

BASES NEUROBIOLÓGICAS DE LOS ESTÍMULOS OLFATIVOS ASOCIADOS A PROCESOS COGNITIVOS, PREFERENCIA Y TRASTORNOS ALIMENTARIOS

Neurobiological bases of olfactory stimuli associated to cognitive processes, preferences, and eating disorders

Bases neurobiológicas dos estímulos olfativos associados a processos cognitivos, preferência e transtornos alimentares

RECIBIDO: 05 marzo 2021

ACEPTADO: 14 agosto 2021

Lucila Ingrid Sosa-García^a

María Erika Ortega-Herrera^d

Edmont Celis-López^b

Elvia Cruz Huerta^e

Dora Elizabeth Granados Ramos^c

Armando J Martínez^b

a. Doctorado en Ciencias Biomédicas, Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana. Dr. Luis Castelazo Ayala S/N, Industrial Ánimas, 91190, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. ([0000-0002-0336-4876](https://doi.org/10.0000-0002-0336-4876)) b. Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Dr. Luis Castelazo Ayala S/N, Industrial Ánimas, 91190, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. ([0000-0002-2944-2764](https://doi.org/10.0000-0002-2944-2764)) c. Laboratorio de Psicobiología, Facultad de Psicología, Universidad Veracruzana. Manantial de San Cristóbal S/N, Xalapa 2000, 91097, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. ([0000-0002-7019-6745](https://doi.org/10.0000-0002-7019-6745)) d. Instituto de Investigaciones Psicológicas, Universidad Veracruzana. Dr. Luis Castelazo Ayala S/N, Industrial Ánimas, 91190, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. (<http://0000-002-1146-3815>) e. Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Universidad Veracruzana. Dr. Luis Castelazo Ayala S/N, Industrial Ánimas, 91190, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México ([0000-0002-5861-8802](https://doi.org/10.0000-0002-5861-8802)).

RESUMEN

Palabras Clave: Estímulos olfativos; memoria emocional; preferencia alimentaria; Stroop alimentario; trastornos alimentarios.

Keywords: Eating disorders; emotional memory; food preference; food Stroop; olfactory stimuli

Palavras-chave: estímulos olfativos; memória emocional; referência alimentar; Stroop Emocional; transtornos alimentares.

El procesamiento neurobiológico de la conducta alimentaria se transmite a los núcleos corticales y subcorticales donde se integran estímulos multisensoriales, como los olfativos, asociados a la emoción, aprendizaje y memoria. Con esta revisión, se analizan y describen las implicaciones asociadas entre la memoria emocional y los estímulos olfativos, así como sus bases neurobiológicas. Además, se indican los principales procesos cognitivos implicados en la preferencia de alimentos hipo e hipercalóricos y su relación con los trastornos alimentarios como la obesidad, condición que converge con efecto negativo durante la enfermedad COVID-19. Se requiere de la aplicación de métodos neuropsicológicos que incluyan la medición de efecto de los estímulos multisensoriales para evaluar la preferencia alimentaria. Puesto que los estímulos olfativos y la memoria emocional participan en la elección de alimentos, lo que propician o no, el desarrollo de trastornos en la conducta alimentaria. El adaptar los paradigmas de la neuropsicología como el Stroop alimentario apuntalaría la generación de estrategias para la prevención del desarrollo de trastornos alimentarios como la obesidad.

Correspondencia: Armando J Martínez, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Dr. Luis Castelazo Ayala S/N, Industrial Ánimas, 91190, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. ([0000-0002-1248-2516](https://doi.org/10.0000-0002-1248-2516)), e-mail: armartinez@uv.mx



ABSTRACT

The neurobiological processing of eating behavior is transmitted to the cortical and subcortical nuclei where multisensory stimuli are integrated, such as olfactory ones, associated with emotion, learning and memory. With this review, the implications between emotional memory and olfactory stimuli, and neurobiological basis are analyzed and described. Also, the main cognitive processes involved in the preference for hypo and hypercaloric foods and their relationship with eating disorders such as obesity are indicated, a condition that converges with a negative effect during the COVID-19 disease. It requires the application of neuropsychological methods that include the measurement of the effect of multisensory stimuli to assess food preference. Since olfactory stimuli and emotional memory participate in food choices, promoting or not the development of eating disorders. Adapting the paradigms of neuropsychology such as the alimentary Stroop would underpin the generation of strategies for the prevention of the development of eating disorders such as obesity.

RESUMO

O processamento neurobiológico do comportamento alimentar se transmite aos núcleos corticais e subcorticais onde se integram estímulos multissensoriais, como os olfativos, associados a emoção, aprendizagem e memória. Com esta revisão, foram analisadas e descritas as implicações associadas entre a memória emocional e os estímulos olfativos, assim como suas bases neurobiológicas. Além disso, foram indicados os principais processos cognitivos implicados na preferência de alimentos hipo e hipercalóricos e sua relação com os transtornos alimentares como a obesidade, condição que tem uma convergência negativa com a enfermidade COVID-19. Requer-se da aplicação dos métodos neuropsicológicos que estes incluam a medição do efeito dos estímulos multissensoriais para avaliar a preferência alimentar. Posto que os estímulos olfativos e a memória emocional participam na escolha dos alimentos, o que propicia ou não, o desenvolvimento de transtornos de comportamento alimentar. Adaptar os paradigmas da neuropsicologia como o teste de Stroop apontaria a elaboração de estratégias para a prevenção do desenvolvimento de transtornos alimentares como a obesidade.

Introducción

En los seres humanos, la información proveniente del sistema olfativo se procesa al transmitirla a los núcleos corticales y subcorticales, integrándose los estímulos sensoriales en estructuras cerebrales que integran las emociones (amígdala, hipotálamo, hipocampo, núcleo accumbens), las funciones cognitivo-conductuales (corteza prefrontal, corteza temporal), de aprendizaje y de memoria que a su vez regulan la conducta alimentaria. Además, se tiene que destacar que los estímulos olfativos están estrechamente relacionados con los recuerdos, por lo que la experiencia en la percepción de un olor puede moldear su evocación actual (Sullivan et al., 2015). Lo cual, se refleja en la conducta alimentaria del individuo y en su condición física como normopeso u obesidad.

Es claro que los alimentos tienen un alto valor hedónico debido a sus diversas características y las percepciones de estos estímulos propician y modifican las asociaciones cognitivas en el individuo (Roefs et al., 2015) e incluso las funciones ejecutivas desde la inhibición de respuestas, flexibilidad, memoria de trabajo, sesgo atencional y control inhibitorio, procesos que han sido evaluados y bien establecidos desde etapas tempranas del desarrollo en los individuos (Tirapu-Ustárrroz et al., 2005; Tirapu-Ustárrroz et al., 2018). Por lo que, son funciones implícitas que participan durante el despliegue de las conductas alimentarias adecuadas o no (sesgo atencional hacia alimentos específicos) (Johansson et al., 2008; Nijs et al., 2010). Sin embargo, son escasos los estudios que evalúan estos enfoques de forma integral y relacionados a los trastornos de la conducta alimentaria.

Los trastornos alimentarios se caracterizan por alteraciones en la percepción de la imagen corporal y expresión de conductas alimentarias desadaptativas, y como consecuencia hay un deterioro físico y psicosocial (DSM-V, 2014, Steinglass et al., 2019). En este sentido, es importante indicar que ciertos estímulos olfativos de los alimentos modifican los procesos de aprendizaje y memoria, incidiendo directamente en el tipo de despliegue de la conducta alimentaria de los individuos (Pellegrino et al., 2019). Lo cual puede derivar en una ingesta de alimentos balanceada, pero también en el posible desarrollo de trastornos alimentarios como la obesidad, condición que se relaciona con enfermedades metabólicas y emergentes como COVID-19.

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión fue analizar el panorama actual de las investigaciones en cuanto a los estímulos olfativos, la preferencia alimentaria y su relación con los trastornos alimentarios en humanos, a partir de la revisión de estudios específicos que incluyeron explicaciones de las bases neurobiológicas.

Método

Se realizó una búsqueda en PubMed (base de datos especializada en ciencias de la salud) utilizando las palabras clave del resumen de este estudio, inicialmente se introdujeron en forma conjunta. Sin embargo, debido a la falta de registros, se realizaron búsquedas combinándolas y ubicando también la palabra humano en cada grupo de palabras. Además, se obtuvieron registros bajo el esquema de “free and no full text” textos con y sin acceso libre.

De esta forma la primera combinación fue “*Olfactory stimuli, food preference, human*” con lo que se obtuvieron 68 artículos ubicados entre los años 1974 a 2021. Con la segunda combinación fue “*Olfactory stimuli, emocional memory, human*” se obtuvieron 56 registros (año 1989 al 2021) y al combinar “*Olfactory stimuli, eating disorders human*” fueron 21 artículos (año 1975 al 2021), búsqueda que finalmente permitió obtener un total de 145 artículos (Figura 1).

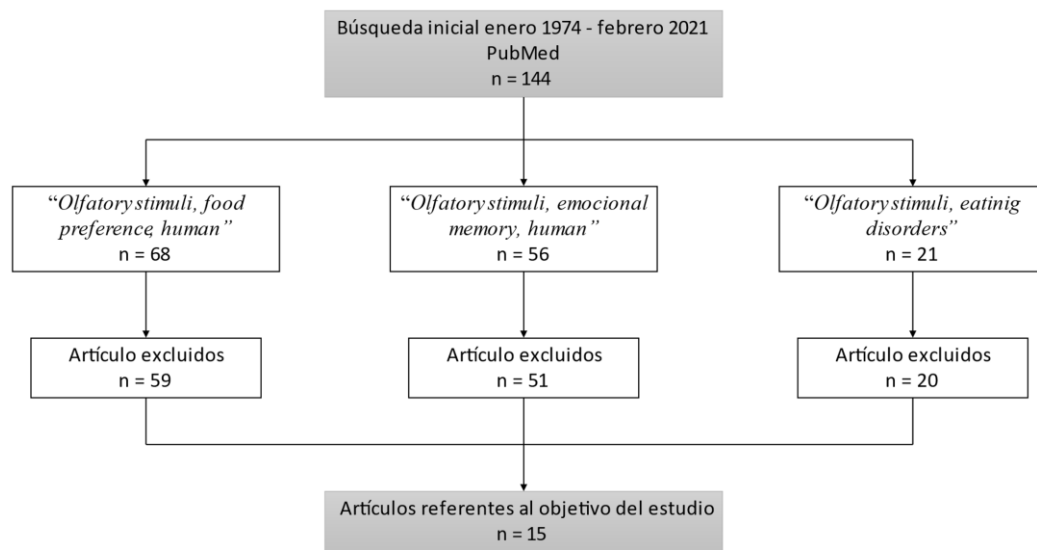


Figura 1.

Con los criterios de exclusión se estableció no incorporar los artículos de estudios que incluían pacientes con enfermedades distintas a trastornos de la conducta alimentaria o que no utilizaron el paradigma de estímulos olfativos. Por lo que, los artículos de investigación incluidos fueron los que tenían en su método la evaluación de estímulos olfativos. Además, se incluyeron los estudios que indicaron haber evaluado la capacidad para evocar un recuerdo asociado a la memoria o la capacidad de los individuos para reconocer estímulos olfativos y activar estructuras relacionadas con la memoria (n=15, Figura 1).

Resultados

De inicio se indica que las investigaciones registradas con esta combinación de palabras clave “*Olfactory stimuli, emotional memory, food preference, food Stroop, eating disorders, human*” fueron escasas, considerando un enfoque integral y específicos sobre la evaluación en humanos. Además, hay pocos estudios con registros multisensoriales y es notoria la carencia de las pruebas neuropsicológicas.

Con el registro de artículos para la combinación de palabras “*Olfactory, stimuli, emocional, memory, human*” se obtuvo que el porcentaje de investigaciones se concentra entre los años 2005 y 2021, pero es de notar que la cantidad de artículos están por debajo del 15 por ciento con respecto a los publicados cada año (Figura 2 a). En el mismo sentido, la cantidad de artículos publicados que registramos para las palabras “*Olfactory, stimuli, emocional, memory, human*” fue similar, aunque los primeros registros se realizaron en la década de los 70’s (Figura 2b). Sin embargo, se observó que la variación en el caso de las palabras “*Olfactory, stimuli, eating, disorders, human*” fue menor puesto que, la cantidad de artículos registrados fueron porcentualmente más abundantes en las dos últimas décadas (Figura 1c).

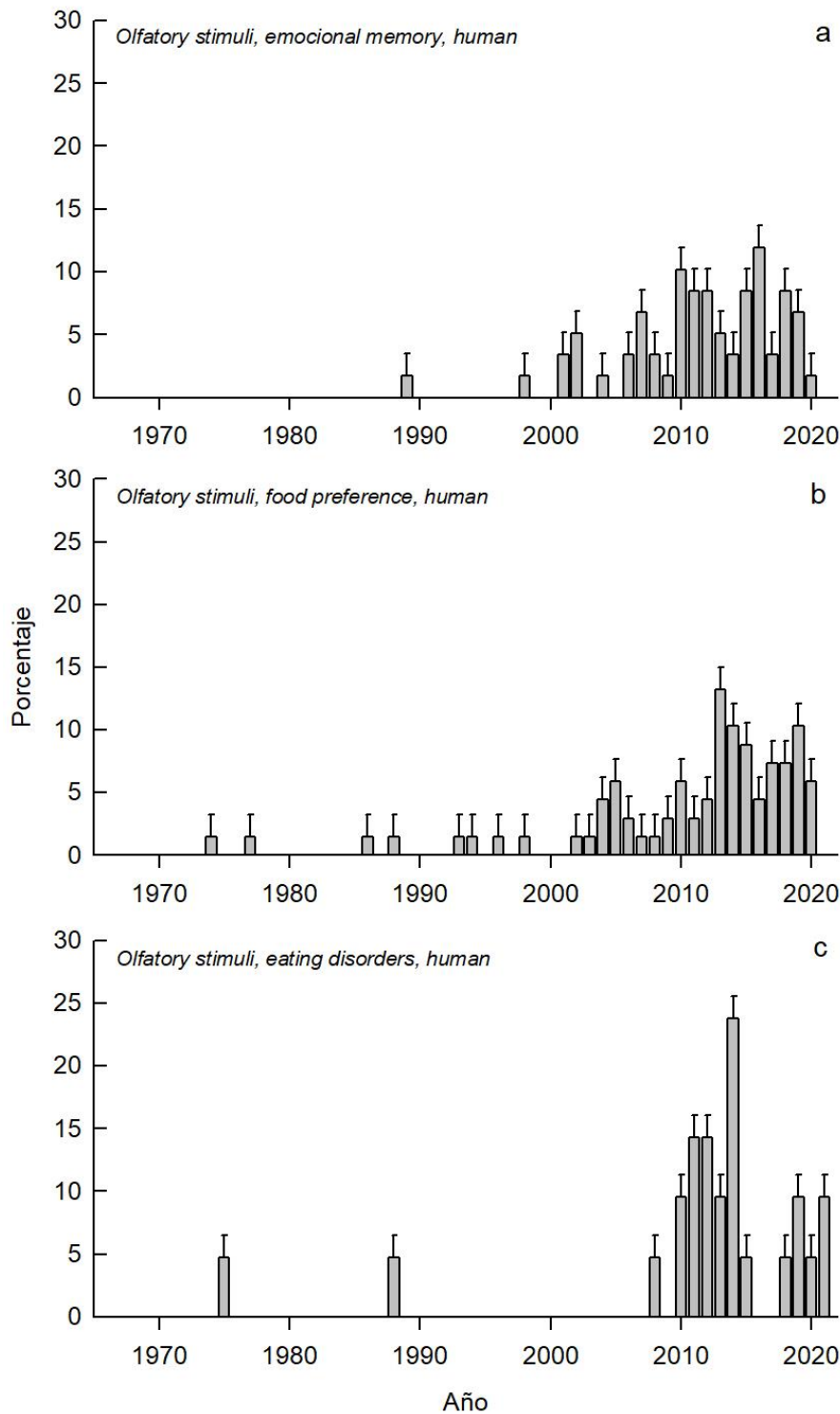


Figura 2.

Porcentaje (\pm error estándar) de artículos registrados en PubMed con la combinación de las palabras clave: a) Olfactory stimuli, emocional memory, human; b) Olfactory stimuli, food preference, human; c) Olfactory stimuli, eating disorders, human. Considerando el intervalo de tiempo de 1970 a 2021.

Por lo que, a partir de estos registros se obtuvo un total de 15 artículos que reunieron las características requeridas para este estudio. Además, de estos el 67 % se publicaron en la última década (2001 - 2010) y el más reciente fue publicado en el 2018. Es importante indicar que el 60 % de los artículos tienen origen en países europeos como Francia, Alemania, Italia y Suecia, y es notorio que 20 % de estos se realizaron en EUA, y 13 % en Japón y solo hay un estudio realizado en Israel (Tabla I). También destaca que en los dos últimos años no se obtuvieron registros de estudios con un paradigma de estímulos

olfativos y hubo pocos artículos que incluyeron la diferenciación de los estímulos olfativos de alimentos, y fueron escasos los estudios que se relacionaban con los estímulos provenientes de alimentos hipo e hipercalóricos.

Tabla 1.

Artículos revisados e incluidos en la revisión con paradigmas de estímulos olfativos, memoria y trastornos alimentarios.

AUTOR, AÑO	PAÍS	PARADIGMA	RESULTADOS
FONDBERG ET AL., 2018	Suecia	Congruencia entre estímulos olfativos y sabor en dos aspectos centrales del sabor: la derivación del olor a la boca y el agrado	La mezcla de estímulos olfativos y de sabor causan más placer y consumo de alimentos
BESTGEN ET AL., 2015	Alemania	Tarea de acondicionamiento con estímulos olfativos aversivos	Memoria asociativa mejora
CHAMBARON ET AL., 2015	Francia	Modificación en la elección de alimentos por exposición a señales olfativas y visuales incidentales	La señal olfativa de chocolate favorece la preferencia de alimentos hipercalóricos
MONNERY-PATRIS ET AL., 2015	Francia	Relación entre el olfato y la reactividad diferencial del gusto y la neofobia alimentaria en los niños	La neofobia correlaciona con la reactividad diferencial del olfato, pero no con reactividad diferencial del gusto
JIANG ET AL., 2013	Francia	Deseo y agrado a señales olfativas y visuales de alimentos	Gusto a señales de alimentos hipercalóricos es mayor
TONOIKE ET AL., 2013	Japón	Magnetoencefalografía y resonancia magnética funcional, descripción del mecanismo de procesamiento de la información olfativa	Las áreas cerebrales activas con los estímulos son diferentes para la memoria y la cognición
ZUCCO ET AL., 2012	Italia	Evocación de recuerdos autobiográficos ante estímulos olfativos	Estímulos olfativos evocan recuerdos autobiográficos rápidos
MATSUNAGA ET AL., 2011	Japón	Calidad emocional de estímulos olfativos y la capacidad de su identificación	Cambio fisiológico y psicológico relacionado al estímulo olfativo
SOUSSIGNAN ET AL., 2011	Francia	Expresión facial a señales alimentarias olfativas y visuales	Procesamiento automático y placer alterado en individuos con anorexia nerviosa
JIANG ET AL., 2010	Francia	Anhedonia a estímulos alimentarios olfativos en individuos con anorexia nerviosa	Reducción del placer olfativo pre-prandial
YESHURUN ET AL., 2009	Israel	Resonancia magnética funcional, asociación con estímulos olfativos y visuales	Activación hipocampal única ante estímulos olfativos
EPSTEIN ET AL., 2005	USA	Respuesta a señales alimentarias olfativas y visuales ante una actividad	Aumento en la ingesta calórica cuando se cambia la actividad habitual
HERZ, 2004	USA	Recuerdos autobiográficos y emocional evocados por estímulos olfativos, visuales y auditivos	Recuerdos por olores son más emocionales y evocadores
BONFIGLI ET AL., 2002	Italia	Reconocimiento de estímulos olfativos	Asociaciones acertadas ante estímulos olfativos
HERZ ET AL., 1998	USA	Contraste entre los estímulos olfativos, visuales, táctiles y musicales asociados a la memoria	Los estímulos olfativos se asocian a recuerdos más emocionales

Con estos resultados y con la información obtenida con la revisión de los artículos, se realizó una síntesis sobre el sistema olfativo, la preferencia de alimentos hipo e hipercalóricos, así como los principales procesos cognitivos, también las bases neurobiológicas implicadas con los trastornos alimentarios y su asociación con la prueba neuropsicológica Stroop. Por lo que, consideramos que estos antecedentes son indispensables para ubicar las posibles carencias de información que pueden ser útiles en la configuración de futuros estudios que realicen estudiantes y equipos de investigación.

Sistema olfativo

De inicio se debe indicar que la información olfativa se transmite a través de una ruta específica que involucra a las áreas que configuran la memoria y el procesamiento emocional (Silva et al., 2015). Este sistema se integra por las proyecciones neuronales que recorren el bulbo olfatorio (BO) y las cortezas olfatorias primarias en el lóbulo temporal (Descarries et al., 1987). Además, se debe indicar que las señales químicas asociadas al olor llegan al sistema olfativo principal y al accesorio o vomeronasal (Fuentes et al., 2011).

En ese sentido, se puede indicar que actualmente hay amplia información sobre el procesamiento neurobiológico de los olores en diversas especies, incluyendo al ser humano, pero brevemente señalaremos los datos anatómicos asociados. Así que, en principio los glomérulos de la capa superficial de cada BO tienen axones agrupados en estructuras esféricas y en conjunto representan un receptor específico para estas estructuras (Kivity et al., 2009). Además, en cada glomérulo ocurre la sinapsis con dendritas mitrales y de penacho especializadas para cada tipo de señal (Menini et al., 2004).

Por otro lado, la corteza olfatoria primaria se distingue porque es una de las regiones cerebrales que reciben información directa desde el BO (Fuentes et al., 2011). Además, dentro de estas estructuras, se encuentra la corteza piriforme (CP), el tubérculo olfatorio, el núcleo olfatorio anterior, el complejo amigdalino y la corteza entorrinal (Fuentes et al., 2011; Gottfried, 2006). De ahí que el BO se conforma como una estructura de relevo (Price et al., 1991) y las proyecciones de las estructuras del sistema olfativo primario se dirigen a la corteza olfatoria secundaria, donde se encuentra la corteza orbitofrontal (COF), el subnúcleo adicional de la amígdala, el hipotálamo, la ínsula, el tálamo dorsomedial y el hipocampo (Gottfried, 2006, Yeshurun et al., 2009). Estructuras que en conjunto se especifican como parte de la morfología representativa del sistema nervioso olfativo en mamíferos y que de forma muy ilustrativa se muestra en la imagen del sitio web aunado a esta referencia (Neuro News & Cosmo Clues, 2020, <https://protoplasmix.wordpress.com/2012/03/31/new-model-of-the-olfactory-system/>). Información de amplio valor en distintas aristas desde la perspectiva de nuevas líneas de investigación en las neurociencias que confluyen en áreas afines como salud, nutrición, psicología, biología y educación.

Estímulos olfativos y preferencia alimentaria

El aprendizaje a nivel cerebral es un proceso por el cual los individuos modifican su conducta para responder a las condiciones cambiantes e impredecibles del ambiente (Morgado, 2005; De Quervain et al., 2017). Por lo que, identificar los olores relacionados con los alimentos y asociarlos con nuestras preferencias alimentarias conlleva de forma implícita una serie de procesos aprendizajes continuos. De esta forma se puede indicar que la elección de los alimentos implica una asociación entre el olor del alimento (indicadores químicos) y las vías sensoriales como la gustativa, visual o táctil que varían dependiendo de las experiencias individuales, lo cual delimita la señal olfativa asociada con el alimento que tiene valor hedónico (Yeomans, 2006; Poncelet et al., 2010).

Bajo estas premisas con las evidencias presentadas, se delimita que durante el aprendizaje asociativo ocurren relaciones entre distintos estímulos y respuestas. Además, se ha documentado que los estímulos olfativos evocan respuestas hedónicas a través del aprendizaje asociativo con las emociones (Herz, 2004). Lo que en esencia conlleva al despliegue de conductas específicas y el uso de recursos mnémicos guiados por el olor (Ache & Young, 2005).

Al respecto es importante indicar que en algunos estudios donde se ha evaluado la conducta olfativa mediante imagenología, se ha observado que los recuerdos olfativos son capaces de evocar cualidades experienciales más ricas que los recuerdos asociados con otros estímulos sensoriales (Herz, 2004; Arshamian et al., 2013). De ahí que los olores originan recuerdos más efectivos e intensos en comparación con los visuales o verbales durante el desarrollo humano (Herz et al., 1998; Bonfigli et al., 2002; Willander & Larsson, 2006; Tonoike et al., 2013; Wadhwa et al., 2015).

Por otro lado, también se ha indicado que los estímulos olfativos subliminales son capaces de modificar la conducta alimentaria en los individuos, resultado obtenido en grupos de personas expuestas a olores de chocolate que posteriormente realizaron una selección preferencial de postres hipercalóricos (Chamaron et al., 2015). Esto ha permitido describir que mientras mayor sea la familiarización al olor o la evocación emocional más alta es la probabilidad de recordar correctamente

el olor (Bestgen et al., 2015). De esta forma resulta sustancial que las asociaciones olfativas que se consolidan durante la primera década de vida tienen amplio valor de importancia durante las etapas sucesivas. De ahí que, por ejemplo, algunas personas asocian el recuerdo de una imagen con el olor de un perfume (Herz, 2004).

La evidencia muestra, por lo tanto, que al evocar el recuerdo asociado a un olor hay activaciones específicas en la amígdala (estructura integradora de las emociones) y el hipocampo, las cuales, en coordinación con la corteza cerebral, integran la memoria de largo plazo, aunque la respuesta es diferente cuando el recuerdo solo incluye imágenes (Herz, 2004; Yeshurun et al., 2009). De ahí que parte de la respuesta es consecuencia de la sinapsis directa que se representa con antelación cuando se procesa la información química que emite el olor (Arsamian et al., 2013; Willander & Larsson, 2006). En consecuencia, es claro que la exposición temprana en la vida de los individuos a una amplia variedad de estímulos sensoriales asociados a los alimentos implica una mejor aceptación de estos en el futuro, incluso el efecto puede ocurrir desde las etapas de gestación y de lactancia (Fisher et al., 2001; Hepper et al., 2013; Wagner et al., 2019). Lo cual adquiere mucha importancia puesto que durante la infancia los estímulos del entorno alimentario que reciben los niños son elementos que influyen con efecto positivo hacia una alimentación balanceada (Birch & Anzman-Frasca, 2011; Monnery-Patris et al., 2015), pero también pueden percibir estímulos nocivos provenientes de los medios de comunicación (Halford et al., 2008) y de lo que hoy conocemos como ambiente obesogénico.

Es importante además destacar que durante la infancia se presenta la neofobia alimentaria (miedo injustificado y consciente hacia alimentos nuevos o experiencias relacionados con ellos), donde la intervención de los padres es fundamental, debido a que se requiere involucrar a los niños para que aprendan de manera natural la conformación de una dieta dirigida hacia el equilibrio nutricional (Maratos & Staples, 2015; Alliot et al., 2018; Owen et al., 2018). Actualmente, este balance nutricional es afectado frente a la accesibilidad hacia los alimentos con elevado contenido calórico y de fácil preparación, condición que reduce la calidad de la dieta y dificulta la transición saludable de la infancia a la adolescencia y también a la edad adulta (Adair & Popkin, 2005). De ahí que la preferencia o no por determinados alimentos se establece como parte del aprendizaje en las etapas tempranas del desarrollo individual (Epstein et al., 2005; Brunstrom, 2014; Lin et al., 2017) y las consecuencias suelen ser notables en la población.

Otro elemento que tiene especial importancia en la conformación de hábitos alimentarios en los humanos como parte del aprendizaje, es el referido a los atributos funcionales, los cuales se integran por la procedencia de múltiples estímulos sensoriales como textura, apariencia, olor, entre otras (Prescott et al., 2008). Atributos que son considerados en la regulación de la ingesta basada en la familiaridad que se tiene con los alimentos (McCrickerd & Forde, 2016; Fondberg et al., 2018) y, por ende, en la memoria. Hasta aquí es pertinente indicar la importancia de la evidencia de estos estudios que hace necesario delimitar los efectos que propician los estímulos asociados a los alimentos y elementos determinantes en el desarrollo de la conducta de alimentación del individuo.

Memoria y estímulos olfativos

Otro de los procesos cognitivos vinculados con la vía sensorial olfativa, es la memoria. Para ello se debe destacar que a través del Sistema Nervioso Central (SNC) se almacena, codifica, organiza y recupera una amplia variedad de información olfativa que resulta de sustancial importancia en la conducta del individuo (Carrillo-Mora, 2010). Además, es importante enfatizar que la memoria de trabajo es imprescindible para el control nutricional, aunado al aprendizaje delimitado por la alimentación diaria del individuo, puesto que recuerdos asociados al consumo de los alimentos pueden propiciar un efecto inhibitorio en las ingestas posteriores (Higgs, 2016) o exacerbarlos como parte del sesgo atencional y déficit inhibitorio. En ese sentido, el control del apetito y la ingesta de alimento implica una planificación a partir del aporte informativo de la memoria que puede ocasionar o no el retraso del consumo repetido. Además, se conoce que la saciedad y el tamaño de las porciones de los alimentos influyen en el consumo subsecuente, y que los alimentos recientemente ingeridos, intervienen en los juicios y las decisiones que están basadas en experiencias de alimentación pasadas (Tirapu-Ustarroz et al., 2005; Brunstrom, 2014; Garbinsky et al., 2014).

Al respecto, se ha descrito que los déficits en la memoria de trabajo y los estímulos de recompensa alteran las conductas de alimentación en personas con trastornos como la obesidad y en individuos que son más propensos a los antojos (en inglés, "*craving*"), debido a las señales que emiten los alimentos hipercalóricos (Meule et al., 2012; Jiang et al., 2013; Coppin et al., 2014; Rojas-Jara et al., 2020). Es por lo que actualmente las intervenciones se enfocan en la mejora de la memoria de trabajo visoespacial, así como la memoria episódica, las cuales modulan la relación entre diferentes aspectos de la atención y el control cognitivo relacionado con la ingesta alimentaria (Higgs, 2016; Whitelock et al., 2018).

Es relevante indicar también que la valencia emocional evocada por los olores podría formar parte importante en la interpretación de la preferencia a determinados alimentos hipo e hipercalóricos (Herz, 2004; Prescott et al., 2008). Por ejemplo, en un estudio donde se midió la memoria asociativa a los olores, en el cual se les presentó a los participantes olores de chocolate y strudel de manzana para que evocaran un episodio autobiográfico relacionado con el olor. Los datos mostraron que el olor de strudel de manzana evocó un recuerdo menos placentero en comparación con el estímulo asociado al chocolate, el cual fue calificado como el más familiar y preferido, de ahí que la familiaridad delimita la elección entre un alimento u otro (Pellegrino et al., 2019).

Por lo tanto, los estímulos olfativos evocan recuerdos autobiográficos relacionados con las emociones debido a que la asociación con los sentimientos es más fuerte a diferencia de otras vías sensoriales (Larsson & Willander, 2009; Matsunaga et al., 2011; Zucco et al., 2012). Además, los recuerdos promovidos por la información olfativa se localizan y consolidan en la primera década de la vida del individuo, a diferencia de lo que sucede entre los 11 a los 30 años cuando el hallazgo típico de los recuerdos evocados se asocia más a la información verbal y visual (Van der Linden et al., 1999; Kramer et al., 2003). De esta forma se hace evidente que la memoria emocional relacionada con los alimentos tiene un claro componente que se modula a partir del aprendizaje asociado a caracteres propios del sistema olfativo y que se asocia a otras vías sensoriales. Se ha demostrado, por lo tanto, que los estímulos olfativos activan a la amígdala, la cual se encuentra ampliamente relacionada con la memoria emocional (Willander & Larsson, 2006; Pellegrino et al., 2019). Sin embargo, los estímulos olfativos asociados a los alimentos podrían estar incidiendo de manera significativa en el consumo excesivo, condición recurrente cuando se encuentran inmersos elementos emocionales específicos (Wallis & Hetherington, 2009; Bazzaz et al., 2017). Es importante destacar que el contexto cultural de alimentación en cada país también influye con características asociadas al componente emocional que desde la niñez delimita la preferencia y consumo por determinados alimentos (Maziak et al., 2008).

Por lo que, todo lo anterior confluye y se ha relacionado con el establecimiento de sesgos atencionales a los alimentos (Rauch et al., 2019). Además, es muy tangible que la asociación de un estímulo olfativo a determinado alimento hipo e hipercalórico, contribuye al desarrollo y mantenimiento de los trastornos de la conducta alimentaria. Además de estar asociado un componente emocional específico. Esto se sustenta a partir de evidencia que indica que en estado pre-prandial los individuos con anorexia nerviosa presentaban disminuido el gusto por estímulos olfativos de alimentos hipo e hipercalóricos, e incluso un menor deseo por consumir el alimento que representaban condición contrastante en comparación con individuos sanos (Jiang et al., 2010; Soussignan et al., 2011). Lo cual, se sustenta en bases neurobiológicas que aún requieren de estudios bajo la perspectiva de los trastornos alimentarios en diversas poblaciones.

Bases neurobiológicas de los trastornos alimentarios

Los trastornos alimentarios son un conjunto de enfermedades que se caracterizan por una alteración persistente en la alimentación, causando un deterioro significativo de la salud física y psicosocial del individuo (DSM-V, 2011). Estos trastornos alimentarios también se definen como “una combinación de alteraciones en la imagen corporal y conductas alimentarias desadaptativas” (Steinglass et al., 2019). Conductas que se han reportado más frecuentemente en mujeres (Wallis & Hetherington, 2009; Buso et al., 2019; Guerdjikova et al., 2019) que en los hombres (Gorrell & Murray, 2019).

Bajo ese contexto, actualmente se reconoce que en población estudiantil se han registrado prevalencias asociadas a trastornos alimentarios como anorexia nerviosa, bulimia nerviosa y obesidad, y con importante incidencia a nivel de educación superior más que en otro tipo de poblaciones (Fitzsimmons-Craft et al., 2019; Tavalacci et al., 2020). Es importante destacar que el entorno en la mayoría de las escuelas está saturado e influido por diversos estímulos multisensoriales de alimentos con alto contenido calórico, condiciones que delimitan la presencia de sesgos cognitivos y que son un elemento clave capaz de conducir al consumo excesivo de alimentos poco saludables (Roefs et al., 2015) bajo diversas condiciones y contextos escolares. Recordemos que en la actualidad la obesidad es uno de los trastornos alimentarios que cada vez se acentúa más en distintos países y que requiere de su atención durante la niñez para así prevenirla (Altman et al., 2021).

La evidencia hasta ahora muestra aproximaciones de cómo los estímulos que provienen de los alimentos hipo e hipercalóricos actúan a nivel neurobiológico, puesto que son señales capaces de activar el circuito dopaminérgico de recompensa que está implicado con el apetito, mientras que la liberación de opioides en el cerebro se relaciona con el gusto por la comida. Así, básicamente en los trastornos alimentarios, el circuito dopaminérgico está exacerbado, puesto que en estados de restricción de comida hay mayor liberación de dopamina y por *ende* sensibilización de los receptores (como

sucede en la anorexia nerviosa), mientras que el consumo exagerado de comida se relaciona con una disminución (desensibilización) de los receptores de dopamina (característico en la bulimia nerviosa) (Avena & Bocarsly, 2012; Frank, 2015). Además, resalta la importancia de que en este circuito se ha delimitado la implicación de estructuras relacionadas con el procesamiento emocional (amígdala, hipocampo, ganglios basales, núcleo accumbens, núcleo caudado, ínsula) así como sus conexiones con regiones corticales (órbitofrontal, cíngulo y corteza prefrontal) (Yeshurun et al., 2009; Frank, 2015), asociadas a las funciones ejecutivas.

Stroop

Una forma de identificar los desórdenes antes mencionados es mediante la prueba neuropsicológica Stroop. La cual evalúa el control inhibitorio y la redireccionalidad de respuestas como parte del complejo procesamiento cognitivo-emocional, incluyendo la activación o inhibición de diferentes estructuras clave para el control cognitivo, como la corteza prefrontal (principalmente la subregión dorsolateral y ventromedial) y la corteza parietal (Johansson et al., 2008; Nijs et al., 2010). También destaca al respecto la participación de estructuras límbicas (cíngulo, amígdala e ínsula) para el procesamiento emocional, acorde a las diversas variantes y enfoques clínicos con la que han configurado los paradigmas de la prueba Stroop (Celis-López et al., 2019).

Por lo tanto, la prueba Stroop se ha utilizado para describir los déficits asociados a la carencia de control inhibitorio en personas que realizan distintos tipos de dietas con restricción alimentaria (Bazzaz et al., 2017; Lee et al., 2017; Teixeira & Lopes 2020). Además, al complementar la prueba Stroop con estudios de imagenología, se ha podido identificar en individuos con obesidad la activación de la corteza frontal derecha (Hume et al., 2015) y el proceso de inhibición (Janssen et al., 2017), así como modificaciones del sistema dopaminérgico de recompensa (Hume et al., 2015; Becker et al., 2016). Sin dejar de lado, la activación del núcleo estriado ventral para casos en donde los individuos tienen trastorno por atracón (caracterizado por episodios de ingesta de comida en cantidades muy superiores y de forma compulsiva), y se ha registrado también activación del núcleo estriado dorsal y corteza premotora en pacientes con bulimia nerviosa (Lee et al., 2017). Aquí se incluyen un par de aproximaciones diferentes que ilustran la importancia de la resonancia magnética funcional (RMf) (Mier et al., 2017). Por ejemplo, en individuos con trastornos somatomorfos como la hipocondría (miedo intenso y prolongado a sufrir una enfermedad grave) y con sesgo atencional a palabras de síntomas corporales, se ha asociado la hiperactivación de la amígdala al igual que otras regiones cerebrales cruciales que delimitan parte de la respuesta relacionada con el miedo y con el procesamiento de estímulos con carga emocional (corteza del cíngulo anterior rostral) (Mier et al., 2017). En cambio, en pacientes con dolor crónico, hay mayor actividad de la corteza del cíngulo anterior en su región dorsal, enfocada en el procesamiento cognitivo de la información, durante una prueba Stroop emocional con palabras relacionadas al dolor (Arizmendi et al., 2016).

Destaca que las estructuras cerebrales indicadas también están implicadas en la mayoría de los trastornos alimentarios y tienen una estrecha relación con la neurobiología del olfato, donde el procesamiento de la información involucra principalmente áreas asociadas con la memoria y el procesamiento emocional, como la amígdala y el núcleo accumbens (Silva et al., 2015; Willander & Larsson, 2006). Sin embargo, hay carencia de estudios en los cuales se integre la resonancia magnética funcional (RMf) con pruebas de olfacción y pruebas neuropsicológicas como el Stroop alimentario que especifiquen las bases neurobiológicas de los trastornos alimentarios con el propósito de proporcionar atención integral a quienes los padecen.

Por lo tanto, es de suponer que el desarrollo de pruebas multisensoriales en combinación con la imagenología, contribuirán al esclarecimiento de las rutas implicadas en el procesamiento de la información tanto olfativa como cognitivo-emocional y sobre sus bases neurobiológicas. Por ejemplo, el paradigma Stroop de imágenes y palabras (Lee et al., 2017; Hume et al., 2015; Starreveld & La Heij, 2017) o incluso la evaluación cognitiva integrada a pruebas que exploran otros componentes sensoriales, como el sistema visual y el gustativo (Becker et al., 2016; Razumiejczyk et al., 2015; Soar et al., 2016).

Es relevante considerar nuevas hipótesis que indiquen como los receptores olfativos específicos de una variedad de moléculas codifican, no solo para un olor como se pensaba, sino para una "sintonía" de millones de olores provenientes de los estímulos que se encuentran en el ambiente (Ma et al., 2012). En este caso pueden ser los que se relacionan con los alimentos hipo e hipercalóricos que consumimos. Por lo tanto, es pertinente hacer evaluaciones cada vez más precisas de los componentes multisensoriales que participan en el procesamiento de la información de estímulos olfativos.

Así que resulta muy evidente que los estímulos olfativos son determinantes en el proceso evolutivo y de supervivencia, debido a que mientras mayor sea la capacidad de clasificación de estos, mayor es el valor evolutivo de los caracteres

neurobiológicos asociados. Además, los individuos son capaces de identificar olores relacionados con alimentos desde amargos a dulces mediante procesos mnémicos bien establecidos en la infancia, incluso antes que otras vías sensoriales como la visual o verbal (Menini et al., 2004). También se debe incorporar como parte de la complejidad el efecto del componente cultural endémico del individuo y como influye en la familiarización hacia las características y señales de alimentos que circulan en el ambiente en el que se desarrollan (Maziak et al., 2008; Maratos & Staples 2015). Lo cual propicia estímulos que dentro de un entorno específico se vinculan con la carga emocional que se asocia a la memoria.

Finalmente, podemos indicar que la clasificación de elementos olfativos asociados a los alimentos que se realiza durante los procesos neurobiológicos como la memoria emocional, determina la integración de las experiencias asociativas, lo cual define qué alimentos consumir o repeler. De tal forma que la preferencia entre alimentos activa al sistema de recompensa en el cerebro, mediante la liberación de dopamina. De ahí la relevancia de la fisiología y neurobiología del sistema olfativo como parte del sistema dopaminérgico de recompensa que integra la participación de estructuras nerviosas que intervienen en procesos cognitivo- emocionales, debido al rápido efecto desencadenador del aprendizaje asociativo a partir de los estímulos olfativos que emiten los alimentos hipo e hipercalóricos. Por lo tanto, éstas son áreas con amplio potencial de investigación aunado a que sus resultados contribuirán indudablemente a las neurociencias y a difundir el conocimiento hacia las diversas aristas, desde el nivel docente hasta la formación de nuevos neurocientíficos.

Conclusiones

Los estímulos olfativos podrían estar definiendo de forma importante la elección de alimentos hipo e hipercalóricos y, en consecuencia, participar en el desarrollo de trastornos de la conducta alimentaria. Sin embargo, hay pocas investigaciones sobre los estímulos olfativos asociados a la elección entre alimentos y el componente emocional. Consideramos necesario implementar variantes de la prueba Stroop, la cual se ha utilizado en la evaluación del desarrollo de los trastornos de la conducta alimentaria, definiendo patrones de conducta en individuos con el trastorno y aquellos propensos a desarrollarlos. Esto en conjunción con otras pruebas multisensoriales, incluyendo señales olfativas, permitiría una evaluación integral de las funciones cerebrales y podría delimitar los efectos durante el despliegue de la conducta alimentaria, estableciendo intervenciones más efectivas para la prevención y/o rehabilitación de trastornos alimentarios como la obesidad. Comorbilidad con asociación negativa a la enfermedad causada por el coronavirus SARS-Cov2-19 (COVID-19) y que en consecuencia se requiere avanzar en estudios para implementar soluciones concretas.

Declaración Intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses con la investigación realizada.

Agradecimientos

Agradecemos los comentarios y sugerencias previas proporcionados por la Dr. Ana G. Gutiérrez, así como al Doctorado en Ciencias Biomédicas UV. El estudio fue apoyado por SEP-PROMEP UVER-PTC-223 proporcionado a AJM y la beca de Doctorado en Ciencias Biomédicas UV otorgada a LISG (CONACyT # 860569).

REFERENCIAS

- Ache, B. W., & Young, J. M. (2005). Olfaction: diverse species, conserved principles. *Neuron*, *48*(3), 417-430. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.10.022>
- Adair, L. S., & Popkin, B. M. (2005). Are child eating patterns being transformed globally? *Obesity Research*, *13*(7), 1281-1299. <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2005.153>
- Allirot, X., Maiz, E., & Urdaneta, E. (2018). Shopping for food with children: A strategy for directing their choices toward novel foods containing vegetables. *Appetite*, *120*, 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.09.008>
- Alman, K. L., Lister, N. B., Garnett, S. P., Gow, M. L., Aldwell, K., & Jebeile, H. (2021). Dietetic management of obesity and severe obesity in children and adolescents: A scoping review of guidelines. *Obesity Reviews*, *22*(1), e13132. <https://doi.org/10.1111/obr.13132>
- Arizmendi B, Kaszniak AW, & O'Connor MF. (2016) Disrupted prefrontal activity during emotion processing in complicated grief: an fMRI investigation. *NeuroImage*, *124*, 968-976. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.09.054>
- Arshamian, A., Iannilli, E., Gerber, J. C., Willander, J., Persson, J., Seo, H. S., Hummel, T., & Larsson, M. (2013). The functional neuroanatomy of odor evoked autobiographical memories cued by odors and words. *Neuropsychologia*, *51*(1), 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.10.023>
- American Psychiatric Association. (2011). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders DSM-5 Development proposed revisions anxiety*

- disorders. Revisado septiembre 9 2021 en: <http://www.dsm5.org/ProposedRevisions/Pages/AnxietyDisorders.aspx>
- Avena, N. M., & Bocarsly, M. E. (2012). Dysregulation of brain reward systems in eating disorders: neurochemical information from animal models of binge eating, bulimia nervosa, and anorexia nervosa. *Neuropharmacology*, 63(1), 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2011.11.010>
- Bazzaz, M. M., Fadardi, J. S., & Parkinson, J. (2017). Efficacy of the attention control training program on reducing attentional bias in obese and overweight dieters. *Appetite*, 108, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.08.114>
- Becker, K. D., Fischer, S., Smith, G. T., & Miller, J. D. (2016). The influence of negative urgency, attentional bias, and emotional dimensions on palatable food consumption. *Appetite*, 100, 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.02.019>
- Bestgen, A. K., Schulze, P., & Kuchinke, L. (2015). Odor emotional quality predicts odor identification. *Chemical Senses*, 40(7), 517-523. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjv037>
- Birch, L. L., & Anzman-Frasca, S. (2011). Promoting children's healthy eating in obesogenic environments: Lessons learned from the rat. *Physiology & Behavior*, 104(4), 641-645. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.05.017>
- Bonfigli, L., Kodilja, R., & Zanuttini, L. (2002). Verbal versus olfactory cues: Affect in elicited memories. *Perceptual and Motor Skills*, 94(1), 9-20. <https://doi.org/10.2466/pms.2002.94.1.9>
- Brunstrom, J. M. (2014). Mind over platter: Pre-meal planning and the control of meal size in humans. *International Journal of Obesity*, 38(1), S9-S12. <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.83>
- Buso, G., Depairon, M., Tomson, D., Raffoul, W., Vettor, R., Mazzolai L. (2019). Lipedema: A Call to Action! *Obesity*, 27(10), 1567-1576. <https://doi.org/10.1002/oby.22597>
- Chamaron, S., Chisin, Q., Chabanet, C., Issanchou, S., & Brand, G. (2015). Impact of olfactory and auditory priming on the attraction to foods with high energy density. *Appetite*, 95, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.06.012>
- Carrillo-Mora, P. (2010). Sistemas de memoria: reseña histórica, clasificación y conceptos actuales. Segunda parte: Sistemas de memoria de largo plazo: Memoria episódica, sistemas de memoria no declarativa y memoria de trabajo. *Salud Mental*, 33(2), 197-205.
- Celis-López, E., Peredo-Rivera E., Martínez A.J. (2019). El paradigma Stroop emocional: circuitos hipotéticos implicados en diferentes contextos clínicos. *Cuadernos de Neuropsicología: Panamerican Journal of Neuropsychology*, 13(2), 92-122. <https://doi.org/10.7714/cnps/13.2.208>
- Coppin, G., Nolan-Poupart, S., Jones-Gotman, M., & Small, D. M. (2014). Working memory and reward association learning impairments in obesity. *Neuropsychologia*, 65, 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.10.004>
- De Quervain, D., Schwabe, L., & Roozendaal, B. (2017). Stress, glucocorticoids and memory: implications for treating fear-related disorders. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(1), 7-19. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.155>
- Descarries, L., Lemay, B., Doucet, G., & Berger, B. (1987). Regional and laminar density of the dopamine innervation in adult rat cerebral cortex. *Neuroscience*, 21(3), 807-824. [https://doi.org/10.1016/0306-4522\(87\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0306-4522(87)90038-8)
- Epstein, L. H., Saad, F. G., Giacomelli, A. M., & Roemmich, J. N. (2005). Effects of allocation of attention on habituation to olfactory and visual food stimuli in children. *Physiology & Behavior*, 84(2), 313-319. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.12.009>
- Fisher, J. O., Mitchell, D. C., Smiciklas-Wright, H., & Birch, L. L. (2001). Maternal milk consumption predicts the tradeoff between milk and soft drinks in young girls' diets. *The Journal of Nutrition*, 131(2), 246-250. <https://doi.org/10.1093/jn/131.2.246>
- Fitzsimmons-Craft, E. E., Karam, A. M., Monterubio, G. E., Taylor, C. B., & Wilfley, D. E. (2019). Screening for eating disorders on college campuses: A review of the recent literature. *Current Psychiatry Reports*, 21(10), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11920-019-1093-1>
- Fondberg, R., Lundström, J. N., Blöchl, M., Olsson, M. J., & Seubert, J. (2018). Multisensory flavor perception: The relationship between congruency, pleasantness, and odor referral to the mouth. *Appetite*, 125, 244-252. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.02.012>
- Frank, G. K. (2015). Recent advances in neuroimaging to model eating disorder neurobiology. *Current Psychiatry Reports*, 17(4), 22. <https://doi.org/10.1007/s11920-015-0559-z>
- Fuentes, A., Fresno, M. J., Santander, H., Valenzuela, S., Gutiérrez, M. F., & Miralles, R. (2011). Sensopercepción olfatoria: una revisión. *Revista Médica de Chile*, 139(3), 362-367. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872011000300013>
- Garbinsky, E. N., Morewedge, C. K., & Shiv, B. (2014). Interference of the end: Why recency bias in memory determines when a food is consumed again. *Psychological Science*, 25(7), 1466-1474. <https://doi.org/10.1177/0956797614534268>
- Gorrell, S., & Murray, S.B. (2019). Eating Disorders in Males. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 4(28), 641-651. <https://doi.org/10.1016/j.chc.2019.05.012>
- Gottfried, J. A., Small, D. M., & Zald, D. H. (2006). The chemical senses. In: Zald D.H., & Rauch, S (Eds.). *The Orbitofrontal Cortex*. Oxford, Reino Unido: Editorial Oxford University Press 1ª edición; p. 125-71.
- Guerdjikova, A., Mori, N., Casuto, L., & McElroy, S. (2019). Update on Binge Eating Disorder. *Medical Clinics of North America*, 103(4), 669-680. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2019.02.003>
- Halford, J. C., Boyland, E. J., Cooper, G. D., Dovey, T. M., Smith, C. J., Williams, N., Lawton, C. L., & Blundell, J. E. (2008). Children's food preferences: effects of weight status, food type, branding and television food advertisements (commercials). *International Journal of Pediatric Obesity*, 3(1), 31-38. <https://doi.org/10.1080/17477160701645152>
- Hepper, P. G., Wells, D. L., Dornan, J. C., & Lynch, C. (2013). Long-term flavor recognition in humans with prenatal garlic experience. *Developmental Psychobiology*, 55(5), 568-574. <https://doi.org/10.1002/dev.21059>
- Herz, R. S. (1998). Are Odors the Best Cues to Memory? A Cross-Modal Comparison of Associative Memory Stimuli a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 855(1), 670-674. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb10643.x>
- Herz, R. S. (2004). A naturalistic analysis of autobiographical memories triggered by olfactory visual and auditory stimuli. *Chemical Senses*, 29(3), 217-224. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjh025>
- Higgs, S. (2016). Cognitive processing of food rewards. *Appetite*, 104, 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.10.003>
- Hume, D. J., Howells, F. M., Rauch, H. L., Kroff, J., & Lambert, E. V. (2015). Electrophysiological indices of visual food cue-reactivity. Differences in obese, overweight and normal weight women. *Appetite*, 85, 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.11.012>
- Janssen, L. K., Duif, I., van Loon, I., Wegman, J., de Vries, J. H., Cools, R., & Aarts, E. (2017). Loss of lateral prefrontal cortex control in food-directed attention and goal-directed food choice in obesity. *NeuroImage*, 146, 148-156. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.11.015>
- Jiang, T., Soussignan, R., Rigaud, D., & Schaal, B. (2010). Pleasure for visual and olfactory stimuli evoking energy-dense foods is decreased in anorexia nervosa. *Psychiatry Research*, 180(1), 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2010.04.041>
- Jiang, T., Schaal, B., Boulanger, V., Kontar, F., & Soussignan, R. (2013). Children's reward responses to picture-and odor-cued food stimuli. A developmental analysis between 6 and 11 years. *Appetite*, 67, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.04.003>
- Johansson, L., Carlbring, P., Ghaderi, A., & Andersson, G. (2008). Emotional Stroop via internet among individuals with eating disorders. *Scandinavian Journal of Psychology*, 49(1), 69-76. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2007.00606.x>
- Kivity S., Ortega-Hernández, O. D., & Shoenfeld, Y. (2009). Olfaction window to the mind. *Israel Medical Association Journal*, 11, 238-43.
- Kramer, JH, Yaffe, K., Lengenfelder, J., & Delis, DC (2003). Age and gender interactions on verbal memory performance. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 9(1), 97. <https://doi.org/10.10170S1355617703910113>
- Larsson, M., & Willander, J. (2009). Autobiographical odor memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1170(1), 318-323. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.03934.x>
- Lee, J. E., Namkoong, K., & Jung, Y. C. (2017). Impaired prefrontal cognitive control over interference by food images in binge-eating disorder and bulimia nervosa. *Neuroscience Letters*, 651, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.04.054>

- Lin, J. Y., Arthurs, J., & Reilly, S. (2017). Conditioned taste aversions: From poisons to pain to drugs of abuse. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(2), 335-351. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1092-8>
- Ma, L., Qiu, Q., Gradwohl, S., Scott, A., Elden, Q. Y., Alexander, R., Wiegraebe, W. & Yu, C. R. (2012). Distributed representation of chemical features and tunotopic organization of glomeruli in the mouse olfactory bulb. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(14), 5481-5486. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117491109>
- Maratos, F. A., & Staples, P. (2015). Attentional biases towards familiar and unfamiliar foods in children. The role of food neophobia. *Appetite*, 91, 220-225. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.04.003>
- Matsunaga, M., Isowa, T., Yamakawa, K., Kawanishi, Y., Tsuboi, H., Kaneko, H., & Ohira, H. (2011). Psychological and physiological responses to odor-evoked autobiographic memory. *Neuroendocrinology Letter*, 32, 774-80.
- Maziak, W., Ward, K. D., & Stockton, M. B. (2008). Childhood obesity: are we missing the big picture?. *Obesity Reviews*, 9(1), 35-42. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00376.x>
- McCrickerd, K., & Forde, C. G. (2016). Sensory influences on food intake control: moving beyond palatability. *Obesity Reviews*, 17(1), 18-29. <https://doi.org/10.1111/obr.12340>
- Menini, A., Lagostena, L., & Boccaccio, A. (2004). Olfaction: From odorant molecules to the olfactory cortex. *Physiology*, 19(3), 101-104. <https://doi.org/10.1152/nips.1507.2003>
- Meule, A., Skirde, A. K., Freund, R., Vögele, C., & Kübler, A. (2012). High-calorie food-cues impair working memory performance in high and low food cravers. *Appetite*, 59(2), 264-269. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.05.010>
- Mier, D., Bailer, J., Ofer, J., Kerstner, T., Zamoscick, V., Rist, F., Witthöft, M., & Diener, C. (2017). Neural correlates of an attentional bias to health-threatening stimuli in individuals with pathological health anxiety. *Journal Psychiatry Neuroscience*, 42(3): 200- 209. <https://doi.org/10.1503/jpn.160081>
- Monnery-Partris, S., Wagner, S., Rigal, N., Schwartz, C., Chabanet, C., Issanchou, S., & Nicklaus, S. (2015). Smell differential reactivity, but not taste differential reactivity, is related to food neophobia in toddlers. *Appetite*, 95, 303-309. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.07.021>
- Morgado, I. (2005). Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes. *Review Neurology*, 40(5), 289-297. Neuro News & Cosmo Clues. URL: <https://protoplasmix.wordpress.com/2012/03/31/new-model-of-the-olfactory-system/>. [08.12.2020].
- Nijis, I. M., Franken, I. H., & Muris, P. (2010). Food-related Stroop interference in obese and normal-weight individuals: Behavioral and electrophysiological indices. *Eating Behaviors*, 11(4), 258-265. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2010.07.002>
- Owen, L. H., Kennedy, O. B., Hill, C., & Houston-Price, C. (2018). Peas, please! Food familiarization through picture books helps parents introduce vegetables into preschoolers' diets. *Appetite*, 128, 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.05.140>
- Pellegrino, R., Usik, K., Warr, J., Hummel, T., & Sorokowska, A. (2019). Electrophysiological investigation of associative and non-associative memory odours. *Flavour and Fragrance Journal*, 34(3), 211-216. <https://doi.org/10.1002/ffj.3493>
- Poncellet, J., Rinck, F., Bourgeat, F., Schaal, B., Rouby, C., Bensafi, M., & Hummel, T. (2010). The effect of early experience on odor perception in humans: psychological and physiological correlates. *Behavioural Brain Research*, 208(2), 458-465. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.12.011>
- Prescott, J., Kim, H., & Kim, K. O. (2008). Cognitive mediation of hedonic changes to odors following exposure. *Chemosensory Perception*, 1(1), 2-8. <https://doi.org/10.1007/s12078-007-9004-y>
- Price, J. L., Slotnick, B. M., & Reval, M. F. (1991). Olfactory projections to the hypothalamus. *Journal of Comparative Neurology*, 306(3), 447-461. <https://doi.org/10.1002/cne.903060309>
- Rauch, H. G. L., Hume, D. J., Howells, F. M., Kroff, J., & Lambert, E. V. (2019). Food Cue Reactivity and the Brain-Heart Axis During Cognitive Stress Following Clinically Relevant Weight Loss. *Frontiers in Nutrition*, 5, 135. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00135>
- Razumiejczyk, E., Macbeth, G., Marmolejo-Ramos, F., & Noguchi, K. (2015). Crossmodal integration between visual linguistic information and flavour perception. *Appetite*, 91, 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.03.035>
- Roefs, A., Houben, K., & Werthmann, J. (2015). Desire for food and the power of mind. In W. Hofmann & L. F. Nordgren (Eds.). *The Psychology of Desire*. Guilford Press, p. 323-346.
- Rojas-Jara, C., Polanco-Carrasco, R., Montenegro, C., Morales, C., Retamal, K., Rivano, N., & Sepúlveda, J. (2020). Adicción a la comida: una revisión sobre el concepto, sus características y medición. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 14(1), 142-151. <https://doi.org/10.7714/CNPS/14.1.214>
- Silva Teixeira, C. S., Cerqueira, N. M., & Silva Ferreira, A. C. (2015). Unravelling the olfactory sense: from the gene to odor perception. *Chemical Senses*, 41(2), 105-121. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjv075>
- Soar, K., Chapman, E., Lavan, N., Jansari, A. S., & Turner, J. J. D. (2016). Investigating the effects of caffeine on executive functions using traditional Stroop and a new ecologically-valid virtual reality task, the Jansari assessment of Executive Functions (JEF©). *Appetite*, 105, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.05.021>
- Soussignan, R., Schaal, B., Rigaud, D., Royet, J. P., & Jiang, T. (2011). Hedonic reactivity to visual and olfactory cues: rapid facial electromyographic reactions are altered in anorexia nervosa. *Biological Psychology*, 86(3), 265-272. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.12.007>
- Starreveld, P. A., & La Heij, W. (2017). Picture-word interference is a Stroop effect: A theoretical analysis and new empirical findings. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(3), 721-733. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1167-6>
- Steinglass, J. E., Berner, L. A., & Attia, E. (2019). Cognitive neuroscience of eating disorders. *Psychiatric Clinics*, 42(1), 75-91. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2018.10.008>
- Sullivan, R. M., Wilson, D. A., Ravel, N., & Mouly, A. M. (2015). Olfactory memory networks: from emotional learning to social behaviors. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 36. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00036>
- Tavolacci, M. P., Déchelotte, P., & Ladner, J. (2020). Eating Disorders among College Students in France: Characteristics, Help-and Care-Seeking. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 5914. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165914>
- Teixeira, A. D., & Lopes, R. M. F. (2020). Funções executivas e compulsão alimentar: revisão sistemática da literatura. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 14(2). <https://doi.org/10.7714/CNPS/14.2.205>
- Tirapu-Ustárriz, J., Muñoz-Céspedes, J. M., & Pelegrín-Valero, C. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41(8), 475-84. <https://doi.org/10.33588/rn.4108.2005240>
- Tirapu Ustárriz, J., Bausela Herreras, E., & Cordero Andrés, P. (2018). Modelo de funciones ejecutivas basado en análisis factoriales en población infantil y escolar: Metaanálisis. *Revista de Neurología*, 67, 215-225. <https://doi.org/10.33588/rn.6706.2017450>
- Tonoike, M., Yoshida, T., Sakuma, H., & Wang, L. Q. (2013). fMRI measurement of the integrative effects of visual and chemical senses stimuli in humans. *Journal of Integrative Neuroscience*, 12(03), 369-384. <https://doi.org/10.1142/S0219635213500222>
- Van der Linden, M., Hupet, M., Feyereisen, P., Schelstraete, M. A., Bestgen, Y., Bruyer, R., Lories, G., El Ahmadi, A., & Seron, X. (1999). Cognitive mediators of age-related differences in language comprehension and verbal memory performance. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 6(1), 32-55. <https://doi.org/10.1076/anec.6.1.32.791>
- Wadhwa, D., Phillips, E. D. C., Wilkie, L. M., & Boggess, M. M. (2015). Perceived recollection of frequent exposure to foods in childhood is associated with adulthood liking. *Appetite*, 89, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.01.011>
- Wagner, S., Issanchou, S., Chabanet, C., Lange, C., Schaal, B., & Monnery-Partris, S. (2019). Weaning infants prefer the odors of green vegetables, cheese, and fish when their mothers consumed these foods during pregnancy and/or lactation. *Chemical Senses*, 44(4), 257-265. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjz011>
- Wallis, D. J., & Hetherington, M. M. (2009). Emotions and eating. Self-reported and experimentally induced changes in food intake under stress. *Appetite*, 52(2), 355-362. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.11.007>

- Whitelock, V., Nouwen, A., van den Akker, O., & Higgs, S. (2018). The role of working memory sub-components in food choice and dieting success. *Appetite*, *124*, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.05.043>
- Willander, J., & Larsson, M. (2006). Smell your way back to childhood: Autobiographical odor memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*(2), 240-244. <https://doi.org/10.3758/BF03193837>
- Yeomans, M. R. (2006). Olfactory influences on appetite and satiety in humans. *Physiology & Behavior*, *89*(1), 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.01.029>
- Yeshurun, Y., Lapid, H., Dudai, Y., & Sobel, N. (2009). The privileged brain representation of first olfactory associations. *Current Biology*, *19*(21), 1869-1874. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.09.066>
- Zucco, G. M., Aiello, L., Turuani, L., & Köster, E. (2012). Odor-evoked autobiographical memories: age and gender differences along the life span. *Chemical Senses*, *37*(2), 179-189. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjr089>