoción de ascenso	36	16,6	29,7	178,3	4,0	186,0
Locomoción de descenso	39	13,1	8,5	64,6	1,0	45,0
Otros	2	126,0	19,8	15,7	112,0	140,0

Número de eventos: n; Desvío estándar: E. E.; Coeficiente de variación: C. V.; Mínimo: Min.; Máximo: Max.; todos los valores se expresan en segundos. n = 10 ejemplares. La prueba tuvo una duración de 20 minutos para cada unidad experimental, y luego de transcurridos los primeros 10 minutos se administró el alimento. Cada ejemplar fue evaluado con el acelerómetro montado.

Anexo 2

Tabla: Medidas de resumen de estadística descriptiva obtenidas para los ejes X, Y, Z y el ODBA según los comportamientos identificados.

Comportamiento	Variable	n = eventos	n = segundos	Media	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana	Kurtosis	P(05)	P(95)
Alerta	X	1	50	0,5413	0,3559	0,1266	0,0503	65,7456	0,0313	0,9063	0,7578	-1,7488	0,0781	0,9063
Alerta	Y	1	50	-0,1435	0,0802	0,0064	0,0113	55,9183	-0,3281	0,1563	-0,1563	2,9936	-0,2813	-0,0313
Alerta	Z	1	50	0,6416	0,2738	0,0750	0,0387	42,6755	0,2813	1,0625	0,4922	-1,6771	0,2813	1,0156
Alerta	ODBA	1	50	0,2331	0,2561	0,0656	0,0362	109,8642	0,0692	1,4417	0,1474	9,9886	0,0766	0,9234
Auto-acicalamiento	X	167	9739	0,2910	0,2642	0,0698	0,0027	90,8199	-1,0000	1,3594	0,2656	0,8906	-0,0781	0,8125
Auto-acicalamiento	Y	167	9739	0,0016	0,4316	0,1863	0,0044	27525,2690	-2,1250	3,2344	0,0313	-0,1954	-0,7344	0,7031
Auto-acicalamiento	Z	167	9739	0,7372	0,2759	0,0761	0,0028	37,4203	-7,2969	5,0469	0,8125	88,3953	0,2500	1,0000
Auto-acicalamiento	ODBA	167	9739	0,3168	0,2754	0,0759	0,0028	86,9493	0,0068	12,4131	0,2532	422,4633	0,0667	0,7568
Alimentación	X	29	20730	0,3519	0,4413	0,1947	0,0031	125,3963	-0,5313	1,0469	0,5000	-1,2201	-0,3594	0,9375
Alimentación	Y	29	20730	-0,1135	0,2487	0,0618	0,0017	219,0930	-0,6875	0,6875	-0,1719	-1,0001	-0,4375	0,3281
Alimentación	Z	29	20730	0,6585	0,3365	0,1132	0,0023	51,0950	-0,3750	1,0938	0,7656	0,6695	-0,0781	0,9531
Alimentación	ODBA	29	20730	0,0636	0,0620	0,0038	0,0004	97,5035	0,0015	1,0625	0,0464	28,0721	0,0151	0,1708
Exploración	X	454	48080	0,2669	0,3773	0,1423	0,0017	141,3639	-1,0000	1,0625	0,1719	0,0228	-0,2344	0,9531
Exploración	Y	454	48080	-0,0691	0,3100	0,0961	0,0014	448,8277	-1,1094	1,0625	-0,0781	-0,2388	-0,5469	0,4531
Exploración	Z	454	48080	0,7221	0,3224	0,1040	0,0015	44,6512	-1,1094	3,2188	0,8594	1,7102	0,0156	0,9844
Exploración	ODBA	454	48080	0,2230	0,2124	0,0451	0,0010	95,2417	0,0011	3,7225	0,1568	9,5495	0,0302	0,6475
Descanso	X	1	7080	0,7589	0,0217	0,0005	0,0003	2,8573	0,7188	0,8750	0,7500	1,3830	0,7344	0,7969
Descanso	Y	1	7080	0,4785	0,0473	0,0022	0,0006	9,8846	0,2344	0,5313	0,5000	2,6766	0,3594	0,5156
Descanso	Z	1	7080	0,3065	0,0300	0,0009	0,0004	9,7750	0,2188	0,4531	0,2969	3,1404	0,2656	0,3750
Descanso	ODBA	1	7080	0,0266	0,0403	0,0016	0,0005	151,7466	0,0016	0,7906	0,0224	266,2165	0,0062	0,0474
Inmóvil	X	22	1810	0,2133	0,1313	0,0172	0,0031	61,5530	-0,4688	0,9844	0,2031	11,1194	0,0000	0,4375
Inmóvil	Y	22	1810	0,1191	0,2107	0,0444	0,0050	176,9160	-0,5938	0,7500	0,1406	1,9340	-0,2656	0,5781
Inmóvil	Z	22	1810	0,8794	0,1171	0,0137	0,0028	13,3212	0,1406	1,1094	0,9063	14,3970	0,5938	0,9531
Inmóvil	ODBA	22	1810	0,0585	0,1045	0,0109	0,0025	178,5145	0,0036	1,0740	0,0282	28,0756	0,0094	0,2302

Comportamiento	Variable	n = eventos	n = segundos	Media	D.E.	Var(n-1)	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana	Kurtosis	P(05)	P(95)
Locomoción	X	273	18941	0,1189	0,1926	0,0371	0,0014	162,0215	-0,8281	2,3281	0,0781	6,0481	-0,0938	0,5000
Locomoción	Y	273	18941	-0,0221	0,3322	0,1103	0,0024	1504,7685	-1,2656	1,1250	-0,0156	-0,6732	-0,5625	0,5156
Locomoción	Z	273	18941	0,8603	0,1713	0,0293	0,0012	19,9096	-3,9063	2,6250	0,8906	40,3679	0,5781	1,0469
Locomoción	ODBA	273	18941	0,2998	0,2044	0,0418	0,0015	68,1871	0,0042	7,9516	0,2605	108,8756	0,0699	0,6542
Otros	X	2	2540	0,6802	0,3015	0,0909	0,0060	44,3222	-0,5938	1,0625	0,7969	2,3689	0,0000	0,9688
Otros	Y	2	2540	0,0737	0,2958	0,0875	0,0059	401,3611	-0,5781	1,0000	-0,0156	1,3418	-0,2656	0,8281
Otros	Z	2	2540	0,1612	0,5298	0,2807	0,0105	328,6722	-0,8125	1,0781	0,2188	-1,6509	-0,5156	0,8438
Otros	ODBA	2	2540	0,1387	0,1384	0,0191	0,0027	99,7870	0,0041	1,2244	0,1026	13,4275	0,0188	0,3994
Locomoción de ascenso	X	36	4550	0,7794	0,2451	0,0601	0,0036	31,4446	-0,2813	1,0938	0,8750	1,9272	0,2031	0,9844
Locomoción de ascenso	Y	36	4550	-0,1161	0,2596	0,0674	0,0038	223,5425	-1,0000	0,6563	-0,1094	0,3559	-0,5625	0,2969
Locomoción de ascenso	Z	36	4550	0,1829	0,4266	0,1820	0,0063	233,2381	-0,8281	1,0625	0,1094	-0,9038	-0,4688	0,9063
Locomoción de ascenso	ODBA	36	4550	0,2552	0,2269	0,0515	0,0034	88,9355	0,0053	1,7625	0,1779	4,2596	0,0422	0,7260
Locomoción de descenso	X	39	5500	-0,5631	0,3763	0,1416	0,0051	66,8304	-2,0000	0,6406	-0,6875	-0,2827	-0,9688	0,1563
Locomoción de descenso	Y	39	5500	0,0130	0,3923	0,1539	0,0053	3025,7345	-1,0469	1,0000	0,0156	0,1506	-0,7813	0,6250
Locomoción de descenso	Z	39	5500	0,5090	0,3021	0,0912	0,0041	59,3417	-1,0000	1,5469	0,4844	-0,8161	0,0469	0,9531
Locomoción de descenso	ODBA	39	5500	0,3217	0,2758	0,0761	0,0037	85,7435	0,0083	3,9479	0,2444	9,3853	0,0489	0,8796
Locomoción repetitiva en el suelo*	X	14	1320	0,0399	0,1094	0,0120	0,0030	274,4660	-0,2813	0,4063	0,0313	0,0702	-0,1406	0,2344
Locomoción repetitiva en el suelo*	Y	14	1320	-0,0239	0,4233	0,1792	0,0117	1771,4984	-0,8594	0,6250	0,1641	-1,5752	-0,6563	0,4844
Locomoción repetitiva en el suelo*	Z	14	1320	0,8580	0,0857	0,0073	0,0024	9,9909	0,2344	1,1406	0,8594	3,2793	0,7188	0,9844
Locomoción repetitiva en el suelo*	ODBA	14	1320	0,2035	0,1058	0,0112	0,0029	51,9774	0,0078	0,8948	0,1875	2,1346	0,0615	0,3990
Locomoción de trepado invertido*	X	17	2820	-0,0221	0,1685	0,0284	0,0032	760,7471	-0,5000	1,0156	-0,0313	1,8286	-0,2813	0,2656
Locomoción de trepado invertido*	Y	17	2820	0,1609	0,3431	0,1177	0,0065	213,1878	-0,9531	1,0000	0,1563	-0,3746	-0,3906	0,6875
Locomoción de trepado invertido*	Z	17	2820	-0,9251	0,1423	0,0203	0,0027	15,3836	-1,2813	0,0781	-0,9688	9,0103	-1,0625	-0,6719
Locomoción de trepado invertido*	ODBA	17	2820	0,2734	0,1695	0,0287	0,0032	61,9956	0,0078	1,2359	0,2375	4,3488	0,0770	0,5844

*Comportamientos observados y caracterizados mediante los datos obtenidos en la prueba de 24hs.

D.E.: Desvío estándar; Var(n-1): Varianza muestral; E.E: Error estándar; CV: Coeficiente de variación; Min.: Mínimo; Max.: Máximo; P(05): Percentil 05; P(95): Percentil 95.