



## Artículo de investigación

## Análisis de respuestas conductuales del consumo de sacarosa como estímulo elicitor de la actividad física

### Analysis of behavioral responses to sugar intake as an elicitor stimulus for physical activity

Samantha Josefina Bernal-Gómez<sup>1</sup> , Virginia Gabriela Aguilera-Cervantes<sup>1</sup>, Alma Gabriela Martínez Moreno<sup>1</sup>, Ana Paola Mora-Vergara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), Universidad de Guadalajara, México

<sup>2</sup> Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Salud, Universidad Industrial de Santander, Colombia

**Recibido:** 19-01-2024

**Aceptado:** 30-01-2024

#### Resumen

En diversos estudios se ha identificado que exponer a animales experimentales a una bebida endulzada tiene como consecuencia la disminución del consumo de alimento, mientras que se presenta un consumo excesivo de dicha bebida. Por otra parte, considerando que el principal combustible cerebral es la glucosa, cuya principal fuente de obtención son los alimentos que consumen los organismos, entre ellos el azúcar, el cual podría ser tomado como un estimulante para la actividad por su contenido energético, se plantea como objetivo evaluar el efecto del consumo de bebidas endulzadas a diferentes concentraciones en la cantidad de actividad física que se realiza en ratas albinas. Se implementó un diseño experimental ABA. Doce ratas hembras de cuatro meses de edad fueron asignadas a tres grupos experimentales, tuvieron libre acceso a agua y alimento, y acceso a una rueda de actividad por 30 minutos diarios durante 90 días. En la Fase 2 fueron expuestas a diferentes concentraciones de solución endulzada durante 12 horas: el Grupo 1 al 3.84%, el Grupo 2 al 7.40% y el Grupo 3 al 10.71%. Se identificó que el consumo de alimento disminuyó en la fase en que se presentó la bebida endulzada, estableciéndose la siguiente relación: a menor concentración de azúcar en la solución, mayor ingesta. Se registró que ingerir estas bebidas generó cambios en el patrón de actividad. No se identificaron diferencias significativas en el peso corporal de los sujetos. Con base en lo anterior, se considera que el consumo de bebidas endulzadas en este estudio, independientemente de la concentración, no tuvo efecto sobre el peso corporal por la exposición a la rueda de actividad. Esto sugiere que los sujetos son capaces de realizar ajustes conductuales ante modificaciones ambientales, como adicionar bebidas endulzadas a su dieta.

**Palabras clave:** actividad física, consumo de sacarosa, respuestas conductuales, ratas.

#### Abstract

In several studies it has been identified that exposing experimental animals to a sweetened drink results in a decrease in food consumption, while excessive consumption of said drink occurs. On the other hand, considering that the main brain fuel is glucose, whose main source of production is the food consumed by organisms, including sugar, which could be taken as a stimulant for the activity due to its energy content, the objective is to evaluate the effect of the consumption of sweetened beverages at different concentrations the amount of physical activity that is performed in albino rats. An ABA experimental design was implemented. Twelve four-month-old female rats were assigned to three experimental

 IICAN, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara, Av. Enrique Arreola Silva No. 883, Colonia Centro, 49000 Ciudad Guzmán, Jalisco, México. Teléfono: +52 (341) 575 2222, [samantha.bernal@cusur.udg.mx](mailto:samantha.bernal@cusur.udg.mx)

groups, with free access to water and food and also access to an activity wheel for 30 minutes daily for 90 days. In Phase 2, they were exposed to different concentrations of a sweetened solution for 12 hours: Group 1 at 3.84%, Group 2 at 7.40% and Group 3 at 10.71%. It was identified that food consumption decreased in the phase in which the sweetened beverage was presented, according to the following relationship: the lower the concentration of sugar in the solution, the higher the intake. It was recorded that ingesting these beverages generated changes in the activity pattern. No significant differences in the subjects' body weight were identified. Based on the above, it is considered that the consumption of sweetened beverages in this study, regardless of concentration, had no effect on body weight by exposure to the activity wheel. This suggests that subjects are capable of making behavioral adjustments to environmental modifications, such as adding sweetened beverages to their diet.

**Keywords:** physical activity, sugar intake, behavioral responses, rats.

## Introducción

Existe una preocupación creciente por el consumo excesivo de bebidas con gran contenido de azúcar (Martínez Moreno, 2007; Molina y Luciano, 1995; Ramírez-Vélez et al., 2015) y la poca disponibilidad que se tiene hacia la práctica de actividad física (De León Fierro, 2010; De León Fierro et al., 2011; European Food Information Council, 2006; Hill et al., 2003; Lee y Cubbin, 2009), debido a que ambas condiciones generan ganancia de peso, deterioro de la salud, contribuyen al desarrollo de la obesidad y con ello el riesgo de padecer enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles (Anton et al., 2009; Brownell et al., 2016; Sánchez-Pimienta et al., 2016). Hacer un abordaje de ambas conductas: actividad física y consumo de bebidas endulzadas, es relevante por los efectos que tienen en el comportamiento de los sujetos. En estudios conductuales realizados en modelos animales han sido descritas dos condiciones que tienen efecto directo sobre la ingesta de alimento: la disponibilidad de una rueda de actividad y la presencia de bebidas endulzadas. Se ha observado que los sujetos, al tener acceso a una rueda de actividad, comienzan a correr de manera espontánea y conforme pasan los días, las carreras incrementan de manera proporcional; esta respuesta propicia una disminución del consumo de alimento y del peso corporal (Acosta et al., 2017; Aguilera, 2010; Alfonso y Eikelboom, 2003; Boakes, 2007; Bruner et al., 2002; Castillo, 2012; Goh y Ladiges, 2014; Gutiérrez et al., 2002; Hill, 1956; King et al., 1998; Looy y Eikelboom, 1988; Premack y Premack, 1963; Sherwin, 1998; Zárata y Flores, 2012).

Por otra parte, al ser expuestos a bebidas endulzadas, los organismos como las ratas modifican las conductas de beber y comer. Se ha registrado que incrementan el consumo de la bebida endulzada versus la no endulzada (i.e., agua) y que el tiempo que pasan bebiendo y la velocidad con la que lo hacen es mayor cuando se dispone de la bebida endulzada. Estas respuestas se acompañan de una disminución del consumo de alimento, además de existir efectos diferenciales en la ingesta en función de la concentración del edulcorante en la bebida (i.e., a menor concentración mayor consumo) e incluso algunos sujetos incrementan su peso corporal (Martínez, 2007; Martínez et al., 2006; Martínez-Moreno et al., 2009; Martínez et al., 2009; Molina y Luciano, 1995; Moreno-Martínez et al., 2011; Rada et al., 2005; Rogers y Blundell, 1989; Rolls et al., 1990).

Lo anterior demuestra como las condiciones ambientales de alojamiento (disponer de una rueda de actividad) y de alimentación (disponer de una bebida dulce con gran aporte calórico), son estímulos suficientes para modificar el

comportamiento alimentario de los organismos. Investigar cómo se puede afectar la expresión de la actividad física en función del tipo de bebida, las características de la misma con respecto al porcentaje de endulzante que contiene y la cantidad consumida sin duda propiciará la comprensión de la relación entre la actividad física y la alimentación.

Se ha referido que realizar actividad física e ingerir bebidas endulzadas son factores que modifican el peso corporal y la ingesta de alimento y bebida, no obstante en las evidencias empíricas revisadas no se ha identificado evidencia experimental que evalúe la relación entre la cantidad de energía consumida proveniente de la solución endulzada y el nivel de actividad física. En este sentido, se planteó el presente estudio con la finalidad de determinar los efectos del consumo de bebidas endulzadas con diferentes concentraciones de sacarosa sobre la ejecución de la actividad física y las conductas de consumo alimentario en un modelo murino.

## Métodos

### Sujetos

Doce ratas hembras albinas de la cepa *Wistar* de cuatro meses de edad al inicio del estudio.

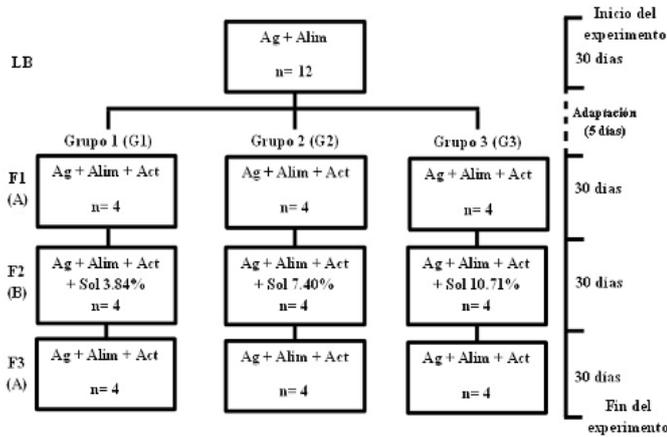
### Aparatos y materiales

Se utilizaron doce cajas habitación individuales con medidas de 13 cm de altura por 27 cm de ancho y 38 cm de largo, con una reja metálica en la parte superior con dos divisiones para comida y agua. Las cajas contaron con una alfombra de aserrín, la cual fue removida y cambiada por otra cada tres días. Se utilizó una báscula de precisión electrónica para el pesaje diario de los sujetos, así como del alimento. Se emplearon cuatro ruedas de actividad con las siguientes medidas: 42 cm de alto, 38 cm de largo y 14 cm de ancho, las cuales cuentan con un sensor óptico que registra el número de revoluciones realizadas por los sujetos. Como alimento, se proporcionaron pellets de la marca comercial Rodent Laboratory Chow®, con la siguiente fórmula nutricional: 5.0% de grasa (otros extractos), 25.0% de proteína, 5.3% de fibra, 47.5% de extracto libre de nitrógeno (del cual: 21.0% de almidón, 0.19% de glucosa, 0.27% de fructosa, 3.83% de sacarosa, 2.01% de lactosa), cuyo aporte calórico corresponde a 4.09 kcal por gramo. Como bebida se otorgó agua purificada y soluciones endulzadas con sacarosa, las cuales eran proporcionadas en bebederos graduados.

### Diseño experimental

El estudio tuvo una duración de 120 días, segmentado en cuatro fases de 30 días cada una de ellas: Línea base

(LB), Fase 1 (F1), Fase 2 (F2) y Fase 3 (F3). Se empleó un diseño experimental ABA: en las fases A (i.e., Fases 1 y 3), los animales experimentales tuvieron acceso a la rueda de actividad de manera voluntaria durante 30 minutos diarios, contando con libre acceso a agua y alimento. En la fase B (i.e., fase 2), adicional a estas condiciones, fueron expuestos a soluciones endulzadas con distinta concentración de sacarosa (Figura 1).



**Figura 1.** Diagrama del diseño experimental, en donde se indican la Línea Base (LB) y las tres fases. Ag = Agua, Alim = Alimento, Act = Actividad, Sol = Solución endulzada.

**Procedimiento**

Los animales experimentales contaron con un periodo de 12 horas luz/12 horas de oscuridad. La temperatura ambiental osciló entre 20 y 25°C. Los animales experimentales fueron colocados en cajas individuales. Durante todo el experimento tuvieron libre acceso a alimento. Diariamente se registraba el consumo de alimento, el peso corporal, el consumo de agua y el consumo de las soluciones endulzadas en la fase de exposición. Al culminar el periodo de línea base, las hembras fueron distribuidas en tres grupos experimentales considerando el peso corporal como criterio de asignación, con el objetivo de tener una muestra proporcional en cada uno de los grupos. Antes de iniciar la F1, se contó con cinco días de adaptación, en el que las hembras fueron entrenadas para entrar y salir de la rueda de correr. Posteriormente, diariamente a las 8:00 h, en las Fases 1, 2 y 3 realizaron actividad voluntaria en durante 30 minutos.

En la F2, la rueda y el alimento estuvieron disponibles en las mismas condiciones que en la fase anterior y fueron adicionadas las soluciones endulzadas con distinta concentración de sacarosa en función del grupo al que pertenecían: Grupo 1 (G1) al 3.84%, Grupo 2 (G2) al 7.40% y Grupo 3 (G3) al 10.71%. Considerando que el repertorio conductual de esta especie es expresado en mayor medida durante el periodo de oscuridad, con el objetivo de incrementar las posibilidades de que la solución fuese bebida, las soluciones endulzadas estuvieron disponibles únicamente durante las 12 horas que lo comprenden, mientras que el acceso al agua purificada fue en el periodo de luz. Finalmente, durante F3 fue retirada la solución y se retomaron las condiciones de F1.

**Análisis estadístico**

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante

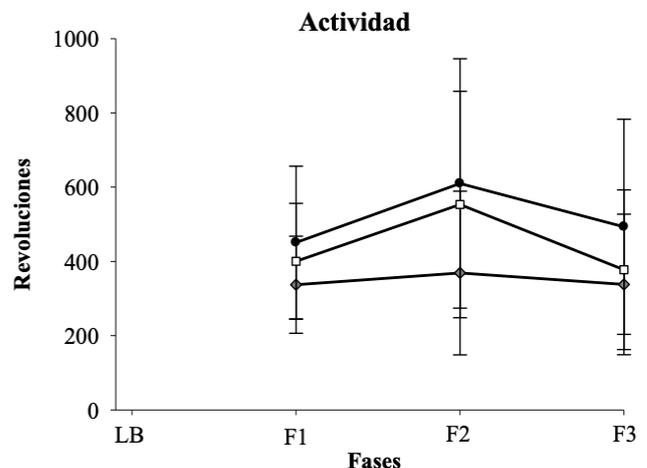
el software IBM SPSS Statistics de en su versión 22 para Windows. Los datos registrados de cada variable fueron analizados individualmente. Se realizó la prueba Shapiro-Wilk para determinar la distribución de los datos. Se obtuvieron medias de cada una de las variables para cada grupo. Se realizaron ANOVAs de un factor para comparar el comportamiento de los grupos en las diversas fases del estudio. Variables expresadas en media ± DE, significancia estadística a partir de  $p < 0.05$ .

**Resultados**

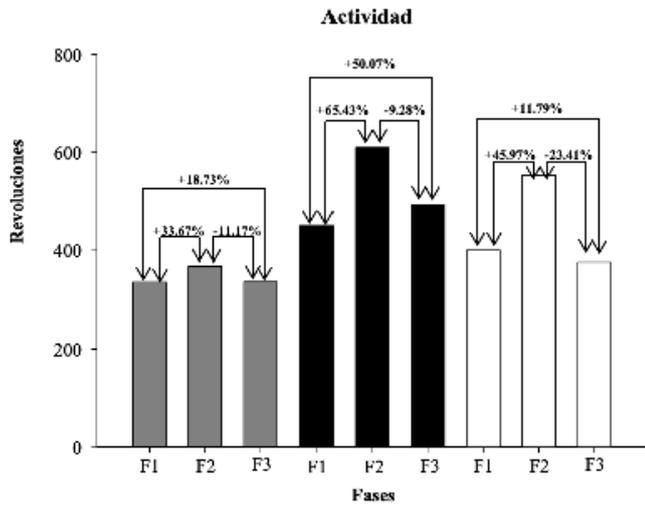
En todas las figuras los diamantes grises corresponden a los datos obtenidos por G1, círculos negros a G2 y cuadrados blancos a G3. Todos los valores son expresados en medias grupales ± desviación estándar. En la Figura 2 se representa la ejecución de la actividad física en cada fase del estudio. Se observa que en F2 (i. e., fase de exposición a las soluciones endulzadas), todos los grupos experimentales presentan un incremento en el nivel de actividad. Asimismo, se identifica que este aumento en el número de revoluciones se registró en mayor cantidad en G2, seguido de G3 y por último G1.

Con el objetivo de analizar esta variable de manera grupal, se procedió a obtener medias y desviaciones estándar grupales por cada fase, las cuales son presentadas en la Figura 3. No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la ejecución de la actividad física en ningún grupo. En G1 se observó que durante la F2 la actividad física incrementó en un 33.67%, disminuyendo en un 11.17% en la F3. Este fenómeno se presentó de manera similar en G2 y G3, donde G2 registró un incremento del 65.43% en F2 y un decremento del 9.28% en F3, mientras que G3 aumentó el nivel en un 45.97% en F2 y disminuyó en 23.41% en F3. En este sentido, se identificó que la solución que modificó los niveles de actividad en mayor cantidad fue la proporcionada a G2 (7.40% de concentración), seguido de G3 y por último G1.

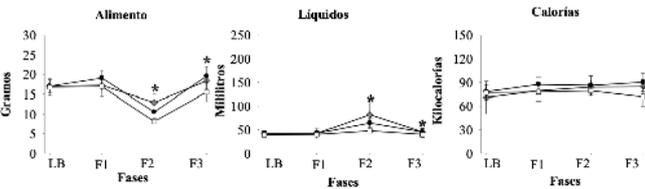
Referente al consumo de alimento (Figura 4), en los tres grupos se observa una disminución durante la F2, periodo en el que los animales experimentales fueron expuestos a la solución endulzada (ANOVA; G1,  $p = 0.016$ ; G2,  $p = 0.000$ ; y G3,  $p = 0.001$ ). Posteriormente, en la F3, la ingesta de alimento incrementó de manera significativa a niveles similares a los de la F1 (ANOVA; G1,  $p = 0.011$ ; G2 y G3,  $p = 0.001$ ).



**Figura 2.** Ejecución de la actividad física. Variables expresadas en media ± DE. Diamantes grises corresponden a los datos de G1, círculos negros a G2 y cuadrados blancos a G3.



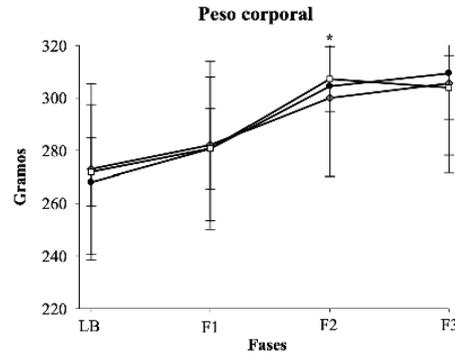
**Figura 3.** Ejecución de la actividad física por fases y grupos. Los valores están expresados en proporciones. Barras grises corresponden a los datos obtenidos por G1, barras negras a G2 y barras blancas a G3.



**Figura 4.** Consumos grupales de alimento, líquidos y calorías. Variables expresadas en media  $\pm$  DE. Los asteriscos indican diferencias significativas (ANOVA,  $p < 0.05$ ). Diamantes grises corresponden a los datos obtenidos por G1, círculos negros a G2 y cuadrados blancos a G3.

Con relación al consumo de líquidos, en la Figura 4 se representa la ingesta total que incluye tanto el agua como las soluciones endulzadas. Se identifica en F2 un incremento de la ingesta del 446.68% en G1, del 302.37% en G2 y del 238.39% en G3. Este aumento se atribuye a la exposición a la solución endulzada y el nivel de concentración de sacarosa de la bebida, puesto que al ser retirada la solución los consumos disminuyen situándose en niveles similares a LB, F1 y F3 (ANOVA;  $p = 0.042$  para G1,  $p = 0.023$  en G2). A pesar de que en el G3 no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el consumo, se observa una tendencia al incremento en F2 y decremento en F3. Considerando lo anterior, se planteó la siguiente asociación: a mayor concentración de sacarosa en la bebida, menor consumo. Referente al consumo calórico, no se observan diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los grupos en las distintas fases del estudio.

En la Figura 5 se presentan los datos obtenidos de la variable del peso corporal. Se identifica un incremento en el G3 durante la Fase 2 (ANOVA;  $p = 0.036$ ). A pesar de que en los otros grupos no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en las diversas fases del estudio, se observa un ligero incremento cuyo pico se sitúa en la F2.



**Figura 5.** Cambios en el peso corporal. Variables expresadas en media  $\pm$  DE. Los asteriscos indican diferencias significativas (ANOVA,  $p < 0.05$ ). Diamantes grises corresponden a los datos obtenidos por G1, círculos negros a G2 y cuadrados blancos a G3

**Discusión**

Durante las últimas décadas, las ciencias dedicadas al estudio de la conducta alimentaria se han centrado en explicar el por qué comemos lo que comemos y por qué bebemos lo que bebemos (Martínez Moreno et al., 2014) y ha sido identificada una preocupación creciente por el consumo excesivo de bebidas con gran contenido de azúcar (Martínez Moreno, 2007; Ramírez-Vélez et al., 2015) y por la poca disponibilidad que se tiene hacia la práctica de actividad física (Lee y Cubbin, 2009). Ambos factores generan ganancia de peso y generalmente conducen al deterioro de la salud, contribuyendo en el desarrollo de la obesidad y con ello el riesgo de padecer enfermedades crónico degenerativas no transmisibles (Brownell et al., 2016; Sánchez-Pimienta et al., 2016).

Asimismo, ha sido descrita la existencia de características propias de las especies (e.g., edad, sexo, especie, entre otros) y factores externos (e.g., estímulos ambientales) que influyen en la conducta de los organismos (Bartlin et al., 2017; Goh y Ladiges, 2016). Por lo tanto, este estudio surgió a partir de cuestionamientos referentes a la influencia que tiene en el organismo adicionar en su ambiente de alimentación bebidas endulzadas a diferentes concentraciones de sacarosa sobre el peso corporal y aspectos conductuales como las conductas de beber y comer y el nivel de actividad física realizada. A partir del análisis de los datos obtenidos, se identificó que consumir soluciones endulzadas tiene efecto directo sobre las conductas de beber y comer y sobre el nivel de actividad física realizada. Asimismo, se identificó que realizar actividad física reduce los efectos nocivos al organismo producidos por consumir en cantidades excesivas bebidas endulzadas.

Tanto en seres humanos como en modelos murinos ha sido descrita la importancia de la realización de actividad física para disminuir o prevenir padecimientos relacionados con el sobrepeso y obesidad producto de mantener un estilo de vida sedentario, debido a que se producen cambios tanto conductuales como metabólicos (Kelly y Pomp, 2013; Kennard y Woodruff-Pak, 2012). Específicamente en sujetos experimentales, se ha señalado que correr en la rueda es reforzante para los animales y tiene como efecto la disminución del consumo de alimento (Boakes, 2007; Greenwood et al., 2011; Premack & Premack, 1963); no obstante, en este estudio no se identificaron consecuencias

en la ingesta, lo cual podría deberse a que realizar actividad física voluntaria en un periodo de 30 minutos diarios no influye en la ingesta de la dieta sólida, al menos cuando es la denominada estándar. Puesto que se ha identificado que esta conducta tiene efecto en el consumo de las denominadas dietas palatables (i.e., alta en grasa y alta en azúcar), incluso disminuyendo la preferencia por éstas (Liang et al., 2015; Moody et al., 2015).

Adicionalmente, los resultados de este estudio difieren con los obtenidos por Aguilera (2010) y por lo expuesto por Appleton (1988) en los que se describió que el consumo de azúcar puede provocar aletargamiento y disminución de la actividad física. En las concentraciones implementadas en la presente investigación no se observó efecto depresor sobre la conducta de correr, pero pareciera ser que su exposición continua sí puede generar registros inestables y, considerando que la ejecución de esta conducta fue distinta en los tres grupos, se asume que la actividad física se modifica en función del aporte calórico de la bebida. Por otra parte, es importante considerar que existen otras conductas que implican actividad locomotora y posiblemente fungieron como vía de gasto energético (e.g., desplazamiento en la caja habitación); sin embargo, no fueron medidas para este estudio.

De manera general, la actividad es considerada como un reforzador secundario para el organismo (Belke y Pierce, 2016; Martin y Pear, 2008) y tiene un efecto directo sobre la reducción saludable de peso corporal y masa grasa, por lo cual se ha empleado como estrategia para la regulación del peso corporal (De León Fierro, 2010). En algunos estudios se ha reportado que cuando se implementa la actividad física en roedores, el peso corporal tiende a disminuir (Premack y Premack, 1963) y cuando se adicionan bebidas endulzadas a la dieta, el peso aumenta significativamente (Martínez, 2007; Martínez Moreno et al., 2009; Martínez et al., 2009); no obstante, en este trabajo no se identifica ninguno de estos efectos en dos de los grupos experimentales. Se observó que ingerir soluciones endulzadas propicia incremento del peso corporal, independientemente de la realización de actividad física. Sin embargo, este aumento no fue en cantidades reportadas en otros estudios en los que se dispone de la solución endulzada pero no de la actividad (López-Espinoza et al., 2013). Por lo que pareciera que correr en la rueda permite contrarrestar los efectos del consumo de una bebida altamente calórica.

Al igual que en estudios previos sobre bebidas endulzadas, se identificó que en la fase de exposición se presentaron cambios en las conductas de beber y comer, ya que el consumo de alimento disminuyó e incrementó significativamente el consumo de bebida (Martínez, 2007; Martínez et al., 2009). Esto se atribuye tanto a la palatabilidad de la bebida, como a un proceso de condicionamiento de sabor dulce y consecuencias metabólicas, en el que ha sido ampliamente descrita la preferencia que existe por el sabor dulce sobre otros ya que, al ser el azúcar un carbohidrato simple y de absorción rápida, representa una vía de ingreso energético que requiere poco trabajo metabólico (Télez et al., 2013). Por otra parte, el no incremento del consumo calórico durante las diversas fases del estudio y la no modificación significativa del peso corporal, son atribuidas a que la actividad física contribuye en la regulación de la ingesta calórica.

De manera general, con base en los resultados obtenidos en este estudio se puede concluir que consumir bebidas endulzadas tiene efecto directo sobre la conducta de beber y comer, ya que disminuye la ingesta de alimento e incrementa el consumo de bebida, la cual se modifica en función de la concentración de sacarosa (i.e., a mayor concentración menor consumo); y que realizar actividad física bajo estas condiciones en este modelo permite ajustarse a las modificaciones que se realizan en la dieta (i.e., consumir soluciones endulzadas), debido a que no se identifican efectos significativos sobre el peso corporal. En este sentido, realizar actividad física contribuye a mantener la salud en general del organismo, ya que facilita los mecanismos de autorregulación de la ingesta (Ebal et al., 2007; Hu, 2003; Keeley et al., 2014; Melzer et al., 2005; Warburton et al., 2006).

## Referencias

- Acosta, W., Meek, T. H., Schutz, H., Dlugosz, E. M., y Garland, T. (2017). Preference for Western diet coadapts in high runner mice and affects voluntary exercise and spontaneous physical activity in a genotype-dependent manner. *Behavioural Processes*, *135*, 56-65. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2016.11.018>
- Aguilera, V. (2010). Modificación de la actividad en ratas expuestas a la bebida de café. [Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara].
- Alfonso, V. M., y Eikelboom, R. (2003). Relationship between wheel running, feeding, drinking and body weight in male rats. *Physiology & Behavior*, *80*, 19-26. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(03\)00216-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(03)00216-6)
- Anton, S. D., Martin, C. K., Han, H., Coulon, S., Cefalu, W. T., Geiselman, P., y Williamson, D. A. (2009). Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. *Appetite*, *55*, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.03.009>
- Bartling, B., Al-Robaiy, S., Lehnich, H., Binder, L., Hiebl, B., y Simm, A. (2017). Sex-related differences in the wheel-running activity of mice decline with increasing age. *Experimental Gerontology*, *87*, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.04.011>
- Banjanin, S. y Mrosovsky, N. (2000). Preferences of mice, *Mus musculus*, for different types of running wheel. *Laboratory Animals Ltd*, *34*(3), 313-318. <https://doi.org/10.1258/002367700780384681>
- Belke, T. W., y Pierce, W. D. (2016). Evidence for positive, but not negative, behavioral contrast with wheel-running reinforcement on multiple variable-ratio schedules. *Behavioural Processes*, *133*, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2016.11.003>
- Boakes, R. (2007). Self-starvation in the rat: running versus eating. *The Spanish Journal of Psychology*, *10*(2), 251-257. <http://revistas.ucm.es/index.php/SJOP/article/view/SJOP0707220251A>
- Bonthius, D. A., Bonthius, F. H. y Napper, M. A. (1996). Alcohol-induced neuronal loss in developing rat: Increased brain damage with binge exposure. *Alcohol, Clinical and Experimental Research*, *14*(1), 107-111. <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.1990.tb00455.x>
- Brownell, K. D., Farley, T., Willett, W., Popkin, B. M., Chaloupka, F. J., Thompson, J. W., y Ludwig, D. S. (2016). The public health and economic benefits of

- taxing sugar-sweetened beverages. *The New England Journal of Medicine*, 361(16), 1599-1605. <https://doi.org/10.1056/NEJMhpr0905723>
- Bruner, C., Gallardo, L. y Ávila, R. (2002). Variaciones en la ubicación temporal de una señal dentro de un ciclo de reforzamiento independiente de la respuesta sobre la actividad de las ratas. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 28(1), 3-18. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rmac/article/view/23558>
- Castillo, R. (2012). Efectos de la actividad sobre la ingesta de alimento en ratas. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara].
- De León Fierro, L. G. (2010). Efecto de la actividad física moderada sobre el metabolismo y el cociente respiratorio en diferentes poblaciones de mujeres [Tesis de Doctorado, Universidad de Granada].
- De León Fierro, L. G., Urita Sánchez, O. y Carrasco-Legleu, C. E. (2011). Mujer, salud y deporte. En L. H. Sanín, L. Cedillo, y R. M. Guevara (Eds.), *Género, Salud y Ambiente Laboral*. Universidad Autónoma de Chihuahua
- Ebal, E., Cavlić, H., Michaux, O., y Lac, G. (2007). Effect of a moderate exercise on the regulatory hormones of food intake in rats. *Appetite*, 49, 521-524. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2007.03.007>
- Epling, W., y Pierce, W. (1996). *Activity Anorexia: Theory, Research, and Treatment*. Lawrence Erlbaum Associates.
- European Food Information Council [EUFIC] (2006). Actividad física. <http://www.eufic.org/article/es/page/BARCHIVE/expid/basics-actividad-fisica/>
- Greenwood, B. N., Foley, T. E., Le T. V., Strong, P. V., Loughridge, A. B., Day, H. E. W., y Fleshner, M. (2011). Long-term voluntary wheel running is rewarding and produces plasticity in the mesolimbic reward pathway. *Behavioural Brain Research*, 217(1), 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.11.005>
- Goh, J. y Ladiges, W. C. (2014). Exercise enhances wound healing and prevents cancer progression during aging by targeting macrophage polarity. *Mechanisms of Ageing and Development*, 139, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2014.06.004>
- Gutiérrez, M., Gómez, J. García, A., Bohórquez, C., Pérez, V. y Pellón, R. (2002). La rueda de actividad en psicología experimental: Evolución histórica. *Revista de Historia de la Psicología*, 23(3-4), 401-407. [https://journals.copmadrid.org/historia/archivos/fichero\\_salida20220923111054245000.pdf](https://journals.copmadrid.org/historia/archivos/fichero_salida20220923111054245000.pdf)
- Hill, W. (1956). Activity as an autonomous drive. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 49(1), 15-19. <https://doi.org/10.1037/h0044786>
- Hill, J. O., Wyatt, H. R., Reed, G. W. y Peters, J. C. (2003). Obesity and the environment: *Where do we go from here?* *Science*, 299(5608), 853-855. <https://doi.org/10.1126/science.1079857>
- Hu, F. B. (2003). Sedentary lifestyle and risk of obesity and type 2 diabetes. *Lipids*, 38(2), 103-108. <https://doi.org/10.1007/s11745-003-1038-4>
- Keeley, R. J., Zelinski, E. L., Fehr, L., y McDonald, R. J. (2014). The effect of exercise on carbohydrate preference in female rats. *Brain Research Bulletin*, 101, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2013.12.008>
- Keller, F., y Schoenfeld, W. (1979). *Fundamentos de Psicología*. Fontanela.
- Kelly, S. A. y Pomp, D. (2013). Genetic determinants of voluntary exercise. *Trends in Genetics*, 29(6), 348-357. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2012.12.007>
- Kennard, J. A. y Woodruff-Pak, D. S. (2012). A comparison of low and high impact forced exercise: Effects of training paradigm on learning and memory. *Physiology & Behaviour*, 106(2), 423-427. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.02.023>
- King, N., Appleton, K., Rogers, P., y Blundell, J. (1998). Effects of sweetness and energy in drinks on food intake following exercise. *Physiology & Behavior*, 66(2), 375-379. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00280-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00280-7)
- Lee, R. E. y Cubbin, C. (2009). Striding toward social justice: The ecologic milieu of physical activity. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 57(1), 10-17. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318190eb2e>
- Liang, N., Bello, N. T., y Moran, T. H. (2015). Wheel running reduces high-fat diet intake, preference and mu-opioid agonist stimulated intake. *Behavioural Brain Research*, 284, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.02.004>
- Looy, H., y Eikelboom, R. (1988). Wheel running, food intake, and body weight in male rats. *Physiology & Behavior*, 45(2), 403-405. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(89\)90147-9](https://doi.org/10.1016/0031-9384(89)90147-9)
- López-Espinoza, A., Martínez Moreno, A. G., Zepeda Salvador, A. P., Aguilera Cervantes, V. G., López-Urriarte, P., Valdés Miramontes, E., Navarro-Meza, M., Vázquez Cisneros, L. C., y Espinoza Gallardo, A. C. (2013). Effect of early exposure to sucralose on fluid intake in rats. *Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios*, 4(2), 116-123. [https://doi.org/10.1016/S2007-1523\(13\)71998-0](https://doi.org/10.1016/S2007-1523(13)71998-0)
- Martin, G. y Pear, J. (2008). *Modificación de la Conducta qué es y Cómo Aplicarla*. Pearson Prentice Hall
- Martínez, A. G. (2007). Análisis experimental de la gran bebida de endulzantes en ratas (*Rattus norvegicus*) y Degús (*Octodon degus*). [Tesis de Doctorado, Universidad de Guadalajara]. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4488>
- Martínez, A. G., López-Espinoza, A. y Martínez, H. (2006). Efectos de modificar el contenido energético del agua sobre el peso corporal, consumo de agua, alimento y calorías en ratas. *Universitas Psychologica*, 5(2), 361-370. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-92672006000200012](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-92672006000200012)
- Martínez, A. G., Madrid, J. A., López-Espinoza, A. y Vivanco, P. (2009). Consumo de soluciones endulzadas en octodones. *Revista Latina de Análisis de Comportamiento*, 17(2), 141-153. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274520175001>
- Martínez Moreno, A. G., López-Espinoza, A., Díaz Reséndiz, F. J., y Valdés Miramontes, E. (2009). Consumo de soluciones endulzadas en ratas albinas: sabor vs calorías. *Psicothema*, 21(2), 196-203. <http://www.psicothema.com/psicothema.asp?id=3614>
- Martínez Moreno, A. G., López Espinoza, A., López Uriarte, P., Valdés Miramontes, E. H., García Flores, C. L., y Solano Santos, L. V. (2014). El hábito de beber. En A. López-Espinoza y C. R. Magaña González (Eds.), *Hábitos alimentarios Psicobiología y Socioantropología de la Alimentación* (pp. 111-122). McGrawHill.
- Mayer, J. (1953). Glucostatic mechanism of regulation of food intake. *New England Journal of Medicine*, 249(1), 13-

16. <https://doi.org/10.1056/NEJM195307022490104>  
Melzer, K., Kayser, B., Saris, W. H. M., y Pichard, C. (2005). Effects of physical activity on food intake. *Clinical Nutrition*, 24, 885-895. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.06.003>
- Millenson, J. (1976). Principios de Análisis Conductual. Trillas.
- Molina, F. J. y Luciano, M. C. (1995). Eliminación de un patrón inadecuado de conducta alimentaria. Estudio de Caso. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 21(3), 451-462. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80527304>
- Moody, L., Liang, J., Choi, P. P., Moran, T. H., y Liang, N. (2015). Wheel running decreases palatable diet preference in Sprague-Dawley rats. *Physiology & Behaviour*, 150, 53-63. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.03.019>
- Moreno-Martínez, M., García-Ruiz, A. y Sánchez-González, D. (2011). Efecto de los edulcorantes no nutritivos (aspartame y sucralosa) en el peso de las ratas. Estudio prospectivo, controlado, aleatorio, doble ciego. *Revista de Sanidad Militar*, 65(4), 168-175.
- Premack, D. y Premack, A. (1963). Increased eating in rats deprived of running. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 6(2), 209-212. [http://www.psych.upenn.edu/~premack/Publications\\_files/JExpAnalysisofBeh6\(2\).pdf](http://www.psych.upenn.edu/~premack/Publications_files/JExpAnalysisofBeh6(2).pdf)
- Rada, P., Avena, N. y Hoebel, B. (2005). "Adicción" al azúcar: ¿mito o realidad? Revisión. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 3(2), 2-12. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29205/2/articulo1.pdf>
- Ramírez-Vélez, R., Ojeda, M., Tordecilla, M. A., Peña, J. C., y Meneses, J. F. (2015). El consumo regular de bebidas azucaradas incrementa el perfil lipídico-metabólico y los niveles de adiposidad en universitarios de Colombia. *Revista Colombiana de Cardiología*, 23(1), 11-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rccar.2015.04.006>
- Richter, C. (1927). Animal behavior and internal drives. *The Quarterly Review of Biology*, 2(3), 307-343. <https://doi.org/10.1086/394279>
- Rogers, P. J. (1988). Uncoupling sweet taste and calories: Comparison of the effects of glucose and three intense sweeteners on hunger and food intake. *Physiology and Behavior*, 43(5), 547-552. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(88\)90207-7](https://doi.org/10.1016/0031-9384(88)90207-7)
- Rolls, B., Kim, S. y Fedoroff, I. (1990). Effects of drinks sweetened with sucrose or aspartame on hunger, thirst and food intake in men. *Physiology & Behavior*, 48(1), 19-26. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(90\)90254-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(90)90254-2)
- Sánchez-Pimienta, T. G., Batis, C., Lutter, C. K., y Rivera, J. A. (2016). Sugar-sweetened beverages are the main sources of added sugar intake in the Mexican population. *The Journal of Nutrition*, 146, 1888S-1896S. <https://doi.org/10.3945/jn.115.220301>
- Sherwin, C. (1998). Voluntary wheel running: a review and novel interpretation. *Animal Behavior*, 56(1), 11-22. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.0836>
- Téllez, L. A., Ren, X., Han, W., Medina, S., Ferreira, J. G., Yeckel, C. W., y de Araujo, I. E. (2013). Glucose utilization rates regulate intake levels of artificial sweeteners. *Journal of Physiology*, 591.22, 5727-5444. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.263103>
- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., y Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174(6), 801-809. <https://doi.org/10.1503/cmaj.051351>
- Zárate, L. F. y Flores, C. J. (2012). Anorexia basada en actividad como un fenómeno de termorregulación. *Suma Psicológica*, 19(2), 89-96. <http://www.scielo.org.co/pdf/sumps/v19n2/v19n2a07.pdf>