



Investigación y Ciencia

ISSN: 1665-4412

ISSN: 2521-9758

revistaiyc@edu.uaa.mx

Universidad Autónoma de Aguascalientes

México

Miranda-Páez, Abraham; Vázquez-León, Priscila; Rodríguez-Hernández, Adán; Marichal-Cancino, Bruno Antonio
Función de los NPY-Y1 de la sustancia gris periacueductal dorsal (SGP-D) en conductas de consumo hedónico en ratas Wistar
Investigación y Ciencia, vol. 31, núm. 88, 2023, Enero-, pp. 1-13
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67476702005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Función de los NPY-Y1 de la sustancia gris periacueductal dorsal (SGP-D) en conductas de consumo hedónico en ratas Wistar

Role of NPY-Y1 from the dorsal periaqueductal gray (SGP-D) in hedonic consumption behaviors in Wistar rats

Abraham Miranda-Páez*, Priscila Vázquez-León**, Adán Rodríguez-
Hernández***, Bruno Antonio Marichal-Cancino****✉

Miranda-Páez, A., Vázquez-León, P., Rodríguez-Hernández, A., & Marichal-Cancino, B. A. (2023). Función de los NPY-Y1 de la sustancia gris periacueductal dorsal (SGP-D) en conductas de consumo hedónico en ratas Wistar. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 31(88), e3782, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2023883782>

RESUMEN

En modelos preclínicos, los efectos del neuropéptido Y (NPY) en la sustancia gris periacueductal dorsal (SGP-D) incluyen alteraciones en ansiedad y consumo de alimento, pero los receptores involucrados y/o su ubicación no se han descrito a profundidad. Nuestro objetivo fue analizar los efectos farmacológicos de la estimulación/bloqueo de los receptores NPY-Y1 en la SGP-D sobre conductas homeostáticas/hedónicas naturales y preferencia etílica en ratas Wistar hembra y macho (250-270 g). Los animales recibieron inyecciones intra-SGP-D ($n = 9$) con: (i) vehículo (DMSO 10%); (ii) neuropéptido-Y (NPY, agonista endógeno NPY-Y1); o (iii) BIBP-3226 (antagonista selectivo NPY-Y1). NPY aumentó el consumo de alimento y sacarosa ($p < 0.05$) en hembras y machos, sin modificar la preferencia etílica. BIBP-3226 disminuyó la ingesta de ambas sustancias y aumentó la preferencia etílica. Se concluye que el receptor NPY-Y1 en la SGP-D regula conductas de consumo predominantemente hedónico (tanto naturales como vinculadas con abuso alcohólico).

Palabras clave: NPY; NPY-Y1; BIBP-3226; consumo de alimento; alcoholismo; sustancia gris periacueductal.

Recibido: 10 de junio de 2022, Aceptado: 2 de diciembre de 2022, Publicado: 31 de enero de 2023

*Departamento de Fisiología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Wilfrido Massieu esq. Manuel Stampa s/n, Col. Nueva Industrial Vallejo, C. P. 07738, Alc. Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México. Correo electrónico: abmipa@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0985-1816>

**Laboratorio de Neuropsicofarmacología, Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México. 1er. Piso, Edif. B, Av. Universidad 3004, Col. Copilco Universidad, C. P. 04510, Alc. Coyoacán, Ciudad de México, México. Correo electrónico: vpriscila05@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4924-1238>

***Departamento de Nutrición, Centro de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Ciudad Universitaria, C. P. 20100, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: israel.rodriguez@edu.uaa.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0134-9688>

****Departamento de Fisiología y Farmacología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Ciudad Universitaria, C. P. 20100, Aguascalientes, Ags., México. Correo electrónico: bruno.marichal@edu.uaa.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0244-5209>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

In preclinical models, the effects of neuropeptide Y (NPY) in the dorsal periaqueductal gray (SGP-D) include alterations in anxiety and food intake, but the receptors involved and/or their location have not been fully described. This study was set-up to investigate the pharmacological effects of stimulation/blockade of NPY1 in D-PAG in Wistar rats (male and female) on food, sucrose, and alcohol intake. Animals received injections (intra-D-PAG; $n=9$) of: (i) vehicle (DMSO 10%); (ii) neuropeptide-Y (NPY, NPY-Y1 receptor endogenous agonist); or (iii) BIBP-3226 (NPY-Y1 selective receptor antagonist). NPY in D-PAG increased food and sucrose ($p < 0.05$), but not ethanol ($p > 0.05$) intake. BIBP-3226 decreased food and sucrose intake ($p < 0.05$) and increased ethanol consumption ($p < 0.05$). Our findings suggest NPY-Y1 in D-PAG as a key modulator of consummatory behaviors (mainly hedonic) and ethanol intake.

Keywords: NPY; NPY-Y1; BIBP-3226; food intake; alcoholism; dorsal periaqueductal gray (D-PAG).

INTRODUCCIÓN

El neuropeptido Y (NPY) es el péptido mediador más abundante en el cerebro de los mamíferos (Allen et al., 1983; Gray & Morley, 1986). Es abundante en la corteza cerebral, el hipocampo, el hipotálamo (Chronwall et al., 1985), los núcleos basales (particularmente en el núcleo accumbens), la amígdala, el locus coeruleus (Allen et al., 1983) y la sustancia gris periaqueductal dorsal (SGP-D) de la rata (Kask et al., 2002). Los efectos del NPY en mamíferos se atribuyen a la activación de cuatro subtipos de receptores (Y1,2,4,5), los cuales están acoplados a proteínas G_i/G_o , cuya segunda mensajería produce hiperpolarización neuronal por la activación de canales de potasio, el bloqueo de canales de calcio y la inhibición de la enzima adenilato ciclasa (Katsuura & Inui, 2016; Silva, Cavadas, & Grouzmann, 2002).

Funcionalmente, el NPY es un potente péptido orexigénico que estimula la ingesta de alimentos, preferentemente carbohidratos (Beck, 2006; Silva & McNaughton, 2019). El NPY estimula el consumo y la preferencia de soluciones dulces independientemente de su valor calórico (Lynch, Grace, Billington, & Levine, 1993). Los efectos del NPY sobre la ingesta de alimentos están mediados por al menos dos receptores: NPY-Y1 y NPY-Y5 (Beck, 2006). Los efectos de los agonistas específicos del receptor de NPY sugieren que el NPY-Y1 podría mediar en el componente apetitivo de la conducta de ingesta, mientras que NPY-Y5 se vincula con el acto de ingesta en sí (Beck, 2006; Day, Keen-Rhinehart, & Bartness, 2005).

La administración de NPY en áreas cerebrales asociadas con la alimentación aumenta la ingesta de alcohol, mientras que su administración en regiones asociadas con la ansiedad la reduce (Badia-Elder, Gilpin, & Stewart, 2007; Vázquez-León et al., 2020). Adicionalmente, se ha reportado aumento en la ingesta de etanol después de la infusión de NPY en el núcleo paraventricular (PVN) del hipotálamo de ratas macho (Kelley, Nannini, Bratt, & Hodge, 2001). El NPY puede influir en el consumo de etanol de muchas maneras, principalmente regulando los niveles basales de ansiedad, modulando los efectos sedantes del etanol y/o modulando las propiedades gratificantes del etanol (Thiele, Sparta, Hayes, & Fee, 2004).

La participación de la SGP-D en la ingesta de sustancias de abuso, que incluyen sacarosa y alcohol, podría estar ligada con su estrecha interacción con núcleos del sistema de recompensa del cerebro, como el núcleo accumbens (NAc), el área tegmental ventral (ATV) y el hipotálamo (Koob & Volkow, 2010; Vázquez-León et al., 2021b). Además, se ha reportado que diversos mamíferos (incluido el humano) que muestran alta preferencia por las sustancias dulces ingieren mayor cantidad de alcohol que los que muestran una preferencia baja (Bell, Gosnell, Krahn, & Meisch, 1994; Gosnell & Krahn, 1992; Kampov-Polevoy, Garbutt, & Janowsky, 1997; Kampov-Polevoy, Overstreet, Rezvani, & Janowsky, 1995). La preferencia por la sacarosa podría ser un mejor indicador de susceptibilidad alcohólica sobre otros factores clásicos como la ansiedad (Koros, Piasecki, Kostowski, & Bienkowski, 1998; Vázquez-León, Miranda-Páez, & Marichal-Cancino, 2021c).

En un estudio previo informamos que el NPY produce efectos ansiolíticos e inhibe de manera prominente el consumo de alcohol en ratas Wistar, probablemente a través de los receptores NPY-Y1 en la SGP-D (Vázquez-León et al., 2020). El presente estudio se diseñó para analizar el efecto farmacológico de la estimulación/bloqueo de los receptores NPY-Y1 en la SGP-D de ratas Wistar macho y hembra sobre la conducta de ingesta de alimento, sacarosa y alcohol. Nuestra hipótesis de trabajo fue que el receptor NPY-Y1 de la SGP-D modularía de manera diferencial entre sexos biológicos a las conductas de ingesta de alimento, sacarosa y alcohol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental y sujetos de estudio

Se realizó un estudio experimental de naturaleza preclínica en el área de la Neurofarmacología. Se emplearon ratas de la cepa Wistar (250-270 g; 6-8 semanas de edad) provenientes de las instalaciones para el cuidado de animales institucionales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), conservadas en condiciones controladas de bioterio en estricto apego con la NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (SAGARPA, 22 de agosto de 2001). Los animales fueron alojados en jaulas individuales de acrílico y tapas de acero inoxidable. Todos los protocolos y procedimientos fueron aprobados por el comité de ética institucional. Los animales permanecieron sin manipulación en nuestras áreas experimentales durante tres horas previas al inicio de cada procedimiento para permitir la habituación a los espacios. Luego de los procedimientos los animales eran ingresados al área de bioterio, donde permanecieron durante todo el estudio.

Cirugía estereotáxica

Los animales fueron anestesiados con ketamina (80 mg/kg, Pisa®) y xilazina (15 mg/kg, Pisa®) por vía intraperitoneal. Se implantó por una cánula guía unilateral en la SGP-D (AP: -7.3 mm, ML: 0.5 mm y DV: 4.0 mm) de acuerdo con el *Atlas del cerebro de la Rata* (Paxinos & Watson, 2014) utilizando un aparato estereotáxico (mod: 502,650, World Precision Instruments® Sarasota, FL) (figura 1). La cánula guía se sujetó al cráneo con dos tornillos de acero inoxidable quirúrgico y acrílico dental. Se permitió la recuperación postquirúrgica de los animales por un periodo mínimo de 10 días antes de cualquier manipulación experimental.

Compuestos y microinyecciones

Tanto NPY (humano) como (R)-N-(diphenylacetyl)-N-[(4-hydroxy-phenyl)methyl]- D-arginina amida (BIBP-3226) fueron obtenidos de la empresa Sigma-Aldrich® y disueltos en solución salina fisiológica. Las dosis empleadas (ie. 2.34 nmol NPY y 0.5 nmol BIBP-3226) se seleccionaron a priori con base en resultados previos de nuestro grupo (Vázquez-León et al., 2020) y se administraron como tratamientos agudos en administraciones únicas.

Luego del periodo de recuperación postquirúrgico (ver sección anterior) se administró el respectivo tratamiento farmacológico en la región SGP-D a través de un inyector conectado a una cánula (calibre 31 × 10 mm), que se extendía 1 mm más allá de la punta de la cánula guía. La cánula de inyección se conectó a una jeringa de 1 µL (Hamilton Co., Reno, NV, EE. UU.) con un tubo de polietileno 20 lleno de solución salina isotónica estéril (SSI). Las microinyecciones a través de la cánula se realizaron durante un período de 60 segundos y luego la cánula de inyección se dejó sin tocar durante 60 segundos para evitar el reflujo del fármaco. Mientras tanto, cualquier movimiento de lucha de la rata se restringió suavemente mediante inmovilización (figura 2).

Ingesta de alimento

Las ratas recibieron alimento estándar para roedores de laboratorio durante todo el estudio (Propecua™, México) en un recipiente de acero inoxidable ubicado en la parte delantera, con los cuatro tubos dispensadores de dieta líquida. Para la medición de la ingesta de alimento se colocaron 50 g de alimento en cada contenedor y se pesó el sobrante 24 horas después para determinar la cantidad diaria (g/día) ingerida. Se recuperó cualquier sobra macroscópica de alimento dentro de las jaulas para considerarla en la medición evitando sobreestimaciones.

Ingesta de sacarosa y consumo alcohólico

Se midió la ingesta voluntaria de sacarosa y alcohol en todas las ratas. Con este propósito se instalaron en las jaulas individuales cuatro tubos de vidrio estándar (70 ml, 25 × 200 mm) equipados con una boquilla de vidrio y un orificio terminal (diámetro= 1 mm) para permitir la ingesta de líquidos. Cada tubo se llenó con diferentes soluciones: agua, sacarosa 10%, así como alcohol etílico 5% y 10%. Las concentraciones de etanol se eligieron con base en reportes previos (Mendoza-Ruiz, Vázquez-León, Martínez-Mota, Ramírez, & Miranda-Páez, 2018) y Vázquez-León y colaboradores (Vázquez-León, Miranda-Páez, Calvillo-Robledo, & Marichal-Cancino, 2021a; Vázquez-León et al., 2020). Cada tubo de vidrio se pesó antes y después de 24 horas para cuantificar la cantidad de sacarosa o alcohol consumido. La ingesta de sacarosa se expresó en g/día. La ingesta de alcohol se calculó en gramos de alcohol absoluto por kg de peso corporal (g/kg)/día.

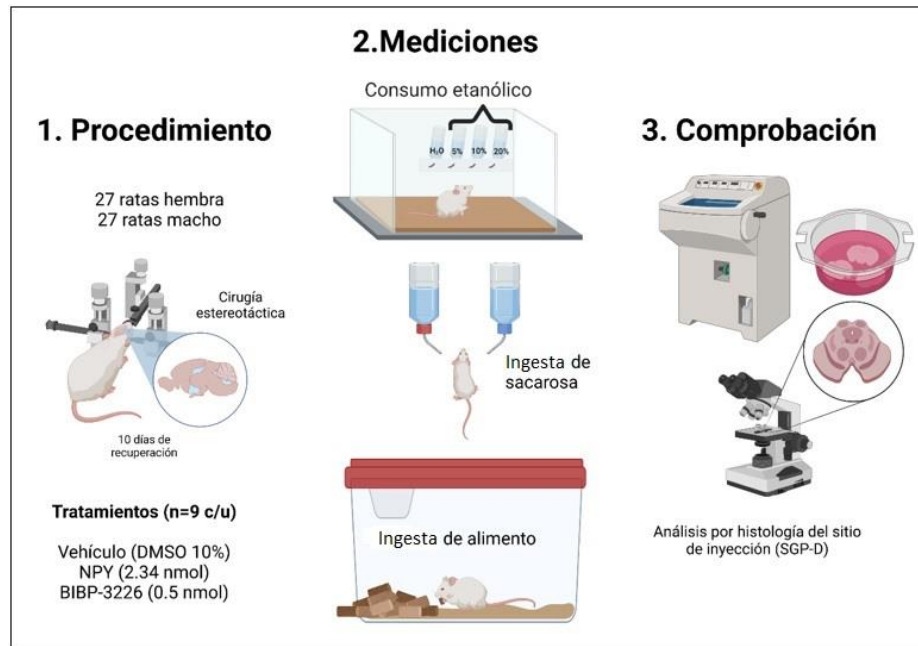


Figura 1. Diseño experimental.
Elaboración propia con BioRender con licencia.

Histología

Una vez concluidos los experimentos conductuales se procedió a la eutanasia de los animales mediante una sobredosis con anestésico (pentobarbital sódico, 60 mg/kg ip). Se sometieron a perfusión intracardiaca con solución salina isotónica seguida de formaldehído a 4%. Posteriormente se procedió a disecar el cerebro desde bulbos olfatorios hasta bulbo raquídeo, conservándolos en una solución de formaldehído a 10% por al menos una semana. Se montaron las piezas anatómicas en un vibratomo para realizar los cortes histológicos (100 μ m de espesor) en un baño de solución de sacarosa 6%, tinción correspondiente de los cortes con violeta de cresilo y verificación de los sitios de implantación de la cánula a nivel de la SGP-D. Por último, se realizó una revisión de los cortes con microscopio estereoscópico. Solamente se incluyeron en los resultados los datos de los animales con las cánulas correctamente instaladas en el sitio objetivo (figura 1).



Figura 2. Fotografía ilustrativa del proceso de microinyección i.c.v. en la rata.
Fotografía del laboratorio de Neurofarmacología y Terapéutica Experimental.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el programa Sigma Plot 12.0 (Systat Software Inc. San Jose California, EE. UU.). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza de dos vías para cada una de las variables, seguido por la prueba de Bonferroni en caso de encontrarse diferencia significativa. Para todas las variables medidas la significancia estadística fue $p < 0.05$.

RESULTADOS

Ingesta de alimento

En la figura 3 se muestra el efecto de los tratamientos sobre la ingesta de alimento. Tanto en hembras como en machos el NPY aumentó la ingesta de alimento ($p < 0.05$) en comparación con el vehículo; mientras que los animales tratados con BIBP-3226 mostraron un menor consumo de alimento comparado con vehículo o NPY. Adicionalmente, cuando comparamos los efectos por sexo no encontramos diferencias ($p > 0.05$).

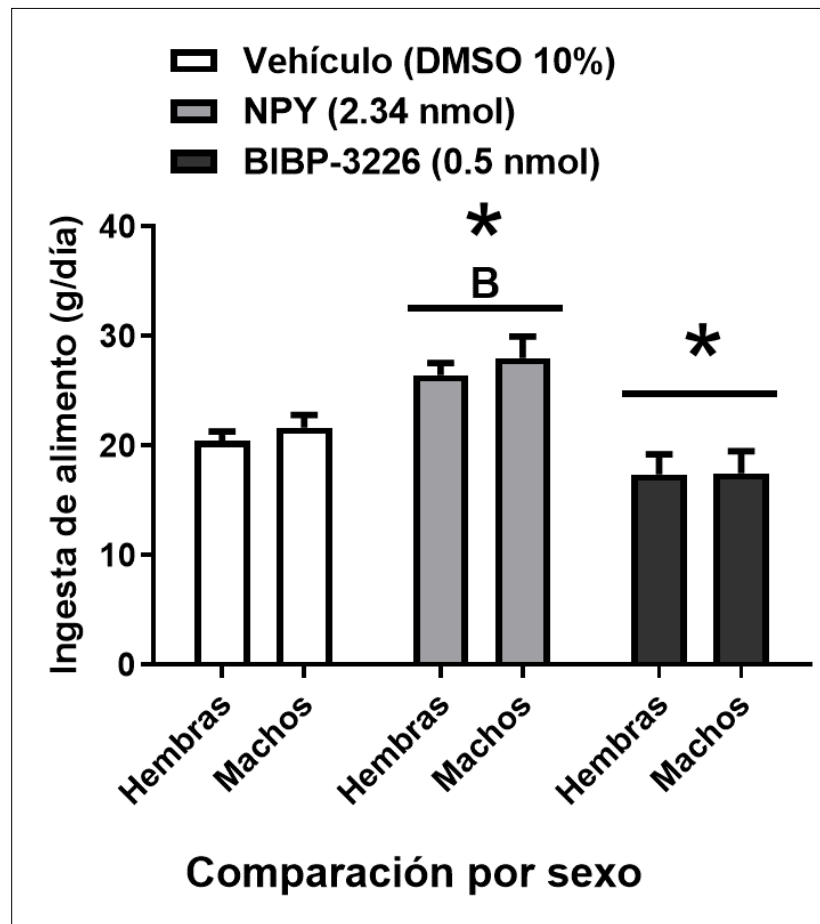


Figura 3. Efecto agudo de los tratamientos intra-SGP-D sobre la ingesta de alimento en ratas hembra y macho. Los datos están expresados como la media $\pm$ error estándar de la media (SEM) y se analizaron mediante ANOVA de dos vías ($n=9$). *, $p < 0.05$ vs. vehículo (DMSO 10%); B, $p < 0.05$ vs. BIBP-3226 (0.5 nmol). Elaboración propia.

Ingesta de sacarosa

En la figura 4 se muestra el efecto de los tratamientos sobre la ingesta de sacarosa a 10%. Tanto en machos como en hembras los grupos que recibieron NPY (intra-SGP-D) consumieron mayor cantidad de sacarosa en comparación con el vehículo y con BIBP-3226 ($p < 0.05$). A su vez, los animales tratados con BIBP-3226 consumieron menor cantidad de sacarosa en comparación con el vehículo ($p < 0.05$). No existió interacción entre tratamientos y sexo biológico ($p > 0.05$).

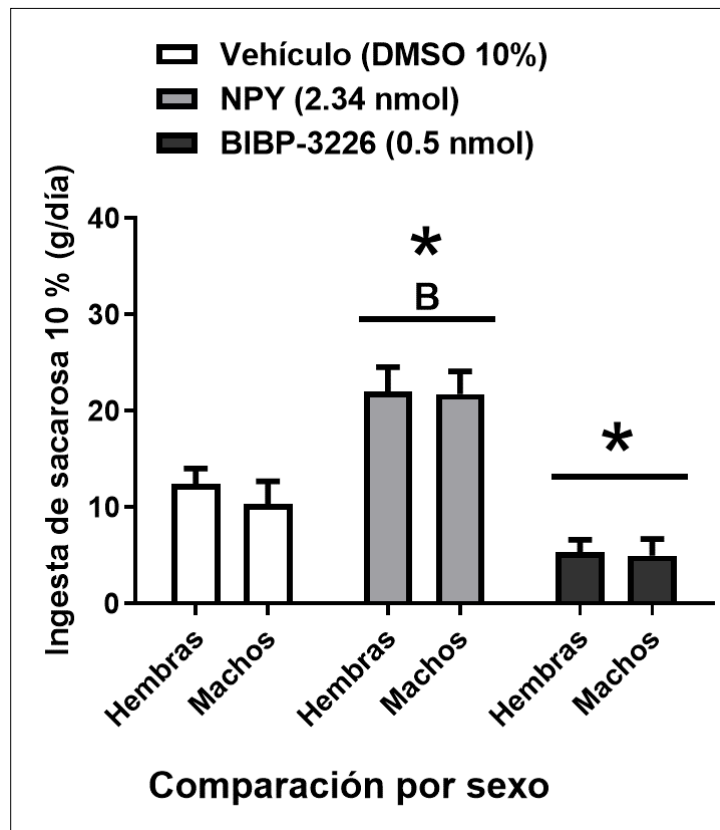


Figura 4. Efecto agudo de los tratamientos intra-SGP-D sobre la ingesta de sacarosa a 10% en ratas hembra y macho. Los datos se expresan como la media $\pm$ error estándar de la media (SEM) y se analizaron mediante ANOVA de dos vías ($n=9$). *, $p < 0.05$ vs. vehículo (DMSO 10%); B, $p < 0.05$ vs. BIBP-3226 (0.5 nmol). Elaboración propia.

Consumo de alcohol total

En la figura 5 se muestra el efecto de los tratamientos sobre el consumo total de alcohol. Los animales que recibieron BIBP-3226 (0.05 nmol) intra-SGP-D consumieron una mayor cantidad de alcohol con respecto al vehículo y a los que recibieron NPY ($p < 0.05$), sin interacción entre tratamientos y sexo biológico ($p > 0.05$).

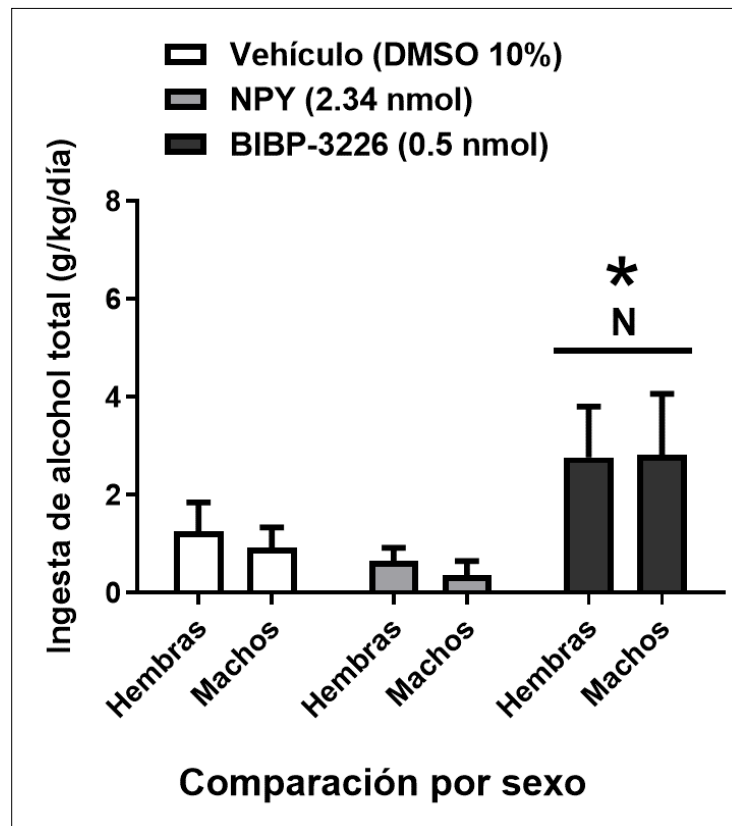


Figura 5. Efecto de los tratamientos intra-SGP-D sobre la ingesta total de alcohol en ratas hembra y macho. Los datos se expresan como la media $\pm$ error estándar de la media (SEM) y se analizaron mediante ANOVA de dos vías ($n=9$). *, $p < 0.05$ vs. vehículo (DMSO 10%); N, $p < 0.05$ vs. NPY (2.34 nmol). Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Ingesta de alimento y sacarosa

La ingesta de alimento involucra fenómenos hedónicos (i.e. se consume por placer) y homeostáticos (i.e. se consume por necesidad energética) (Rossi & Stuber, 2018). En este trabajo la ingesta de alimento no puede diferenciar el rasgo hedónico del homeostático. Sin embargo, al ser un alimento estándar (y el único conocido por los roedores a lo largo de sus vidas en laboratorio) es probable que su consumo obedezca predominantemente un rasgo homeostático. Por otro lado, los azúcares en general poseen la capacidad de activar los sistemas de recompensa del cerebro (Rada, Avena, & Hoebel, 2005), por tanto, su consumo denota un rasgo predominantemente hedónico. Este trabajo empleó el consumo de alimento como indicador de consumo predominantemente homeostático y la ingesta de sacarosa como uno hedónico (figuras 3 y 4).

Las áreas cerebrales que median la ingesta de alimentos incluyen estructuras como lo son la corteza prefrontal, hipotálamo, amígdala, área tegmental ventral y núcleo paraventricular; pero recientemente se ha reportado una función clave de las neuronas en

la SGP, participando la ejecución de la conducta de ingesta de alimentos (Tryon & Mizumori, 2018). Nuestro grupo ha propuesto a la SGP como una región clave en los mecanismos que subyacen en la adicción a sustancias generadoras de síndrome de abstinencia (e.g. nicotina, cocaína, alcohol, cannabinoides, opioides, etc.), como puede encontrarse en Vázquez-León et al. (2021b); mientras que otros grupos de investigación internacional han postulado que la SGP-D puede estar involucrada en todas las conductas motivadas por estímulos, tanto apetitivos como aversivos (Silva & McNaughton, 2019). En nuestros resultados mostramos que el NPY genera un aumento tanto en el consumo de alimento como en la ingesta de sacarosa; mientras que el bloqueo de NPY-Y1 se asocia con inhibición del consumo de alimento (figura 3), pero una inhibición muy elevada de la ingesta de sacarosa (figura 4). Por tanto, podemos proponer que el control de NPY-Y1 de la SGP-D es más importante y significativo sobre las conductas hedónicas que sobre las homeostáticas. Tal aseveración va en el mismo sentido de lo reportado previamente (Silva & McNaughton, 2019; Tryon & Mizumori, 2018; Vázquez-León et al., 2021b; Vázquez-León et al., 2020).

Consumo alcohólico

Otros estudios han reportado que la administración de NPY en el ventrículo lateral de ratas seleccionadas por su alto consumo alcohólico genera una disminución en la ingesta de alcohol (Badia-Elder, Stewart, Powrozek, Murphy, & Li, 2003). Es importante destacar que la administración de compuestos en el ventrículo lateral puede alcanzar fácilmente áreas como la SGP-D, debido a la ágil difusión de sustancias desde el sistema ventricular y la proximidad del acueducto mesencefálico con la SGP (Paxinos & Watson, 2014). Nuestros datos sugieren que el NPY *per se* no disminuye la ingesta alcohólica en animales normales (i.e. con un bajo-normal consumo alcohólico; figura 5). Sin embargo, el bloqueo del receptor NPY-Y1 en la SGP-D con BIBP-3226 (0.5 nmol) generó un aumento significativo en la ingesta de alcohol cuando se evaluaron sus efectos sin distinción de sexos biológicos (figura 5). Lo anterior sugiere que dicho receptor regula de manera negativa la conducta de ingesta alcohólica. Esta observación ya había sido reportada previamente por nuestro grupo de estudio en un modelo de alcoholismo forzado (Vázquez-León et al., 2020), por lo que podemos destacar que se trata de un efecto altamente reproducible.

Efectos entre sexos biológicos

Admitimos que entender la función de las hormonas femeninas en las conductas de ingesta homeostática y hedónica de sustancias necesitaría de la implementación de un estudio con diseño experimental distinto al empleado en este trabajo. No obstante, ese conocimiento cae fuera de los objetivos y/o alcances de la presente investigación. El hecho de que no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre hembras y machos en los efectos producidos por el NPY y el BIBP-3226 sugiere que se trata de un importante sistema de control de los rasgos apetitosos de la conducta de ingesta de sustancias en roedores y probablemente en el resto de mamíferos (Yi et al., 2018). Para apoyar esta propuesta modelos de inducción del apetito se relacionan con aumentos en el receptor NPY-Y1 en sistema nervioso central (Xu, Kalra, Moldawer, & Kalra, 1998) y el receptor NPY-Y1 está involucrado en los mecanismos que regulan el consumo de sustancias de abusos como la metanfetamina y diversos rasgos hedónicos de la alimentación en ratas (Hsieh, Chen, Yu, Liao, & Kuo, 2013).

CONCLUSIONES

La actividad de los receptores NPY-Y₁ en la SGP-D, de manera equiparable en ambos sexos biológicos, modula: (i) positivamente y de manera moderada la conducta de ingesta de alimentos (conducta predominantemente homeostática); (ii) positivamente y de manera marcada la ingesta de sacarosa; y (iii) negativamente el consumo alcohólico.

Agradecimientos

Esta investigación sirvió para el desarrollo del proyecto curricular y servicio social de la alumna Mildred Scarleth Ortiz Ramos, de la carrera de QFI de la ENCB.

El Dr. Abraham Miranda-Páez desea agradecer a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN por el proyecto SIP 20210587 y el Dr. Bruno Antonio Marichal-Cancino al Departamento de Apoyo a la Investigación de la UAA por el financiamiento al proyecto PIFF21-1.

REFERENCIAS

- Allen, Y., Adrian, T., Allen, J., Tatemoto, K., Crow, T., Bloom, S., & Polak, J. (1983). Neuropeptide Y distribution in the rat brain. *Science*, 221(4613), 877-879. doi: 10.1126/science.6136091
- Badia-Elder, N., Gilpin, N., & Stewart, R. (2007). Neuropeptide Y modulation of ethanol intake: Effects of ethanol drinking history and genetic background. *Peptides*, 28(2), 339-344. doi: 10.1016/j.peptides.2006.07.028
- Badia-Elder, N., Stewart, R., Powrozek, T., Murphy, J., & Li, T. (2003). Effects of Neuropeptide Y on sucrose and ethanol intake and on anxiety-like behavior in high alcohol drinking (HAD) and low alcohol drinking (LAD) rats. *Alcohol: Clinical Experimental Research*, 27(6), 894-899. doi: 10.1097/01.Alc.0000071929.17974.Da
- Beck, B. (2006). Neuropeptide Y in normal eating and in genetic and dietary-induced obesity. *Philosophical Transactions of the Royal Society Lond B Biological Society*, 361(1471), 1159-1185. doi: 10.1098/rstb.2006.1855
- Bell, S., Gosnell, B., Krahn, D., & Meisch, R. (1994). Ethanol reinforcement and its relationship to saccharin preference in Wistar rats. *Alcohol*, 11(2), 141-145. doi: 10.1016/0741-8329(94)90055-8
- Chronwall, B., DiMaggio, D., Massari, V., Pickel, V., Ruggiero, D., & O'donohue, T. (1985). The anatomy of neuropeptide-Y-containing neurons in rat brain. *Neuroscience*, 15(4), 1159-1181. doi: 10.1016/0306-4522(85)90260-x
- Day, D., Keen-Rhinehart, E., & Bartness, T. (2005). Role of NPY and its receptor subtypes in foraging, food hoarding, and food intake by Siberian hamsters. *American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 289(1), R29-36. doi: 10.1152/ajpregu.00853.2004
- Gosnell, B., & Krahn, D. (1992). The relationship between saccharin and alcohol intake in rats. *Alcohol*, 9(3), 203-206. doi: 10.1016/0741-8329(92)90054-e
- Gray, T., & Morley, J. (1986). Neuropeptide Y: Anatomical distribution and possible function in mammalian nervous system. *Life Sciences*, 38(5), 389-401. doi: 10.1016/0024-3205(86)90061-5
- Hsieh, Y., Chen, P., Yu, C., Liao, J., & Kuo, D. (2013). The neuropeptide Y Y₁ receptor knockdown modulates activator protein 1-involved feeding behavior in amphetamine-treated rats. *Molecular Brain*, 6(1), 46. doi: 10.1186/1756-6606-6-46

- Kampov-Polevoy, A., Garbutt, J. C., & Janowsky, D. (1997). Evidence of preference for a high-concentration sucrose solution in alcoholic men. *The American Journal of Psychiatry*, 154(2), 269-270. doi: 10.1176/ajp.154.2.269
- Kampov-Polevoy, A., Overstreet, D., Rezvani, A., & Janowsky, D. (1995). Saccharin-induced increase in daily fluid intake as a predictor of voluntary alcohol intake in alcohol-preferring rats. *Physiology & Behavior*, 57(4), 791-795. doi: 10.1016/0031-9384(94)00389-0
- Kask, A., Harro, J., von Hörsten, S., Redrobe, J., Dumont, Y., & Quirion, R. (2002). The neurocircuitry and receptor subtypes mediating anxiolytic-like effects of neuropeptide Y. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26(3), 259-283. doi: 10.1016/s0149-7634(01)00066-5
- Katsura, G., & Inui, A. (2016). Subchapter 25B - Neuropeptide Y. In Y. Takei, H. Ando, & K. Tsutsui (Eds.), *Handbook of Hormones* (pp. 215-e225B-211). San Diego: Academic Press.
- Kelley, S., Nannini, M., Bratt, A., & Hodge, C. (2001). Neuropeptide-Y in the paraventricular nucleus increases ethanol self-administration. *Peptides*, 22(3), 515-522. doi: 10.1016/s0196-9781(01)00361-8
- Koob, G., & Volkow, N. (2010). Neurocircuitry of addiction. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 217-238. doi: 10.1038/npp.2009.110
- Koros, E., Piasecki, J., Kostowski, W., & Bienkowski, P. (1998). Saccharin drinking rather than open field behaviour predicts initial ethanol acceptance in Wistar rats. *Alcohol and Alcoholism*, 33(2), 131-140. doi: 10.1093/oxfordjournals.alcalc.a008369
- Lynch, W., Grace, M., Billington, C., & Levine, A. (1993). Effects of neuropeptide Y on ingestion of flavored solutions in nondeprived rats. *Physiology Behavior*, 54(5), 877-880. doi: 10.1016/0031-9384(93)90295-q
- Mendoza-Ruiz, L., Vázquez-León, P., Martínez-Mota, L., Ramírez, E., & Miranda-Páez, A. (2018). Forced ethanol ingestion by Wistar rats from a juvenile age increased voluntary alcohol consumption in adulthood, with the involvement of orexin-A. *Alcohol*, 70, 73-80. doi: 10.1016/j.alcohol.2018.01.008
- Paxinos, G., & Watson, C. (2014). *The rat brain in stereotaxic coordinates* (7th ed.). New York: Academic Press.
- Rada, P., Avena, N., & Hoebel, B. (2005). Daily bingeing on sugar repeatedly releases dopamine in the accumbens shell. *Neuroscience*, 134(3), 737-744. doi: 10.1016/j.neuroscience.2005.04.043
- Rossi, M., & Stuber, G. (2018). Overlapping brain circuits for homeostatic and hedonic feeding. *Cell Metabolism*, 27(1), 42-56. doi: 10.1016/j.cmet.2017.09.021
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (22 de agosto de 2001). NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=762506&fecha=22/08/2001#gsc.tab=0
- Silva, A., Cavadas, C., & Grouzmann, E. (2002). Neuropeptide Y and its receptors as potential therapeutic drug targets. *Clinica Chimica Acta*, 326(1-2), 3-25. doi:10.1016/s0009-8981(02)00301-7
- Silva, C., & McNaughton, N. (2019). Are periaqueductal gray and dorsal raphe the foundation of appetitive and aversive control? A comprehensive review. *Progress in Neurobiology*, 177, 33-72. doi: 10.1016/j.pneurobio.2019.02.001
- Thiele, T., Sparta, D., Hayes, D., & Fee, J. (2004). A role for neuropeptide Y in neurobiological responses to ethanol and drugs of abuse. *Neuropeptides*, 38(4), 235-243. doi: 10.1016/j.npep.2004.04.005

- Tryon, V., & Mizumori, S. (2018). A novel role for the periaqueductal gray in consummatory behavior. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 178. doi: 10.3389/fnbeh.2018.00178
- Vázquez-León, P., Miranda-Páez, A., Calvillo-Robledo, A., & Marichal-Cancino, B. (2021). Blockade of GPR55 in dorsal periaqueductal gray produces anxiety-like behaviors and evokes defensive aggressive responses in alcohol-pre-exposed rats. *Neuroscience Letters*, 136218. doi: 10.1016/j.neulet.2021.136218
- Vázquez-León, P., Miranda-Páez, A., Chávez-Reyes, J., Allende, G., Barragán-Iglesias, P., & Marichal-Cancino, B. (2021). The periaqueductal gray and its extended participation in drug addiction phenomena. *Neuroscience Bulletin*, 37, 1493-1509. doi: 10.1007/s12264-021-00756-y
- Vázquez-León, P., Miranda-Páez, A., & Marichal-Cancino, B. (2021). Experimental protocol for detecting higher alcohol consumers from a conventional rat line based on basal anxiety. *MethodsX*, 8, 101444. doi: 10.1016/j.mex.2021.101444
- Vázquez-León, P., Ramírez-San Juan, E., Marichal-Cancino, B., Campos-Rodríguez, C., Chávez-Reyes, J., & Miranda-Páez, A. (2020). NPY-Y(1) receptors in dorsal periaqueductal gray modulate anxiety, alcohol intake, and relapse in Wistar rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 199, 173071. doi: 10.1016/j.pbb.2020.173071
- Xu, B., Kalra, P., Moldawer, L., & Kalra, S. (1998). Increased appetite augments hypothalamic NPY Y1 receptor gene expression: Effects of anorexigenic ciliary neurotropic factor. *Regulatory Peptides*, 75-76, 391-395. doi: 10.1016/S0167-0115(98)00093-7
- Yi, M., Li, H., Wu, Z., Yan, J., Liu, Q., Ou, C., & Chen, M. (2018). A promising therapeutic target for metabolic diseases: Neuropeptide Y receptors in humans. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 45(1), 88-107. doi: 10.1159/000486225



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licencianta no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licencianta.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.