

UNIVERSIDAD DE OVIEDO
FACULTAD DE PSICOLOGÍA



GRADO EN PSICOLOGÍA

CURSO ACADÉMICO 2022/2023

**RELACIÓN ENTRE LA DIETA ALTA EN GRASAS Y SACAROSA Y EL
COMPORTAMIENTO ANSIOSO EN RATAS HEMBRA Y MACHO
TRABAJO EMPÍRICO**

CLARA ALVAREZ GARCIA

OVIEDO, JULIO 2023

Resumen

La dieta y la salud mental son cuestiones cada vez más estudiadas por muchos autores debido a su gran importancia. Existen múltiples investigaciones que relacionan la Dieta Alta en Grasas y Sacarosa (HFS) con diferentes trastornos mentales, entre ellos la ansiedad. Para contribuir a explicar la influencia o la relación existente entre una alimentación rica en grasas y la conducta ansiosa, esta investigación ha estudiado el comportamiento de diferentes grupos de ratas hembra y macho separadas en función de si eran alimentadas con una dieta estándar o con una alta en grasa y sacarosa. Los resultados del estudio fueron los esperados y concuerdan con la literatura revisada. Mostraron la existencia de una relación entre este tipo de conductas y la alimentación, encontrándose también efectos diferentes entre sexos, dónde aparentemente los machos aumentaron su ansiedad tras el consumo de la dieta HFS.

Palabras clave

Dieta alta en grasas y sacarosa, comportamiento ansioso, ratas.

Abstract

Diet and mental health are issues that are increasingly studied by many authors due to their great importance. There are multiple investigations that relate High-Fat and Sucrose Diet (HFS) with different mental disorders, including anxiety. To contribute to explain the influence or relationship between a high-fat diet and anxious behavior, this research has studied the behavior of different groups of female and male rats separated according to whether they were fed a standard diet or a high-fat and sucrose diet. The results of the study were as expected and in agreement with the literature reviewed. They showed the existence of a relationship between this type of behavior and feeding, finding also different effects between sexes, where males apparently increased their anxiety after consumption of the HFS diet.

Key words

High-fat and sucrose diet, anxious behaviour, rats.

1. Introducción

En la actualidad, el estilo de vida de la sociedad se caracteriza por una ingesta de dietas hipercalóricas con alimentos de fácil adquisición y un estilo de vida sedentario. En el año 2016, alrededor de 1900 millones de adultos sufrían sobrepeso y por lo menos 650 millones de estas personas eran obesas (Organización Mundial de la Salud, 2020). Tanto el consumo de una dieta alta en grasa como la obesidad han aumentado de forma significativa en las últimas décadas. Debido a esto, cada vez son más los autores que investigan la interacción entre el tipo de dieta consumida por la sociedad y la salud mental, estableciendo especial importancia en la adolescencia, ya que esta es una etapa decisiva en el desarrollo tanto biológico como cognitivo y social en la vida de las personas donde se originan hasta la mitad de los trastornos de la edad adulta (Reales-Moreno et al., 2022; Oddy et al., 2018; Oddy et al., 2009).

Como modelo alimentario, el patrón de dieta occidental (WD) se caracteriza por el consumo excesivo de alimentos procesados, ricos en grasas, azúcares y sal, y pobre en nutrientes esenciales (Lopez-Taboada et al, 2020). El consumo prolongado de esta dieta está estrechamente asociado con la obesidad y el sobrepeso (Kopp, 2019; Rajamoorthi et al., 2022) ya que una de las múltiples causas del sobrepeso es una mayor ingesta de calorías consumidas que de calorías gastadas y esto puede darse fácilmente gracias la ingesta continuada de esta dieta combinada con un estilo de vida sedentario: (Jacques et al., 2019; Yaseen et al., 2019). A su vez, tanto este patrón dietético como la obesidad están relacionados con los trastornos mentales (Grover et al., 2023). Sin embargo, al ser un tema relativamente novedoso, en numerosas ocasiones se estudian de manera independiente y se dejan a un lado sus implicaciones en las alteraciones mentales.

La mayoría de las investigaciones indican que este tipo de dieta tenga un impacto negativo en el comportamiento de los individuos, ya que se ha demostrado que el consumo excesivo de grasas saturadas y azúcar puede provocar efectos adversos en el cerebro, dando lugar a la disminución del rendimiento cognitivo, alteraciones en la memoria o cambios en el estado de ánimo en modelos animales (Tesan et al., 2021; Sarangi y Dus, 2021) y

también en humanos (Sarangi y Dus, 2021) y altos niveles de ansiedad tanto en animales como en humanos (Aucoin et al., 2021).

Cabe mencionar que los alimentos que consumimos tienen un efecto neurofisiológico directo en nuestro organismo, lo que puede favorecer el desarrollo de la ansiedad o la depresión (Medina-Guillen et al., 2022). En un estudio realizado por Sarangi y Dus (2021) en modelos animales se relacionó la dieta alta en grasas con posibles alteraciones en el sistema nervioso, y se cuestionaron cuál podría ser la relación de causalidad entre los mecanismos neurales y moleculares implicados en las alteraciones mentales y las dietas. Por otro lado, ante estímulos o emociones desagradables, mayoritariamente la ansiedad, se puede producir el consumo de alimentos con alta palatabilidad, no para cubrir nuestras necesidades fisiológicas sino para obtener la sensación de placer que nos produce comer, lo que se conoce como comedores emocionales (Peña Fernández y Reidl Martínez, 2015; Silva, 2008).

En una investigación realizada por Medina-Guillen et al. (2022) se encontró que en tiempos de la pandemia COVID-19 tanto la ansiedad como la depresión aumentaron con el consumo de alimentos como panes, postres y comida rápida, estableciéndose una relación estadísticamente significativa entre estos trastornos mentales y la dieta. Tiempo antes de la pandemia, también hubo autores que confirmaban que el tipo de dieta estaba significativamente relacionado con el estado de ánimo de los humanos adultos y de los modelos animales (Meyer et al., 2013; Aucoin et al, 2021) y que un patrón de dieta no saludable, con un consumo bajo de lácteos y alto de dulces se vinculaba con la presencia de depresión, ansiedad y estrés (Arbúes et al., 2019). Y de forma contraria, una dieta saludable con verdura, fruta, carnes, pescados y alimentos integrales disminuían la probabilidad de sufrir trastornos ansiosos y depresivos (Jacka et al., 2010). Existen diversas investigaciones donde se ha comprobado que la prevalencia de sufrir trastorno de ansiedad es mayor en mujeres que en hombres (Wittchen et al., 1994; Alsoghair et al., 2023). Debido a esta mayor prevalencia, Fatemi et al. (2020) realizaron un estudio en mujeres de 18 a 49 años en el que obtuvieron que los ácidos grasos saturados están positivamente relacionados con el

trastorno de ansiedad, mientras que los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados están inversamente relacionados.

Bien es cierto que existen controversias en modelos animales acerca del efecto de la exposición de esta dieta hipercalórica, donde algunos autores como Mackay et al. (2017) respaldan la hipótesis de que una dieta altamente palatable puede reducir los efectos del estrés en ratas expuestas a estrés por derrota social. En la misma línea, Kim et al. (2018) realizó un estudio con roedores en el que los comportamientos similares a la ansiedad y depresión provocados por una supresión de la sacarosa desaparecían cuando se les volvía a suministrar la sacarosa. Mientras que otros como Almeida-Suhett et al. (2017) concluyen que este tipo de alimentación produce deterioro cognitivo y conductas ansiosas. Siguiendo con este supuesto, Sharma et al. (2013) realizó un estudio con ratones adultos en el que concluyó que la anhedonia (falta de placer), la ansiedad y la sensibilidad al estrés se favorece durante una exposición prolongada a una dieta alta en grasas y azúcares (HFS) y una privación de esta dieta provoca comportamientos motivados por la comida, facilitando la recaída en alimentos palatables y estableciéndose así un círculo vicioso entre la HFS, la obesidad y estos trastornos.

Yoshizaki et al. (2020) llevó a cabo un experimento con ratones macho donde les suministraba una HFS por 7 semanas. En su estudio expusieron varias cosas. En primer lugar, encontraron que la HFS sí influía y afectaba de manera significativa al aumento de peso, a la hiperlocomoción y la actividad exploratoria y, coincidiendo con Sharma et al. (2013), encontraron que se asociaba a la anhedonia. Pero hay que mencionar que la HFS, según sus resultados, no afectó a comportamientos similares a la ansiedad o a la memoria de trabajo, atribuyendo estas discrepancias con otros informes a raza, edad o periodos de alimentación. Por ende, sugirieron que esta dieta podría tener algunos beneficios a corto plazo para funciones como la memoria. En otro estudio realizado por Sivanathan et al. (2015) con ratas hembra sostienen que aquellas ratas con una exposición prolongada a HFS con 60% de grasa por kcal mostraban niveles más altos de ansiedad que las ratas alimentadas con una dieta con solo 10% de grasa por kcal.

En síntesis, hoy en día aún no se ha clarificado la relación ni los posibles factores biológicos o ambientales implicados en la relación entre ansiedad y dieta occidental. Según comentan Sarangi y Dus (2021) existen múltiples limitaciones en el estudio de este tema, como por ejemplo el sexo de los modelos animales utilizados que en su gran mayoría son machos y solo unos pocos autores investigaron los efectos en hembras. Otro desafío es la diferenciación fisiológica entre animales y personas, que a pesar de contar con similitudes es necesario ser precavidos con las comparaciones y la extrapolación de los resultados en humanos.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado en este apartado, en primer lugar, como hipótesis se espera que una alimentación alta en grasas y azúcar provoque efectos negativos en nuestro comportamiento y en nuestra salud mental contribuyendo a la aparición o al mantenimiento de trastornos de tipo ansioso, como hemos visto en los estudios con ratas mencionados anteriormente. Por tanto, esta investigación tiene como objetivo principal esclarecer cuál es el tipo de relación que hay entre la ingesta de HFS y la ansiedad. Como segundo objetivo, se tratará de explicar cuáles son las diferencias existentes entre esta dieta y los diferentes sexos, y por último, el nivel de influencia de la dieta en los diferentes sexos en este trastorno. Con estos objetivos, dos grupos de ratas macho y dos grupos de ratas hembra que consumen una dieta HFS o dieta estándar durante 60 días (los grupos con dieta HFS cuentan adicionalmente con una exposición a solución azucarada a partir de los 21 días de edad) serán sometidos a la prueba del laberinto cero elevado (EZM) con el fin de evaluar su conducta de tipo ansioso una vez alcanzada la etapa adulta.

2. Material y método

2.1. Animales

El estudio se realizó con grupos experimentales que se obtuvieron de madres gestantes que, al menos una semana antes de la gestación fueron alimentadas con dietas HFS, cuyas proporciones se describirán más detalladamente en el siguiente apartado.

Los animales se mantuvieron en el bioterio a una temperatura controlada de 21 ± 2 °C y $60 \pm 5\%$ de humedad relativa, siguiendo un horario de luz/oscuridad de 12:12 horas, encendiendo las luces a las 07:00 horas todos los días. Además, a los animales se les proporcionó comida y bebida ad libitum. Todos los procedimientos experimentales se llevaron a cabo siguiendo la directiva de la Unión Europea 2010/63/UE, de 22 de septiembre de 2010, y el proyecto de investigación fue aprobado por el de Investigación de la Universidad de Oviedo (Gobierno del Principado de Asturias, Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, España) el 4 de diciembre de 2018 (PROAE 35/2018).

2.2. Requerimientos dietéticos y grupos experimentales

Para la realización de este estudio se utilizaron 4 grupos experimentales en un diseño 2x2 divididos en función de la dieta y el sexo (Tabla 1). En primer lugar, se dividió a las madres gestantes en dos grupos donde se les administró dos tipos de dietas diferentes. Una de ellas era una dieta de mantenimiento estándar baja en grasas saturadas y sin azúcares libres, con 2.9 kcal/g, sin sacarosa ni colesterol, 13% kcal grasa (vegetal), 67% kcal carbohidratos y 20% kcal proteína (SD) (Envigo Teklad *Rodent Maintenance Diet*, Barcelona, España). En cambio, la otra fue una dieta hipercalórica alta en grasas y sacarosa (HFS) con 4,5 kcal/g, 40% kcal grasa (manteca de cerdo), 35% kcal carbohidratos (17% kcal de sacarosa) y 20% kcal proteína (Dieta D12451, Research Diets, New Brunswick, NJ, USA).

Una vez las madres parieron a las crías, se las mantuvo con la madre durante la fase de lactancia (21 días) y se manipularon durante este periodo. A partir de esa edad fueron separadas y mantenidas en grupos de 4 ratas del mismo sexo hasta la etapa adulta (60 días). Los animales de todos los grupos siguen consumiendo la misma dieta que sus madres. Los grupos HFS reciben además, a partir de los 21 días de edad, agua con sacarosa al 10% junto con la dieta correspondiente (HFS) que es similar a la concentración en zumos y refrescos azucarados comerciales (una botella con 200 ml de solución azucarada, con acceso durante 2 h/ día) durante otros 28 días más (Kruse et al., 2019).

Para analizar la información obtenida sobre cómo afecta la dieta y si existe diferenciación entre sexo, se ha dividido a los sujetos en 4 grupos experimentales en un diseño 2x2. Es decir, se obtuvieron dos grupos con Dieta Estándar (SD) y dos grupos con Dieta Alta en Grasa y Sacarosa (HFS). Y a su vez, dentro de estos grupos se dividió a las ratas en función del sexo, macho/hembra.

Tabla 1.

Distribución de los grupos experimentales

		DIETA		
		HFS	SD	Total
SEXO	MACHO	9	10	19
	HEMBRA	9	8	17
Total		18	18	36

Nota. En la tabla se muestra la distribución de los grupos mencionados en el apartado 2.2.

2.3. Prueba de comportamiento

El laberinto cero elevado (EZM) (Figura 1), consiste en una estructura elevada unos 80 cm aproximadamente del suelo de forma circular y de color negro dividida en cuatro cuadrantes. De esos cuatro, dos están descubiertos y los otros dos están cubiertos de paredes de unos 20 cm de altura. Gracias a las propiedades de este laberinto, es posible provocar una situación en la que el animal tiene que decidir entre la tendencia exploratoria y la predisposición a resguardarse de posibles depredadores o peligros. Es una prueba usada comúnmente para la medición de conductas ansiosas (Shepherd et al., 1994).

Según el protocolo, tras 60 días de edad, en la etapa de joven adulto de las ratas, estas se introdujeron en el laberinto y se les permitió explorar durante 5 minutos. Para registrar las conductas de los animales se utilizó un sistema automatizado de análisis de la conducta (*Ethovision XT, Noldus Information Technology, Wageningen, Países Bajos*) para evaluar múltiples variables como son el tiempo que pasaba en sectores abiertos o cerrados, la distancia total recorrida o la frecuencia de visitas a sectores abiertos o cerrados.

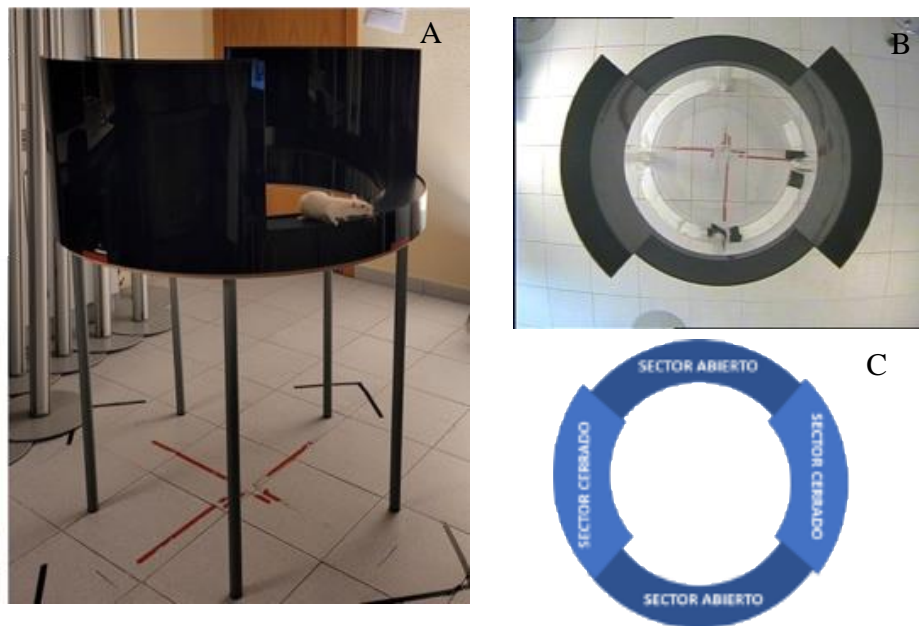


Figura 1. Imágenes que muestran la posición inicial del animal en el EZM (A), una imagen tomada por la videocámara del sistema EthoVision colocada en el techo de la sala (B) y un diagrama que muestra la distribución de sectores abiertos y cerrados del EZM que se registra mediante el software de análisis automático del comportamiento (C).

2.4. Análisis estadísticos

Por un lado, para analizar el peso de las ratas de cada uno de los grupos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el sexo y la dieta como factores independientes y el peso como variable dependiente.

En segundo lugar, para evaluar los datos obtenidos en el EZM se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con dos factores independientes para cada una de las variables

registradas por el sistema Ethovision XT. Los datos fueron analizados estadísticamente con el software IBM SPSS Statistics (Version 29).

Primero, se comprobó el supuesto de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro – Wilk y el de homocedasticidad mediante el estadístico de Levene. Una vez comprobados ambos supuestos, en el ANOVA bifactorial de los resultados del EZM se han tenido en cuenta como factores fijos la dieta (HFS vs SD) y el sexo (macho vs hembra) y como factores dependientes se han analizado los siguientes comportamientos: el tiempo en sectores abiertos (SA), la distancia total recorrida, la frecuencia de visitas a los sectores cerrados (SC), la latencia hasta la entrada a SC y el índice de ansiedad, el cual se calculó mediante la siguiente fórmula (Cohen et al., 2013):

$$\text{Índice de ansiedad} = 1 - \left\{ \frac{\left(\left[\frac{\text{Tiempo en SA}}{\text{Tiempo total}} \right] + \left[\frac{\text{Numero entradas SA}}{\text{Numero entradas total}} \right] \right)}{2} \right\} \times 100$$

El nivel de significación estadística utilizado para verificar las hipótesis fue de $p \leq 0.05$.

3. Resultados

En primer lugar, tras el nacimiento de las ratas, estas se pesaban semanalmente antes de las pruebas conductuales. Los resultados del ANOVA realizado para los pesos de las ratas (Figura 2) revelan diferencias estadísticamente significativas para la interacción entre los factores sexo y dieta ($F(3, 32) = 13.01, P = 0.01$).

En segundo lugar, tras realizar los ANOVA para los datos del EZM mencionados en el apartado anterior, los resultados han sido los siguientes (Figura 3).

Con respecto al *tiempo en sectores abiertos*, el ANOVA de dos vías reveló efectos significativos para el factor sexo ($F(3, 32) = 4.651, P = 0.039$). Concretamente, el análisis a posteriori indica que las diferencias entre sexos se dan en el grupo HFS ($P < 0.05$) (Figura 3A). Sin embargo, no se obtuvieron efectos significativos para el factor dieta y tampoco se obtuvieron efectos significativos en la interacción dieta y sexo.

Por otro lado, en la *variable índice de ansiedad*, (Figura 3B) se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para el factor sexo ($F(3, 32) = 13.148, P < 0.001$), concretamente en la dieta SD donde se encontraron las diferencias significativas entre hembras y machos ($P = 0.003$). También se obtuvieron diferencias para el factor dieta ($F(3, 32) = 10.132, P < 0.003$), el ANOVA reveló que los machos obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre dietas ($P = 0.006$).

Referente a la *distancia recorrida*, (Figura 3C) el ANOVA reveló diferencias estadísticamente significativas para el factor dieta ($F(3, 32) = 5.487, P = 0.026$) donde se observaron diferencias estadísticamente significativas en las hembras con diferentes dietas ($F(3, 32) = 4.694, P = 0.038$).

Por último, con relación a la *frecuencia de visitas a sectores cerrados*, (Figura 3D) encontramos resultados similares a los obtenidos en lo referido a la distancia recorrida. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el factor dieta ($F(3, 32) = 4.833, P = 0.035$). Se encontró que en las hembras hay diferencias estadísticamente significativas entre las dietas HFS y SD ($F(3, 32) = 5.235, P = 0.029$).

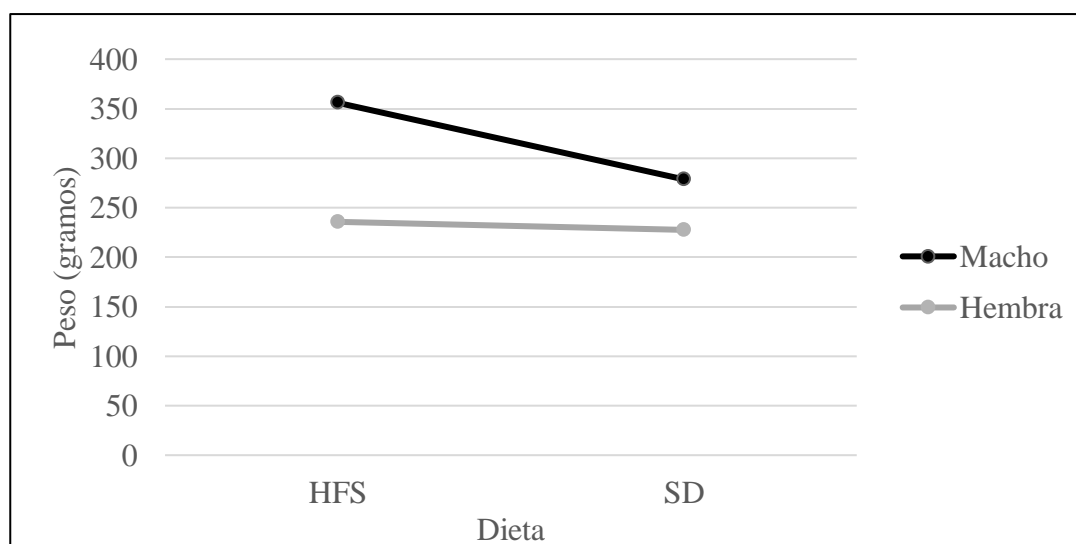


Figura 2. Gráfica que muestra los datos obtenidos en la variable peso en los grupos experimentales.

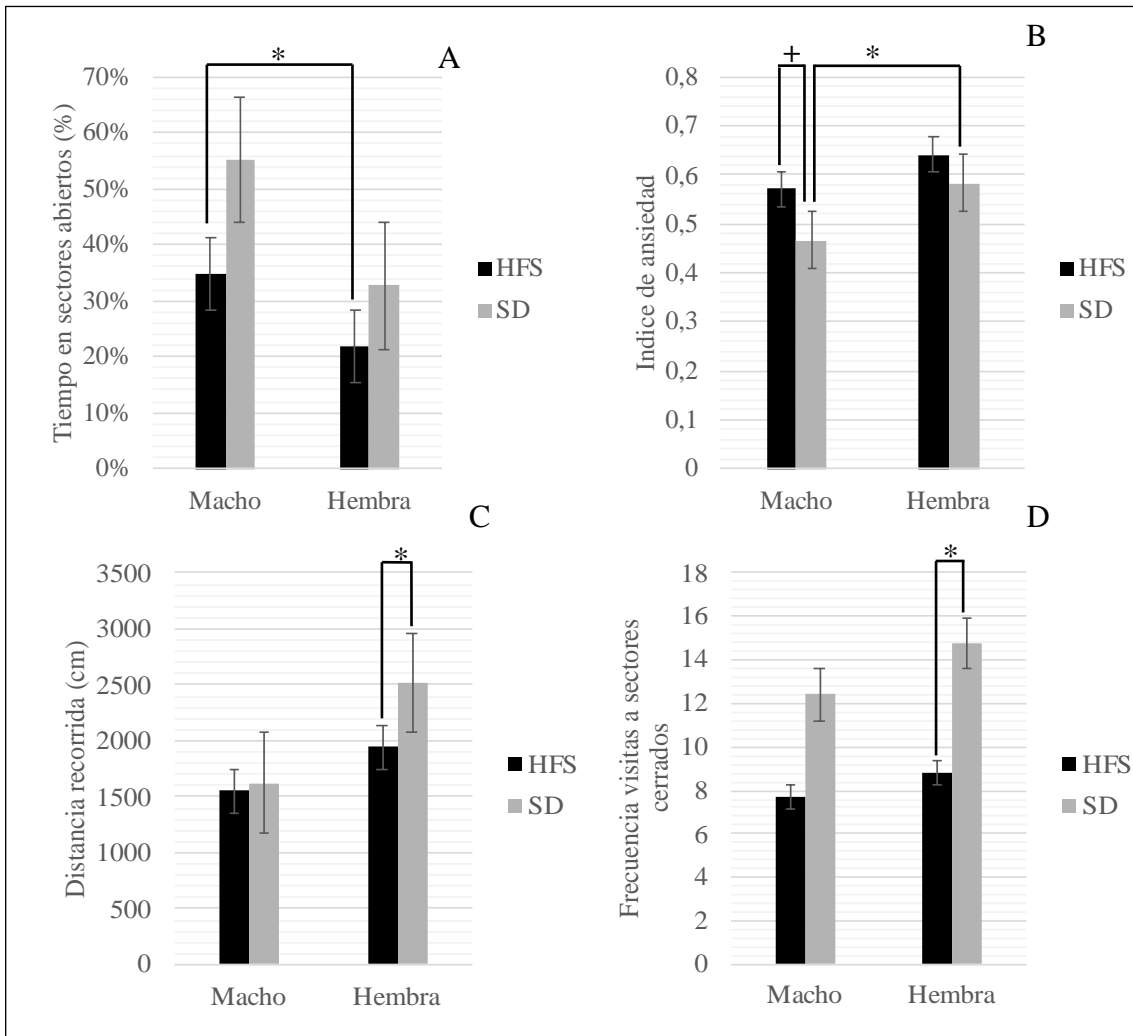


Figura 3. Gráficas que muestran los resultados obtenidos en las distintas variables analizadas en los grupos experimentales. (A) En brazos abiertos, diferencias estadísticamente significativas entre machos vs hembras en la dieta HFS ($*p < 0.05$). (B) En la variable índice de ansiedad se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la dieta SD entre machos y hembras ($*p < 0.05$) y entre ambas dietas en los machos ($+p < 0.05$). (C) Diferencias estadísticamente significativas en distancia recorrida entre HFS y SD en hembras ($*p < 0.05$). (D) Diferencias estadísticamente significativas entre dietas HFS vs SD en ratas hembra ($*p < 0.05$). Las figuras muestran la media \pm error típico.

4. Discusión

Esta investigación fue diseñada para analizar la relación existente entre el tipo de dieta y su efecto en el comportamiento ansioso en ratas macho y hembra, y las posibles diferencias de esta relación con respecto al sexo.

Los resultados obtenidos en el EZM, una prueba de comportamiento que permite estudiar conductas de tipo ansioso realizada con ratas macho y hembra de 60 días de edad, indican que sí existen diferencias estadísticamente significativas en algunas variables, como en el tiempo en sectores abiertos, en el índice de ansiedad, en la distancia recorrida y en la frecuencia de visitas a sectores cerrados, dependiendo del sexo y la dieta de los sujetos. Esto coincide con otros estudios como el de Ferreira et al. (2018) en el que encontraron que la dieta alta en grasas y azúcares incrementa las conductas ansiosas en ratas macho, o el estudio de Sivanathan et al. (2015), en el que concluyeron que las ratas hembra alimentadas con HFS mostraban comportamientos más ansiosos que aquellas ratas alimentadas con una dieta estándar. De esta manera, en este estudio se ha podido confirmar, en gran medida, la hipótesis sobre la relación existente entre el tipo de alimentación consumida y los trastornos de tipo ansioso que causan efectos negativos en la salud mental. A continuación, se procede a comentar con mayor detalle los resultados obtenidos.

En primer lugar, podemos observar en los resultados del primer análisis sobre el peso de las ratas que la dieta HFS tiene efecto sobre los machos y ningún efecto aparente sobre las hembras. Es decir, que los machos con dieta HFS pesan significativamente más que los machos de la dieta SD, y que, además, la dieta no parece afectar al peso de las ratas hembra.

En lo que respecta al índice de ansiedad, el cual permite determinar el nivel de actividad motora del animal teniendo en cuenta tanto las entradas como el tiempo de permanencia en sectores abiertos (Avilés et al., 2018), cabe destacar que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de alimentación en los machos. Es decir, en los machos alimentados con dieta HFS encontramos un índice de ansiedad 10 veces mayor que en los alimentados con SD, por lo que el efecto fue significativo y la dieta sí afectaría al comportamiento de los machos. Pero, por otra parte, se

encontró que las hembras puntúan más alto que los machos en ambas dietas (tanto en HFS como en SD el valor del índice de ansiedad en ratas hembra es significativamente mayor), por lo que en este caso la dieta no tiene efectos significativos en la conducta ansiosa de las ratas hembra. Estos resultados podrían relacionarse con varios estudios que hablan sobre el efecto de las hormonas de las gónadas femeninas (Acharya et al., 2023; Asarian & Geary, 2013; Maric et al., 2022). En estas investigaciones hablan sobre el papel protector de los estrógenos en los roedores hembras y en las mujeres. El estradiol, un tipo de estrógeno que controla la alimentación, tiene también un efecto reductor del comportamiento similar a la ansiedad en ratones hembra con dieta SD y HFD. Por tanto, los estrógenos influirían en la ansiedad ya que modifican la actividad del eje Hipotalámico-Hipofisario-Adrenal (HPA) en humanos y en modelos animales.

Por otro lado, en general las ratas hembra tienen una mayor predisposición natural a explorar más y a moverse en espacios nuevos (Riveros-Barrera y Dueñas, 2014), lo que concuerda con perfiles menos asociados a la ansiedad y se relaciona con los resultados de esta investigación donde las hembras recorrieron más distancia que los machos dentro del EZM. Sin embargo, las ratas hembra con dieta SD recorrieron más distancia que aquellas con dieta HFS, lo que podría relacionarse con hipoactividad y no necesariamente con la ansiedad.

Con respecto al tiempo transcurrido en sectores abiertos, en el estudio de Aslani et al. (2015), las ratas con dieta HFD pasaban menos tiempo en brazos abiertos en el laberinto en cruz elevado (EPM) y eran además las que presentaban las conductas ansiosas. Esto se relaciona con los resultados de nuestra investigación donde las ratas con HFS estuvieron menos tiempo en brazos abiertos que aquellas con SD. También se observa una diferencia estadísticamente significativa en el factor sexo, concretamente en la dieta HFS. Esto puede indicar que esta dieta influye de manera diferente en el comportamiento entre machos y hembras, haciendo que las hembras estén menos tiempo en estos sectores y, por el contrario, los machos estén más tiempo. De esta manera, estos últimos presentan un perfil menos ansioso al estar expuestos durante periodos más prolongados a las zonas abiertas.

Por tanto, los datos de esta investigación muestran que la dieta HFS y la ingesta de bebidas azucaradas en periodo equivalente a la adolescencia sí influiría en el comportamiento de tipo ansioso y de una manera diferente dependiendo del sexo. Ya que actúa aumentando el índice de ansiedad en machos y disminuyendo el tiempo expuesto a sectores abiertos tanto en hembras como en machos (que se podría entender como conductas de protección o miedo a exponerse a zonas abiertas). Sin embargo, las visitas a los sectores cerrados son menores en ratas hembra con una alimentación rica en grasas y azúcares que en las que llevan una dieta estándar, lo que constituiría una contradicción que podría explicarse por el menor desplazamiento y la hipoactividad de las ratas hembra con HFS durante la prueba.

Cabe señalar que algún mecanismo neurobiológico implicado en el aumento de las conductas ansiosas inducidas por la dieta HFS podría ser un aumento de las citoquinas inflamatorias en el hipocampo, basándonos en los resultados mencionados en la investigación de Dutheil et al. (2016). Datos similares los encontramos en el estudio de Li et al. (2022), el cual estudiaba los efectos de la obesidad producida por una dieta alta en grasas. En esta investigación encontraron comportamientos similares a la ansiedad tras la ingesta de esta dieta, además de una neuroinflamación del hipocampo producida por la obesidad.

Como limitaciones encontradas en esta investigación, se puede mencionar que las ratas utilizadas para el estudio pertenecen al grupo de manipulación (HD), por lo que fueron manipuladas a diario. Esto puede alterar las respuestas conductuales que tienen frente a la prueba de comportamiento. Por otro lado, hay que mencionar que existe una variabilidad individual en el comportamiento de las ratas y eso puede dificultar, en ocasiones, la generalización de resultados.

Hay diversas líneas de investigación futura que podrían resultar interesantes con respecto a la relación entre alimentación y ansiedad. Primeramente, resaltar que los estudios realizados con hembras son mucho menores que los realizados con machos, lo que puede suponer un sesgo a la hora de generalizar los resultados. En segundo lugar, sería conveniente tener en cuenta la participación de la microbiota intestinal en esta relación, ya

que influye en el funcionamiento cerebral y en la conducta. Por último, es importante destacar que las posibles diferencias obtenidas en los resultados de estudios similares pueden deberse a la variedad de dietas obesogénicas que pueden administrarse en los modelos animales.

5. Conclusión

Para concluir con esta investigación, se ha comprobado que sí existe una relación entre la dieta alta en grasas y azúcar y el comportamiento ansioso de las ratas, donde la dieta HFS aumentó el índice de ansiedad, sobre todo en los machos.

Se ha comprobado que la dieta influye de manera diferente en ambos sexos. De hecho, los machos con dieta HFS aumentaron su peso significativamente con respecto a los machos de dieta estándar mientras que las hembras de la dieta HFS y SD tenían pesos similares. Esto puede estar relacionado, como comentamos antes, con el efecto de los estrógenos en el organismo femenino.

Por último, mencionar que el nivel de influencia de la dieta en el comportamiento ansioso en función del sexo también es diferente. Ya que, como hemos dicho, la dieta alta en grasas y azúcar afecta más al índice de ansiedad en machos, pero reduce el tiempo expuesto a sectores abiertos tanto en machos como en hembras. Además, las hembras con alimentación HFS mostraron una menor actividad y menos visitas a los sectores cerrados durante la prueba, lo que sugiere hipoactividad en lugar de ansiedad.

Por último, hay que destacar la importancia de tener en cuenta el impacto de la dieta en el comportamiento y la necesidad de investigaciones futuras para comprender mejor los mecanismos subyacentes y las diferencias sexuales en la respuesta al consumo de alimentos ricos en grasas y azúcares.

6. Referencias

- Acharya, K. D., Graham, M., Raman, H., Parakoyi, A. E. R., Corcoran, A., Belete, M., Ramaswamy, B., Koul, S., Sachar, I., Derendorf, K., Wilmer, J. B., Gottipati, S., & Tetel, M. J. (2023). Estradiol-mediated protection against high-fat diet induced anxiety and obesity is associated with changes in the gut microbiota in female mice. *Scientific Reports*, *13*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31783-6>
- Almeida-Suhett, C. P., Graham, A. M., Chen, Y., & Deuster, P. A. (2017). Behavioral changes in male mice fed a high-fat diet are associated with IL-1 β expression in specific brain regions. *Physiology & Behavior*, *169*, 130-140. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.11.016>
- Alsoghair, M. I., Alharbi, A. S., Aldekhail, A. I., Alharbi, Y. O., Alkhuzayyim, F. A., Allowais, A. F., & Almohaimeed, Z. I. (2023). Prevalence of Depression and Anxiety Among Qassim University Students During the COVID-19 Pandemic. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.34866>
- Asarian, L., & Geary, N. (2013). Sex differences in the physiology of eating. *American Journal of Physiology-regulatory Integrative and Comparative Physiology*, *305*(11), R1215-R1267. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00446.2012>
- Aslani, S., Vieira, N., Marques, F., Costa, P.S., Sousa, N., & Palha, J. A. (2015). The effect of high-fat diet on rat's mood, feeding behavior and response to stress. *Translational Psychiatry*, *5*(11), e684. <https://doi.org/10.1038/tp.2015.178>
- Aucoin, M., LaChance, L., Naidoo, U., Remy, D., Shekdar, T., Sayar, N., Cardozo, V., Rawana, T., Chan, I., & Cooley, K. (2021). Diet and anxiety: A scoping review. *Nutrients*, *13*(12), 4418. <https://doi.org/10.3390/nu13124418>
- Avilés, D. A. P., Torres-Gordillo, J., Naranjo, M., Bonilla, G. A. P., & Haro, M. (2018). Implementación de sistemas evaluadores de conducta ansiolítica en ratones de laboratorio utilizando procesamiento digital de imágenes. *Maskay*, *8*(1), 27. <https://doi.org/10.24133/maskay.v8i1.773>

- Cohen, H., Matar, M. A., & Joseph, Z. (2013). Animal Models of Post-Traumatic Stress Disorder. *Current protocols in neuroscience*, 64(1). <https://doi.org/10.1002/0471142301.ns0945s64>
- Dutheil, S., Ota, K. T., Wohleb, E. S., Rasmussen, K., & Duman, R. S. (2015). High-Fat Diet Induced Anxiety and Anhedonia: Impact on Brain Homeostasis and Inflammation. *Neuropsychopharmacology*, 41(7), 1874-1887. <https://doi.org/10.1038/npp.2015.357>
- Fatemi, F., Siassi, F., Qorbani, M., & Sotoudeh, G. (2020). Higher dietary fat quality is associated with lower anxiety score in women: a cross-sectional study. *Annals of General Psychiatry*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12991-020-00264-9>
- Ferreira, A., Castro, J. P., Andrade, J. S., Madeira, M. D., & Cardoso, A. (2018). Cafeteria-diet effects on cognitive functions, anxiety, fear response and neurogenesis in the juvenile rat. *Neurobiology of Learning and Memory*, 155, 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2018.07.014>
- Grover, L., Sklioutovskaya-Lopez, K., Parkman, J. K., Wang, K., Hendricks, E., Adams-Duffield, J., & Kim, J. H. (2023). Diet, sex, and genetic predisposition to obesity and type 2 diabetes modulate motor and anxiety-related behaviors in mice, and alter cerebellar gene expression. *Behavioural Brain Research*, 445, 114376. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2023.114376>
- Jacka, F. N., Pasco, J. A., Mykletun, A., Williams, L. J., Hodge, A. M., Linette O'Reilly, S., Nicholson, G. C., Kotowicz, M. A., & Berk, M. (2010). Association of Western and Traditional Diets With Depression and Anxiety in Women. *American Journal of Psychiatry*, 167(3), 305-311. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2009.09060881>
- Jacques, A., Chaaya, N., Beecher, K., Ali, S. F., Belmer, A., & Bartlett, S. E. (2019). The impact of sugar consumption on stress driven, emotional and addictive behaviors. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 103, 178-199. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.05.021>

- Kim, S., Shou, J., Abera, S., & Ziff, E. B. (2018). Sucrose withdrawal induces depression and anxiety-like behavior by Kir2.1 upregulation in the nucleus accumbens. *Neuropharmacology*, *130*, 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2017.11.041>
- Kopp, W. (2019). How Western Diet And Lifestyle Drive The Pandemic Of Obesity And Civilization Diseases. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, *Volume 12*, 2221-2236. <https://doi.org/10.2147/dms.o.s216791>
- Li, Y., Cheng, Y., Zhou, Y., Du, H., Zhang, C., Zhao, Z., Zhang, C., Chen, Y., Zhou, Z., Mei, J., Wu, W., & Chen, M. (2022). High fat diet-induced obesity leads to depressive and anxiety-like behaviors in mice via AMPK/mTOR-mediated autophagy. *Experimental Neurology*, *348*, 113949. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2021.113949>
- López-Taboada, I., González-Pardo, H., & Conejo, N. M. (2020). Western Diet: Implications for Brain Function and Behavior. *Frontiers in Psychology*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.564413>
- MacKay, J. C., Kent, P., James, J. S., Cayer, C., & Merali, Z. (2017). Ability of palatable food consumption to buffer against the short- and long-term behavioral consequences of social defeat exposure during juvenility in rats. *Physiology & Behavior*, *177*, 113-121. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.04.002>
- Maric, I., Krieger, J. P., Van Der Velden, P., Borchers, S., Asker, M., Vujicic, M., Asterholm, I. W., & Skibicka, K. P. (2022). Sex and Species Differences in the Development of Diet-Induced Obesity and Metabolic Disturbances in Rodents. *Frontiers in Nutrition*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.828522>
- Medina-Guillen, L., Cáceres Enamorado, C., & Medina Guillen, M. (2022). Eating Behaviors and Physical Activity Associated With Stress, Anxiety, and Depression During the COVID-19 Pandemic. *MHSalud: Revista En Ciencias Del Movimiento Humano Y Salud*, *19*(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/mhs.19-2.6>

- Meyer, B. J., Kolanu, N., Griffiths, D. A., Grounds, B., Howe, P. R. C., Kreis, I. A. (2013). Food groups and fatty acids associated with self-reported depression: An analysis from the Australian National Nutrition and Health Surveys. *Nutrition*, 29(7-8), 1042-1047. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.02.006>
- Oddy, W. H., Allen, K. L., Trapp, G., Ambrosini, G. L., Black, L. J., Huang, R., Rzehak, P., Runions, K. C., Pan, F., Beilin, L. J., & Mori, T. A. (2018). Dietary patterns, body mass index and inflammation: Pathways to depression and mental health problems in adolescents. *Brain Behavior and Immunity*, 69, 428-439. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2018.01.002>
- Oddy, W. H., Robinson, M., Ambrosini, G. L., O'Sullivan, T. A., De Klerk, N., Beilin, L. J., Silburn, S., Zubrick, S. R., & Stanley, F. J. (2009). The association between dietary patterns and mental health in early adolescence. *Preventive Medicine*, 49(1), 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.ympmed.2009.05.009>
- Organización Mundial de la Salud: OMS. (2021). Obesidad y sobrepeso. *www.who.int*. [Consultado el 18 de abril de 2023] <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/obesity-and-overweight>
- Peña Fernández, E., & Reidl Martínez, L. M. (2015). Las Emociones y la Conducta Alimentaria. *Acta de Investigación Psicológica*, 5(3), 2182-2193. [https://doi.org/10.1016/s2007-4719\(16\)30008-4](https://doi.org/10.1016/s2007-4719(16)30008-4)
- Rajamoorthi, A., LeDuc, C. A., & Thaker, V. V. (2022). The metabolic conditioning of obesity: A review of the pathogenesis of obesity and the epigenetic pathways that “program” obesity from conception. *Frontiers in Endocrinology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1032491>
- Reales-Moreno, M., Tonini, P., Escorihuela, R. M., Solanas, M., Fernández-Barrés, S., Romaguera, D., & Contreras-Rodríguez, O. (2022). Ultra-Processed Foods and Drinks Consumption Is Associated with Psychosocial Functioning in Adolescents. *Nutrients*, 14(22), 4831. <https://doi.org/10.3390/nu14224831>

- Riveros-Barrera, I., & Dueñas, Z. (2014a). Efecto de la alopregnanolona sobre la ansiedad en ratas con separación materna durante la lactancia. *Revista de la Facultad de Medicina*, 62(2), 229-236. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v62n2.45402>
- Saranghi, M., & Dus, M. (2021). Crème de la Créature: Dietary Influences on Behavior in Animal Models. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.746299>
- Sharma, S., Fernandes, M. H., & Fulton, S. (2013). Adaptations in brain reward circuitry underlie palatable food cravings and anxiety induced by high-fat diet withdrawal. *International Journal of Obesity*, 37(9), 1183-1191. <https://doi.org/10.1038/ijo.2012.197>
- Shepherd, J. K., Grewal, S. S., Fletcher, A., Bill, D. J., & Dourish, C. T. (1994). Behavioural and pharmacological characterisation of the elevated “zero-maze” as an animal model of anxiety. *Psychopharmacology*, 116(1), 56-64. <https://doi.org/10.1007/bf02244871>
- Silva, J. R. (2008). Sobrealimentación Inducida por la Ansiedad, Parte II: Un Marco de Referencia Neurocientífico para el Desarrollo de Técnicas Psicoterapéuticas y Programas de Prevención. *Terapia psicológica*. <https://doi.org/10.4067/s0718-48082008000100009>
- Sivanathan, S., Thavartnam, K., Arif, S., Elegino, T., & McGowan, P. O. (2015). Chronic high fat feeding increases anxiety-like behaviour and reduces transcript abundance of glucocorticoid signalling genes in the hippocampus of female rats. *Behavioural Brain Research*, 286, 265-270. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.02.036>
- Wittchen, H., Zhao, S., Kessler, R. C., & Eaton, W. W. (1994). DSM-III-R Generalized Anxiety Disorder in the National Comorbidity Survey. *Archives of General Psychiatry*, 51(5), 355. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1994.03950050015002>
- Yaseen, A., Shrivastava, K., Zuri, Z., Hatoum, O. A., & Maroun, M. (2019). Prefrontal Oxytocin is Involved in Impairments in Prefrontal Plasticity and Social Memory

Following Acute Exposure to High Fat Diet in Juvenile Animals. *Cerebral Cortex*, 29(5), 1900-1909. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy070>

Yoshizaki, K., Asai, M., & Hara, T. (2020). High-Fat Diet Enhances Working Memory in the Y-Maze Test in Male C57BL/6J Mice with Less Anxiety in the Elevated Plus Maze Test. *Nutrients*, 12(7), 2036. <https://doi.org/10.3390/nu12072036>