

CONDUCTA ALIMENTARIA Y REGULACIÓN CALÓRICA EN RATAS: EFECTOS DEL CONTENIDO CALÓRICO EN LÍQUIDOS

EATING BEHAVIOR AND CALORIC REGULATION IN RATS: EFFECTS OF THE CALORIC CONTENT IN LIQUIDS

Eder Espinoza, Jaima García, Ana Carrillo
Centro Universitario UTEG

Héctor Martínez
Universidad de Guadalajara

Resumen

Se analizó la conducta alimentaria de ratas con acceso restringido a alimento sólido registrando el peso corporal, los consumos de alimento, kilocalorías, agua y alternando leche con baja y alta densidad calórica. Se asignaron 15 ratas macho a dos grupos experimentales y uno control. Se registró el peso de todos los sujetos con alimento *ad libitum*. Posteriormente tuvieron acceso libre al alimento sólido, agua y leche durante 1 hora diaria. Cada grupo experimental tuvo acceso a un tipo de leche de alta o baja densidad calórica que posteriormente se invirtió y se realizó una prueba de preferencia a los dos tipos de leche. El grupo control no tuvo acceso a la leche. Se encontró mayor ingesta de las calorías aportadas por la leche de alta

Eder Espinoza, Jaima García, Ana Carrillo, Centro Universitario UTEG. Héctor Martínez, Universidad de Guadalajara.

Dirigir correspondencia a Eder Espinoza Becerra. Centro Universitario UTEG Campus, Héroes Ferrocarrileros N.1325, Col. La Aurora. email: eder.espinoza@uteg.edu.mx

densidad calórica que con la de baja densidad. No hubo diferencias en los grupos en el total de calorías ingeridas por alimento y leche. En la prueba de preferencia no se encontraron diferencias entre los grupos experimentales. Concluimos que la ingesta diaria de calorías total fue independiente de la densidad calórica de la leche y hubo regulación del consumo de alimento sólido, controlando así el número de calorías totales ingeridas diariamente.

Palabras clave: conducta alimentaria, densidad calórica, privación, consumo de alimento, ratas

Abstract

Feeding behavior of rats with restricted access to solid food was analyzed by recording body weight, food consumption, kilocalories, water, and alternating two types of milk containing low or high caloric density. Fifteen male rats were assigned to two experimental and one control groups. After recording *ad libitum* body weight of all subjects, rats had free access to solid food, water and milk for 1 hour daily. Each experimental group had access to one type of milk, either high or low caloric density that was inverted in a subsequent condition. Afterwards, a preference test for the two types of milk was conducted for the two experimental groups. The control group had no access to milk. Caloric intake contributed by high-caloric density milk was higher relative to low-caloric density milk. However, there were no differences between groups in the total calories provided by food and milk. No differences were found between the experimental groups in the preference test. It was concluded that the total daily calorie did not depend on the caloric density of milk and there was also a regulation of solid food consumption that controlled the number of total calories ingested daily.

Keywords: eating behavior, caloric density, deprivation food consumption, rats

La conducta alimentaria es de vital importancia ya que por esa vía se incorporan los nutrientes que requiere un organismo y está directamente relacionada con variables motivacionales de tipo biológico, fisiológico, social y conductual, entre otras. Evolutivamente los organismos han desarrollado mecanismos fisiológicos para mantener un equilibrio dinámico de las condiciones del medio interno, lo que se denomina homeostasis (Cannon, 1932). La conducta alimentaria cumple con varios propósitos de implicaciones homeostáticas, por ejemplo, a través de la

ingesta de alimento se proveen las calorías, las vitaminas, minerales y agua indispensables para el funcionamiento del cuerpo. Dicha ingesta ayuda al mantenimiento de una masa corporal relativamente estable y además proporciona el sustrato para el metabolismo energético vital para la supervivencia de los organismos (Johnson, Ackroff, Peters, & Collier, 1986; Saper, Chou, & Elmquist, 2002; Woods, Seeley, Porte, & Schwartz, 1998). La mayoría de los mamíferos en condiciones de alimentación libre tienden a mantener un peso corporal constante y para que eso suceda la ingesta calórica a través del consumo de alimento debería igualar el gasto calórico producto de la actividad física y del metabolismo.

Desde el análisis experimental del comportamiento se ha propuesto que además de la motivación interna, los patrones de alimentación se encuentran en función del ambiente y dependen de variables interrelacionadas para que se emitan o no las conductas que conforman lo que en general denominamos conducta alimentaria (Skinner, 1932; Staddon, 2016). Staddon (2016) ha propuesto que la conducta alimentaria puede abordarse desde dos puntos de vista: la selección de la dieta y el balance de energía. La selección de la dieta permite a los organismos en condiciones de libre acceso elegir alimentos favorables y no deficientes nutricionalmente; mientras el balance de energía, mediante ciertos procesos fisiológicos de regulación, permite a los organismos consumir la cantidad de alimento con relación a su gasto de energía.

Recientemente, Dess, Schreiber, Winter, y Chapman (2018) han definido a la regulación energética como un constructo amplio que abarca procesos a niveles de organización desde el metabolismo celular hasta el comportamiento complejo en el contexto ecológico. Para satisfacer las necesidades nutricionales y mantener el balance energético los animales generan una variedad de repertorios conductuales y fisiológicos que van desde la selección de la dieta hasta la química intestinal. Bajo condiciones de alimentación libre algunas especies despliegan un gran número de respuestas conductuales y fisiológicas para mantener el balance energético. Este balance es asumido cuando el volumen de alimento ingerido y el consumo de calorías total permanece constante a través de diferentes dietas (Collier, Hirsh, & Kanareck, 1983). Incluso algunos animales son capaces de seleccionar una dieta nutricional adecuada aun cuando son enfrentados con una variedad de ítems alimenticios. Los cambios sistemáticos en el tamaño de las comidas, como una función de la densidad calórica de los alimentos, podrían sugerir que el consumo de alimento desencadena procesos fisiológicos de regulación durante la ingestión, tal vez a través de mecanismos sensoriales. Se ha documentado que los cambios en la fre-

cuencia de las comidas podrían ser consistentes con un mecanismo post-absorbente con una función de medición calórica (Johnson, Ackroff, Peters, & Collier, 1986).

En un estudio realizado por Johnson y Collier (1987) demostraron que las ratas consumieron entre 60-80 kcal/día, la ingesta de los sujetos de un grupo control estuvo relacionada con el promedio de la densidad calórica de las comidas disponibles, es decir, consumieron más calorías cuando las comidas con mayor densidad calórica estuvieron disponibles. Sin embargo, no siempre la comida con mayor densidad calórica es la que más se consume. Otro hallazgo interesante fue que la ingesta de cualquier alimento disminuía si la densidad calórica de una comida alternativa incrementaba. En el mismo sentido, Treit y Spetch (1986) demostraron que las ratas utilizadas en su estudio pudieron ajustar inmediatamente el tamaño de su comida como respuesta a la variación en la densidad calórica de la dieta. Para explicar estos resultados, esos autores han sugerido que la ingesta calórica durante una comida parece estar controlada por dos factores: i) bajo ciertas condiciones, el control energético es por “aprendizaje calórico” que significa que la experiencia de la ingesta calórica previa es relevante; y ii) bajo otras circunstancias el control es por un mecanismo denominado “medición calórica” en el que procesos metabólicos regulan el consumo de calorías con independencia de su historia de ingesta calórica previa.

A diferencia de la comida, la ingesta de agua no aporta ningún contenido energético al organismo. Debido a que las bebidas con densidad calórica se han utilizado ampliamente como acompañamiento e incluso como sustitución de alimentos, consideramos de interés una mayor comprensión del rol del aporte calórico de los líquidos en la dieta de los organismos que se encuentran bajo restricción alimentaria. Los resultados de este tipo de estudios podrían ayudar a optimar los lineamientos dietéticos debido a que la forma específica y la composición nutritiva de los líquidos podrían tener implicaciones divergentes afectando los procesos metabólicos que dan lugar al balance energético. Estudiar la influencia de las variables relacionadas con el control de la conducta alimentaria (*e.g.*, necesidades fisiológicas, disponibilidad del alimento, abundancia, densidad calórica, palatabilidad), nos permitiría comprender de manera más precisa problemas relacionados con el consumo deficitario o excesivo de alimentos (Sunday, Sanders, & Collier, 1983).

Los resultados que se aportan desde la investigación conductual básica contribuyen al conocimiento de posibles efectos sobre la salud de un organismo ante una inadecuada exposición a periodos de restricción y acceso al alimento características que suelen relacionarse con la obesidad y otros trastornos de la conducta alimentaria (Díaz-Resendiz, 2013). Por ejemplo, se ha demostrado que la restricción de

alimento tiene efectos sobre la conducta alimentaria durante y después del procedimiento de restricción (Hamilton & Flaherty, 1973; López-Espinoza & Martínez, 2001). También se ha estudiado el papel del consumo de líquidos como parte de la conducta alimentaria en ratas. Por ejemplo, Martínez, López-Espinoza, y Martínez (2006) estudiaron los efectos de modificar el contenido energético del agua por añadir tres distintas cantidades de glucosa (alta/media/baja) sobre el peso corporal, la ingesta de alimento, de agua y de las tres soluciones de glucosa diluidas en agua. Un grupo de ratas fue expuesto durante seis días a la secuencia alta-media-baja-alta-media-baja (una concentración por día); otro grupo fue expuesto a la secuencia inversa. Después de cada secuencia de concentración de glucosa se introdujo un periodo de quince días de acceso al agua sin glucosa. Las concentraciones de glucosa alta, media y baja fueron de 45, 30 y 15 gramos respectivamente diluidas en 200 ml de agua. Un grupo control no recibió glucosa. Sus datos mostraron que el consumo de agua con glucosa fue mayor que el consumo de agua; en comparación con el consumo de agua sin glucosa, la ingesta de alimento disminuyó cuando la glucosa estuvo presente en las tres concentraciones; la curva de crecimiento corporal de mantuvo constante. Por lo tanto, los autores concluyeron que variar el contenido calórico del agua modificó la conducta alimentaria. Algunos autores han sugerido que el consumo de líquidos con diferentes densidades calóricas está asociado con un balance positivo de energía y con la obesidad (Anderson & Moore, 2004). Se ha argumentado que las diferencias en energía, contenido de nutrientes y las propiedades sensoriales de los líquidos consumidos con los alimentos pueden afectar la ingesta alimentaria, debido a que los líquidos frecuentemente son consumidos con la comida, sin embargo, su influencia en la ingesta de energía no es clara (DellaValle, Roe, & Rolls, 2005).

El interés desde el análisis de la conducta por estudiar la conducta alimentaria relacionada con los mecanismos de regulación calórica se basa en estudiar bajo qué condiciones los organismos controlan y distribuyen la conducta de alimentarse dando como resultado su supervivencia (Martínez, López-Espinoza, & Martínez, 2006). Como se ha documentado, la evaluación de los efectos del acceso a alimentos y a líquidos con diferente densidad calórica, principalmente se ha realizado bajo condiciones de alimentación libre aportando información relevante para identificar factores asociados al origen y desarrollo de trastornos alimentarios (e.g., anorexia, bulimia, obesidad). Por lo tanto, nuestra atención se enfocó en analizar la conducta alimentaria de ratas expuestas a un procedimiento con acceso restringido a alimento sólido registrando, el peso corporal, los consumos de alimento, kilocalorías, agua

y dos tipos de leche conteniendo diferente densidad calórica (baja *vs* alta). Estudiar la conducta alimentaria bajo estas condiciones tendría un doble propósito: a) comprobar si bajo una restricción de alimento la ingesta calórica de las ratas es afectada ante la disponibilidad simultánea de agua y de un líquido novedoso conteniendo distinta densidad calórica (e.g., leche); y, b) si hay alguna preferencia por el consumo del líquido con alguna de las dos densidades calóricas (baja *vs* alta). Esperábamos que cuando los sujetos consumieran la leche con baja o alta densidad calórica disminuirían la ingesta de alimento y el consumo de agua demostrando por lo tanto lo que se denomina regulación de ingesta calórica. También esperábamos que el consumo total de leche y consumo total diario de calorías sería mayor cuando tuvieran acceso a la leche con alta densidad calórica en comparación con los días con acceso a la leche de baja densidad calórica. Otra de nuestras hipótesis fue que al final del experimento, si hubiera regulación calórica no encontraríamos diferencias entre los grupos experimentales en el total de calorías ingeridas y esperábamos en un test de preferencia que los sujetos consumieran una mayor cantidad de la leche con más densidad calórica.

Método

Sujetos

Se utilizaron 15 ratas macho de la Cepa *Wistar* experimentalmente ingenuas con 60 días de edad al inicio del experimento procedentes del Bioterio del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara, se encontraban alojadas en cajas-hogar 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 división para el alimento y bebederos. Se mantuvo en un ciclo de luz oscuridad 8:00/20:00 y a una temperatura constante ($23 \pm 2^\circ\text{C}$). Los sujetos se asignaron de manera aleatoria a uno de tres grupos ($n=5$), uno con la secuencia leche "light" de baja densidad calórica/leche "normal" de alta densidad calórica (Grupo 1) y el otro con la secuencia inversa (Grupo 2) y un grupo control que en ningún momento recibió leche.

Aparatos y materiales

El alimento proporcionado era en forma de croquetas de la marca *Rodent Laboratory Chow* con la fórmula nutricional: 3% de grasas, 23% de proteína, 7% de ceniza, 1% de calcio, 6% de fibra, 49% de E. L. N, 6% de fósforo y 12% de humedad. La leche utilizada fue una reconocida marca comercial en su presentación de leche

light (por porción de 250 ml: KCalorías 102, grasa 2.5 g, carbohidratos 12 g, proteínas 7.8 g) y en su presentación de leche entera (por porción de 250 ml: KCalorías 154, Grasa 8.3 g, Carbohidratos 12 g, Proteínas 7.8 g). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-062, la composición bromatológica requerida para alimento de ratas de laboratorio es: proteína cruda 12-24%, grasa cruda 4-11%, fibra cruda 3-6%, cenizas 6-8%. Los sujetos de los grupos experimentales de nuestro estudio tuvieron acceso al mismo tiempo a dos tipos de alimento, *Rodent Laboratory Chow* y leche, las características nutricionales de ambos permitieron que no existiera déficit y que en el presente estudio se cumpliera con la norma establecida.

Para el registro del peso corporal de los sujetos se utilizó una báscula digital marca *Lab-Tech*. Las sesiones experimentales se llevaron a cabo diariamente iniciando a las 12:00 horas. Durante el experimento se registraron diariamente el consumo de agua, consumo de leche, consumo de alimento, peso corporal de los sujetos y consumo de Kilocalorías a la hora mencionada.

Procedimiento

El experimento tuvo una duración de 27 días los cuales se dividieron en una línea base de cinco días, dos condiciones experimentales de diez días cada una y una prueba de preferencia de dos días. Desde el inicio del experimento todos los sujetos fueron dispuestos en cajas-hogar individuales y todas las condiciones a las que fueron expuestos durante el experimento se llevaron a cabo en dichas cajas. Para la línea base todos los sujetos de los tres grupos tuvieron acceso libre al alimento en forma de croquetas y un bebedero con agua colocado en la parte superior de la caja-hogar. Concluido este periodo, los tres grupos pasaron a la primera condición, durante 10 días estuvieron bajo privación de alimento por 23 horas diarias con acceso libre al agua. En esta condición, durante 1 hora diaria estuvieron disponibles 50 g alimento en forma de croquetas, un bebedero con 100 ml de agua y un bebedero con 50 ml de leche, la leche y el agua fueron puestos en bebederos diferentes, se colocaron en la parte superior de la caja-habitación y estaban a la misma distancia del alimento en forma de croquetas. A los sujetos del grupo 2 se les proporcionó leche con alta densidad calórica (ADC) y al grupo 1 leche con baja densidad calórica (BDC). En los 10 días siguientes se mantuvieron las mismas condiciones experimentales descritas, excepto porque se invirtió el tipo de leche disponible para cada uno de los grupos experimentales, los sujetos que fueron expuestos a la leche BDC se les proporcionó leche ADC y a los que recibieron leche ADC se les cambió por leche BDC. Finalmente, con el objetivo de evaluar si habría alguna preferencia por alguno

de los tipos de leche, se añadieron dos sesiones, durante las cuales los sujetos de los dos grupos experimentales durante 1 hora tuvieron acceso al alimento, a un bebedero con agua y a dos bebederos con los dos tipos de leche simultáneamente. Para recibir cualquiera de los dos tipos de leche o agua los sujetos tenían que lengüetear directamente de cada bebedero. Una vez terminadas estas sesiones las ratas fueron regresadas a las condiciones de línea base, teniendo libre acceso de agua y comida.

Resultados

Los datos fueron analizados con un Análisis de Varianza (ANOVA) de diseño mixto de dos factores (condición x día). Se utilizó el *Software Statistical Package for Social Science (SPSS)* v.23. El análisis de la comparación por pares se ejecutó utilizando el mismo software, con el nivel mínimo de significancia estadística establecida en $p < 0.05$. Las variables dependientes fueron kilocalorías consumidas por consumo de leche, kilocalorías consumidas totales (leche + alimento), alimento consumido en gramos, leche consumida en mililitros, y agua consumida en mililitros. La asunción de esfericidad fue medida con una prueba de *Mauchly*, pero como los datos no cumplieron con esta asunción, se aplicó una corrección *Greenhouse-Geisser* a los grados de libertad, los grados de libertad se reportaron con sus valores originales.

Kilocalorías por consumo de leche

El panel A de la Figura 1 muestra la media \pm 2 ESM del consumo diario de Kilocalorías vía la leche de los sujetos de los grupos experimentales. El análisis estadístico de los primeros diez días de acceso a la leche durante los cuales el grupo 1 estuvo expuesto a la leche de baja densidad calórica (BDC) y el grupo 2 a la leche de alta densidad (ADC) mostró un efecto principal de los días [$F(9, 72) = 22.963$, $p < 0.001$], lo cual indica que el consumo en el transcurso de los días afectó las Kcal consumidas por consumo de leche. Se encontró un efecto principal por condición [$F(1, 72) = 28.402$, $p < 0.001$], ambos grupos incrementaron el consumo de Kcal por consumo de leche pero el grupo 1 mostró un mayor consumo en comparación con el grupo 2. Se mostró un efecto de la interacción entre la condición y los días [$F(9, 72) = 3.538$, $p < 0.01$]. A partir del día 11 y hasta el día 20 los sujetos del grupo 1 tuvieron acceso a la leche ADC y los del grupo 2 a la leche BDC. Se encontró un efecto principal por días [$F(9, 72) = 7.66$, $p < 0.05$] y un efecto de la condición [$F(1, 72) = 7.572$, $p < 0.05$], los sujetos del grupo 2 también mostraron un mayor consumo de Kcal por consumo de leche de baja densidad calórica.

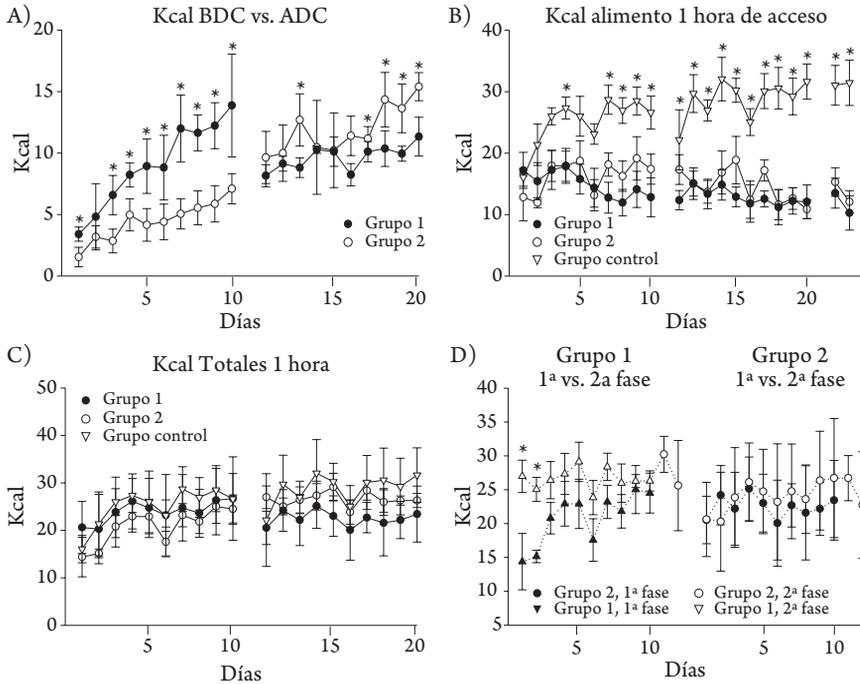


Fig. 1. Muestra la media \pm 2 S.E. del consumo de Kcalorías de los dos grupos experimentales y del grupo control durante las dos fases experimentales y fase de evaluación de preferencia. * Indica una diferencia significativa entre los grupos ($P < 0.05$).

Kilocalorías por consumo de alimento

El panel B de la Figura 1 muestra la media \pm 1 ESM de las Kcal consumidas del alimento. Durante los primeros diez días los sujetos del grupo control tuvieron un mayor consumo de Kcal del alimento en comparación con los sujetos del grupo 2 que mantuvieron un consumo relativamente estable y los del grupo 1 quienes mostraron un consumo de Kcal de alimento con tendencia a disminuir. El análisis estadístico mostró un efecto principal por día [$F(9, 108) = 4.336, p < 0.05$] y un efecto por condición [$F(1, 108) = 6.724, p < 0.05$]. Durante los siguientes diez días para los tres grupos se mantuvo una tendencia de consumo similar en comparación con los primeros diez días y se encontró un efecto por condición [$F(1, 108) = 20.997, p < 0.001$]. Durante los dos días de preferencia cuando los sujetos de los dos grupos experimentales tuvieron acceso a los dos tipos de leche, los sujetos del grupo control

mantuvieron un mayor consumo de Kcal aportadas por el alimento en comparación con los dos grupos experimentales, durante esos últimos dos días el grupo 2 mantuvo un mayor consumo de alimento en comparación con el grupo 1. Existió un efecto por condición [$F(1, 12) = 17.120, p < 0.001$].

Consumo total de Kilocalorías

El panel C de la Figura 1 muestra la media ± 2 ESM del consumo total diario de Kcal durante la hora de acceso libre. Durante los días 1 a 10 los sujetos de todos los grupos mostraron un incremento progresivo del consumo total de Kilocalorías (en un rango de 13 a 29 Kcal), los sujetos del grupo control mantuvieron el mayor consumo seguido de los sujetos del grupo 2 y los sujetos del grupo 1 mostraron el menor consumo. Con base en el análisis estadístico se mostró un efecto principal por día [$F(9, 108) = 9.654, p < 0.001$]. A partir del día 11 y hasta el día 20 el patrón de consumo para los tres grupos fue estable, el grupo control mantuvo el mayor consumo de Kcal totales seguido del grupo 2 y el consumo más bajo lo mostraron los sujetos del grupo 1.

Comparación consumo de Kilocalorías

Grupo 1 Vs. Grupo 1 y Grupo 2 Vs. Grupo 2

El panel D de la Figura 1 muestra la media ± 2 ESM del consumo total de Kilocalorías por grupo, se compara el consumo durante la primera fase Vs. el consumo durante la segunda fase. El consumo total de Kilocalorías del grupo 1 durante la primera fase incrementó progresivamente y fue menor en comparación con el consumo durante la segunda fase durante la cual el consumo fue estable. Se encontró un efecto principal por día [$F(9, 72) = 3.609, p < 0.05$]. El consumo total de Kilocalorías del grupo 2 fue similar entre la primera y segunda fase, el consumo de mantuvo estable durante las dos fases experimentales.

Consumo de alimento

El panel A de la Figura 2 muestra la media ± 2 ESM del consumo de alimento en gramos de los dos grupos experimentales y el grupo control. Terminando la línea base todos los sujetos de los tres grupos fueron expuestos a una restricción alimentaria hasta el final del experimento. A partir del día 6 y hasta el día 15 en el que los sujetos de los grupos 1 y 2 tuvieron acceso a un tipo de leche se mostró un efecto principal por día [$F(9, 108) = 4.336, p < 0.05$] y un efecto principal de la condición [$F(1, 108) = 6.724, p < 0.05$]. Finalmente, del día 16 hasta el día 25 en los cuales

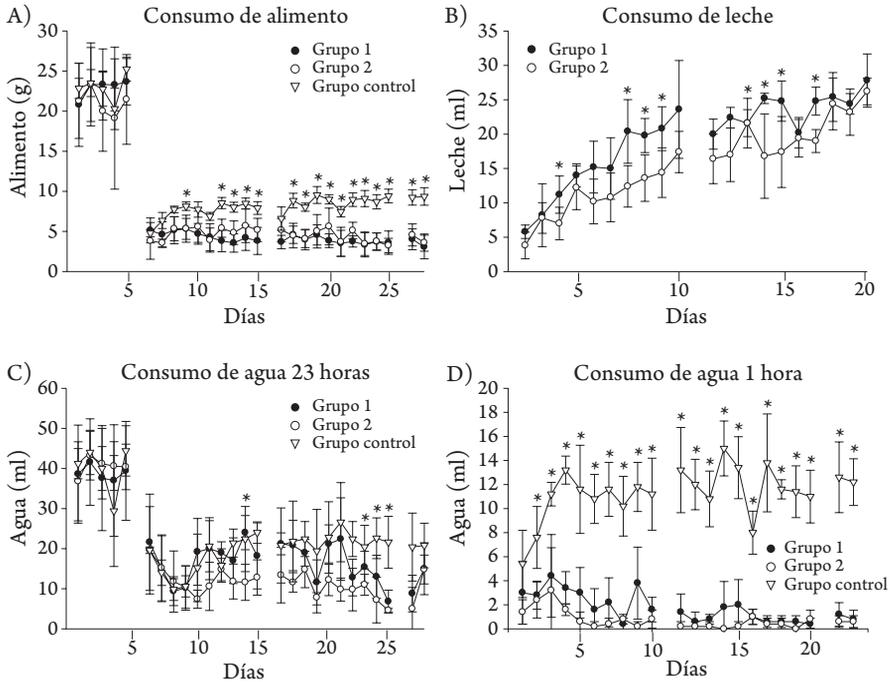


Fig. 2. Muestra la media \pm 2 S.E. del consumo de alimento (Panel A), del consumo de leche (Panel B) y del consumo de agua (Panel C y D). * Indica una diferencia significativa entre los grupos ($P < 0.05$).

se cambió el tipo de leche consumida de los dos grupos experimentales el análisis del consumo de alimento hubo un efecto principal de la condición [$F(1, 108) = 20.973, p < 0.001$].

Consumo de leche en mililitros

El panel B de la Figura 2 muestra la media \pm 2 ESM del consumo del consumo de leche en mililitros. Para los dos grupos experimentales el consumo de leche incrementó progresivamente entre los días 1 a 10, el grupo 2 mostró un mayor consumo de leche durante los diez días en comparación con el grupo 1. El análisis estadístico mostró un efecto principal por día [$F(9, 72) = 22.738, p < 0.001$] y un efecto por condición [$F(1, 72) = 8.121, p < 0.05$]. Durante los días 11 a 20 el consumo de leche para los dos grupos mantuvo un patrón de incremento progresivo, los

sujetos del grupo 2 mantuvieron un mayor consumo de leche en comparación con los sujetos del grupo 1, se encontró un efecto principal por día [$F(9, 72) = 8.462, p < 0.001$] y un efecto por condición [$F(1, 72) = 5.836, p < 0.05$].

Consumo de agua durante 23 horas

El panel C de la Figura 2 muestra la media \pm 2 ESM del consumo de agua durante 23 horas para los dos grupos experimentales y el grupo control. Durante los cinco días de la línea base se observó un consumo estable para los sujetos de los dos grupos experimentales, los sujetos del grupo control mostraron variabilidad en su consumo de agua. Después de la línea base durante los días 6 a 9 los sujetos de los tres grupos tuvieron un decremento progresivo en el consumo de agua y a partir del día 10 al 15 el consumo para los tres grupos fue variable. Con base en el análisis estadístico durante los días 6 a 15 se mostró un efecto por día [$F(9, 108) = 5.460, p < 0.05$]. Durante los días 16 a 25 el consumo de agua para los tres grupos fue variable, los sujetos del grupo control mostraron el mayor consumo seguido de los del grupo 1 y el menor consumo lo mostraron los del grupo 2, el efecto principal fue por día [$F(9, 108) = 5.851, p < 0.05$] y se encontró un efecto por condición [$F(1, 108) = 6.172, p < 0.05$]. Finalmente, durante los días 26 y 27 los sujetos del grupo control mantuvieron un mayor consumo de agua seguido de los sujetos del grupo 1 y el menor consumo se observó en el grupo 2, se mostró un efecto por día [$F(1, 12) = 7.676, p < 0.05$] y un efecto por condición [$F(1, 12) = 5.089, p < 0.05$].

Consumo de agua durante 1 hora

El panel D de la Figura 2 muestra la media \pm 2 ESM del consumo de agua durante 1 hora para los dos grupos experimentales y el grupo control. Durante 1 hora diaria todos los sujetos tenían acceso libre al alimento, agua y los sujetos de los grupos experimentales también tenían acceso a la leche. Los sujetos del grupo control durante los días 1 a 4 mostraron un incremento progresivo en el consumo de agua y a partir del día 6 a 10 mantuvieron su consumo estable. Durante los días 1 a 10 el grupo control mantuvo un mayor consumo de agua seguido de los sujetos del grupo 2 y el consumo menor fue observado en el grupo 1. Los dos grupos experimentales a partir del día 4 mostraron un decremento progresivo en el consumo de agua que se mantuvo hasta el día 10. El análisis estadístico mostró un efecto por día [$F(9, 108) = 4.079, p < 0.05$], un efecto por condición [$F(1, 108) = 61.230, p < 0.05$] y un efecto de la interacción entre los días y la condición [$F(9, 108) =$

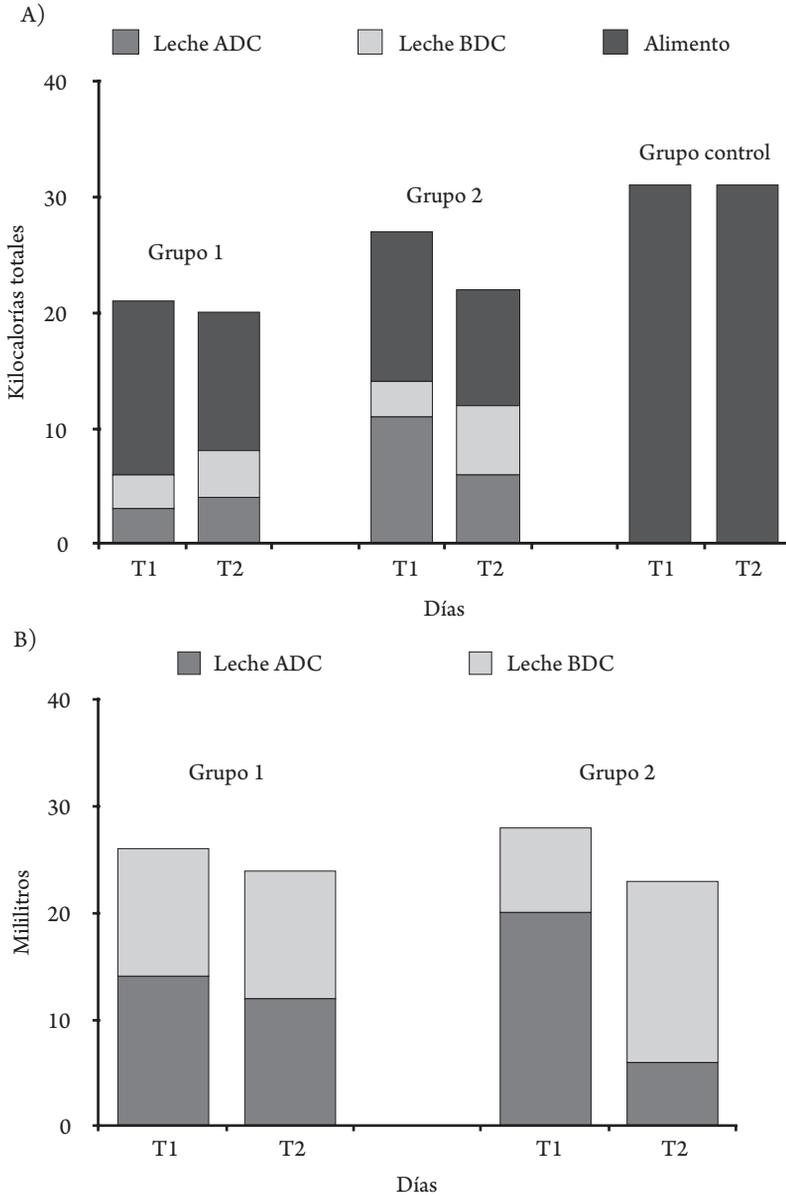


Fig.3. Muestra la media del consumo total de Kilocalorías por día (Panel A) de los dos grupos experimentales y el grupo control y el consumo total de leche en ml (Panel B) durante las pruebas de preferencia de los dos grupos experimentales.

3.726, $p < 0.05$]. Durante los días 11 a 20 el mayor consumo de agua lo mantuvo el grupo control seguido de los sujetos del grupo 2 y el menor consumo fue observado en el grupo 1, el consumo de agua del grupo control fue variable y el consumo de los grupos experimentales fue estable, se encontró un efecto por condición [$F(1, 108) = 205.524, p < 0.001$]. La tendencia anterior se mantuvo durante los días 21 y 22, se encontró un efecto por condición [$F(1, 12) = 88.605, p < 0.001$].

Pruebas de Preferencia

Kilocalorías totales por consumo de leche y alimento

La Figura 3A muestra los datos durante las pruebas de preferencia (días 21 y 22) donde los sujetos de ambos grupos experimentales tuvieron acceso simultáneamente a los dos tipos de leche y alimento. En T1 y T2 los sujetos del grupo 2 mostraron el mayor consumo de Kcal de leche tipo ADC y un menor consumo de la leche BDC en comparación con los sujetos del grupo 1; sin embargo, en T2 los sujetos del grupo 2 mostraron un consumo calórico muy similar de ambos tipos de contenido calórico. Los sujetos del grupo 1 no mostraron una diferencia notable entre el consumo calórico de ambos tipos de leche. El grupo control con sólo alimento disponible, mantuvo el más alto consumo de calorías en ambas sesiones (30), pero no se encontraron diferencias significativas.

Consumo de leche

La Figura 3B muestra el consumo en mililitros de ambos tipos de leche de los dos grupos experimentales durante T1 y T2. Los sujetos del grupo 1 consumieron prácticamente la misma cantidad de los dos tipos de leche; en contraste, los sujetos del grupo 2 mostraron un consumo asimétrico en T1 y T2. En T1 prefirieron la leche ADC mientras que en T2 la preferencia se revirtió por la leche BDC.

Discusión

El objetivo general del presente estudio fue analizar la conducta alimentaria de ratas expuestas a un procedimiento con acceso restringido a alimento sólido registrando el peso corporal, los consumos de alimento, kilocalorías, agua y alternando dos tipos de leche conteniendo diferente densidad calórica (baja vs alta). Estudiar la conducta alimentaria bajo estas condiciones tuvo un doble propósito: a) comprobar si bajo una restricción de alimento la ingesta calórica de las ratas es afectada ante la

disponibilidad de un líquido novedoso diferente al agua conteniendo distinta densidad calórica (e.g., leche); y, b) si ante estas condiciones habría alguna preferencia por el consumo del líquido con alguna de las dos densidades calóricas (baja *vs* alta). Esperábamos que cuando los sujetos consumieran la leche con baja o alta densidad calórica disminuirían la ingesta de alimento y el consumo de agua demostrando por lo tanto regulación de ingesta calórica. También esperábamos en un test de preferencia que los sujetos consumieran una mayor cantidad de la leche con mayor densidad calórica, ya que, con base en diversos estudios, se ha demostrado que varios tipos de roedores (e.g., ratas, hámsteres y gerbiles) han asociado el sabor y las calorías.

Como antecedente del presente estudio, Martínez, López-Espinoza, y Martínez (2006) reportaron que variar el contenido calórico del agua modificó la conducta alimentaria. Aunque el procedimiento que utilizamos fue diferente al que usaron Martínez, López-Espinoza, y Martínez (2006), en ambos estudios se modificó el contenido calórico de líquidos para evaluar sus efectos sobre el consumo de alimento y líquidos. Nuestros datos coinciden con los reportados por esos autores, es decir, en su estudio cuando los sujetos tuvieron acceso a soluciones de agua con glucosa el consumo de alimento disminuyó. Es importante resaltar que una de las diferencias principales es que en nuestro estudio los sujetos estaban bajo un procedimiento de restricción alimentaria y que durante el experimento su peso corporal se mantuvo alrededor del 85%. Keeseey y Hirvonen (1997) han reportado que cuando se ha modificado el peso corporal de un organismo ocurre un ajuste compensatorio en el consumo de alimento. Por lo general, cuando el peso corporal se reduce el consumo de alimento incrementa. Díaz-Reséndiz (2013) ha señalado que cuando se ha reducido el periodo de acceso al alimento en ratas se producen respuestas más rápidas enfocadas en la oportunidad de comer en comparación con condiciones en las que el alimento está todo el tiempo disponible. Dicha reducción también provoca que en cada oportunidad de consumir alimento el sujeto lo hará. Nuestros resultados muestran que durante la hora diaria que los sujetos tuvieron acceso simultáneo al alimento y a la leche consumieron ambos nutrientes. Sin embargo, también registramos una disminución en el consumo de alimento de los sujetos de los dos grupos experimentales en comparación con los sujetos del grupo control. Por lo anterior, podemos asumir que variar el contenido calórico de la leche modificó la conducta alimentaria. Una explicación alternativa es que probablemente el menor consumo de alimento por parte de los sujetos de ambos grupos experimentales fue debido a la saciedad causada por el consumo de leche añadida al consumo de alimento sólido durante la hora diaria de acceso libre. De acuerdo

con Anderson y Moore (2004), se esperaría que el consumo de leche promoviera la saciedad debido al mayor contenido nutricional (e.g., proteínas, grasa y carbohidratos). Dichos autores, con base en que los alimentos altos en proteínas incrementan la saciedad, han argumentado que el contenido de proteínas de la leche podría estar asociado con una reducción de la ingesta de alimento. Johnson (2013) argumentó que los organismos no solo tratan con déficits nutricionales, sino con una gestión de recursos energéticos para necesidades futuras, con ese objetivo los animales utilizan estados del organismo pasados, actuales y futuros a través de un sistema finamente sintonizado para regular la ingestión.

También esperábamos que el consumo total de leche y consumo total diario de calorías sería mayor cuando los sujetos de los grupos experimentales tuvieran acceso a la leche con alta densidad calórica en comparación con la leche de baja densidad calórica. Johnson, Ackroff, Peters, y Collier (1986) utilizando un paradigma de forrajeo monitorearon la conducta de ratas con libre alimentación que variaba en densidad calórica (2.5, 3, 3.5 y 4 Kcal/g), reportaron que sus sujetos mantuvieron una ingesta calórica constante comiendo más frecuentemente y en porciones más grandes de las comidas de menor densidad calórica. Que el consumo total diario de Kcal hubiera sido similar en ambos grupos experimentales y el control del presente estudio, a pesar de encontrarse bajo una restricción alimentaria, probablemente se debió a que todos los sujetos redujeron su gasto de energía. Algunos autores han documentado que cuando el peso corporal de un organismo sufre una modificación deben haber ocurrido ajustes en el gasto de energía y por consecuencia regulando la relación energética entre ingesta y gasto (e.g., Keeseey & Hirvonen, 1997). López-Espinoza y Martínez (2001) han señalado que si sujetos experimentales son sometidos a un estado de carencia nutricia, para compensar dicha carencia, emiten conductas que dan como resultado la modificación del consumo de alimento o la búsqueda de otra fuente alternativa que les permita sostener el nivel del elemento específico carente. Otra de nuestras hipótesis fue que al final del experimento, si hubiera regulación calórica no habría diferencias en el total de Kilocalorías ingeridas entre ambos grupos experimentales y el grupo control. Nuestros datos no mostraron diferencias significativas en el total de Kcal consumidas por los dos grupos experimentales y el grupo control. A pesar de estar bajo un régimen de restricción alimentaria y que los sujetos de los grupos experimentales estuvieron expuestos a leche con contenido calórico, aparentemente si existió una regulación calórica en todos los sujetos de los tres grupos.

También anticipábamos que en un test de preferencia los sujetos consumieran una mayor cantidad de la leche con mayor densidad calórica. ya que con base en diversos estudios se ha demostrado que varios tipos de roedores (e.g., ratas, hámsteres y gerbiles) han asociado el sabor y las calorías. Por ejemplo, Arbour y Wilkie (1988) usando roedores en restricción alimentaria, evaluaron el consumo de una mezcla de alimento alto en calorías en comparación con el consumo de una mezcla de alimento con sabores diferentes bajo en calorías (e.g., vainilla y chocolate). Durante los días de prueba los sujetos consumieron más el alimento del sabor que previamente fue asociado con la mezcla alta en calorías. Estos autores concluyeron que tanto los hámsteres, ratas y gerbiles pudieron asociar el sabor del alimento y las calorías, sugirieron que a través de información sensorial (e.g., sabor) los sujetos de su estudio pudieron discriminar la calidad del alimento. En otro tipo de estudios se ha evaluado la preferencia por el sabor y su relación con la preferencia hacia la mayor densidad calórica. De acuerdo con Bolles, Hayward y Crandall (1981) parece que las ratas pueden asociar las consecuencias post-ingestivas del consumo de alimentos con diferentes sabores, esto es, rápidamente muestran aversión a sabores de alimentos que les han generado malestar y han mostrado preferencia por el sabor de alimentos que no les generan malestar. En uno de sus experimentos mostraron que los sujetos estuvieron expuestos a dos dietas, una con baja densidad calórica y otra con alta densidad calórica, a cada una de las cuales se les añadió un sabor característico (anís o vainilla), consumieron una mayor cantidad de alimento con alta densidad calórica en comparación con el alimento con baja densidad calórica. Nuestros resultados mostraron que, durante el primer día de evaluación de preferencia, los sujetos de los grupos experimentales sí consumieron una mayor cantidad de leche de alta densidad calórica, sin embargo, no existieron diferencias significativas en comparación con el consumo de leche de baja densidad calórica, ni diferencias significativas entre ambos grupos. Probablemente la preferencia por la leche de alta densidad calórica podría ser más evidente si se extendiera la evaluación de la preferencia en un periodo mayor al analizado en nuestro estudio. Finalmente, en general nuestros datos sugieren que probablemente existió un consumo de alimento y líquidos que dio lugar a una regulación calórica en los dos grupos de ratas bajo un procedimiento de restricción alimentaria y con acceso a líquidos con dos diferentes niveles de densidad calórica. Sería importante en futuras investigaciones analizar sistemáticamente si los patrones alimentarios sufren mayores modificaciones ante la exposición a alimentos con diferentes valores nutricionales (e.g., suplementos

alimenticios o dietas de cafetería) utilizando procedimientos de restricción alimentaria parcial o total en periodos mayores a los del presente estudio.

Referencias

- Anderson, G. H., & Moore, S. E. (2004). Dietary proteins in the regulation of food intake and body weight in humans. *The Journal of Nutrition*, 134(4), 974S-979S.
- Arbour, K. J., & Wilkie, D. M. (1988). Rodents' (*Rattus*, *Mesocricetus*, and *Meriones*) use of learned caloric information in diet selection. *Journal of Comparative Psychology*, 102(2), 177.
- Bolles, R. C., Hayward, L., & Crandall, C. (1981). Conditioned taste preferences based on caloric density. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 7(1), 59.
- Cannon, W.B. (1932). *The Wisdom of the Body*. W. W. Norton.
- Collier, G., Hirsh, E. & Kanareck, R. (1983). La operante vista de Nuevo. En W. K. Honig, & J. E. R. Staddon (eds.). *Manual de conducta operante*. México: Trillas.
- DellaValle, D. M., Roe, L. S., & Rolls, B. J. (2005). Does the consumption of caloric and non-caloric beverages with a meal affect energy intake? *Appetite*, 44(2), 187-193.
- Dess, N. K., Schreiber, K. R., Winter, G. M., & Chapman. (2018). Taste as a marker for behavioral energy regulation: Replication and extension of meal pattern evidence from selectively bred rats. *Behavioural Processes*, 153, 9-15.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2001. Norma Oficial Mexicana–NOM–062–ZOO–1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. 22 de agosto de 2001.
- Díaz-Reséndiz, F. (2013). Función reforzante del alimento después de un periodo de privación sobre la conducta alimentaria en ratas: un vínculo entre motivación y condicionamiento. *CienciaUAT*, 8(1), 18-25.
- Hamilton, L. W., & Flaherty, C. F. (1973). Interactive effects of deprivation in the albino rat. *Learning and Motivation*, 4(2), 148-162.
- Johnson, A. W. (2013). Eating beyond metabolic need: how environmental cues influence feeding behavior. *Trends in neurosciences*, 36(2), 101-109.
- Johnson, D. F., Ackroff, K., Peters, J., & Collier, G. H. (1986). Changes in rat's meal patterns as a function of the caloric density of the diet. *Physiology & Behavior*, 36(5), 929-936.

- Johnson, D. F., & Collier, G. H. (1987). Caloric regulation and patterns of food choice in a patchy environment: the value and cost of alternative foods. *Physiology & Behavior*, 39(3), 351-359.
- Keesey, R. E., & Hirvonen, M. D. (1997). Body weight set-points: determination and adjustment. *The Journal of Nutrition*, 127(9), 1875S-1883S.
- López-Espinoza, A., & Martínez, H. (2001). Efectos de dos programas de privación parcial sobre el peso corporal y el consumo total de agua y comida en ratas. *Acta Comportamental: Revista Latina de Análisis del Comportamiento*, 9(1), 5-17.
- Martínez, A. G., López-Espinoza, A., & 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.
- Saper, C. B., Chou, T. C., & Elmquist, J. K. (2002). The need to feed: homeostatic and hedonic control of eating. *Neuron*, 36(2), 199-211.
- Skinner, B. F. (1932). Drive and reflex strength. *The Journal of General Psychology*, 6(1), 22-37.
- Staddon, J. E. (2016). *Adaptive behavior and learning*. Cambridge University Press.
- Sunday, S. R., Sanders, S. A., & Collier, G. (1983). Palatability and meal patterns. *Physiology & Behavior*, 30(6), 915-918.
- Treit, D., & Spetch, M. L. (1986). Caloric regulation in the rat: control by two factors. *Physiology & Behavior*, 36(2), 311-317.
- Woods, S. C., Seeley, R. J., Porte, D., & Schwartz, M. W. (1998). Signals that regulate food intake and energy homeostasis. *Science*, 280(5368), 1378-1383.

Recibido Diciembre 10, 2018 /

Received December 10, 2018

Aceptado Diciembre 15, 2019 /

Accepted December 15, 2019