

Autodiscriminación condicional del día y la noche subjetivos en ratas Wistar y Sprague-Dawley.

Barbachano Montero, Paris^{*,a}; Penagos-Corzo, Julio C.^a; Pérez-Acosta, Andrés M.^b

Artículo Original

Resumen

La autodiscriminación condicional se define como un tipo de control de estímulos en el que el estímulo discriminativo es algún aspecto del mismo individuo, posteriormente asociado de forma condicionada a estímulos arbitrarios. Esta capacidad no es exclusivamente humana, ni verbal. En este estudio se exploró la autodiscriminación condicional del día y la noche subjetivos en ratas de las cepas Wistar y Sprague-Dawley. Para este propósito se diseñó un experimento en el que el estímulo discriminativo fue el estado interno natural del sujeto respecto al día y la noche. Se encontró que ambas cepas son capaces de discriminar la noche subjetiva, mas no el día subjetivo. No se encontraron diferencias significativas entre las cepas. Se discuten los resultados principalmente en términos de la naturaleza nocturna de las ratas y de la dificultad de la tarea.

Palabras clave:

Autodiscriminación Condicional, Día/Noche Subjetivos, Ritmos Circadianos, Ratas, Sprague-Dawley, Wistar.

Abstract

Conditional self-discrimination of the subjective night and day in Wistar and Sprague-Dawley rats. Conditional self-discrimination is defined as a type of stimulus control in which discriminative stimulus is some aspect of the same individual, subsequently associated with an arbitrary stimulus. This capacity is neither exclusively human nor exclusively verbal. In this study, conditional self-discrimination of subjective day/night was explored in Sprague-Dawley and Wistar rats. For this purpose, one experiment was designed in which discriminative stimulus was the natural internal state of the organism with respect to day and night. It was found that both strains are able to discriminate subjective night but not subjective day. No significant differences were found between the strains. Results are discussed mainly in terms of the nocturnal nature of rats and the difficulty of the task.

Keywords:

Conditional Self-discrimination, Subjective Day/Night, Circadian Rhythms, Rats, Sprague-Dawley, Wistar.

Tabla de Contenido

Introducción	34
Método	36
Sujetos	36
Instrumentos	36
Procedimiento	36
Análisis de datos	38
Resultados	38
Discusión	39
Referencias	40

Recibido el 24 de agosto de 2016; Recibida la revisión el 16 de enero de 2017; Aceptado el 17 de enero de 2017
 Editaron este artículo: Paula Abate, María Micaela Marín, Débora Jeanette Mola, Ignacio Acuña

1. Introducción

La autodiscriminación condicional se define como un tipo de control de estímulos en el que el estímulo discriminativo es algún aspecto del mismo individuo posteriormente asociado de forma condicionada a estímulos arbitrarios (Pérez-Acosta, Benjumea, & Navarro Guzmán, 2002). Esta capacidad aprendida se ha demostrado en diferentes especies, que son capaces de discriminar aspectos como la propia conducta (Dymond & Barnes, 1997). Hay diversas aproximaciones metodológicas al estudio de la autodiscriminación condicional; sin embargo, la mayor parte de ellas comparten procedimientos. En este sentido, Pérez-Acosta, Benjumea y Navarro

(2001) señalan un procedimiento general a seguir: 1) una fase de aprendizaje con contingencias para dos o más estímulos internos a discriminar y 2) una fase de extinción que sirve como comprobación de la conducta aprendida.

Las conductas y estados internos en los que se ha estudiado la autodiscriminación incluyen la discriminación de la propia imagen (Epstein, Lanza, & Skinner, 1981), estados inducidos por drogas (Lubinski & Thompson, 1987; Penagos Corzo, Hermosillo, & Pérez-Acosta, 2011), de los tiempos entre las propias respuestas (Reynolds, 1966), longitudes de recorrido (Shimp, 1982) intervalos

^a Universidad de las Américas Puebla, México

^b Universidad del Rosario, Colombia.

*Enviar correspondencia a: Penagos-Corzo, J. C. E-mail: julioc.penagos@udlap.mx

Citar este artículo como: Barbachano Montero, P., Penagos-Corzo, J. C., & Pérez-Acosta, A. M. (2017). Autodiscriminación condicional del día y la noche subjetivos en ratas Wistar y Sprague-Dawley. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 9(1), 34-43

temporales entre respuestas (Reynolds & Catania, 1962), entre otros.

Diversas aproximaciones al estudio de la autodiscriminación condicional utilizan individuos de una única cepa como sujetos experimentales (Beninger, Kendall, & Vanderwolf, 1974; Penagos-Corzo, et al., 2011; Pérez-Acosta & Benjumea, 2003; Penagos-Corzo & Aguilar Pérez, 2009). No obstante, hay evidencia que señala que diferentes cepas tienen diferentes comportamientos en tareas de autodiscriminación condicional (Hermosillo, Penagos-Corzo, & Pérez-Acosta, 2011). Esto es relevante tanto para la generalización de los resultados como por su explicación.

Desde las primeras identificaciones de la autodiscriminación se ha postulado su origen social (Dymond & Barnes, 1997; Skinner, 1987). Sin embargo, a la fecha existen pocos estudios empíricos que traten de demostrar el origen social de la autodiscriminación. En uno de estos estudios, Penagos-Corzo, Pérez-Acosta y Hernández (2015) han encontrado que ratas con mayor interacción social muestran mejor desempeño en tareas de autodiscriminación.

En el caso de las ratas *norvegicus*, una conducta asociada al nivel de interacción social de la cepa es el cuidado parental (Giraldeau, 1997). Esta conducta puede estar mediada hormonalmente (Terkel & Rosenblatt, 1972) o por la cohabitación con crías (Rosenblatt, 1967; Wiesner & Sheard, 1933).

Se han reportado diferencias en la conducta de cuidado parental entre las cepas Wistar y Sprague-Dawley. Por ejemplo, se ha observado que las ratas de cepa Sprague-Dawley (SD) matan a menos crías ajenas y muestran más conductas de cuidado parental que las ratas de cepa Wistar (Jakubowski & Terkel, 1985).

No parece haber evidencia que indique que la complejidad de las estructuras sociales de una especie origine la capacidad de autodiscriminación; sin embargo, es posible que sea un factor influyente en dicho proceso (Hermosillo et al., 2011). Por ejemplo, se ha sugerido que la habilidad de procesar información endógena surja de la necesidad de informar a otros miembros del grupo acerca del estado del propio organismo (Pérez-Acosta et al., 2002).

La capacidad de las ratas de discriminar algunos de sus ritmos circadianos, como la anticipación del día de comida (Mistlberger et al., 2012; Smit, Patton, Michalik, Opiol, & Mistlberger, 2013; Landry et al., 2012) puede ser considerada una forma de autodiscriminación, debido a que la rata discrimina su

propio estado. Los ritmos circadianos juegan un papel importante en la expectativa de alimentos (Smit et al., 2013; Mistlberger et al., 2012), metabolismo (Wideman & Murphy, 2009) y apareamiento (Landry et al., 2012). Los ritmos circadianos consisten en oscilaciones cercanas a las 24 horas en los ciclos biológicos de los organismos (Hut & Beersma, 2011). Estos ciclos pueden ser fisiológicos, funcionales, hormonales o conductuales (Martínez, 2009) y, en los mamíferos, su estructura principal de control es el Núcleo Supraquiasmático del Hipotálamo (NSQ) (Hut & Beersma, 2011). Aunque también existe evidencia de regulación de los ritmos circadianos a nivel extra NSQ (Abe et al., 2002). El funcionamiento de los ritmos circadianos en especies diurnas y nocturnas tiene tanto similitudes (Dardente et al., 2004; Katona, Rose, & Smale, 1998; Kononen, Koistinaho, & Alho, 1990; Mrosovsky, Edelstein, Haystings, & Maywood, 2001; Ruby & Heller, 1996) como diferencias (Abe, Honma, Shinohara, & Honma, 1995; Nunez, Bult, McElhinny, & Smale, 1999; Smale, Lee, & Nunez, 2003).

Dos conceptos relevantes en la investigación de los ritmos circadianos son el día subjetivo y la noche subjetiva (Dattolo et al., 2016). El día subjetivo se refiere al estado de los procesos internos del organismo que se presentan normalmente durante las horas de luz. La noche subjetiva es el estado de los procesos internos del organismo que se presentan normalmente durante las horas de oscuridad (Kuhlman, Mackey, & Duffy, 2007).

En las ratas *norvegicus* las áreas del cerebro involucradas en el inicio y mantenimiento del sueño presentan mayor actividad durante el día subjetivo (Novak & Nunez, 1998; Peng, Grassi-Zucconi, & Bentivoglio, 1995; Sherin, Shiromani, McCarley, & Saper, 1996) y las áreas involucradas en la vigilia están activas durante el periodo de oscuridad del ciclo (Novak & Nunez, 1998; Novak, Smale, & Nunez, 2000).

Dijk y Czeisler (1994) consideran que el estar despierto o dormido depende de la interacción entre la deuda de sueño y señales del NSQ. Bajo esta propuesta, el sueño es un fenómeno resultante de un proceso homeostático que lleva la cuenta de cuánto tiempo se pasa despierto, y del estado de los ritmos circadianos que determinan si es o no el momento de dormir (Borbély, 1982; Borbély & Achermann, 1999). Respecto a estos dos mecanismos, aún hay debate acerca de la interacción entre ellos (Martínez, 2009). Algunos estudios (Coindet, Chouvet, & Mouret, 1975; Eastman, Mistlberger, & Rechtschaffen, 1984) indican que ambos procesos son independientes (Shiromani, et al., 2004). Las contribuciones en esta área señalan que las alteraciones en los ritmos circadianos están

asociadas a patologías específicas (Martínez, 2009). En roedores se ha reportado que la privación de sueño tiene un impacto negativo en el desempeño de tareas de aprendizaje espacial dependientes del hipocampo, pero no en tareas de aprendizaje dependientes de la amígdala (McDermott et al., 2003).

Si un animal es capaz de discriminar algún estado interno producto de asociar este estado a contingencias medio ambientales, el animal posee autodiscriminación condicional (Penagos-Corzo, Bonilla, Rodríguez-Moreno, Flores, & Negrete Díaz, 2015). A la vez, se sabe que la cepa SD se desempeña mejor que la cepa Wistar en tareas de autodiscriminación condicional (Hermosillo et al., 2011; Penagos-Corzo, Pérez-Acosta et al., 2015). Esta última cepa muestra más inmovilidad en miedo condicionado que la SD (Walker, Naicker, Hinwood, Dunn, & Day, 2009), aunque en comparaciones de diferentes cepas de ratas en aprendizaje espacial los resultados resultan contradictorios (Gökçek-Saraç, Wesierska, & Jakubowska-Doğru, 2015), o bien no parecen haber diferencias entre cepas (Moreira, Almeida, Leite-Almeida, Sousa, & Costa, 2016). En los estudios de autodiscriminación condicional se ha observado que la interacción social resulta relevante para la auto-discriminación condicional, y es la cepa SD la que tiene mejores desempeños en estas variables, por ejemplo, una mayor tasa de respuestas, así como una curva de aprendizaje más pronunciada para discriminar su estado bajo estimulación aversiva (Hermosillo et al., 2011). Existe evidencia que señala que ratas de cepa SD pueden lograr una discriminación circadiana de recompensas, por ejemplo, cambios anticipados en la temperatura asociados a la restricción de comida o inyección de drogas (Jansen, Sergeeva, Stark, & Sorg, 2012). Así, en consideración de las posibles diferencias comportamentales de las cepas y sus capacidades de autodiscriminación, el presente estudio tiene como objetivo comparar las capacidades de autodiscriminación condicional de día y noche subjetivos de las cepas Wistar y SD. Con esta base, el presente estudio propone que ratas *norvegicus* podrán discriminar condicionalmente sus estados de día y noche subjetivos y las ratas de cepa Sprague-Dawley tendrán más fuerza en la respuesta de autodiscriminación que las de cepa Wistar.

2. Método

2.1. Sujetos

Se seleccionaron por disponibilidad 20 ratas machos de ocho semanas, experimentalmente ingenuas, de las cuales 10 fueron Wistar (W) y 10 Sprague-Dawley (SD). Los animales provinieron del bioterio de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Los sujetos fueron mantenidos en condiciones de ruido blanco y temperatura constantes, con un ciclo de luz-oscuridad 12/12. El trato a los animales se hizo en apego a las guías éticas del trato con animales (Sociedad Mexicana de Psicología, 2007) y en cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2001). Los organismos fueron alojados por pares en jaulas de mantenimiento convencionales y con disposición libre de alimento Rodent Chow de Purina®.

2.2. Instrumentos

Se utilizó una cámara completa de condicionamiento operante Lafayette Instruments modelo 80004, para todas las fases del condicionamiento. Dos palancas de presión fueron dispuestas en el interior de la caja: una frontal derecha y una trasera izquierda. Las palancas registraban una conducta al ejercer sobre ellas 25 gramos de fuerza que las desplazaba 3mm hacia abajo. Para aumentar la diferencia entre las dos opciones conductuales que eran presentadas al organismo, se colocó un escalón de madera de 11cm de largo x 11cm de ancho x 4cm de alto bajo la barra trasera izquierda el cual obligaba a los sujetos a tener una conducta diferencial para presionar la palanca, en relación a la otra conducta sin el escalón, además de proporcionar un esfuerzo adicional por parte del animal. Durante el tiempo que los sujetos se encontraron en la caja de condicionamiento operante ésta fue cubierta por un cubículo de aislamiento, constituido por un receptáculo rígido opaco.

2.3. Procedimiento

Se implementaron tres fases de intervención: 1) entrenamiento previo, 2) autodiscriminación, 3) evaluación de la fuerza de la respuesta. La figura 1, representa gráficamente el diseño experimental en su secuencia temporal.

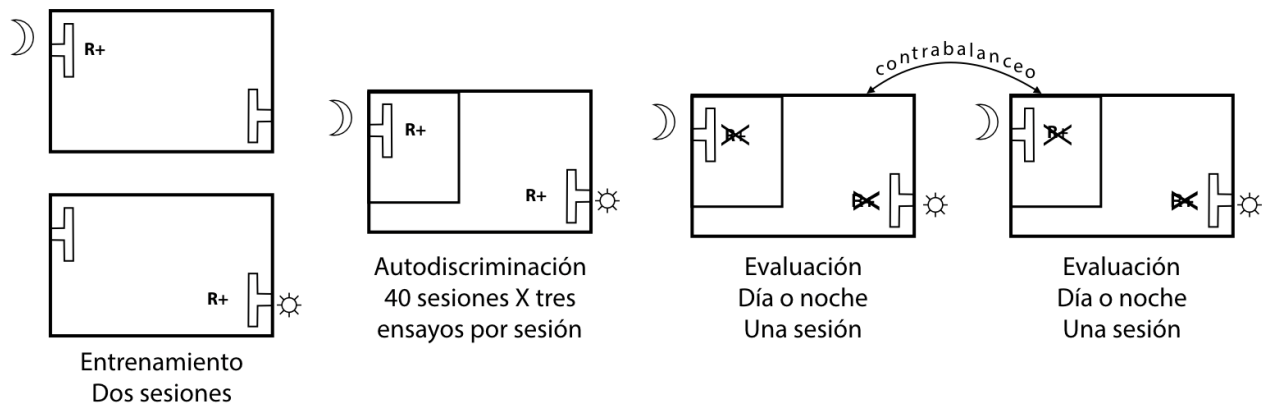


Figura 1. Resumen gráfico de la secuencia temporal del procedimiento experimental.

Entrenamiento previo. Con el propósito de adaptar a los animales a la experimentación en la presión de la palanca, y así facilitar el proceso de aprendizaje de la autodiscriminación, se realizó un entrenamiento previo al paradigma de autodiscriminación condicional en la caja de condicionamiento operante. El entrenamiento previo consistió en dos sesiones de seis horas continuas cada una. Para esto, los organismos fueron privados de agua durante nueve horas, tras las cuales fueron introducidos en las cajas de condicionamiento operante donde recibieron como reforzador una gota de .06 ml de agua al realizar la conducta blanco o diana. Ésta para la sesión diurna fue la presión de la palanca frontal derecha y para la noche la presión de la palanca trasera izquierda.

Autodiscriminación. Durante esta fase los organismos fueron trasladados hacia un área iluminada con luz incandescente de color ámbar de 70 lumens tanto en las sesiones diurnas como nocturnas. Esto con el propósito de evitar que las condiciones de iluminación durante la fase de autodiscriminación fueran el estímulo discriminativo y no el momento del día subjetivo. Las sesiones diurnas se realizaron en horarios de 9:00 a.m. hasta 12:00 p.m. y las nocturnas de 9:00 p.m. hasta 12:00 a.m. Al inicio de las sesiones de autodiscriminación los organismos se hallaban privados de agua durante nueve horas. Los sujetos tenían disposición libre de agua inmediatamente después de las sesiones, hasta llegar al periodo de privación de nueve horas, por lo que su peso no se vio afectado. Los sujetos recibieron .06 ml de agua si presionaban la palanca frontal derecha en la condición día subjetivo o la palanca trasera izquierda en la condición noche subjetiva. Durante las sesiones, 40 en total, cada organismo completó 15 minutos de actividad dentro de la caja de

condicionamiento operante. Estos 15 minutos fueron divididos en tres ensayos de cinco minutos cada uno con intervalos de 45 minutos entre cada ensayo. Este procedimiento ha mostrado ser eficaz para incrementar el número de exposiciones del organismo en relación al estado subjetivo-estímulo arbitrario (Penagos-Corzo, Bonilla et al., 2015). El orden de participación fue rotado diariamente en función del número asignado a los sujetos para que se mantuviera balanceado.

Evaluación de la fuerza de la respuesta. Posteriormente a las ocho semanas, para medir la fuerza de la respuesta en la autodiscriminación condicional, se realizó una fase de supresión del reforzador, para cada sesión, diurna y nocturna, intercalando el orden de éstas a manera de contrabalanceo. Las sesiones de supresión constaron de siete ensayos de un minuto de duración con un intervalo entre ensayos de nueve minutos, tanto para la condición "día subjetivo" como "noche subjetiva". El resto de las condiciones en la caja permanecieron constantes. De manera detallada el procedimiento consistió en privar de la misma forma que en la fase de autodiscriminación condicional y meter al animal a la cámara de condicionamiento en una condición de día subjetivo durante un minuto, pero sin entrega de reforzador. Al suprimir el reforzador, la rata aumenta la exploración, lo que permite evaluar la fuerza de la respuesta ante el estímulo apropiado antes de cometer un error (presionar la palanca equivocada). El animal, al no recibir reforzador, explorará otras operantes, por lo que, si la conducta tiene alta consolidación, ésta deberá ser la primera en presentarse, y mantenerse, al exponer al organismo a la situación experimental.

2.4. Análisis de datos

Para el tratamiento estadístico se utilizó SPSS versión 23 para Mac OS X. Un ANOVA Mixto de dos vías fue utilizado para evaluar las interacciones entre las variables (cepa y día subjetivo) durante las fases de entrenamiento previo y entrenamiento en autodiscriminación. Para evaluar la fuerza de la respuesta en la autodiscriminación condicional se utilizó la prueba de Friedman. Esto se hizo sobre el número de conductas que el animal hacía antes de cometer el primer error.

3. Resultados

3.1. Entrenamiento Previo

Durante las sesiones del entrenamiento previo los sujetos de ambas cepas realizaron un promedio de conductas en un rango similar. Aunque la cepa SD, tuvo un rendimiento ligeramente menor ($M = 179.3$, $DE = 40.51$) que la W ($M = 194.9$, $DE = 89.99$), las comparaciones estadísticas no indican diferencias significativas entre cepas ($F_{1,39} = 0.355$, $p > .05$), ni

entre las condiciones noche-día ($F_{1,39} = 0.827$, $p > .05$), como tampoco en la interacción hora del día - cepa ($F_{1,39} = 0.635$, $p > .05$). Estos y los análisis posteriores siempre fueron hechos con el número absoluto de conductas, como medida de variable dependiente.

3.2. Entrenamiento en Autodiscriminación condicional

En las sesiones diurnas los sujetos de cepa SD realizaron un promedio de 208.1 conductas por sesión, mientras que los sujetos W realizaron 205.5 promedio en cada sesión. Durante las sesiones nocturnas los sujetos Sprague-Dawley realizaron un promedio diario de 123.5, y los sujetos Wistar realizaron un promedio de 122 por sesión (Figura 2). No se encontraron diferencias entre cepas ($F_{1,39} = .02$, $p > .05$), aunque sí respecto del día subjetivo ($F_{1,39} = 80.16$, $p < .001$), pero no en la interacción de día subjetivo - cepa ($F_{1,39} = 0$, $p > .05$). Los datos no consideran la presión de la palanca inactiva pues no estaba presente en la fase de entrenamiento.

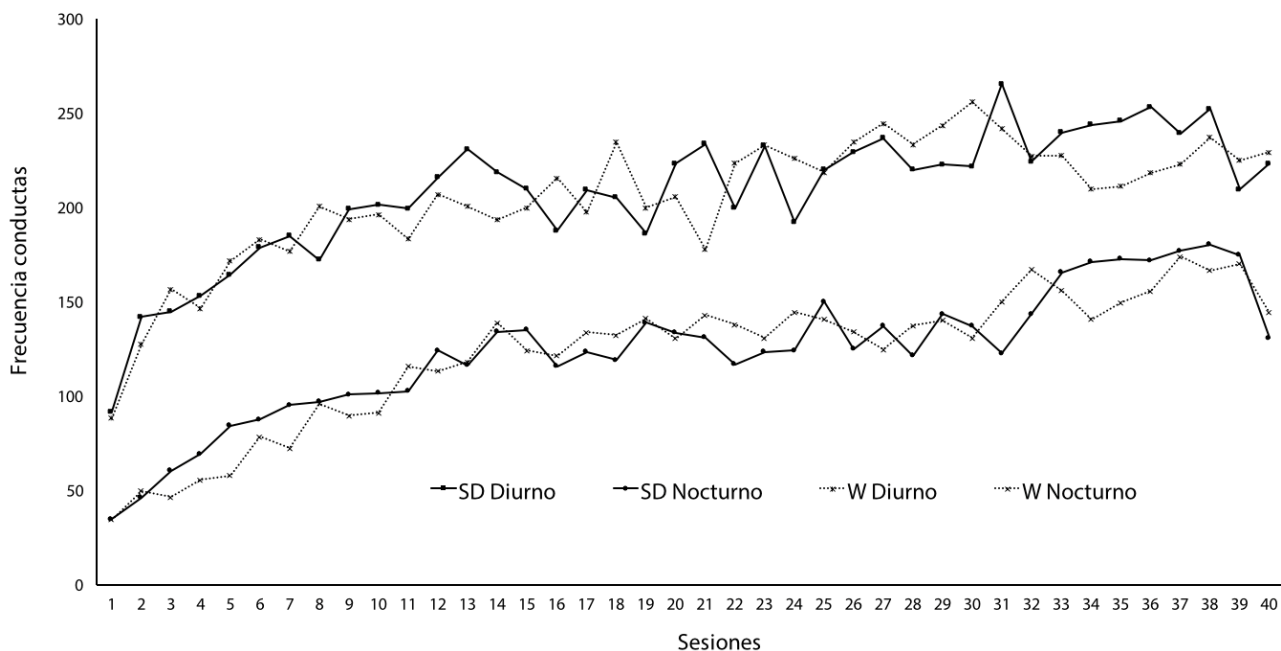


Figura 2.

Frecuencia de conductas operantes por sesión durante la fase en entrenamiento en autodiscriminación condicional. La conducta operante fue la presión de la palanca asociada al estado de día o noche subjetivo.

3.3. Medición de la fuerza de la conducta

Durante la fase de supresión de reforzadores o extinción se tomaron en cuenta dos datos acerca de la conducta de cada sujeto: 1) el número de conductas correctas antes de presentarse la primera conducta errónea, 2) el número de aciertos después de la presentación del primer error. Esto para determinar la

fuerza de la respuesta, en las conductas asociadas durante el entrenamiento. Durante la sesión de extinción diurna los sujetos Sprague-Dawley realizaron $N = 97$ aciertos antes del primer error, $N = 181$ aciertos después del error. Los sujetos Wistar realizaron $N = 67$ aciertos antes del primer error, $N = 251$ aciertos después del primer error. Durante la

sesión nocturna los sujetos de la cepa Sprague-Dawley realizaron $N = 266$ aciertos antes del primer error, $N = 107$ aciertos después del primer error. Los sujetos de cepa Wistar realizaron $N = 342$ aciertos antes del primer error, $N = 162$ aciertos después del primer error. Estos datos pueden verse más claramente representados en la **Figura 3**.

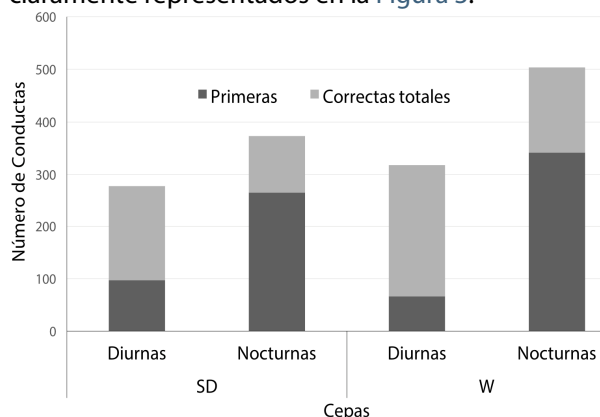


Figura 3. Conductas realizadas durante las sesiones de supresión de reforzadores. "Primeras" es igual al número de conductas correctas antes de cometer un error.

Para determinar si existían diferencias significativas entre la capacidad de autodiscriminación condicional entre las dos cepas se aplicó una prueba de Friedman sobre el número de conductas correctas individuales antes del primer error. Las medias de las muestras sobre las que se realizó el tratamiento fueron únicamente las correspondientes a la sesión nocturna. Los resultados de la prueba de Friedman determinaron diferencias significativas entre la capacidad de autodiscriminación únicamente entre las sesiones diurna y nocturna ($Xr^2 = 19.995, p = .001$), no así en entre cepas. Esta diferencia puede apreciarse en el comportamiento de las ratas durante los siete ensayos de la medición final (ver **Figura 4**).

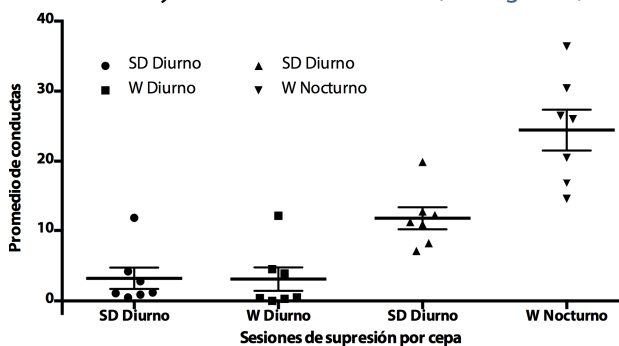


Figura 4 Operantes durante la supresión de reforzadores para cada cepa en las sesiones diurnas y nocturnas

4. Discusión

Nuestros datos confirman parcialmente la existencia de autodiscriminación condicional del día y la noche subjetivos. Durante las sesiones nocturnas los sujetos de ambas cepas demostraron la capacidad de autodiscriminación condicional, no así durante las sesiones diurnas. No se encontraron diferencias entre cepas en tales capacidades.

Se ha sugerido que la complejidad de las interacciones sociales de los organismos podrían interpretarse como un indicador de la capacidad de autodiscriminación condicional (Hermosillo et al., 2011), pues se teoriza que la autodiscriminación condicional surge de la necesidad de informar a otros miembros del grupo el estado interno propio (Pérez-Acosta et al., 2002). Si bien se ha observado esta correlación, nuestros resultados indican que el nivel de socialización presentado por una cepa, no puede considerarse un predictor de la eficiencia para discriminar el día y noche subjetivos. Sin embargo, debido a que hay evidencia que señala que las cepas W y SD tienen aprendizajes y comportamientos diferentes (Manduca et al., 2014; Walker et al., 2009) es importante probar la discriminación condicional de ritmos circadianos con otros paradigmas.

El presente trabajo indica la presencia de autodiscriminación condicional durante las sesiones nocturnas, pero no en las diurnas. Podría parecer que la mayor ejecución nocturna es simplemente derivada de mayor actividad durante la noche subjetiva. Sin embargo, se sugiere que, si lo anterior fuese cierto, los datos tendrían dos características: 1) los datos de las sesiones diurnas y nocturnas presentarían el mismo número de aciertos nocturnos y errores diurnos. Esto porque si se tratara de una tendencia no relacionada al momento del día, el número de conductas sobre la misma palanca sería igual entre las sesiones; 2) habría un número mínimo o nulo de conductas correctas antes del primer error en las sesiones diurnas. Si en realidad se tratara de una tendencia no relacionada al momento del día, los organismos no habrían presentado la conducta de presionar la palanca correcta durante las sesiones diurnas. Ninguno de estos dos puntos anteriores se cumple en el presente trabajo. Por el contrario, la presencia de conductas correctas antes del primer error y la asimetría entre conductas correctas nocturnas y errores diurnos, permiten confirmar la interpretación de que sí existe discriminación parcial para ambas cepas.

Asimismo, es posible que la dificultad de la tarea no permitiera observar el fenómeno de autodiscriminación. Tareas sencillas *go - no go*,

pueden ser fácilmente ejecutadas, mientras que la toma de decisiones implicada en la tarea del presente estudio sugiere mayor dificultad (Means, Arolfo, Ginn, Pence, & Watson, 2000). Además, existe una evidencia que indica que, al tomar el momento del día como estímulo discriminativo, las ratas de cepa Sprague-Dawley son eficientes discriminando situaciones acción / inacción, pero no si la tarea requiere la elección de diferentes opciones conductuales (Means et al., 2000).

Tomando en cuenta lo anterior, sería válido concluir que en las sesiones diurnas el fallo al discriminar el día subjetivo es producto de un aprendizaje menor en el día en comparación con la noche, probablemente debido a la naturaleza nocturna de las ratas (Hofstetter, Suckow, & Hickman, 2006). Lo anterior coincide con otros estudios que, al explorar la relación entre los ritmos circadianos, específicamente el ciclo de sueño-vigilia, y la consolidación de la memoria, determinan que el aprendizaje se ve impedido cuando ocurre durante el periodo de inactividad natural del organismo (Gerstner & Yin, 2010), que en este caso sería el día subjetivo. En este sentido también se ha señalado que el ritmo de neurogénesis hipocampal es dependiente de las condiciones de luz (Tamai, Sanada, & Fukada, 2008). Esto es relevante pues se sabe que la autodiscriminación condicional tiene efectos en la densidad dendrítica del hipocampo (Penagos-Corzo, Bonilla et al., 2015).

Según los resultados del presente trabajo, el proceso de aprendizaje de las cepas Wistar y Sprague-Dawley se ve afectado por la hora del día. Esto apoya otros hallazgos en donde se observó que ratas mostraron mejores ejecuciones en desempeño de aprendizaje espacial, tanto en la noche subjetiva (Valentinuzzi, Menna-Barreto, & Xavier, 2004), como en periodos de oscuridad (Hauber & Bareiss, 2001). A la vez, se ha observado que la retención de largo plazo en el laberinto de Morris es diferente en función de si la especie de ratas es nocturna o diurna (Martin-Fairey & Nunez, 2014); si la especie es diurna –Grass- tendrá mejores desempeños durante el día, mientras si es nocturna lo hará mejor durante la noche. Incluso se ha reportado que al inducir estrés y poner a prueba a ratas Wistar en el laberinto de Morris, tiene efectos en la atrofia dendrítica si la inducción se hace en periodos de luz vs oscuridad (Aslani et al., 2014). La importancia de este resultado yace en los siguientes puntos: 1) sugiere que el entrenamiento de sujetos experimentales tendría mayores efectos si se realiza en el periodo de actividad propio de dichos sujetos. 2) Los roedores forman el 90% de los animales utilizados

en la investigación científica (Trull & Rich, 1999), sin embargo en las publicaciones no es frecuente encontrar reportes del momento del día en que se realizaron los experimentos, aún en el caso de los estudios que tienen que ver con conducta. Se asume que, cuando las intervenciones o medidas experimentales se realizan en periodos reducidos de tiempo, éstas son diurnas, por comodidad del investigador. Especialmente para investigaciones enfocadas en la conducta, es válido preguntarse si los resultados serían los mismos si el experimento se realizara tomando en cuenta el momento de actividad natural de los sujetos, que en el caso de los *Rattus norvegicus*, es la noche subjetiva. Estudios con roedores indican que algunos pueden cambiar sus hábitos al ser manipulados en el laboratorio durante el día vs noche (Tachinardi, Tøien, Valentinuzzi, Buck, & Oda, 2015; Tomotani et al., 2012). Una sugerencia relacionada con el control experimental, es contrabalancear la asignación de palancas en día y noche. En el presente estudio no se hizo esto, para así para aumentar la fuerza de discriminación. Sin embargo, es oportuno explorar si un mayor, pero ligero esfuerzo por parte del animal tiene efectos en la discriminación.

El presente trabajo representa un punto de partida en un modelo no estudiado de autodiscriminación condicional, es decir, de discriminación del día noche subjetivos y arroja luz sobre los límites de esta capacidad. Por otro lado, se aproxima un procedimiento conductual, para el estudio de procesos no visibles, en este caso la autodiscriminación. Este es el primer experimento que utiliza una metodología diseñada para el estudio de día y noche subjetivos, como fenómeno de autodiscriminación condicional. Lo anterior ofrece datos a favor de la capacidad de los organismos estudiados para auto-discriminar sus estados internos, lo cual puede ser considerado un tipo de conciencia en animales (Fabbro, Aglioti, Bergamasco, Clarici, & Panksepp, 2015; Pérez-Acosta et al., 2002).

Referencias

- Abe, M., Herzog, E. D., Yamazaki, S., Straume, M., Tei, H., Sakaki, Y., & ... Block, G. D. (2002). Circadian rhythms in isolated brain regions. *The Journal of Neuroscience*, 22(1), 350-356.
- Abe, H., Honma, S., Shinohara, K., & Honma, K. I. (1995). Circadian modulation in photic induction of Fos-like immunoreactivity in the suprachiasmatic nucleus cells of diurnal chipmunk, *Eutamias asiaticus*. *Journal of Comparative Physiology, A. Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 176(2), 159-167.
- Aslani, S., Harb, M. R., Costa, P. S., Almeida, O. X., Sousa, N., &

- Palha, J. A. (2014). Day and night: Diurnal phase influences the response to chronic mild stress. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8 doi: 10.3389/fnbeh.2014.00082.
- Beninger, R. J., Kendall, S. B., & Vanderwolf, C. H. (1974). The ability of rats to discriminate their own behaviours. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 28(1), 79-91.
- Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, 1(3), 195-204.
- Borbély, A. A., & Achermann, P. (1999). Sleep homeostasis and models of sleep regulation. *Journal of Biological Rhythms*, 14(6), 557-568.
- Coindet, J., Chouvet, G., & Mouret, J. (1975). Effects of lesions of the suprachiasmatic nuclei on paradoxical sleep and slow wave sleep circadian rhythms in the rat. *Neuroscience Letters*, 1(4), 243-247. doi: 10.1016/0304-3940(75)90068-3.
- Dardente, H., Menet, J. S., Challet, E., Tournier, B. B., Pévet, P., & Masson-Pévet, M. (2004). Daily and circadian expression of neuropeptides in the suprachiasmatic nuclei of nocturnal and diurnal rodents. *Molecular Brain Research*, 124(2), 143-151. doi: 10.1016/j.molbrainres.2004.01.010.
- Dattolo, T., Coomans, C. P., van Diepen, H. C., Patton, D. F., Power, S., Antle, M. C., & ... Mistlberger, R. E. (2016). Neural activity in the suprachiasmatic circadian clock of nocturnal mice anticipating a daytime meal. *Neuroscience*, 315, 91-103. doi: 10.1016/j.neuroscience.2015.12.014.
- Dijk, D. J., & Czeisler, C. A. (1994). Paradoxical timing of the circadian rhythm of sleep propensity serves to consolidate sleep and wakefulness in humans. *Neuroscience Letters*, 166(1), 63-68.
- Dymond, S., & Barnes, D. (1997). Behavior analytic approaches to self-awareness. *The Psychological Record*, 47, 181-200.
- Eastman, C. I., Mistlberger, R. E., & Rechtschaffen, A. (1984). Suprachiasmatic nuclei lesions eliminate circadian temperature and sleep rhythms in the rat. *Physiology & Behavior*, 32(3), 357-368.
- Epstein, R., Lanza, R. P., & Skinner, B. F. (1981). "Self-awareness" in the pigeon. *Science*, 212(4495), 695-696. doi: 10.1126/science.212.4495.695.
- Fabbro, F., Aglioti, S. M., Bergamasco, M., Clarici, A., & Panksepp, J. (2015). Evolutionary aspects of self- and world consciousness in vertebrates. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 915. doi:10.3389/fnhum.2015.00157.
- Gerstner, J. R., & Yin, J. C. (2010). Circadian Rhythms and Memory Formation. *Nature Reviews. Neuroscience*, 11(8), 577-588. doi: 10.1038/nrn2881.
- Giraldeau, L. A. (1997). The ecology of information use. In: J. R. Krebs, & N. B. Davis (Eds.), *Behavioural Ecology: An evolutionary approach* (fourth edition, pp. 42-68). Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Gökçek-Saraç, Ç., Wesierska, M., & Jakubowska-Doğru, E. (2015). Comparison of spatial learning in the partially baited radial-arm maze task between commonly used rat strains: Wistar, Sprague-Dawley, Long-Evans, and outcrossed Wistar/Sprague-Dawley. *Learning & Behavior*, 43(1), 83-94. doi: 10.3758/s13420-014-0163-9.
- Hauber, W., & Bareiss, A. (2001). Facilitative effects of an adenosine A1/A2 receptor blockade on spatial memory performance of rats: selective enhancement of reference memory retention during the light period. *Behavioural Brain Research*, 118(1), 43-52.
- Hermosillo, C., Penagos-Corzo, J. C., & Pérez-Acosta, A. M. (2011). Differences in conditional self-discrimination between Wistar and Sprague-Dawley strains. *Revista Interamericana de Psicología*, 45(3), 449-456.
- Hofstetter, J., Suckow, M. A., & Hickman, D. L. (2006). Morphophysiology. In M. A. Suckow, S. H. Weisbroth, & C. L. Franklin (Eds.), *The laboratory rat* (pp. 93-126). Burlington, MA: Elsevier Academic Press.
- Hut, R., & Beersma, D. G. M. (2011). Evolution of time-keeping mechanisms: early emergence and adaptation to photoperiod. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B: Biological Sciences*, 366(1574), 2141-2154. doi: 10.1098/rstb.2010.0409.
- Jakubowski, M., & Joseph, T. (1985). Incidence of Pup Killing and Parental Behavior in Virgin Female and Male Rats (*Rattus norvegicus*): Differences Between Wistar and Sprague-Dawley Stocks. *Journal of Comparative Psychology*, 99(1), 93-97. doi: 10.1037/0735-7036.99.1.93.
- Jansen, H. T., Sergeeva, A., Stark, G., & Sorg, B. A. (2012). Circadian discrimination of reward: Evidence for simultaneous yet separable food- and drug-entrained rhythms in the rat. *Chronobiology International*, 29(4), 454-468. doi: 10.3109/07420528.2012.667467.
- Katona, C., Rose, S., & Smale, L. (1998). The expression of Fos within the suprachiasmatic nucleus of the diurnal rodent *Arvicanthis niloticus*. *Brain Research*, 791(1-2), 27-34.
- Kononen, J., Koistinaho, J., & Alho, H. (1990). Circadian rhythm in c-Fos-like immunoreactivity in the rat brain. *Neuroscience Letters*, 120(1), 105-108. doi: 10.1016/0304-3940(90)90179-D.
- Kuhlman, S. J., Mackey, S. R. & Duffy, J. F. (2007). Biological Rhythms Workshop I: introduction to chronobiology. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 72, 1-6. doi: 10.1101/sqb.2007.72.059.
- Landry, G. J., Opiol, H., Marchant, E. G., Pavlovski, I., Mear, R. J., Hamson, D. K., & Mistlberger, R. E. (2012). Scheduled Daily Mating Induces Circadian Anticipatory Activity Rhythms in the Male Rat. *PLoS ONE*, 7(7), e40895. doi: 10.1371/journal.pone.0040895.
- Lubinski, D., & Thompson, T. (1987). An animal model of the interpersonal communication of interoceptive (private) states. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 48(1), 1-15. doi: 10.1901/jeab.1987.48-1.
- Manduca, A., Campolongo, P., Palmery, M., Vanderschuren, L. J., Cuomo, V., & Trezza, V. (2014). Social play behavior, ultrasonic vocalizations and their

- modulation by morphine and amphetamine in Wistar and Sprague-Dawley rats. *Psychopharmacology*, 237(8), 1661-1673. doi: 10.1007/s00213-013-3337-9.
- Martin-Fairey, C. A., & Nunez, A. A. (2014). Circadian modulation of memory and plasticity gene products in a diurnal species. *Brain Research*, 158130-39. doi:10.1016/j.brainres.2014.07.020.
- Martínez, G. S. (2009). Regulación Circadiana del Comportamiento: diferencias entre especies diurnas y nocturnas. *Universitas Psychologica*, 8(2), 487-496.
- McDermott, C. M., LaHoste, G. J., Chen, C., Musto, A., Bazan, N. G., & Magee, J. C. (2003). Sleep Deprivation Causes Behavioral, Synaptic, and Membrane Excitability Alterations in Hippocampal Neurons. *The Journal of Neuroscience*, 23(29), 9687-9695.
- Means, L. W., Arolfo, M. P., Ginn, S. R., Pence, J. D., & Watson, N. P. (2000). Rats More Readily Acquire a Time-of-Day go no-go Discrimination than a Time of Day Choice Discrimination. *Behavioural Processes*, 52(1), 11-20. doi: 10.1016/S0376-6357(00)00109-1.
- Mistlberger, R. E., Kent, B. A., Chan, S., Patton, D. F., Weinberg, A., & Parfyonov, M. (2012). Circadian Clocks for All Meal-Times: Anticipation of 2 Daily Meals in Rats. *PLoS ONE*, 7(2), 1-10. doi:10.1371/journal.pone.0031772.
- Moreira, P. S., Almeida, P. R., Leite-Almeida, H., Sousa, N., & Costa, P. (2016). Impact of Chronic Stress Protocols in Learning and Memory in Rodents: Systematic Review and Meta-Analysis. *Plos ONE*, 11(9), 1-24. doi:10.1371/journal.pone.0163245.
- Mrosovsky, N., Edelman, K., Hastings, M. H., & Maywood, E. S. (2001). Cycle of period gene expression in a diurnal mammal (*Spermophilus tridecemlineatus*): Implications for nonphotic phase shifting. *Journal of Biological Rhythms*, 16(5), 471-478. doi: 10.1177/074873001129002141.
- Novak, C. M., & Nunez, A. A. (1998). Daily rhythms in Fos activity in the rat ventrolateral preoptic area and midline thalamic nuclei. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 275(5 Pt 2), 1620-1626.
- Novak, C. M., Smale, L., & Nunez, A. A. (2000). Rhythms in Fos expression in brain areas related to the sleep-wake cycle in the diurnal *Arvicanthis niloticus*. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 278(5), 1267-1274.
- Nunez, A. A., Bult, A., McElhinny, T. L., & Smale, L. (1999). Daily rhythms of Fos expression in hypothalamic targets of the suprachiasmatic nucleus in diurnal and nocturnal rodents. *Journal of Biological Rhythms*, 14(4), 300-306.
- Penagos-Corzo, J. C., & Aguilar Pérez, S. E. (2009). Autodiscriminación condicional del estado de sed en ratas *norvegicus*. *Revista Mexicana de Psicología*, 26(2), 185-192.
- Penagos-Corzo, J. C., Bonilla, A., Rodríguez-Moreno, A., Flores, G., & Negrete-Díaz, J. V. (2015). Conditional self-discrimination enhances dendritic spine number and dendritic length at prefrontal cortex and hippocampal neurons of rats. *Synapse*, 69(11), 543-552. doi:10.1002/syn.21847.
- Penagos-Corzo, J. C., Hermosillo, C., & Pérez-Acosta, A. M. (2011). Interacción social y autodiscriminación condicional bajo efectos de metilfenidato en ratas *norvegicus*. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 11(3), 443-454.
- Penagos-Corzo, J. C., Pérez-Acosta, A. M., & Hernández, I. (2015). Social interaction and conditional self-discrimination under a paradigm of avoidance and positive reinforcement in Wistar rats. *Psicológica*, 36(1), 1-15.
- Peng, Z. C., Grassi-Zucconi, G., & Bentivoglio, M. (1995). Fos-related protein expression in the midline paraventricular nucleus of the rat thalamus: Basal oscillation and relationship with limbic efferents. *Experimental Brain Research*, 104(1), 21-29.
- Pérez-Acosta, A. M. & Benjumea Rodríguez, S. (2003). Adquisición y prueba de transferencia de la autodiscriminación condicional en palomas. *Acta Colombiana de Psicología*, 10, 45-71.
- Pérez-Acosta, A. M., Benjumea Rodríguez, S., & Navarro Guzmán, J. I. (2001). Autoconciencia animal: Estudios sobre la autodiscriminación condicional en varias especies. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 33(3), 311-327.
- Pérez-Acosta, A. M., Benjumea Rodríguez, S., & Navarro Guzmán, J. I. (2002). Autodiscriminación condicional: la autoconciencia desde un enfoque conductista. *Revista Colombiana de Psicología*, 11, 71-80.
- Reynolds, G. S. (1966). Discrimination and emission of temporal intervals by pigeons. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9(1), 65-68.
- Reynolds, G. S., & Catania, A.C. (1962). Temporal generalization in pigeons. *Science*, 135, 314-315.
- Rosenblatt, J. S. (1967). Nonhormonal basis of maternal behavior in the rat. *Science*, 156(3781), 1512-1514.
- Ruby, N. F., & Heller, H. C. (1996). Temperature sensitivity of the suprachiasmatic nucleus of ground squirrels and rats in vitro. *Journal of Biological Rhythms*, 11(2), 126-136.
- Sherin, J. E., Shiromani, P. J., McCarley, R. W., & Saper, C. B. (1996). Activation of ventrolateral preoptic neurons during sleep. *Science*, 271(5246), 216-219.
- Shimp, C. P. (1982). On metaknowledge in the pigeon: An organism's knowledge about its own behavior. *Animal Learning and Behavior*, 10(3), 358-364. doi: 10.3758/BF03213722.
- Shiromani, P. J., Xu, M., Winston, E. M., Shiromani, S. N., Gerashchenko, D., & Weaver, D. R. (2004). Sleep rhythmicity and homeostasis in mice with targeted disruption of mPeriod genes. *American Journal of Physiology: Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 287(1), R47-R57. doi: 10.1152/ajpregu.00138.2004.
- Skinner, B. F. (1987). *Sobre el Conductismo*. Barcelona: Martínez Roca.

- Smale, L., Lee, T., & Nunez, A. A. (2003). Mammalian diurnality: Some facts and gaps. *Journal of Biological Rhythms*, *18*(5), 356-366.
- Smit, A. N., Patton, D. F., Michalik, M., & Mistlberger, R. E. (2013). Dopaminergic Regulation of Circadian Food Anticipatory Activity Rhythms in the Rat. *PLoS ONE* *8*(11), e82381. doi: 10.1371/journal.pone.0082381.
- Tachinardi, P., Tøien, Ø., Valentinuzzi, V. S., Buck, C. L., & Oda, G. A. (2015). Nocturnal to Diurnal Switches with Spontaneous Suppression of Wheel-Running Behavior in a Subterranean Rodent. *Plos ONE*, *10*(10), 1-12. doi:10.1371/journal.pone.0140500.
- Tamai, S., Sanada, K., & Fukada, Y. (2008). Time-of-Day-Dependent Enhancement of Adult Neurogenesis in the Hippocampus. *PLoS ONE*, *3*(12), e3835. doi: 10.1371/journal.pone.0003835.
- Terkel, J., & Rosenblatt, J. S. (1972). Humoral factors underlying maternal behavior at parturition: Cross transfusion between freely moving rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *80*, 365-371.
- Tomotani, B. M., Flores, D. L., Tachinardi, P., Paliza, J. D., Oda, G. A., & Valentinuzzi, V. S. (2012). Field and Laboratory Studies Provide Insights into the Meaning of Day-Time Activity in a Subterranean Rodent (*Ctenomys aff. knighti*), the Tuco-Tuco. *Plos ONE*, *7*(5), 1-8. doi:10.1371/journal.pone.0037918.
- Trull, F. L., & Rich, B. A. (1999). More regulation of rodents. *Science*, *284*(5419), 1463.
- Valentinuzzi, V. S., Menna-Barreto, L., & Xavier, G. F. (2004). Effect of circadian phase on performance of rats in the Morris water maze task. *Journal of Biological Rhythms*, *19*(4), 312-324. doi: 10.1177/0748730404265688.
- Walker, F. R., Naicker, S., Hinwood, M., Dunn, N., & Day, T. A. (2009). Strain differences in coping behaviour, novelty seeking behaviour, and susceptibility to socially conditioned fear: a comparison between Wistar and Sprague Dawley rats. *Stress*, *12*(6), 507-516. doi: 10.3109/10253890802673134.
- Wideman, C. H., & Murphy, H. M. (2009). Constant light induces alterations in melatonin levels, food intake, feed efficiency, visceral adiposity, and circadian rhythms in rats. *Nutritional Neuroscience*, *12*(5), 233-240. doi: 10.1179/147683009X423436.
- Wiesner, B. P., & Sheard, N. M. (1933). *Maternal behaviour in the rat*. London: Oliver & Boyd.