

## Caracterización del ciclo estral y comportamientos asociados en una población de *proechimys chrysaeolus* mantenidas en cautiverio

### Characterization of oestrus and associated behaviors in a population of *proechimys chrysaeolus* held in captivity

Angélica María Sabogal-Guáqueta<sup>2,3</sup>, Erika Lucia Mayorga-Beltrán<sup>1,3</sup> Germán Andreo Gallego-García<sup>2</sup>, Angélica Rocío Bonilla-Porras<sup>2,3</sup>, Leonardo Bonilla-Ramírez<sup>2,3</sup>, Doris Elena Navarro-Carbonell<sup>2,3</sup>, Lina María De Los Reyes<sup>2,3</sup>. Liliana Francis-Turner<sup>3\*</sup>.

**Resumen:** *Proechimys* es un género de roedores que recientemente ha adquirido interés como modelo de experimentación animal para enfermedades asociadas al sistema nervioso como la epilepsia, y son considerados reservorios de patógenos de importancia humana. La presente investigación describió físicamente y caracterizó cada fase del ciclo estral junto con comportamientos que no se reconocen típicamente como reproductivos, en una población de siete individuos de la especie *Proechimys chrysaeolus* pertenecientes al bioterio de la Universidad del Tolima. Durante un primer ensayo, para caracterizar el ciclo estral, se realizaron citologías vaginales exfoliativas durante quince días, tres veces al día (6am, 2pm, 9pm), para establecer la duración de cada una de las fases del ciclo. Los resultados mostraron que el ciclo estral de *Proechimys chrysaeolus* en cautiverio puede durar de 3.7 a 7.7 días (88 -184 horas), con proestros de 8 a 16 horas, estros de 8 a 32 horas, metaestros de 8 a 80 horas y diestros de 24 a 152 horas. En la segunda fase experimental se registraron los comportamientos como acicalar, explorar, deambular, descansar y otros, en los mismos horarios del día y, posterior a ello se tomaron citologías, durante nueve días para establecer la asociación de estas variables. Los resultados demostraron que el estro, periodo de receptividad frente al macho, es el de mayor actividad exploratoria de la hembra.

**Palabras Clave:** Comportamiento animal, Ecología animal, Citología, *Proechimys chrysaeolus*, Reproducción.

**Abstract:** *Proechimys* is a rodent gender that has recently gained interest as an experimental model animal of neurological disease such as epilepsy and has been considered important reservoirs of human pathogens. This research described and characterized the estrous cycle and behaviors not typically recognized as reproductive in a population of seven individuals of the specie *Proechimys chrysaeolus* belonging to the vivarium at the University of Tolima.

<sup>1</sup> Estudiantes de Biología, Universidad del Tolima, Barrio Santa Elena, AA 546, Ibagué, Tolima, Colombia.

<sup>2</sup> Biólogo de la Universidad del Tolima, Barrio Santa Elena, AA 546, Ibagué, Tolima, Colombia.

<sup>3</sup> Integrante del grupo de Modelos experimentales para las Ciencias Zoológicas, Universidad del Tolima, Barrio Santa Elena, AA 546, Ibagué, Tolima, Colombia.

\* Ifrancist@ut.edu.co

During first phases, exfoliative smears were performed in the feme proechimys for fifteen days, three times at day (6 am, 2 pm, and 9 pm) to establish the duration of the estrous cycle. The results showed that the estrous cycle in captivity *Proechimys chrysaеolus* can last 3.7 to 7.7 days (88 -184 hours), with proestrous 8 to 16 hours, Estrous 8 to 32 hours, metaestrous 8 to 80 hours and right of 24 to 152 hours. In the second experimental phase behaviors as grooming, exploring, wandering rest and others, were recorded at the same times of day and post it smears were taken for nine days to establish the association of these variables. The results showed that the estrous period of receptivity to the male, is the most active exploration of the female.

**Keywords:** Animal behavior, animal ecology, cytology, *Proechimys chrysaеolus*, reproduction.

## 1. Introducción

*Proechimys* es un género de roedores de la familia Echimyidae, propia de la región neotropical y una de las más importantes del suborden Histrocomorpha (Chernova & Kuznetsov, 2001). Dentro de este género se registra un número aproximado de 32 especies distribuidas de manera abundante en esta región en altitudes inferiores a 1300 m.s.n.m. (Emmons, 1997). En vida libre este género es de hábito nocturno, terrestre, solitario y herbívoro; *Proechimys* se caracteriza por tener una densidad de población estable y alta tasa de supervivencia. Su importancia ecológica radica en la función que cumplen como dispersores de semillas y esporas de micorrizas y como reservorios de enfermedades transmitidas al hombre (Wells et al., 1981; Groot et al., 1996).

Aunque las ratas espinosas frecuentemente viven cerca de cuerpos de agua, no son del todo riparias y pueden habitar pastizales semiáridos o bosques secos (Hershkovitz, 1948). Se alimentan de semillas, frutos y hongos (micorrizas) y muy pocas hojas e insectos (Emmons, 1997). Adicionalmente, es importante anotar que algunos grupos humanos capturan especies de *Proechimys* con fines alimentarios (Valqui, 1995).

Este género se ha estudiado ampliamente en ecología y en evolución en procesos de especiación debido a su diversificación (Bonvicino et. al., 2005, Eler et al., 2012). Además, ha sido utilizado como modelo experimental debido a que se ha demostrado que pueden tener mecanismos naturales endógenos que lo hace resistente a epileptogénesis (Arida et al., 2005; Scorza, 2010). También es un grupo de interés epidemiológico, por ser reservorio natural de parásitos y virus como leishmania (Travi et al, 2002) tripanosomas (Wells et al, 1981) y arbovirus. La especie *Proechimys chrysaеolus* (Thomas, 1898), endémica para Colombia (Tirira et.al., 2008) es importante ya que se ha logrado asociar a enfermedades como la encefalitis equina venezolana (Carrara et al, 2005; Fabene et al, 2001).

Por otra parte, la duración del ciclo estral en roedores es de cuatro a seis días, lo que las hace ideales para la investigación de los cambios que ocurren durante el ciclo

reproductivo (Marcondes et al, 2002). Durante el ciclo estral, varían las concentraciones de varias hormonas (Smith et al., 1975), como la hormona folicular o estradiol que contribuye con el desarrollo de la mucosa uterina y provoca alteraciones epiteliales que son reconocibles en citologías vaginales exfoliativas mediante la proporción de células queratinizadas, epiteliales y leucocitos, método ampliamente utilizado para identificar las fases del ciclo estral (Marcondes et al, 2002). Estos cambios hormonales pueden afectar la nocicepción (Taherianfard et al. 2005) y la respuesta en evaluaciones comportamentales (Marcondes et al, 2002). Algunos investigadores han reportado la influencia de las fases del ciclo estral sobre la conducta sexual de los roedores, donde se han observado cambios en su comportamiento, en la alimentación, emociones y funciones cognitivas (Cahill, 2006). Usualmente en las hembras, la receptividad sexual varía de acuerdo con la fase del ciclo en la que se encuentre (Ardila et.al., 1998), durante las horas previas y posteriores a la ovulación, las hembras presentan una mayor disposición frente al macho (Gerald, 2009).

Finalmente, el seguimiento del ciclo estral y comportamientos asociados de *Proechimys chrysaeolus* puede aportar información etológica desconocida para esta especie, identificando el momento adecuado para el apareamiento y el establecimiento de colonias. De esta manera, se realizó una caracterización del ciclo estral y comportamientos asociados de la especie *Proechimys chrysaeolus* en el Bioterio de Experimentación Animal de la Universidad del Tolima con el propósito de conocer su biología reproductiva y arrojar datos que enriquezcan el conocimiento de la especie.

## 2. Materiales y métodos

Inicialmente se realizó una descripción física general y comportamental de la especie *Proechimys chrysaeolus*, en la cual se valoraron los registros obtenidos durante la etapa de adaptación y etapas posteriores a las condiciones de cautiverio, donde además, se llevó registro de los periodos de gestación durante el periodo de implantación de la colonia y se comparó con las características observadas con la especie de laboratorio *Rattus norvegicus*.

La caracterización del ciclo estral y los comportamientos de *Proechimys chrysaeolus*, mantenida en cautiverio en el Bioterio de Experimentación animal de la Universidad del Tolima, se realizaron en dos etapas experimentales. En la primera, se hicieron citologías vaginales exfoliativas durante quince días tomadas en tres horarios del día, cada ocho horas (6 am, 2 pm y 9 pm) para caracterizar las fases del ciclo estral y determinar su duración. En la segunda etapa, se realizaron igualmente citologías vaginales exfoliativas, tres veces al día y se filmaron durante 30 minutos previamente a la toma de las citologías, durante 9 días con el fin de evaluar los comportamientos y asociarlos con las fases del ciclo estral. Entre cada fase experimental hubo un intervalo de dos meses.

**Animales.** Se evaluaron siete hembras *Proechimys chrysaeolus* mantenidas en cautiverio, desde su nacimiento, en el Bioterio de Experimentación animal de la Universidad del

Tolima, bajo condiciones ambientales controladas de temperatura 22°C y fotoperiodo luz - oscuridad 10 -14 horas, alimentación diaria de acuerdo a la edad y bebida *ad libitum*. La población estudiada era heterogénea respecto a su edad y la presencia o ausencia de compañía, en cada etapa de estudio dos hembras tuvieron la compañía de un macho como se detalla en la tabla 1. Este emparejamiento fue determinante a la hora de evaluar el ciclo estral.

**Tabla 1.** Características de la población en el diseño experimental

Fase Experimental	Individuo (♀)	Edad (Meses)	Compañía
<b>I</b>	1	>12	1Macho
	2	>12	1Macho
	3	>24	0
	4	>24	0
	5	12	0
	6	7	1Hembra
	7	7	1Hembra
Fase Experimental	Individuo	Edad (Meses)	Compañía
<b>II</b>	1	>12	0
	2	>12	1Macho
	3	>24	0
	4	>24	1Macho
	5	12	0
	6	7	1Hembra
	7	7	1Hembra

\*Agrupación de la población durante las fases experimentales I y II. 1: Acompañada. 0: No acompañada.

**Citología Vaginal Exfoliativa.** Para la toma de la citología vaginal se utilizó un hisopo estéril humedecido con solución salina, el cual se introdujo en el canal vaginal y se realizó un frotis vaginal. Posteriormente se extendió la muestra sobre un portaobjetos rotulado. El extendido se fijó por inmersión en metanol absoluto y se dejó secar al ambiente.

**Coloración de Hematoxilina – Eosina.** Las muestras se colorearon con una solución de hematoxilina (1%) durante quince minutos, posteriormente se lavaron con agua y se sumergieron en eosina (1%) por cinco minutos, se deshidrataron con etanol al 70%, 80%, 90% y 96% durante un minuto cada uno y finalmente en xilol por cinco

segundos. Luego se dejaron secar a temperatura ambiente y la lectura de las placas se realizó en las 24 horas de la toma de la muestra, en un microscopio de luz óptica *Leica Galen* a 40x.

**Caracterización del Ciclo Estral.** Se realizó la lectura de toda la placa identificando los tipos de células presentes (leucocitos, células epiteliales y queratinizadas) según las proporciones encontradas se determinó cualitativamente cada fase.

**Evaluación del comportamiento.** Se filmaron los animales evaluados durante 30 minutos antes de la citología, previo acondicionamiento a la presencia del trípode y la videocámara tres días antes del inicio del muestreo. Posteriormente los videos fueron observados y evaluados con el método presencia-ausencia (1-0) (Altmanj 1967), en cinco categorías comportamentales establecidas previamente (Tabla 2), con observaciones de un minuto, intercaladas con periodos de descanso de 30 segundos para un total de 20 escaneos. Para el análisis de las categorías comportamentales se realizó la sumatoria de los escaneos por individuo y se promediaron para obtener un dato en cada individuo por fase.

**Tabla 2.** Descripción de los comportamientos evaluados en las unidades experimentales

Comportamiento	Descripción del comportamiento
<b>Acicalamiento</b>	Limpia su cuerpo o su hocico, usando sus patas delanteras o lamiéndose
<b>Explorar</b>	Reconocimiento de su ambiente físico, acompañado de husmeo
<b>Deambular</b>	Locomoción, moverse de un espacio a otro
<b>Descansar</b>	Reposar con ojos abiertos y/o cerrados
<b>Otros</b>	Otros comportamientos observados: beber, lamer, comer, estiramientos, arrastrar el abdomen, rascarse, entre otros.

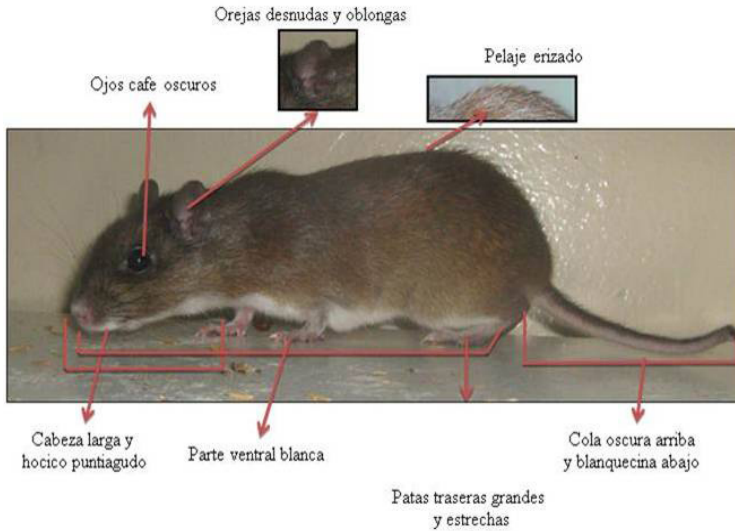
\*Descripción de los comportamientos evaluados en *Proechimys chrysaеolus*

**Estadística.** Se tuvieron en cuenta dos ciclos estrales completos y se utilizó el programa Infostat Versión 2010. Se realizó un análisis no paramétrico utilizando la prueba de Kruskal –Wallis y los datos fueron representados mediante cajas y bigotes.

### 3. Resultados

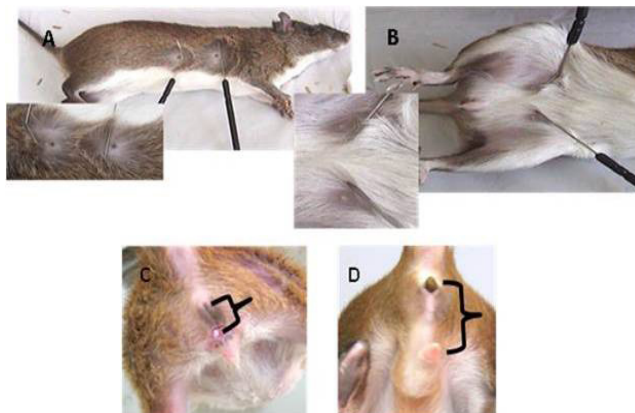
**Descripción general de *Proechimys chrysaеolus*.** Se evidenciaron las siguientes características físicas generales en los individuos mantenidos en cautiverio en el BEA-UT: longitud del cuerpo de 160 a 300 mm; longitud de la cola de 120 a 320 mm, usualmente más corta que la cabeza y el cuerpo, es desnuda bicolor, oscura arriba y blanquecina abajo; parte dorsal de color castaño brillante, parte lateral amarillenta o café

y parte ventral blanca; pelaje rígido, erizado o con espinas flexibles. Poseen una cabeza larga y estrecha con hocico puntado, ojos grandes, cafés oscuros; orejas de tamaño medio, desnudas, oblongas, proyectándose arriba de la corona, de color café oscuro; patas traseras grandes con respecto a *R. norvegicus*, con pelaje oscuro (Figura 1).



**Fig. 1.** Características físicas de *Proechymis chrysaеolus*

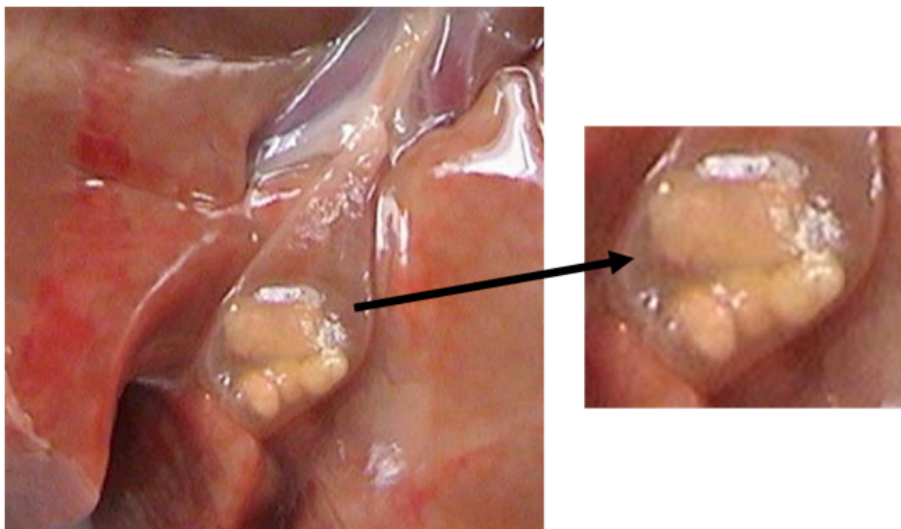
Las hembras poseen tres pares de mamas: dos pares en la parte lateral del animal y un par en la parte ventral posterior, a diferencia de *R. norvegicus* que posee todas sus mamas ubicadas a lo largo de la parte ventral del cuerpo y la distancia anogenital aunque al igual que *R. norvegicus* es menor en las hembras que en los machos, en general es más corta la distancia en las *P. chrysaеolus* (figura 2).



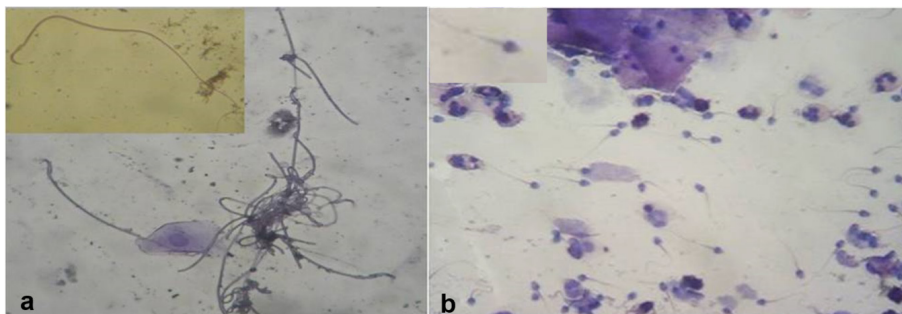
**Fig. 2.** Disposición de las mamas y distancia ano genital en *Proechymis chrysaеolus*



Para *Proechimys chrysaеolus* una de las características anatómicas distintiva fue la presencia de vesícula biliar, la cual está ausente en *Rattus norvegicus* (Figura 3). Además se observó dentro de las citologías vaginales de hembras que habían sido montados por un macho que los espermatozoides de *P. chrysaеolus* tenían cabeza de forma ovalada y flagelo más corto que *R. norvegicus* que posee una flagelo más largo y una cabeza delgada en forma de gancho o luna (Figura 4).



**Fig. 3.** Vesícula biliar de *Proechimys chrysaеolus*.



**Fig. 4.** Espermatozoides en rata (a) Wistar y (b) *Proechimys chrysaеolus*

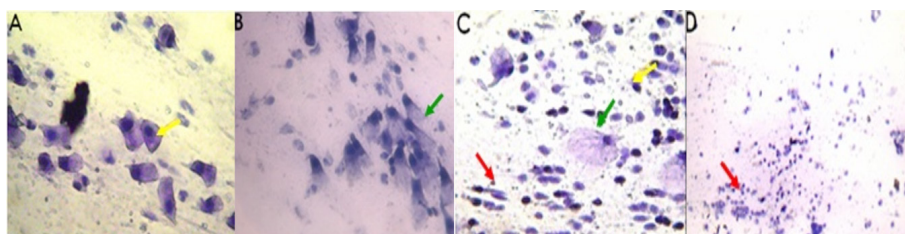
**Conducta en cautiverio.** Se ha observado que *Proechimys chrysaеolus* presenta comportamientos agresivos, se ha visto que parejas reproductivas de esta especie matan a sus crías inmediatamente después del nacimiento y tienen conductas de canibalismo cuando los neonatos fallecen. Debido a lo anterior, una vez hay nacimiento de crías en cautiverio, se retira el macho de la caja de la hembra, lo anterior permitió reducir hasta en un 100% la muerte de recién nacidos por agresión de los adultos;

adicionalmente, se observó que las cajas que tienen solo animales del mismo sexo no tienen conductas agresivas cuando estos son agrupados en etapas tempranas de vida; otro comportamiento observado en la etapa de adaptación de estado salvaje a animales de cautiverio, es la pérdida de su cola, conducta normal en el género *Proechimys*, pero inusual en roedores, por lo general la ruptura ocurre en el centrum de la quinta vértebra.

Otra conducta observada en esta especie, es la capacidad de tener cópula por sometimiento previa al parto, que generalmente se observan en las etapas de estro y metaestro. Dentro de las conductas asociadas a la reproducción, el macho persigue a la hembra abordándola por detrás, la sostiene colocando las patas delanteras sobre su lomo y la sujeta con la boca agarrándola en la base de la cabeza, finalmente el macho dobla a la hembra dejándola tendida en el suelo, esta conducta se repite varias veces y puede durar de 15 a 20 minutos. Debido al agarre que el macho hace con su boca sobre el lomo de esta, algunas veces la hembra termina con heridas.

**Actividad reproductiva.** Bajo las condiciones del BEA-UT, *Proechimys chrysaеolus* se estimó que los periodos de gestación de aproximadamente 50 a 60 días. El nacimiento de las crías puede durar hasta dos horas, con intervalos de 30 minutos a una hora entre cada una de ellas, el tamaño de la camada fue de una a tres crías por parto y el porcentaje de mortalidad osciló entre 33% al 50%, donde la vulnerabilidad de muerte es mayor en las horas seguidas después del parto. La posición de las crías al momento de nacer es de cabeza al igual que *R. norvegicus*. Por otro lado, las crías nacen totalmente desarrolladas, con presencia de pelaje, orejas despegadas y ojos abiertos, lo que genera periodos de lactancia más cortos.

**Caracterización del ciclo estral de *Proechimys chrysaеolus*.** Durante el periodo de muestreo se observaron dos ciclos completos: el primero con un rango de 88 a 184 horas y el segundo de 88 a 132 horas, con Proestros (Figura 5A) entre ocho y 16 horas, Estros (Figura 5B) de ocho a 32 horas, Metaestros (Figura 5C) de ocho a 40 horas y Diestros (Figura 5D) de 40 a 152 horas. La comparación de los ciclos observados no mostró diferencias significativas ( $p=0,9605$ ), lo que confirma que los ciclos son similares en cuanto a duración (Figura 6A).

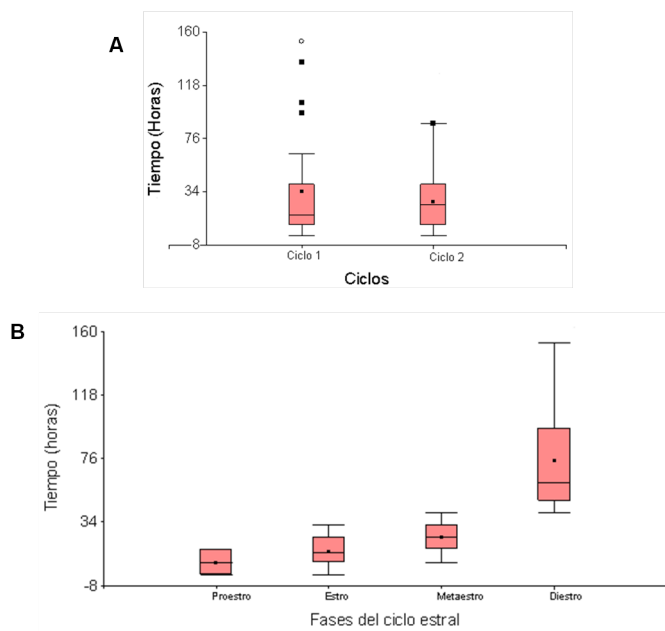


**Fig. 5.** Características citológicas de las fases del ciclo estral en *Proechimys chrysaеolus*. A: Proestro, B: Estro, C: Metaestro, D: Diestro. Las flechas indican diferentes tipos



celulares, las amarillas células epiteliales, las verdes células queratinizadas, y las rojas leucocitos

La duración de las fases del ciclo estral en *Proechimys chrysaeolus* en el proestro, estro ( $X= 14.57$ ) y metaestro ( $X= 24$  horas) no mostraron diferencias significativas, por lo que la duración de estas fases es similar, mientras que el diestro ( $X=96$  horas) mostró diferencias ( $p= 0,0001$ ) con las demás fases del ciclo (Figura 6B). Adicionalmente se observó que el proestro es la etapa más corta, al no ser detectada en algunas ocasiones entre cada muestreo, lo que puede suponer que la duración de esta etapa es inferior a ocho horas (tiempo intramuestral).

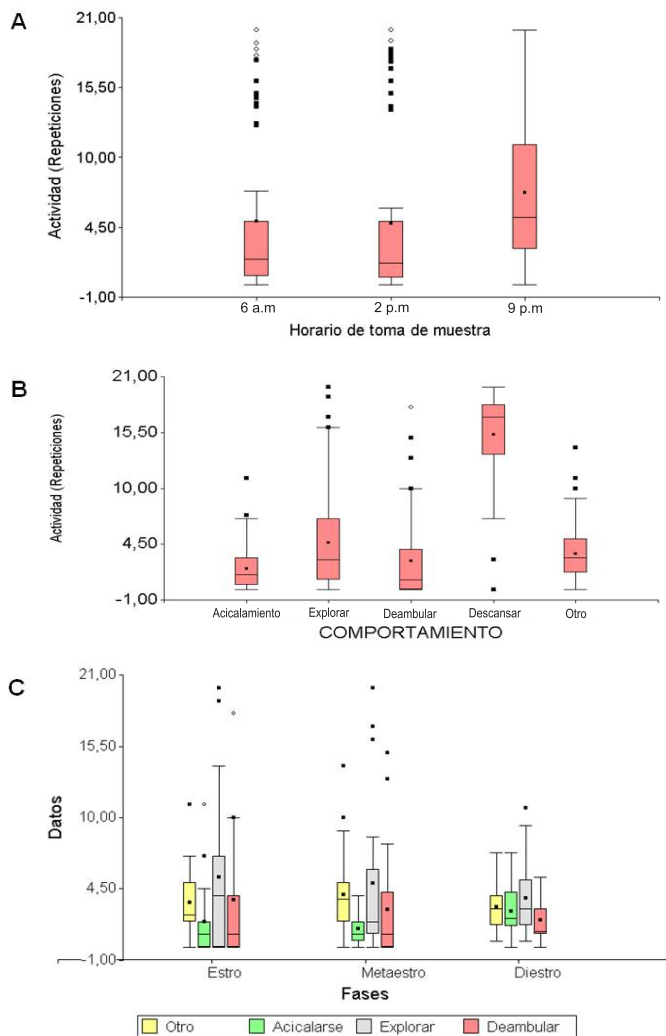


**Fig. 6.** Duración del ciclo y las fases del ciclo estral representado de la siguiente manera: Tiempo (horas) en el eje de las ordenadas  $\pm$  Desviación estándar; y Ciclo (A) y Fases del ciclo estral (B) en las abscisas

**Comportamientos asociados.** En la segunda fase experimental, se analizaron los comportamientos en diferentes periodos del día (seis a.m., dos p.m. y nueve p.m.) y no se encontraron diferencias significativas asociadas a la conducta de los animales ( $p= 0,4090$ ) (Figura 7A). Durante el muestreo de las seis a.m., se notó una tendencia de los animales a presentar una mayor actividad al inicio del muestreo y una disminución al final del mismo, mientras que el muestreo de las dos pm solo registró el comportamiento designado “descansar” que a su vez fue el mayoritario en todo el estudio. Por otro lado, las categorías “Explorar” y “Otros” mostraron un

mayor número de repeticiones con respecto a los comportamientos “Deambular” y “Acicalar” que fueron los menos observados durante los muestreos (Figura 7B).

Al analizar la actividad con respecto a las diferentes fases del ciclo no se encontraron diferencias significativas ( $p=0,3999$ ), sin embargo, se observa una tendencia de las ratas a estar más activas durante las fases estro y metaestro (figura 7C).



**Fig. 7.** Número de repeticiones de los comportamientos evaluados y se representa de la siguiente manera: Repeticiones de los comportamientos  $\pm$  Desviación estándar en el eje de las ordenadas y Horarios de toma de muestra (A), Comportamientos evaluados (B) o fases del ciclo estral (C) en el eje de las abscisas

#### 4. Discusión

Nuestros reportes sugieren que *Proechimys chrysaеolus* presenta características particulares y una dinámica comportamental distinta de *Rattus norvegicus* y otras especies de roedores. Una de las diferencias más distintiva de *P. chrysaеolus* es la presencia de vesícula biliar, que puede obedecer a su tipo de alimentación en vida silvestre, principalmente semillas (Everhard & Tikansingh, 1973; Díaz et al., 2007), ya que este órgano interviene en los procesos de digestión.

La fragilidad de la piel en *P.chrysaеolous* contrasta con el pelaje espinoso (Lacey & Myers, 2005), esta especialización del pelo probablemente les proporciona un mecanismo de defensa frente a los depredadores, como también el color café oscuro de su pelaje sirve como estrategia de camuflaje en su vida silvestre.

Una característica inusual, pero muy común del género *Proechimys* es la pérdida de la cola, considerada autotomía caudal verdadera ya que implica la caída de piel y tejidos simultáneamente, fracturando fácilmente el centrum de la quinta vértebra, esto también ha sido reportado en heterómidos, hystricídeos, caprómidos y equimidos (Sanchez & Delgado, 2009). Esta cualidad le permite al roedor tener una estrategia de distracción como defensa (Walker, 1964; Ducey et al., 1993).

Por otro lado, se observó la presencia de mamas laterales en *P.chrysaеolous*, lo que concuerda con lo descrito por Lacey & Myers, 2005 para la Familia Equimidae y que difiere de la disposición de las mamas (ventrales) en *R. norvegicus*. Además los periodos de gestación son más largos en *Proechimys chrysaеolus* donde se registraron hasta 60 días, similar a lo encontrado por Lusty en 1978 en *Proechimys sp* y por Everhard & Tikansingh (1973) en *Proechimys guyanensis trinitatus* que tiene un periodo de gestación de 62 a 64 días, lo que permite que al nacer, las crías tengan un mejor desarrollo.

Establecer el inicio y la duración de la gestación en *P.chrysaеolous* fue difícil, ya que no se observaron cambios morfológicos evidentes en la hembra y se presentaba cópula por sometimiento durante esta etapa por lo que la presencia de espermatozoides no era un parámetro para establecer el día 0 de gestación como es el caso de *Rattus norvegicus*.

El tamaño de la camada de *P.chrysaеolous* es de una a tres crías por parto, lo cual se opone con los datos para el género *Rattus* que tiene camadas de seis a doce individuos, pero coincide con el tamaño promedio de camada de 2.4 crías reportado por Everhad & Tikansingh (1973) para *Proechimys guyanensis trinitatus* y por Fleming (1971) y para *Proechimys semiespinosus* que tiene un promedio de 2.45 crías por hembra.

#### 4.1 Caracterización del ciclo estral de *Proechimys chrysaеolus*.

El ciclo estral se define como el período de tiempo que va desde el inicio del celo o estro hasta el inicio del siguiente. En este ritmo biológico se pueden observar diferentes patrones celular y la manifestación comportamental propias y cíclicas que han hecho que el ciclo se haya dividido en diferentes fases conocidas por la receptividad sexual (estro), durante la cual se produce la ovulación, formación, del cuerpo lúteo (metaestro), fase de predominio de la actividad del cuerpo amarillo o lúteo (diestro), también conocida como progestacional y *el período* previo al estro (proestro).

La duración del ciclo para *Proechimys chrysaеolus* fue de cinco a ocho días, donde la fase más larga fue diestro con un promedio de 96 horas, mientras que en *Rattus norvegicus* y otras hembras de roedores se ha reportado una duración de cuatro a seis días, esto puede deberse a que los diestros de 57 horas son más cortos (Marcondes et al., 2002; Cabrera, et.al., 2004).

Según la especie, cada una de las fases tiene una duración variable y la definición de esta variación depende fundamentalmente de los estrógenos producidos por el ovario, que definen al proestro y estro también como fase estrogénica (folicular), mientras que al metaestro y al diestro se les conoce como fase progestacional (lútea) o de predominio del cuerpo lúteo, glándula secretora de la hormona progesterona u hormona de la gestación (Sweson y Reece, 1999). Teniendo en cuenta que el proestro fue la fase más corta, a veces no detectable, inclusive cuando la comparamos con los proestros de alrededor de 15 horas de *Rattus norvegicus* mantenidas en las mismas condiciones experimentales que las ratas *Proechimys chrysaеolus* en el estudio, las cuales tuvieron duración de estros de 8 horas o menos, podríamos plantear la hipótesis de una fase estrogénica menor en esta especie. Esta disminución de la fase estrogénica pudiera estar dada por la presencia permanente del macho, haciendo que las hembras estuvieran fértiles un mayor número de veces en el mismo periodo de tiempo, como previamente se ha mencionado para roedores (Ardila, et al., 1998).

La cópula reportada en la fase de metaestro, que no es considerada dentro del periodo ovulatorio (Young *et al.*, 1941; Schwartz, 1964), concuerda con lo mencionado por Gerald, 2009 en donde se describe que durante las horas previas y posteriores a la ovulación, las hembras de roedor se vuelven sexualmente receptivas.

**Comportamientos asociados.** A pesar de no observarse diferencias significativas en los comportamientos en los tres periodos del día, se aprecia mayor actividad durante la noche concordante con lo reportado por Cardinali et al. (1994) para los roedores. El comportamiento designado como descansar, fue el más observado durante los muestreos, ya que de los tres horarios de muestreo, dos se realizaron en el día, donde los roedores tienen periodos de inactividad y descanso, además estos animales se han adaptado a las condiciones de laboratorio, con un fotoperiodo previamente establecido.

La fase del ciclo puede facilitar una respuesta comportamental o neuronal, algunos estudios revelan que las hembras en Proestro y Estro tienen mayor ansiedad en la ejecución de pruebas comportamentales, ya que las fluctuaciones de las hormonas gonadales y en aminoácidos inhibitorios y excitatorios (Filatova et al, 2011) que se presenta en el ciclo estral, pueden estar influenciando estas respuestas. Lo anterior puede estar relacionado con la tendencia de *P. chrysaeolus* a presentar mayor actividad en estro y metaestro, las fases consideradas como fértiles (Chen et.al., 2009).

En conclusión, los comportamientos observados en *Proechimys chrysaeolus* pueden estar influenciados por la fase del ciclo estral en la que se estén ubicadas y así responden al medio ambiente. Lo anterior en conjunto con la descripción biológica contribuye al conocimiento general de la especie, ya que la mayoría de estudios se han centrado en la diversificación cariotípica que comprende este género.

### Agradecimientos

A Los integrantes del grupo Modelos Experimentales para las Ciencias Zoohumanas de la Universidad del Tolima. A la oficina de investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad del Tolima por su financiación mediante el programa de semilleros.

### Referencias bibliográficas

- Ardila, R., López, W., Pérez A., Quiñones, R. & Reyes, F. 1998. Condicionamiento sexual de la conducta instrumental. En: Manual de análisis experimental del comportamiento. Madrid. p. 401-418.
- Arida, R.M., Scorza, F.A., Carvalho, R.A. & Cavalheiro, E.A. 2005. *Proechimys guyannensis*: an animal model of resistance to epilepsy. *Epilepsia* 46 (Suppl 5), 189–197.
- Bonvicino, C. R., Otazú, I. B. y Vilela, J. F. 2005. Karyologic and molecular analysis of *proechimys* Allen, 1899 (rodentia, echimyidae) from the mazonian región. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, v.63, n.1, p.191-200.
- Cabrera, P., Rincón, U., Álvarez, L. C. y Pani, S. 2004. Estrés: Factor modificante del ciclo estral de la rata. En métodos de investigación. Colegio Marimount. 12 CD. p: 1-11.
- Cahill, L. 2006. Why sex matters for neuroscience. *Nature Rev Neuroscience*; 7: 477–84.
- Cardinali D., Jorda J., Sanchez E. 1994. Introducción a la Cronobiología. Fisiología de los ritmos circadianos. ISBN: 84-8102-52-4. Servicio de publicaciones. Universidad de Cantabria. Pag: 112-118.

- Carrara, A.S., González, M., Ferro, C., Tamayo M., Aronson J., Paessler S., Anishchen, M., Boshell J. & Weaver S.C. 2005. Venezuelan equine encephalitis virus infection of spiny rats. *Emerging Infectious Diseases*, 11, 663-669
- Chen, W., J. Shields, Huang, W., King, A. 2009. Female fear: influence of estrus cycle on behavioral response and neuronal activation. *Behav Brain Res* 201(1): 8-13.
- Chernova, O.F. & Kuznetsov, G.V. 2001. Structural characteristic of certain Rodent spines (Rodentia: Myomorpha, Hystricomorpha). *zv Akad Nauk Ser Biol*.4: 442-454.
- Diaz, T.A., Bonilla, N.S., & Ortega, A.M. 2007. Comportamiento del ratón *Proechimys semispinosus* (Rodentia:Echimyidae) en cautiverio. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*. 26(2): 18-22.
- Eler, E.S., Da Silva, M.N.F. & Feldberg, E. 2012. Comparative cytogenetics of spiny rats of the genus *Proechimys* (Rodentia, Echimyidae) from the Amazon region. *Genetics and Molecular research*: 11 (2): 830-846
- Emmons, L. H. 1997. Neotropical rain forest mammals: A field guide. 2ed. The university of Chicago press. Chicago. 281 pp.
- Everhard & Tikansingh. 1973. Ecology of the rodents, *Proechimys guyanensis trinitatus* and *Oryzomys capitus velutinus*. En: DURANT, Pedro et al. *Informaciones ecológicas de una población de ratas casiraguas (proechimys sp.) En áreas adyacentes a la presa "las cuevas". Complejo hidroeléctrico de los andes "leonardo ruiz pineda". Estado de táchira. Venezuela. Rev. Ecol. Lat. Ame. 1995. Vol. 3. No. 1-3., p. 39-50.*
- Fabene, PF. Correia, L. Carvalho, RA. & Bentivoglio, M. 2001. The spiny rat *Proechimys guyanensis* as model of resistance to epilepsy: chemical characterization of hippocampal cell populations and pilocarpine-induced changes. *Neuroscience*. 104(4):979-1002.
- Filatova, Y. B., Voronina, T. A., Klodt, P. M., Kudrin, V. S., Nerobkova, L. N., Rider, F. K., & Avakyan, G. N. 2011. Changes in the Levels of Inhibitory and Excitatory Amino Acids in the Brain Structures of Female Rats with Cobalt Epileptogenic Focus during Different Phases of the Estrous Cycle. *Bull Exp Biol Med*. 2011 Nov; 152(1):47-9.
- Fleming, T.H. 1971. Population ecology the three species of neotropical rodents. En: Durant, Pedro et al. *Informaciones ecológicas de una población de ratas casiraguas (proechimys sp.) En áreas adyacentes a la presa "las cuevas".*



- Complejo hidroeléctrico de los andes “Leonardo Ruiz Pineda”. Estado de táchira. Venezuela. Rev. Ecol. Lat. Ame. 1995. Vol. 3. No. 1-3., p. 39-50.
- Gerald D., Griffin, L. M., & Flanagan, C. 2009. Sex differences in the dendritic arbor of hypothalamic ventromedial nucleus neurons. *Physiology & Behavior*. 97, p151–156.
- Groot, H., Morales, A., Romero, M., Ferro, C., Prias, E., Vidales, H., Buitrago, B., Olano, V. A., Calvache, D., Marquez, G., Vega, P. & Rodriguez, G. 1996. Studies of arboviruses in Colombia in the decade from 1970. *Biomedica* 16 (4): 331-344.
- Hershkovitz, P. 1948. Mammals of northern Colombia, preliminary report No 2: Spiny rats (Echimyidae); with supplemental notes of related forms. *Proceedings of the United States National Museum*, 97: 125-140.
- Lusty, J. A. & Seaton, B. 1978. Oestrus and ovulation in the Casiragua *Proechymis guairae* (Rodentia, Hystricomorpha) *Journal of Zoology* Volume 184, Issue 2, pages 255–265, February.
- Marcondes, F. K., Bianchi, F. J. & Tanno, A. P. 2002. Determination of the estrous cycle phases of rats: some helpful considerations., *Braz. J. Biol.*, 62(4A): 609-614, 2002.
- Schwartz, N. B. 1964. Acute effects of ovariectomy on pituitary LH, uterine weight, and vaginal cornification. *Am. J. Physiol.*, 107: 1251-1259.
- Scorza, C. A., Araujo, B. H. S., Arida, R. M., Scorza, F. A., Torres, L. B., Amorim H. A. & Cavalheiro, E. A. 2010. Distinctive hippocampal CA2 subfield of the amazon rodent *Proechimys*. *Neuroscience*, 169: 965–973
- Smith, M. S., Freman, M. E. & Neil, J. D. 1975. The control of progesterone secretion during the estrous cycle and early pseudopregnancy in the rat: prolactin, gonadotropin and steroid levels associated with rescue of the corpus luteum of pseudopregnancy. *Endocrinology*, 96: 219-226.
- Sweson, M. J. y Reece, W. 1999. Fisiología de los animales domésticos de Dukes. 5ta edición. Editorial: LIMUSA, UTHEA. México
- Taherianfard, M., Rajaian, H., Bahaoddini, A., & Dabbaghotfi, A. 2005. CNS  $\alpha 1$  receptor in tonic pain during estrous cycle in rats. *Indian J Physiol Pharmacol* 2005; 49 (1): 77–82

- Thomas, O. 1898. Description of a new *Echimys* from the neighbourhood of Bogota. *Annals and Magazine of Natural History Series 7*, vol. 1:243-245
- Tirira, D., Boada, C., Weksler, M., Anderson, R.P. & Gómez-Laverde, M. 2008. *Proechimys chrysaeolus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.2.
- Travi B.L., Arteaga, L.T., León, A.P. & Adler G.H. 2002. Susceptibility of Spiny Rats (*Proechimys semispinosus*) to *Leishmania (Viannia) panamensis* and *Leishmania (Leishmania) chagasi*. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 97 (6):887-892
- Valqui, M. 1995. A small terrestrial rodent community in northern Peru. Thesis Master in Science. University of Florida. 111 pp.
- Walker, E. P. 1964. *Mammals of the world*. Jhns Hpkins Press. Baltimore. 1500 pp.
- Wells, E. A., D'alessandro, A., Morales, G. A. & Angel, D. 1981. Mammalian wildlife disease as hazards to man and livestock in an area of the llanos orientales of Colombia. *Journal of wildlife disease* 17(1): 153-162.
- Young, W. C., Boling, J. L. & Blandau, R. 1941. The vaginal smear picture, sexualreceptivity and time of ovulation in the albino rat. *Anat. Rec.*, 80: 37-45.

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
<p>Angélica María Sabogal-Guáqueta, Erika Lucia Mayorga-Beltrán Germán Andreo Gallego-García, Angélica Rocío Bonilla-Porras, Leonardo Bonilla-Ramírez, Doris Elena Navarro-Carbonell, Lina María De los Reyes, Liliana Francis-Turner. Caracterización del ciclo estral y comportamientos asociados en una población de <i>proechimys chrysaeolus</i> mantenidas en cautiverio.</p> <p>Revista Tumbaga (2013), 8 vol. II, 13-28</p>	<p>Día/mes/año 06/04/2013</p>	<p>Día/mes/año 17/06/2013</p>