


Cambios conductuales y sinápticos inducidos por la experiencia sexual en ratas macho

Behavioral and synaptic changes induced by sexual experience in male rats

Zacnité Mier-Quesada,¹ Lorena Gaytán-Tocavén,²
Raúl Gerardo Paredes Guerrero^{1,2*} 

https://doi.org/10.36105/psic_anah.2026v1n2.04

¹ Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro

² Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro

*Autor de correspondencia: Raúl Gerardo Paredes Guerrero, rparedes@unam.mx Blvd. Juriquilla No. 3001, Col. Juriquilla, C.P. 76230, Querétaro, México

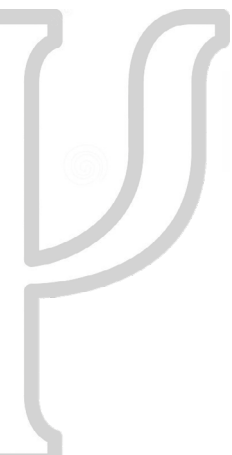
Fecha de recepción: 11 de marzo de 2025

Fecha de aceptación: 29 de abril de 2026

CÓMO CITAR: Mier-Quesada, Z., Gaytán-Tocavén, L. & Paredes, G. R. G. (2026). Cambios conductuales y sinápticos inducidos por la experiencia sexual en ratas macho. *Investigación y Avances en Psicología*, 1 (2),74-94. https://doi.org/10.36105/psic_anah.2026v1n2.04



Resumen



La conducta sexual y la experiencia sexual generan cambios conductuales y cambios en la plasticidad sináptica del sistema nervioso central. En ratas macho, los mecanismos que impulsan la motivación y la ejecución son esenciales para la conducta sexual. Existen diversos paradigmas para evaluar aspectos motivacionales de la conducta como la prueba de motivación sexual incentiva (MSI) y la prueba de preferencia de pareja (PPP). En el presente proyecto evaluamos si la experiencia sexual puede modificar la expresión de la MSI y PPP. También, a través de técnicas de inmunofluorescencia se analizaron los cambios plásticos resultantes de la activación provocada por la adquisición de experiencia en la PPP y la prueba de MSI en los bulbos olfatorios (BO) y en el hipocampo (HPO). Encontramos que la prueba de PPP induce cambios plásticos en el giro dentado (GD) del HPO mientras que la MSI induce cambios en el bulbo olfatorio principal (BOP). Nuestros resultados sugieren que la PPP y la MSI inducen cambios plásticos en regiones específicas del cerebro.

Palabras clave: conducta sexual, motivación sexual, motivación, incentivo sexual, conducta motivada.

Abstract

Sexual behavior and sexual experience generate changes at the brain and behavioral level of the central nervous system. In male rats, the mechanisms that drive motivation and execution are essential for sexual behavior. There are several paradigms to evaluate motivational aspects of sexual behavior, such as the sexual incentive motivation (SIM) test and the partner preference (PPT) test. In the present project we evaluated whether sexual experience could modify the expression of SIM and PPT. Also, through immunofluorescence techniques, the plastic changes resulting from the activation caused by the acquisition of experience in the SIM and the PPT in the olfactory bulbs (OB) and the hippocampus (HPO) were analyzed. We found that the PPT induces plastic changes in the dentate gyrus (DG) of the HPO while the SIM induces changes

in the main olfactory bulb (MOB). Our results suggest that SIM and PPT induce plastic changes in specific brain regions.

Keywords: sexual behavior, sexual motivation, motivation, sexual incentive, motivated behavior

Introducción

La conducta sexual es una conducta motivada debido a que es voluntaria, impredecible y frecuentemente anticipatoria (Hernández-González, 2002). La conducta sexual puede considerarse primaria cuando se ve englobada con conductas como el dormir, el comer y el beber (Sutton & Krashes, 2020). Sin embargo, usualmente se le considera secundaria ya que la falta de actividad sexual no pone en riesgo la vida el individuo (Bedos *et al.*, 2018).

En roedores, la conducta sexual se caracteriza por una serie de movimientos estereotipados en respuesta a señales internas y externas (Ågmo, 2014; Hull & Rodríguez-Manzo, 2017; Paredes & Ågmo, 2004). En machos, suele ser dividida en dos fases: la fase apetitiva también llamada motivacional y la fase consumatoria o de ejecución (Hull & Dominguez, 2019). La fase motivacional comprende a la etapa pre-copulatoria. En esta etapa el macho realiza comportamientos de acercamiento o aproximación para realizar investigación anogenital donde el objetivo es detectar el estado reproductivo de la hembra. Para ello, tanto machos como hembras, detectan las feromonas del conoespecífico gracias al sistema olfatorio (Mier-Quesada *et al.*, 2023). Las feromonas consisten en compuestos volátiles y proteínas no volátiles indicadoras de la capacidad reproductiva, estado de salud, entre otras (Guo *et al.*, 2018). Éstos compuestos son detectados principalmente por el órgano vomeronasal (OVN) que envía proyecciones al bulbo olfatorio accesorio (BOA) para posteriormente mandar la información a la amígdala y a algunos núcleos del hipotálamo como el núcleo de la cama de la estría terminal (Lenschow & Lima, 2020; Mier-Quesada *et al.*, 2023). En contraposición, la hembra realiza comportamientos de proceptividad como los brincoteos y la vibración de las orejas para así, incitar al macho a copular. La fase consumatoria se

divide en la etapa copulatoria y la etapa post-copulatoria. En la etapa copulatoria se observan movimientos estereotipados como la monta, la intromisión y la eyaculación las cuales son posturas fundamentales en la conducta sexual del macho como lo es la lordosis en la hembra. Por otro lado, la etapa post copulatoria hace referencia a un periodo de inactividad sexual que se da después de una eyaculación y tiene una duración aproximada de 5 a 10 minutos (Dorantes, 2019).

La experiencia sexual produce cambios fisiológicos, y por lo tanto, cambios en el comportamiento (Herrera-Morales *et al.*, 2019). El aprendizaje sexual es un cambio duradero en el comportamiento apetitivo o consumatorio específico de una especie después de cualquier experiencia social o sexual durante el desarrollo o la vida adulta (Woodson, 2002). El comportamiento sexual se activa por la motivación (Le Moëne & Ågmo, 2019) que es un estado interno definido como todos aquellos procesos que se activan y dirigen acciones hacia un objetivo en relación a ciertos estímulos (Ågmo, 2011; Bindra, 1974). Un estímulo es llamado incentivo cuando tiene propiedades gratificantes debido a que produce comportamientos de aproximación (Ågmo, 1999; Paredes, 2009). Las ratas hembra son un incentivo por excelencia para los machos y estos comportamientos de aproximación aumentan conforme aumenta la experiencia sexual (Agmo, 1999).

En el presente proyecto, se utilizó la prueba de preferencia de pareja (PPP) y la prueba de motivación sexual incentivada (MSI), dos de los paradigmas más utilizados para evaluar estados afectivos positivos y gratificantes (Paredes, 2009). La PPP se utiliza para evaluar conductas de aproximación y consumatorias mientras que con la prueba de MSI únicamente se pueden evaluar conductas de aproximación (Paredes, 2009; Ventura-Aquino & Paredes, 2017).

Diversas investigaciones han demostrado que estructuras como el bulbo olfatorio principal (BOP), el BOA y el hipocampo (HPO) están involucradas en la conducta sexual en roedores (Okuyama, 2018; Turner *et al.*, 2019). Para llevar a cabo una respuesta conductual adecuada, es fundamental recibir los estímulos olfativos. El sistema olfativo desempeña un papel crucial al procesar tanto olores volátiles como no volátiles como las feromonas. Algunos estudios han demostrado que la bulbectomía bilateral en roedores altera el comportamiento sexual

en machos (Settembrini, 1985) observando déficits en el rendimiento copulatorio (Edwards *et al.*, 1990; Kirkpatrick *et al.*, 1994). Este sistema no se limita al control de conductas reproductivas, también se ve involucrado en comportamientos de cuidado maternal, conductas de agresión, hábitos de alimentación, entre otros (Kirkpatrick *et al.*, 1994; Yang & Shah, 2016). Por otro lado, el HPO es una de las áreas denominadas nichos de precursores neuronales que tienen la capacidad de generar nuevas neuronas incluso en la vida adulta (Leal-Galicia *et al.*, 2019), siendo el giro dentado (GD) del HPO el mayor sitio de neurogénesis (Glasper & Gould, 2013; Toda & Gage, 2018). En ratas macho, la experiencia sexual aumenta la proliferación celular y la neurogénesis en el hipocampo mejorando la función cognitiva (Bedos *et al.*, 2018; Glasper & Gould, 2013; Leuner *et al.*, 2010; Portillo *et al.*, 2019). Este proceso se sugiere como un mecanismo de adaptación a entornos en constante cambio, facilitando así la interacción con posibles parejas sexuales y, por ello, la neurogénesis adulta hipocampal se considera un ejemplo de plasticidad sináptica tanto estructural como funcional (Glasper & Gould, 2013; Leuner *et al.*, 2010).

El comportamiento sexual cambia a medida que el animal va adquiriendo experiencia sexual (Herrera-Morales *et al.*, 2019). Estos cambios plásticos pueden ser evaluados a través de ciertos biomarcadores como la sinaptofisina (Syp). Se ha mencionado la participación de la Syp en cambios plásticos estructurales inducidos por el aprendizaje (Grijalva *et al.*, 2021) y es por ello que se le considera como un marcador confiable que puede ser utilizado para determinar la distribución y la densidad de las sinapsis funcionales (Glantz *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2010; Tata *et al.*, 2021).

El objetivo del presente estudio es evaluar las diferencias conductuales entre los grupos MSI y PPP y determinar mediante técnicas de inmunofluorescencia y estereología, utilizando la Syp como marcador de densidad sináptica, los cambios plásticos en los bulbos olfatorios (BO) y en el HPO derivados de la activación generada por la adquisición de experiencia en la PPP y la prueba de MSI. Son pocos los trabajos que han evaluado cambios plásticos en la conducta sexual, aún existe una brecha significativa sobre cómo la conducta sexual influye en estos procesos. El presente proyecto se enfoca en investigar cómo

diversas estructuras cerebrales participan en cada fase de la conducta sexual y cómo estas interacciones pueden influir en los procesos de plasticidad cerebral para generar cambios permanentes en una conducta motivada fundamental para la supervivencia de las especies.

Método

Sujetos

Se utilizaron 30 ratas macho (300-350 gr) de la cepa Wistar sin experiencia sexual previa. Se distribuyeron de manera aleatoria en tres grupos de 10 sujetos cada uno: MSI, PPP y control (CTRL). El grupo CTRL no fue expuesto a animales estímulo en ninguna de las semanas del experimento, ni realizó prueba conductual. Se utilizaron ratas hembra de la misma cepa como animales estímulo. A éstas se les realizó ovariectomía y se les indujo receptividad y proceptividad con la administración de benzoato de estradiol (25 µg/kg) y progesterona (1 mg/kg) 48 y 4 horas antes de cada prueba conductual, respectivamente. Los machos estímulos recibieron entrenamiento previo para ser consideradas como sexualmente expertos. El entrenamiento constaba de 5 sesiones de cópula y las ratas macho que eyacularon mínimo tres veces en tres sesiones de conducta sexual de 30 minutos, fueron seleccionadas como animales estímulo (sexualmente expertos) para el experimento y se asignaron aleatoriamente a uno de los diferentes grupos. Todos los animales se mantuvieron a una temperatura constante y en un ciclo invertido de 12/12 horas luz/oscuridad con agua y alimento a libre consumo.

Procedimiento

Se utilizó un diseño experimental longitudinal aleatorio en donde las pruebas conductuales se realizaron a lo largo de diez semanas para posteriormente continuar con la obtención de los cortes histológicos. A continuación, se detalla cada una de las pruebas conductuales, así como la secuencia de estas.

Pruebas conductuales

Prueba de MSI

La prueba de MSI se evalúa en una caja de negra de acrílico (100 × 50 cm) a la cual se le colocan dos compartimentos adicionales a contra esquina. En cada compartimento se coloca un animal estímulo: una hembra sexualmente receptiva o un macho sexualmente experto. Se establece una zona de incentivo adyacente a cada compartimento adicional (20 × 30 cm). En esta prueba, el sujeto puede oler, escuchar y ver a los sujetos estímulo (incentivos), pero no tiene contacto físico con ellos ya que los compartimentos adicionales están divididos el uno con el otro por una malla de alambre (Paredes, 2009; Ventura-Aquino *et al.*, 2018). Al comienzo de la prueba se coloca al animal experimental al centro de la caja central y durante 10 minutos que dura la prueba se toma el tiempo que este pasa en cada zona de incentivo de cada estímulo. La prueba de MSI se realizó en la semana 1, 5 y 10. En las semanas restantes tuvieron una sesión de cópula por semana para que también fueran adquiriendo experiencia sexual.

Prueba de PPP

La PPP se evalúa en una caja de madera dividida en tres compartimentos iguales con aserrín en el suelo. Estos compartimentos están comunicados por puertas de 10 × 10 cm donde únicamente puede cruzar la rata hembra. En los compartimentos laterales se colocan a los animales estímulo: una hembra sexualmente receptiva y un macho sexualmente experto. En esta prueba los animales estímulos están atados con un arnés y una cuerda flexible permitiendo únicamente movimiento en su mismo compartimento y de esta manera pueden desplegar la conducta sexual. Al inicio de la prueba se coloca al sujeto experimental en el compartimento central, se levantan las puertas corredizas y durante 15 minutos que dura la prueba se registra el tiempo que permanece en cada compartimento. De igual forma, también se toma registro de los parámetros sexuales desplegados por el macho.

La PPP se realizó una vez por semana durante 10 semanas. En esta prueba si los sujetos muestran una clara preferencia por un animal estímulo, se asume que la conducta de aproximación es intrínsecamente gratificante y es una medida de preferencia (Paredes, 2009). El objetivo de colocar tanto un estímulo sexual (una hembra sexualmente receptiva) como un estímulo social (un macho sexualmente experto) es debido a que algunos machos muestran preferencia hacia parejas sexuales de su mismo sexo principalmente por sus condiciones de crianza (Cooke *et al.*, 1998; Katz *et al.*, 1988; Roselli *et al.*, 2011).

Cortes histológicos e inmunofluorescencia

Al finalizar los experimentos, las ratas fueron anestesiadas intraperitonealmente con pentobarbital sódico a una dosis de 10 mg/kg. Se realizó perfusión intracardiaca y posteriormente se extrajeron los cerebros. Se seleccionaron aleatoriamente 5 cerebros de cada grupo y se realizaron cortes coronales de 30 μm de grosor en un criostato a una temperatura de -25°C . Se seleccionaron de manera aleatoria 4 cortes por rata de las coordenadas correspondientes al HPO: -2.12 mm, -2.56 mm, -3.14 mm y -3.6 mm respecto a Bregma, tomando como referencia el atlas estereotáxico de Paxinos y Watson (1997). Para los bulbos olfatorios se realizaron cortes coronales con el mismo grosor y se seleccionaron 4 cortes por rata de las coordenadas 5.2 mm, 5.7 mm, 6.2 mm y 6.7 mm respecto a Bregma (Figura 6). Se siguió el protocolo de inmunofluorescencia descrito en (Mier-Quesada, 2024). Brevemente, todos los cortes seleccionados recibieron lavados de PBT al 1% y fueron bloqueados con Tx-100 en albúmina al 1%. Se incubaron durante la noche a 4°C en el anticuerpo primario (Anti-Syp hecho en conejo con albúmina, 1:1000) y, posteriormente, se lavaron en PBS y se incubaron durante 90 minutos en el anticuerpo secundario (Alexa 568 rojo Goat Anti-rabbit, 1:1000). Los cortes se lavaron nuevamente con PBT y se incubaron en Hoechst durante 10 minutos. Por último, se lavaron los cortes nuevamente con PBT 1% para su posterior montaje.

Montaje y obtención de imágenes

Los cortes se montaron en portaobjetos y se dejaron secar a temperatura ambiente. Las imágenes fueron obtenidas con un microscopio confocal de barrido láser (Zeiss LSM 700, Carl Zeiss, Jena, Alemania) con un objetivo de 10x/0.30 y con el software ZEN 2012 (versión 14.0.13.201, Carl Zeiss). Para el HPO se estableció la configuración del láser para Syp en 555 nm 2% (rojo) y 490 nm 2% (azul) para Hoechst. Se aplicaron los mismos parámetros para todas las imágenes y se utilizó la opción Z-Stack 3 μ m y Tile Scan 25x19. En el BO la configuración del láser se mantuvo en 555 nm 3% (rojo) para Syp y 405 nm 0.2% (azul) para Hoechst. De igual forma, se utilizó la opción Z-Stack 3 μ m y Tile Scan 5x5 para las coordenadas 5.2 mm y 5.7 mm y de 5x8 para las coordenadas 6.2 mm y 6.7 mm, como puede verse en la Figura 6. Posterior a la obtención de las fotomicrografías se continuó con la delimitación de las estructuras analizadas. El HPO se dividió en CA1 (cuerno de Amon 1 del hipocampo), CA3 (cuerno de Amon 3 del hipocampo) y GD, mientras que el BO se dividió en BOP y BOA como se puede observar en las Figuras 5 y 6.

Análisis estadístico

La prueba de Shapiro-Wilk arrojó que los parámetros de conducta sexual del grupo de PPP y MSI durante las sesiones (número de montas, intromisiones y eyaculaciones, latencias de montas e intromisiones) no se distribuyeron normalmente, por lo que se realizaron pruebas de U de Mann-Whitney para analizar los datos. Los datos de intensidad volumétrica para Syp de cada una de las estructuras analizadas no se distribuyeron normalmente (prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0.05$)). Por ello, fueron analizados con la prueba no paramétrica Kruskal Wallis y Dunn's como *post hoc*. Todo el análisis estadístico fue realizado en el software Sigma Plot versión 11.0.

Consideraciones éticas

Los animales fueron proporcionados por el Bioterio del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México con registro de funcionamiento vigente bajo la NOM-062-ZOO-1999/ y SADER-SENASICA AUT-B-C-0815-024. El proyecto fue aprobado por el comité de bioética del mismo Instituto (026).

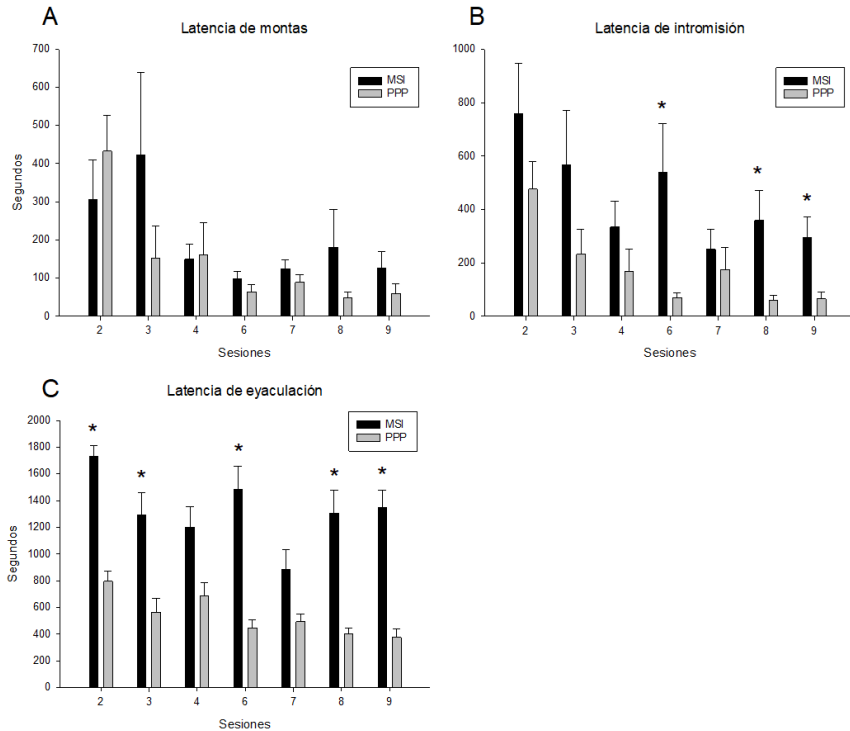
Resultados

Datos conductuales

Los parámetros de comportamiento sexual entre el grupo MSI y el grupo PPP en las semanas 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9 se presentan en la Figura 1(A). En la Figura 1(B) se observan disminuciones significativas de la latencia de intromisión del grupo PPP con respecto al grupo MSI en la semana 6 ($U=19.5$, $T=135.5$, $p=.023$), 8 ($U=11$, $T=144$, $p=.004$) y 9 ($U=22$, $T=133$, $p=.038$). De la misma forma, para las latencias de eyaculación, en la Figura 1(C) se observan disminuciones significativas del grupo PPP con respecto al grupo MSI en la semana 2 ($U=0$, $T=155$, $p<.001$), 3 ($U=0$, $T=155$, $p<.001$), 6 ($U=0$, $T=147$, $p<.001$), 8 ($U=6$, $T=149$, $p<.001$) y 9 ($U=0$, $T=155$, $p<.001$).

Figura 1

Latencias de monta (A), intromisión (B) y eyaculación (C) en segundos del grupo de MSI (negro) y el grupo de PPP (gris) durante las semanas 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9



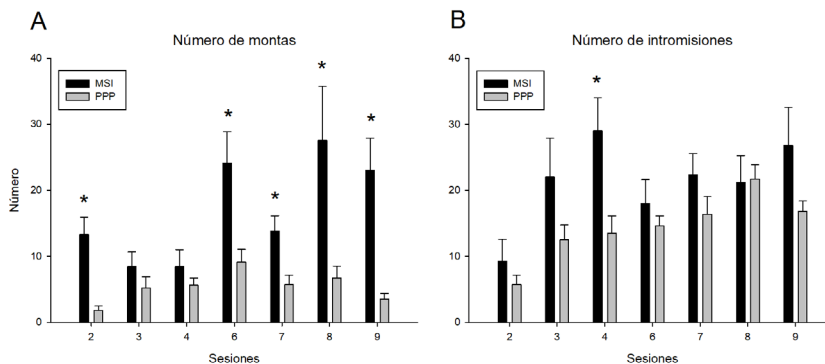
Nota: Los datos se expresan como media +/- Error Estándar. * Diferente de PPP en la misma sesión.

Fuente: elaboración propia.

Los parámetros de comportamiento sexual del número de montas y número de intromisiones entre el grupo de MSI y el grupo de PPP en las semanas 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9 se presentan en la Figura 2 (A, B y C) respectivamente.

Figura 2

Número de montas (A) e intromisiones (B) del grupo de MSI (negro) y el grupo de PPP (gris) durante las semanas 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9



Nota: Los datos se expresan como media \pm Error Estándar. * Diferente de PPP en la misma sesión.

Fuente: elaboración propia.

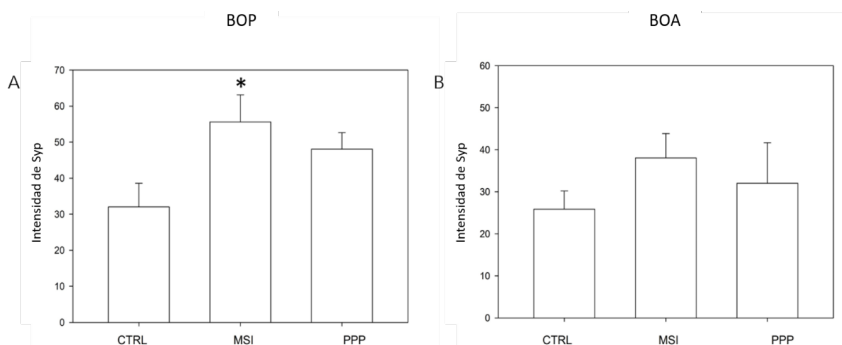
Se observan disminuciones significativas del número de montas totales del grupo PPP con respecto al grupo MSI en la semana 2 ($U=4$, $T=151$, $p<.001$), 6 ($U=18$, $T=137$, $p=.017$), 7 ($U=16$, $T=139$, $p=.011$), 8 ($U=15.5$, $T=139.5$, $p=.010$) y 9 ($U=2.5$, $T=152.5$, $p<.001$). De igual manera se observó una disminución significativa del número de intromisiones totales del grupo de PPP con respecto al grupo MSI en la semana 4 ($U=22$, $T=133$, $p=0.037$).

Intensidad volumétrica de sinaptofisina

Se encontraron diferencias significativas en el BOP ($p=.003$) y al realizar la prueba de Dunn's se observan diferencias significativas ($H(2)=8.966$, $Q=2.958$, $p<.05$) entre el grupo MSI y el grupo control como se observa en la Figura 3 (A). En el BOA, no se observaron diferencias significativas ($p=.088$) entre ninguno de los grupos como se puede observar en la Figura 3 (B).

Figura 3

Intensidad volumétrica de sinaptofisina entre los grupos CTRL, MSI y PPP en el (A) bulbo olfatorio principal (BOP) y el (B) bulbo olfatorio accesorio (BOA). Los datos representan la media y el error estándar. Control (CTRL), Motivación Sexual Incentiva (MSI), Prueba de Preferencia de Pareja (PPP)



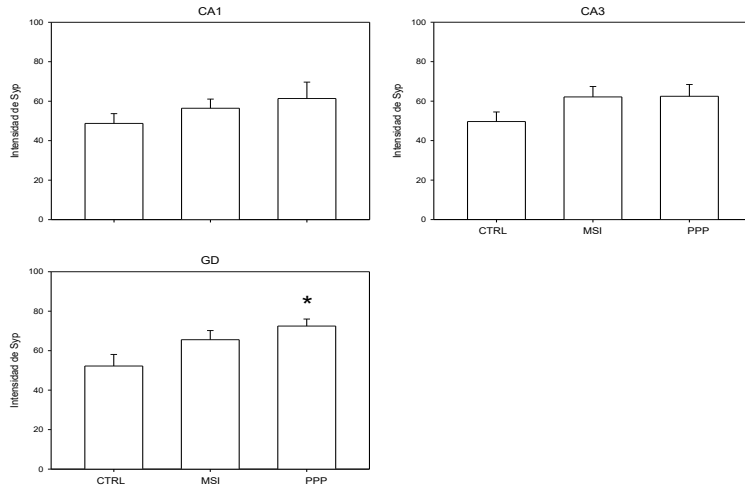
Nota: * Diferente del control, $p < 0.05$.

Fuente: elaboración propia.

No se observaron diferencias significativas en CA1 ($H(2)=1.054$, $p=.379$) ni en CA3 ($H(2)=1.833$, $p=.202$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en el DG entre grupos ($H(2)=4.629$, $p=.032$) por lo que se realizó la prueba de Dunn's y arrojó un aumento significativo ($p=.011$) de la intensidad volumétrica de Syp en el grupo PPP con respecto al CTRL como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Intensidad volumétrica de sinaptofisina entre los grupos Control (CTRL), Motivación Sexual Incentiva (MSI), Prueba de Preferencia de Pareja (PPP) en las regiones CA1 (A), CA3 (B) y giro dentado (GD, C) del hipocampo.

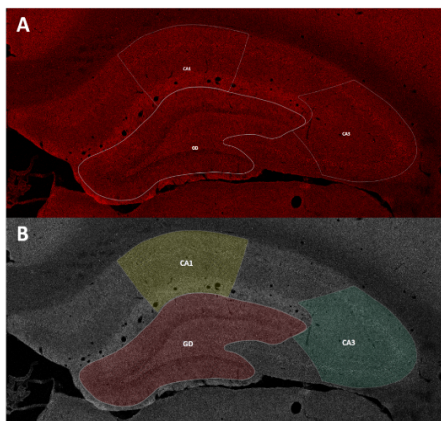


Nota: Los datos representan la media y el error estándar. *Diferente del control $p < 0.05$.

Fuente: elaboración propia.

Figura 5

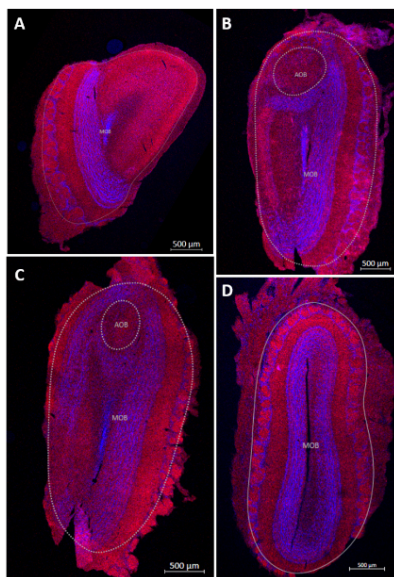
Fotomicrografía confocal de barrido láser que muestra la delimitación de las regiones analizadas en hipocampo. (A y B) Delimitación de CA1, CA3 y GD en hipocampo. (A) Canal rojo (B) Canal LUT greyscale. Aumento 10x



Fuente: elaboración propia.

Figura 6

Fotomicrografía de la expresión de *Syp* (color rojo) y Hoechst (color azul). Se muestran las regiones del bulbo olfatorio principal (BOP, A y D) y el bulbo olfatorio accesorio (BOA, B y C) para las cuatro coordenadas analizadas (A) 5.12 mm (B) 5.70 mm (C) 6.12 mm y (D) 6.7 mm. Barra de escala: 500 μ m. Aumento 10x



Fuente: elaboración propia.

Discusión y conclusiones

Los resultados de este trabajo demostraron que la experiencia sexual adquirida durante las semanas de experimentación generó cambios en el comportamiento sexual tanto en la parte motivacional como en la parte consumatoria. Aunque no se observan diferencias significativas de las latencias de monta entre los grupos, en algunas sesiones se observó que las latencias de intromisión y las latencias de eyaculación del grupo de preferencia de pareja fueron significativamente menores con respecto al grupo de motivación sexual incentiva. De la misma manera, para el número de montas e intromisiones se observa un menor número de montas, principalmente en las últimas semanas y un menor número de intromisiones en la semana 4 por parte del grupo de PPP con respecto al grupo de MSI.

Se sugiere que las diferencias conductuales observadas entre los dos grupos son un reflejo directo de las diferentes condiciones de las pruebas conductuales *per se*. A pesar de que los dos grupos recibieron sesiones de cópula y tienen dos estímulos presentes durante la prueba (una hembra sexualmente receptiva y un macho sexualmente activo), el tipo de estimulación sigue siendo diferente debido a que el grupo de PPP tiene contacto directo con ambos estímulos durante la prueba mientras que en el grupo de MSI las sesiones de cópula se ven pausadas en la semana 1, 5 y 10, es decir, en la semana 1, 5 y 10 no tenían contacto directo con los estímulos puesto que realizaron la prueba de MSI.

Algunos estudios reportan disminuciones en el número de montas, intromisiones y latencias de monta e intromisión como un signo de mejor desempeño sexual (Hull & Rodríguez-Manzo, 2017). El grupo de MSI comienza la primera semana con la prueba de MSI, donde no tiene acceso a la hembra de forma física. Se pensaría que en las semanas intermedias próximas (semana 2, 3 y 4), el macho experimental al ya tener acceso a la hembra en las sesiones de cópula, tardaría incluso menos en comenzar la conducta, pero esto no sucedió. Se propone que la adquisición de experiencia sexual se da un poco más lento a causa de las semanas donde se realiza la prueba de MSI ya que esto no pasa en el grupo de PPP y por esta razón las latencias y la cantidad de montas e intromisiones del grupo de MSI son mayores.

Respecto a la intensidad volumétrica de Syp, sugerimos que el aumento de la intensidad de Syp en GD en la PPP en comparación con el CTRL se debe a que ésta es un área de neurogénesis, lo cual mejora el funcionamiento cerebral y aumenta conductas adaptativas como la conducta sexual. De hecho, la neurogénesis se considera un mecanismo adaptativo neurobiológico (Leal-Galicia *et al.*, 2019). Estudios previos de Leuner y colaboradores (2010) han reportado que una sola interacción sexual puede incrementar la proliferación hipocampal. Además, 14 días consecutivos de 30 minutos de interacción sexual generan un incremento significativo de neurogénesis en el hipocampo, así como un incremento en la densidad y la longitud de espinas dendríticas. Este fenómeno de neurogénesis adulta hipocampal implica plasticidad sináptica tanto funcional como estructural (Leuner

et al., 2010). En el presente trabajo, el aumento de Syp se relaciona con un cambio estructural, específicamente el nacimiento de nuevos contactos sinápticos. Futuros estudios deberán determinar la función que pueden tener estas nuevas sinapsis.

Nuestros resultados muestran una mayor intensidad de Syp en el BOP para el grupo MSI con respecto al grupo control, lo que concuerda con estudios en los cuales se ha observado que lesiones o la remoción bilateral de los BO producen déficits en el comportamiento sexual en ratas macho (Edwards et al., 1990; Kirkpatrick et al., 1994). Los bulbos olfatorios juegan un papel significativo en la conducta sexual de los roedores, ya que este comportamiento está relacionado con la capacidad de detectar correctamente los estímulos de otros individuos de la misma especie (Mier-Quesada et al., 2023).

Una de las limitaciones del presente trabajo se centra principalmente en la imposibilidad de evaluar de manera única y separada la fase de ejecución sexual ya que la motivación sexual es indispensable para que se despliegue la cópula como tal. De igual forma, sería relevante realizar el análisis de otras estructuras cerebrales que participan en el control de la conducta sexual para tener un panorama más amplio sobre otros posibles cambios plásticos sinápticos inducidos por la conducta sexual.

La conducta sexual como conducta motivada y la adquisición de experiencia sexual genera cambios conductuales tanto en la fase apetitiva como en la fase consumatoria. Los tiempos en las latencias y el número de montas e intromisiones son menores en el grupo de PPP comparado con el grupo de MSI.

Por otro lado, se muestra evidencia sobre el incremento de la expresión de Syp inducida por la prueba de PPP en el GD hipocampal mientras que la MSI muestra un incremento de la expresión de Syp en el BOP. Nuestros resultados sugieren que la PPP y la MSI inducen cambios plásticos en regiones específicas del cerebro.

Financiamiento: Este proyecto fue financiado por PAPIIT DAGAPA, UNAM IN214524

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener algún conflicto de intereses.

Agradecimientos: Los autores agradecen ampliamente al MVZ. Francisco J. Camacho por su apoyo técnico.

Referencias

- Ågmo, A. (1999). Sexual motivation - An inquiry into events determining the occurrence of sexual behavior. *Behavioural Brain Research*, 105(1), 129-150. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(99\)00088-1](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(99)00088-1)
- Ågmo, A. (2011). On the intricate relationship between sexual motivation and arousal. *Hormones and Behavior*, 59(5), 681-688. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.08.013>
- Ågmo, A. (2014). Animal models of female sexual dysfunction: Basic considerations on drugs, arousal, motivation and behavior. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 121, 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2013.10.003>
- Bedos, M., Portillo, W., & Paredes, R. G. (2018). Neurogenesis and sexual behavior. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 51(February), 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2018.02.004>
- Bindra, D. (1974). A motivational view of learning, performance, and behavior modification. *Psychological Review*, 81(3), 199-213.
- Cooke, B., Hegstrom, C. D., Villeneuve, L. S., & Breedlove, S. M. (1998). Sexual differentiation of the vertebrate brain: Principles and mechanisms. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 19(4), 323-362. <https://doi.org/10.1006/frne.1998.0171>
- Dorantes, M. de los Á. (2019). *Tesis de Doctorado. Papel del cuidado materno en la conducta sexual masculina en ratas de alto y bajo bostezo y Sprague-Dawley*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Instituto de Fisiología.
- Edwards, D. A., Griffis, K. T., & Tardivel, C. (1990). Olfactory bulb removal: Effects on sexual behavior and partner-preference in male rats. *Physiology and Behavior*, 48(3), 447-450. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(90\)90342-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(90)90342-2)
- Glantz, L. A., Gilmore, J. H., Hamer, R. M., Lieberman, J. A., & Jarskog, L. F. (2007). Synaptophysin and postsynaptic density protein 95 in the human prefrontal cortex from mid-gestation into early adulthood. *Neuroscience*, 149(3), 582-591. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2007.06.036>
- Glasper, E. R., & Gould, E. (2013). Sexual experience restores age-related decline in adult neurogenesis and hippocampal function. *Hippocampus*, 23(4), 303-312. <https://doi.org/10.1002/hipo.22090>
- Grijalva, L. E., Miranda, M. I., & Paredes, R. G. (2021). Differential changes in GAP-43 or synaptophysin during appetitive and aversive taste memory formation. *Behavioural Brain Research*, 397(March 2020), 112937. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112937>

- Guo, X., Guo, H., Zhao, L., Zhang, Y. H., & Zhang, J. X. (2018). Two predominant MUPs, OBP3 and MUP13, are male pheromones in rats. *Frontiers in Zoology*, 15(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12983-018-0254-0>
- Hernández-González, M. (2002). *Motivación animal y humana* (M. M. Ramos Tejeda (ed.)). Manual Moderno.
- Herrera-Morales, W. V., Herrera-Solís, A., & Núñez-Jaramillo, L. (2019). Sexual behavior and synaptic plasticity. *Archives of Sexual Behavior*, 48(8), 2617-2631. <https://doi.org/10.1007/s10508-019-01483-2>
- Hull, E. M., & Rodríguez-Manzo, G. (2017). Male sexual behavior. In *Hormones, Brain and Behavior: Third Edition* (3rd ed., Vol. 1). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803592-4.00001-8>
- Hull, Elaine M., & Dominguez, J. M. (2019). Neuroendocrine regulation of male sexual behavior. *Comprehensive Physiology*, 9(4), 1383-1410. <https://doi.org/10.1002/cphy.c180018>
- Katz, L. S., Price, E. O., Wallach, S. J., & Zenchak, J. J. (1988). Sexual performance of rams reared with or without females after weaning. *Journal of Animal Science*, 66(5), 1166-1173. <https://doi.org/10.2527/jas1988.6651166x>
- Kirkpatrick, B., Williams, J. R., Slotnick, B. M., & Carter, C. S. (1994). Olfactory bulbectomy decreases social behavior in male prairie voles (*M. ochrogaster*). *Physiology and Behavior*, 55(5), 885-889. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(94\)90075-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(94)90075-2)
- Le Moëne, O., & Ågmo, A. (2019). Modeling human sexual motivation in rodents: some caveats. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00187>
- Leal-Galicia, P., Romo-Parra, H., Rodríguez-Serrano, L. M., & Buenrostro-Jáuregui, M. (2019). Regulation of adult hippocampal neurogenesis exerted by sexual, cognitive and physical activity: An update. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 101(July), 101667. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2019.101667>
- Lenschow, C., & Lima, S. Q. (2020). In the mood for sex: neural circuits for reproduction. *Current Opinion in Neurobiology*, 60, 155-168. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2019.12.001>
- Leuner, B., Glasper, E. R., & Gould, E. (2010). Sexual experience promotes adult neurogenesis in the hippocampus despite an initial elevation in stress hormones. *PLoS ONE*, 5(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011597>
- Li, L., Tasic, B., Micheva, K. D., Ivanov, V. M., Spletter, M. L., Smith, S. J., & Luo, L. (2010). Visualizing the distribution of synapses from individual neurons in the mouse brain. *PLoS ONE*, 5(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011503>

- Mier-Quesada, Z. (2024). *Cambios en la expresión de sinaptofisina en núcleos hipotalámicos, núcleo accumbens y en el estriado, inducidos por la preferencia de pareja y la motivación sexual incentiva*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mier-Quesada, Z., Portillo, W., & Paredes, R. G. (2023). Behavioral evidence of the functional interaction between the main and accessory olfactory system suggests a large olfactory system with a high plastic capability. *Frontiers in Neuroanatomy*, 17(October), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fnana.2023.1211644>
- Okuyama, T. (2018). Social memory engram in the hippocampus. *Neuroscience Research*, 129, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2017.05.007>
- Paredes, R. G. (2009). Evaluating the neurobiology of sexual reward. *ILAR Journal*, 50(1), 15-27. <https://doi.org/10.1093/ilar.50.1.15>
- Paredes, R. G., & Ágmo, A. (2004). Has dopamine a physiological role in the control of sexual behavior? A critical review of the evidence. *Progress in Neurobiology*, 73(3), 179-225. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2004.05.001>
- Paxinos, G., & Watson, C. (1997). *The Rat Brain In Stereotaxic Coordinates* (Third).
- Portillo, W., Nuñez, M., Paredes, R. G., & Bedos, M. (2019). Neurobiology of reproductive behavior, the role of neurogenesis. In J. C. Choe (Ed.), *Encyclopedia of Animal Behavior* (2nd ed., Vol. 4, pp. 262-273).
- Roselli, C. E., Reddy, R., & Kaufman, R. (2011). The Development of male-oriented behavior in rams. *Front Neuroendocrinol*, 32(2), 11. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2010.12.007>
- Settembrini, P. (1985). *Estructuras quimiorreceptoras en las fosas nasales de la rata: Su relación con la regulación endocrina de la reproducción*. Universidad de Buenos Aires (UBA).
- Sutton, A. K., & Krashes, M. J. (2020). Integrating hunger with rival motivations. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 31(7), 495-507. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2020.04.006>
- Tata, D. A., Dandi, E., & Spandou, E. (2021). Expression of synaptophysin and BDNF in the medial prefrontal cortex following early life stress and neonatal hypoxia-ischemia. *Developmental Psychobiology*, 63(2), 173-182. <https://doi.org/10.1002/dev.22011>
- Toda, T., & Gage, F. H. (2018). Review: adult neurogenesis contributes to hippocampal plasticity. *Cell and Tissue Research*, 373(3), 693-709. <https://doi.org/10.1007/s00441-017-2735-4>

- Turner, J. M., Will, R. G., Harvey, E. A., Hattori, T., Tobiansky, D. J., Nutsch, V. L., Martz, J. R., & Dominguez, J. M. (2019). Copulation induces expression of the immediate early gene Arc in mating-relevant brain regions of the male rat. *Behavioural Brain Research*, 372. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.112006>
- Ventura-Aquino, E., & Paredes, R. G. (2017). Animal models in sexual medicine: the need and importance of studying sexual motivation. *Sexual Medicine Reviews*, 5(1), 5-19. <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2016.07.003>
- Ventura-Aquino, E., Portillo, W., & Paredes, R. G. (2018). Sexual motivation: a comparative approach in vertebrate species. *Current Sexual Health Reports*, 10(3), 114-123. <https://doi.org/10.1007/s11930-018-0156-3>
- Woodson, J. C. (2002). Including "learned sexuality" in the organization of sexual behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(1), 69-80. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(01\)00039-2](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00039-2)
- Yang, T., & Shah, N. M. (2016). Molecular and neural control of sexually dimorphic social behaviors. *Current Opinion in Neurobiology*, 38, 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2016.04.015>