

Realidad virtual y electroencefalografía en el estudio del consumo de bebidas azucaradas

Using virtual reality and EEG to study sweetened beverages intake

Alicia Abundis-Gutiérrez ^a, Víctor H. González-Becerra ^b, Joel Omar González Cantero ^c y José Rodolfo Alcázar Huerta ^d

Abstract:

Excessive consumption of sugar-sweetened beverages (SB) is a public health problem that increases the risk of suffering from chronic non-infectious diseases. Several studies demonstrate the importance of the situational context during SB intake, since it influences the decision to drink it and the subjective experience derived of it. In turn, we know that lifestyles and the type of food we consume leave a signature on the brain and the way it functions. There is a general consensus on the need to address public health problems from various trenches in order to offer effective alternatives that contribute both to prevention and treatment of health problems derived from SB intake. The objective of this essay is to discuss the combine use of virtual reality, as a tool to generate specific and controlled environments, and recording of brain electrical activity (EEG), as a tool to obtain information on brain functioning, to assess SB intake at different levels of analyses. To this aim, we address relevant findings in both fields, emphasizing the strengths of each technique that are compatible with each other.

Keywords:

Virtual reality, EEG, sugar-sweetened beverages.

Resumen:

El consumo excesivo de bebidas azucaradas (BA) constituye un problema de salud pública que aumenta el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles. Varios estudios demuestran la importancia del contexto situacional en el consumo de BA, pues influye en la decisión de consumo y en la experiencia subjetiva derivada de ésta. A su vez, sabemos que los estilos de vida y el tipo de alimentos que consumimos deja su marca en el cerebro y en la forma en que éste funciona. Existe un consenso general en la necesidad de abordar las problemáticas de salud pública desde varias trincheras, de forma que se puedan ofrecer alternativas efectivas que abonen tanto a la prevención como al tratamiento de los problemas derivados, en este caso, del consumo de BA. El objetivo de este ensayo es discutir el uso conjunto de realidad virtual, como herramienta para generar ambientes específicos y controlados, y el registro de la actividad eléctrica cerebral, como herramienta para obtener información sobre el funcionamiento cerebral, en el estudio del consumo de BA, exponiendo para ello hallazgos relevantes en ambos campos y enfatizando los puntos fuertes de cada técnica que son compatibles entre sí.

Palabras Clave:

Realidad virtual, EEG, bebidas azucaradas

a Autor de Correspondencia, Universidad de Guadalajara, <https://orcid.org/0000-0001-7831-3742>, Email:

alicia.abundis@academicos.udg.mx

b Universidad de Guadalajara, <https://orcid.org/0000-0001-7744-6543>, Email: victor.gbecerra@academicos.udg.mx

c Universidad de Guadalajara, <https://orcid.org/0000-0003-2158-2903>, joel.gonzalez@academicos.udg.mx

d Universidad de Guadalajara, <https://orcid.org/0000-0002-8259-7239>, jose.alcazar@alumnos.udg.mx

Fecha de recepción: 10/10/2022, Fecha de aceptación: 24/10/2022, Fecha de publicación: 05/01/2023

DOI: <https://doi.org/10.29057/esat.v10i19.9998>



Introducción

El consumo excesivo de Bebidas Azucaradas (BA) eleva el riesgo de padecer sobrepeso, obesidad, hipertensión, diabetes tipo 2 y/o síndrome metabólico, entre otras enfermedades crónicas no transmisibles (Gómez-Miranda et ál., 2013; Jiménez-Cruz et ál., 2013; Silva O. y Durán A., 2014; Yu et ál., 2022; Zaragoza-Martí et ál., 2013). En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el consumo de azúcares añadidos a los alimentos debería reducirse a menos del 10% de la ingesta calórica total (OMS, 2015); si es posible, es preferente un consumo menor al 5% (OMS, 2000). En una dieta de 2000 calorías (el promedio de consumo recomendado para un adulto), el 10% equivaldría a beber 475ml de refresco endulzado con edulcorantes calóricos.

Según se reporta en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2021 (Ensanut 2021), en México el 87% de la población de 1 a 4 años, y más del 90% de los escolares de 5 a 19 años, consume bebidas azucaradas de manera habitual (Shamah-Levy et ál., 2021). Asimismo, se encontró que la población de 20 o más años con obesidad (tipo I, II, y III) pasó de 32.4% en 2012 a 36.7% en 2021; un incremento de 4.3 puntos porcentuales. Concerniente a la población infantil y adolescente se encontró que en el rango de 5 a 11 años el 37.4% tiene obesidad y sobrepeso; y en el rango de 12 a 19 años el 42.9%.

Ante el aumento del consumo de BA y problemas de salud pública asociados a éste, el desarrollo de investigaciones enfocadas al estudio y reducción del consumo de BA es de gran interés para organismos gubernamentales y la comunidad científica. Para comprender los mecanismos implicados en la conducta alimentaria y su regulación, es indispensable incluir en la misma ecuación la homeostasis fisiológica, el valor de la recompensa y procesos de evaluación y control cognitivo (Crézé et ál., 2018; Stopyra et ál., 2021), así como los contextos en que estos mecanismos toman lugar.

El creciente desarrollo de dispositivos y plataformas de realidad virtual (RV) ha comenzado a propiciar su uso en el estudio y reducción del consumo de BA (Allman-Farinelli et ál., 2019; González et ál., 2021; Weber et ál., 2020). La RV permite construir situaciones de interacción con alto control de variables intervinientes y con gran potencial de transferencia a ámbitos de aplicación en las ciencias de la salud (Alsina y Cancela, 2021; Yunquera Peñaranda, 2019).

Por otra parte, se sabe que el cerebro juega un papel fundamental en el consumo de BA, tanto en la toma de decisiones como en los efectos fisiológicos y cognitivos que este consumo tiene. El uso de técnicas de registro de la actividad cerebral aporta información valiosa para entender el consumo de BA a distintos niveles de análisis y es también una herramienta muy útil para obtener datos objetivos en la evaluación de la efectividad de programas de intervención. Específicamente, el registro de la actividad eléctrica cerebral mediante electroencefalografía (EEG); técnica muy usada por la precisión temporal de la actividad cerebral, por su naturaleza no invasiva y fácil adaptación a la infraestructura de un laboratorio.

En consecuencia, se plantea el uso conjunto de EEG y RV en el estudio del consumo de BA por su potencial contribución al entendimiento de los mecanismos que propician y/o disminuyen dicho consumo, para posteriormente mejorar las propuestas de diseño y evaluación de intervenciones enfocadas a la disminución del consumo de BA; tomando en cuenta aspectos cognitivos y fisiológicos en situaciones previamente diseñadas y presentadas mediante RV.

Realidad virtual y bebidas azucaradas

La realidad virtual (RV) se define como un ambiente digital generado en computadora con el que se puede interactuar como si fuera real (Jerald, 2015) y, por ende, generar experiencias similares a las que tendríamos en situaciones reales.

En la investigación del consumo de BA, y de la conducta alimentaria en general, el uso de la RV constituye una opción para evaluar el comportamiento de los participantes o generar respuestas de interés. Uno de los objetivos de los ambientes creados en RV es sustituir escenarios o situaciones de la vida real para inducir respuestas psicológicas y/o fisiológicas en los participantes mientras son expuestos a ambientes controlados y estandarizados de acuerdo con los requerimientos de la investigación; haciendo posible eliminar información, señales, o eventos difíciles de controlar en situaciones reales (Xu et ál., 2021).

Además del control que permite el diseño de escenarios en RV, es importante destacar la ventaja económica y de infraestructura que supone el tener la posibilidad de disponer de variedad de contextos según las demandas de la investigación en cuestión, así como la libertad y facilidad de realizar las modificaciones pertinentes, lo cual sería más costoso si se construyeran escenarios reales para el mismo propósito.

El comer y beber son experiencias multisensoriales sensibles a la situación contextual. La evaluación de esta experiencia en ambientes tradicionales frecuentemente conlleva falta de validez ecológica y disminución en la respuesta emocional y la formación de percepciones (Torrìco et ál., 2021). Gracias a estudios con RV sabemos que la percepción de la intensidad del sabor dulce en BA se ve afectado por el escenario (Chen et ál., 2020), y que la evaluación del estado emocional asociado al consumo de un alimento (en este caso chocolate) cambia según el ambiente al que los participantes hayan sido expuestos, de manera que emociones positivas fueron reportadas cuando la experiencia de consumo fue en un ambiente positivo, y emociones negativas en un ambiente negativo (Torrìco et ál., 2021). Este tipo de efectos de transferencia sensorial ha sido reportado consistentemente con sensaciones agradables (C. Suzuki et ál., 2014), formas (Liang et ál., 2016), música (Wang et ál., 2015), color (CLYDESDALE. et ál., 1992; Spence et ál., 2015) y texturas

visuales (Okajima y Spence, 2011). De forma que existe suficiente evidencia para enfatizar la importancia del ambiente en la percepción del sabor y en la experiencia de tomar una BA, por ende, la importancia de incluir el ambiente en el estudio del consumo de BA. Y como mencionamos anteriormente, este campo de estudio se enriquece considerablemente con el uso de técnicas de electrofisiología que aportan datos objetivos sobre la experiencia subjetiva del consumo de BA, sus consecuencias y evaluación.

Actividad cerebral y bebidas azucaradas

El registro de la actividad eléctrica cerebral (EEG) es una técnica de registro fisiológico, totalmente inocua y no invasiva, que refleja las fluctuaciones de voltaje inducidas por los cambios de actividad neural asociada al procesamiento de estímulos sensoriales o motores, o eventos cognitivos (Coles y Rugg, 1995). Su uso ha contribuido a conocer los correlatos fisiológicos de procesos cognitivos simples y complejos, pues su precisión temporal hace posible descomponer las operaciones cognitivas en una escala de milisegundos (Kutas y Hillyard, 1984; Perriáñez Morales y Barceló Galindo, 2004). Y es precisamente en la excelente resolución temporal en la que radica su contribución y valía, ya que, a diferencia de la neuroimagen por resonancia magnética funcional (RMf), el EEG no está diseñado para identificar las áreas cerebrales en las cuales se genera la actividad que provoca los cambios de voltaje que se observan en el registro, sino en mostrar el curso temporal de dichos cambios.

A pesar de la importancia que tienen las señales metabólicas en la conducta alimentaria, las decisiones del consumo de alimentos y bebidas no solo están determinadas por necesidades nutricionales; también juegan un papel muy importante las necesidades y señales "hedónicas" y el control y administración voluntario que se haga de ellas (Berthoud, 2011). El EEG puede contribuir considerablemente en el estudio del consumo de BA, pues los estímulos asociados a

estos productos disparan diversos procesos cerebrales como la categorización, integración de señales internas y externas, relevancia y evaluación (van der Laan et ál., 2011), que se implican, en mayor o menor medida, en la toma de decisiones y en la regulación, o no, del consumo. La conducta alimentaria de las personas está determinada, en gran parte, por la integración de la información relacionada a los alimentos que se hace antes de consumirlos; este manejo de la información está fuertemente afectado por la actividad de áreas cerebrales asociadas a la homeostasis y recompensa (K. Suzuki et ál., 2010). La recompensa forma parte del sistema de regulación de consumo alimenticio, se integra con señales homeostáticas provenientes del hipotálamo y la ínsula, los cuales reciben retroalimentación de las hormonas gastrointestinales secretadas durante el consumo de alimentos, que informan de los estados fisiológicos y las consecuencias de dicho consumo (Schloegl et ál., 2011).

Parece ser que el consumo frecuente y prolongado de endulzantes sin nutrientes altera la señalización en el sistema de regulación, pues hay datos que sugieren que el cerebro humano puede discriminar el sabor dulce con calorías (nutrientes) y sin ellas (Frank et ál., 2008), de tal suerte que el uso de endulzantes sin nutrientes (no calóricos) provee información errónea en el sistema de regulación (Swithers, 2013). El consumo de endulzantes artificiales sin nutrientes no activa áreas cerebrales relacionadas con la saciedad y la recompensa, que se activan con endulzantes naturales que contienen nutrientes; de forma que el consumo frecuente de endulzantes artificiales modifica las señales de saciedad emitidas por el hipotálamo (Page et ál., 2013; Smeets et ál., 2005; van Opstal et ál., 2021). Datos similares se han reportado con EEG, donde se han observado distintos patrones de actividad eléctrica cerebral asociada a la regulación del consumo alimentario en consumidores frecuentes de BA con endulzantes sin nutrientes, en contraste con no consumidores. Asimismo, se ha encontrado que el cerebro de los no consumidores reacciona diferente a la sacarosa y el agua (Crézé

et ál., 2018). Algunos autores sugieren que el consumo de endulzantes sin nutrientes provoca que la respuesta cerebral típica al sabor dulce y la saciedad se vaya “desvaneciendo” poco a poco por el consumo frecuente y prologado de BA con endulzantes artificiales sin nutrientes (Green y Murphy, 2012; Rudenga y Small, 2012), lo cual induce elecciones alimentarias no adaptativas como mecanismo compensatorio (Burke y Small, 2015; Smeets et ál., 2005), haciendo más difícil el control y regulación de la conducta por falta de adecuadas señales internas.

Por otro lado, el estudio de procesos cognitivos de evaluación, monitorización y regulación de la conducta tiene ya cierta tradición en el campo de la psicología cognitiva, la psicofisiología y la neurociencia, y se ha investigado en distintas poblaciones y etapas del desarrollo. Con la aparición de la obesidad y la diabetes como problemas de salud pública en el mundo, varias investigaciones incluyeron medidas fisiológicas para estudiar aspectos cognitivos y emocionales implicados en la conducta alimentaria. Estudios de neuroimagen han encontrado que señales de comida apetitosa promueve consumo “hedónico” (Berthoud, 2004a, 2004b) y que personas con obesidad mostraron una alta actividad cerebral en respuesta a alimentos altos en calorías (Berthoud y Morrison, 2008; Stoeckel et ál., 2008). Con EEG se han reportado patrones de activación asociados al control cognitivo y a la modulación del valor de la recompensa (Harris et ál., 2013) en el consumo de BA. Varios estudios con EEG coinciden en la importancia funcional de la corteza prefrontal en procesos de control en el procesamiento de estímulos alimenticios, incluyendo BA, y su consumo. Por ejemplo, la corteza prefrontal dorsal ha sido asociada a la habilidad de autorregulación en el consumo de alimentos cuando hay señales de comida apetitosa (Hare et ál., 2009); y muestra mayor actividad después de comer en personas cognitivamente restrictivas que en personas que no lo son (DelParigi et ál., 2007), de manera que parece que esta estructura de la corteza prefrontal se activa más cuando se ejerce mayor control, o necesidad de control (Heatherston y Wagner,

2011). De hecho, se ha visto una asociación consistente entre la actividad de la corteza dorsal prefrontal y el éxito en programas de pérdida de peso, prevención de ganancia de peso (Bruce et ál., 2012; Murdaugh et ál., 2012; Nock et ál., 2012; Weygandt et ál., 2015), y en personas que han mantenido exitosamente su peso después de una intervención (McCaffery et ál., 2009). Parece ser que un pobre control cognitivo está implicado en la falta de regulación atencional, la cual parece enfocarse en estímulos alimenticios apetitosos, para terminar en un consumo impulsivo, en lugar de un consumo reflexivo (Alonso-Alonso y Pascual-Leone, 2007).

Conclusiones

A pesar de que se han publicado varios estudios sobre el consumo de BA utilizando RV y EEG, muy pocos estudios han reportado resultados utilizando las dos técnicas de manera simultánea (Chen et ál., 2020; Pennanen et ál., 2020).

La RV puede utilizarse para el desarrollo de estudios psicofisiológicos con EEG sobre el consumo de BA en escenarios que evoquen contextos similares a los reales (más orgánicos); aumentando así la probabilidad de que los participantes ejecuten los procesos cognitivos esperados en la realización de las actividades establecidas para la recolección de datos. Al reducir la probabilidad de distraer o dividir los recursos cognitivos del participante cuando trata de atender los eventos relevantes en ambientes no controlados, si se utiliza la RV con el EEG se pueden tener resultados con menor sesgo e intervenciones con mayor efectividad (Alsina y Cancela, 2021; Yunquera Peñaranda, 2019).

Por su parte, el uso de EEG puede aportar datos sobre el efecto de los ambientes de RV, ya sea como marcadores fisiológicos o como información del correlato neural del procesamiento de señales o productos, en la relevancia de éstos, en los procesos de recompensa o control, por mencionar los más estudiados. Cabe mencionar, que uno de los grandes retos en el uso de la RV es la interacción de los usuarios con escenarios complejos; de manera que se requieren interfaces

tradicionales y naturales que faciliten una conciencia situacional y adaptación, así como el uso de multimedia, contenido multimodal, y en algunos casos, contenido personalizado, que haga posible recrear una experiencia lo más cercana a la real (Menezes et ál., 2017)... Sin embargo, el uso del EEG en escenarios virtuales implicaría sacrificar la interacción natural y completa del usuario, pues éste tendría que mantener un papel pasivo de observador para asegurar un registro limpio que pueda informar con veracidad de los cambios en la actividad eléctrica cerebral, reduciendo así la interacción que puedan tener con el ambiente y la información derivada de ésta. A pesar de esta limitación, si se incrementa la evidencia del correlato neural durante la exposición a RV se tendrán más elementos para identificar los alcances y limitaciones de la RV para simular entornos y situaciones de interacción.

También es importante tomar en cuenta que, a pesar de que los efectos de transferencia sensorial se observan de forma casi sistemática, la magnitud del impacto de la RV dependerá del tipo de producto, las propiedades que de él se evalúen (Torrico et ál., 2021) y del realismo con que se presenten los productos y los escenarios (Xu et ál., 2021).

A pesar de estos retos y limitaciones, el estudio de los factores ambientales, los mecanismos cerebrales involucrados y las consecuencias del consumo de BA, a nivel individual y colectivo, en escenarios de RV implica una oportunidad para el trabajo multi e interdisciplinario. Los grandes problemas de salud que derivan del consumo excesivo de BA (Gómez-Miranda et ál., 2013; Jiménez-Cruz et ál., 2013; Silva O. y Durán A., 2014; Yu et ál., 2022; Zaragoza-Martí et ál., 2013) justifica la integración de distintas perspectivas hacia un objetivo en común que abone al beneficio de la ciencia y la población, tanto de la investigación básica, aplicada y traslacional.

Referencias

Allman-Farinelli, M., Ijaz, K., Tran, H., Pallotta, H., Ramos, S., Liu, J., Wellard-Cole, L., y Calvo, R. A. (2019). A virtual reality food

- court to study meal choices in youth: Design and assessment of usability. *JMIR Formative Research*, 3(1). <https://doi.org/10.2196/12456>
- Alonso-Alonso, M., y Pascual-Leone, A. (2007). The right brain hypothesis for obesity. *JAMA* (Vol. 297, Issue 16). <https://doi.org/10.1001/jama.297.16.1819>
- Alsina, B., y Cancela, J. M. (2021). Virtual reality protocols in cardiac rehabilitation: Systematic review. *Revista Colombiana de Cardiología* (Vol. 28, Issue 6). <https://doi.org/10.24875/RCCAR.M21000103>
- Berthoud, H. R. (2004a). Mind versus metabolism in the control of food intake and energy balance. *Physiology and Behavior*, 81(5). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.04.034>
- Berthoud, H. R. (2004b). Neural control of appetite: Crosstalk between homeostatic and non-homeostatic systems. *Appetite*, 43(3). <https://doi.org/10.1016/j.appet.2004.04.009>
- Berthoud, H. R. (2011). Metabolic and hedonic drives in the neural control of appetite: Who is the boss? *Current Opinion in Neurobiology* (Vol. 21, Issue 6). <https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.09.004>
- Berthoud, H. R., y Morrison, C. (2008). The brain, appetite, and obesity. *Annual Review of Psychology*, 59. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093551>
- Bruce, J. M., Hancock, L., Bruce, A., Lepping, R. J., Martin, L., Lundgren, J. D., Malley, S., Holsen, L. M., y Savage, C. R. (2012). Changes in brain activation to food pictures after adjustable gastric banding. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 8(5). <https://doi.org/10.1016/j.soard.2011.07.006>
- Burke, M. v., y Small, D. M. (2015). Physiological mechanisms by which non-nutritive sweeteners may impact body weight and metabolism. *Physiology and Behavior*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.05.036>
- Chen, Y., Huang, A. X., Faber, I., Makransky, G., y Perez-Cueto, F. J. A. (2020). Assessing the influence of visual-taste congruency on perceived sweetness and product liking in immersive VR. *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040465>
- Clydesdale, F. M., Gover, R., y Fugardi, C. (1992). The effect of color on thirst quenching, sweetness, acceptability and flavor intensity in fruit punch flavored beverages. *Journal of Food Quality*, 15(1). <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1992.tb00973.x>
- Coles, M. G. H., y Rugg, M. D. (1995). Event-related brain potentials: An introduction. In M. D. Rugg y M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition* (1–26). Oxford University Press.
- Crézé, C., Candal, L., Cros, J., Knebel, J. F., Seyssel, K., Stefanoni, N., Schneiter, P., Murray, M. M., Tappy, L., y Toepel, U. (2018). The impact of caloric and non-caloric sweeteners on food intake and brain responses to food: A randomized crossover-controlled trial in healthy humans. *Nutrients*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/nu10050615>
- DelParigi, A., Chen, K., Salbe, A. D., Hill, J. O., Wing, R. R., Reiman, E. M., y Tataranni, P. A. (2007). Successful dieters have increased neural activity in cortical areas involved in the control of behavior. *International Journal of Obesity*, 31(3). <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803431>
- Frank, G. K. W., Oberndorfer, T. A., Simmons, A. N., Paulus, M. P., Fudge, J. L., Yang, T. T., y Kaye, W. H. (2008). Sucrose activates human taste pathways differently from artificial sweetener. *NeuroImage*, 39(4). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.061>
- Gómez-Miranda, L. M., Jiménez-Cruz, A., y Bacardí-Gascón, M. (2013). Estudios aleatorizados sobre el efecto del consumo de bebidas azucaradas sobre la adiposidad en adolescentes y adultos; Revisión sistemática. *Nutricion Hospitalaria* (Vol. 28, Issue 6). <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6769>
- González-Becerra, V., González-Cantero, J. y Abundis-Gutiérrez, A. (2021, 21 de julio). Propuesta de entrenamiento de competencias lingüísticas en realidad virtual para modular el consumo de bebidas azucaradas [ponencia]. XXXVIII Congreso Interamericano de Psicología. “70 años SIP: Aportes de la psicología en el siglo 21”. Modalidad Virtual. <https://38cip.sipsych.org/wp-content/uploads/2021/07/Programa-Cientifico-V6-20julio21.pdf>
- Green, E., y Murphy, C. (2012). Altered processing of sweet taste in the brain of diet soda drinkers. *Physiology and Behavior*, 107(4). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.05.006>
- Hare, T. A., Camerer, C. F., y Rangel, A. (2009). Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system. *Science*, 324(5927). <https://doi.org/10.1126/science.1168450>
- Harris, A., Hare, T., y Rangel, A. (2013). Temporally dissociable mechanisms of self-control: Early attentional filtering versus late value modulation. *Journal of Neuroscience*, 33(48). <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5816-12.2013>
- Heatherton, T. F., y Wagner, D. D. (2011). Cognitive neuroscience of self-regulation failure. *Trends in Cognitive Sciences* (Vol. 15, Issue 3). <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.12.005>
- Jerald, J. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Morgan y Claypool.
- Jiménez-Cruz, A., Gómez-Miranda, L. M., y Bacardí-Gascón, M. (2013). Estudios aleatorizados sobre el efecto del consumo de bebidas azucaradas sobre la adiposidad en menores de 16 años; Revisión sistemática. *Nutricion Hospitalaria* (Vol. 28, Issue 6). <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6950>
- Kutas, M., y Hillyard, S. A. (1984). Event-Related Potentials in Cognitive Science. En Gazzaniga, M.S. (Ed.) *Handbook of Cognitive Neuroscience* (387-409). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2177-2_19
- Liang, P., Biswas, P., Vinnakota, S., Fu, L., Chen, M., Quan, Y., Zhan, Y., Zhang, G., y Roy, S. (2016). Invariant effect of vision on taste across two Asian cultures: India and China. *Journal of Sensory Studies*, 31(5), 416–422.
- McCaffery, J. M., Haley, A. P., Sweet, L. H., Phelan, S., Raynor, H. A., del Parigi, A., Cohen, R., y Wing, R. R. (2009). Differential functional magnetic resonance imaging response to food pictures in successful weight-loss maintainers relative to normal-weight and obese controls. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(4). <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27924>
- Menezes, M. L. R., Samara, A., Galway, L., Sant’Anna, A., Verikas, A., Alonso-Fernandez, F., Wang, H., y Bond, R. (2017). Towards emotion recognition for virtual environments: an evaluation of eeg features on benchmark dataset. *Personal and Ubiquitous Computing*, 21(6). <https://doi.org/10.1007/s00779-017-1072-7>
- Murdaugh, D. L., Cox, J. E., Cook, E. W., y Weller, R. E. (2012). fMRI reactivity to high-calorie food pictures predicts short- and long-term outcome in a weight-loss program. *NeuroImage*, 59(3). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.10.071>
- Nock, N. L., Dimitropoulos, A., Tkach, J., Frasure, H., y vonGruenigen, V. (2012). Reduction in neural activation to high-calorie food cues in obese endometrial cancer survivors after a behavioral lifestyle intervention: a pilot study. *BMC Neuroscience*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2202-13-74>
- Okajima, K., y Spence, C. (2011). Effects of Visual Food Texture on Taste Perception. *I-Perception*, 2(8). <https://doi.org/10.1068/ic966>
- Organización Mundial de la Salud (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. (Serie de reportes técnicos, Vol. 894). <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>
- Organización Mundial de la Salud (2015). Guideline: Sugars intake for adults and children. *World Health Organization* (Vol. 57, Issue 6). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028>
- Page, K. A., Chan, O., Arora, J., Belfort-DeAguiar, R., Dzuirra, J., Roehmholdt, B., Cline, G. W., Naik, S., Sinha, R., Constable, R. T., y Sherwin, R. S. (2013). Effects of fructose vs glucose on regional cerebral blood flow in brain regions involved with appetite and reward pathways. *JAMA*, 309(1). <https://doi.org/10.1001/jama.2012.116975>

- Pennanen, K., Närväinen, J., Vanhatalo, S., Raisamo, R., y Sozer, N. (2020). Effect of virtual eating environment on consumers' evaluations of healthy and unhealthy snacks. *Food Quality and Preference*, 82, 103871
- Periáñez Morales, J. A., y Barceló Galindo, F. (2004). Electrofisiología de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 38(04). <https://doi.org/10.33588/rn.3804.2003558>
- Rudenga, K. J., y Small, D. M. (2012). Amygdala response to sucrose consumption is inversely related to artificial sweetener use. *Appetite*, 58(2). <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.12.001>
- Schloegl, H., Percik, R., Horstmann, A., Villringer, A., y Stumvoll, M. (2011). Peptide hormones regulating appetite-focus on neuroimaging studies in humans. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews* (Vol. 27, Issue 2). <https://doi.org/10.1002/dmrr.1154>
- Shamah-Levy, T., Romero-Martínez, M., Barrientos-Gutiérrez, T., Cuevas-Nasu, L., Bautista-Arredondo, S., Colchero, M., Gaona-Pineda, E. B., Lazcano-Ponce, E., Martínez-Barnetteche, J., y Alpuche-Arana, C. (2021). Encuesta nacional de salud y nutrición 2020 sobre Covid-19. *Resultados Nacionales*. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública de México.
- Silva O., P., y Durán A., S. (2014). Bebidas azucaradas, más que un simple refresco. *Revista Chilena de Nutrición* (Vol. 41, Issue 1). <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000100013>
- Smeets, P. A. M., de Graaf, C., Stafleu, A., van Osch, M. J. P., y van der Grond, J. (2005). Functional MRI of human hypothalamic responses following glucose ingestion. *NeuroImage*, 24(2). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.07.073>
- Spence, C., Wan, X., Woods, A., Velasco, C., Deng, J., Youssef, J., y Deroy, O. (2015). On tasty colours and colourful tastes? Assessing, explaining, and utilizing crossmodal correspondences between colours and basic tastes. *Flavour*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s13411-015-0033-1>
- Stoeckel, L. E., Weller, R. E., Cook, E. W., Twieg, D. B., Knowlton, R. C., y Cox, J. E. (2008). Widespread reward-system activation in obese women in response to pictures of high-calorie foods. *NeuroImage*, 41(2). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.02.031>
- Stopyra, M. A., Friederich, H. C., Lavandier, N., Mönning, E., Bendszus, M., Herzog, W., y Simon, J. J. (2021). Homeostasis and food craving in obesity: a functional MRI study. *International Journal of Obesity*, 45(11). <https://doi.org/10.1038/s41366-021-00920-4>
- Suzuki, C., Narumi, T., Tanikawa, T., y Hirose, M. (2014). Affecting tumbler: affecting our flavor perception with thermal feedback. *Proceedings of the 11th Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 1–10.
- Suzuki, K., Simpson, K. A., Minnion, J. S., Shillito, J. C., y Bloom, S. R. (2010). The role of gut hormones and the hypothalamus in appetite regulation. *Endocrine Journal* (Vol. 57, Issue 5). <https://doi.org/10.1507/endocrj.K10E-077>
- Swithers, S. E. (2013). Artificial sweeteners produce the counterintuitive effect of inducing metabolic derangements. *Trends in Endocrinology and Metabolism* (Vol. 24, Issue 9). <https://doi.org/10.1016/j.tem.2013.05.005>
- Torraco, D. D., Sharma, C., Dong, W., Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., y Dunshea, F. R. (2021). Virtual reality environments on the sensory acceptability and emotional responses of no- and full-sugar chocolate. *LWT*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110383>
- van der Laan, L. N., de Ridder, D. T. D., Viergever, M. A., y Smeets, P. A. M. (2011). The first taste is always with the eyes: A meta-analysis on the neural correlates of processing visual food cues. *NeuroImage*, 55(1). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.055>
- van Opstal, A. M., Hafkemeijer, A., van den Berg-Huysmans, A. A., Hoeksma, M., Mulder, T. P. J., Pijl, H., Rombouts, S. A. R. B., y van der Grond, J. (2021). Brain activity and connectivity changes in response to nutritive natural sugars, non-nutritive natural sugar replacements and artificial sweeteners. *Nutritional Neuroscience*, 24(5). <https://doi.org/10.1080/1028415X.2019.1639306>
- Wang, Q. J., Woods, A. T., y Spence, C. (2015). "What's your taste in music?" a comparison of the effectiveness of various soundscapes in evoking specific tastes. *I-Perception*, 6(6). <https://doi.org/10.1177/2041669515622001>
- Weber, S., Reßing, C., Freude, H., y Niehaves, B. (2020, 22 de junio). Motivating for healthier drinking behavior: Applying the health action process approach in virtual reality [ponencia]. *Proceedings of the 24th Pacific Asia Conference on Information Systems: Information Systems (IS) for the Future*, Dubai, EAU.
- Weygandt, M., Mai, K., Dommès, E., Ritter, K., Leupelt, V., Spranger, J., y Haynes, J. D. (2015). Impulse control in the dorsolateral prefrontal cortex counteracts post-diet weight regain in obesity. *NeuroImage*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.12.073>
- Xu, C., Siegrist, M., y Hartmann, C. (2021). The application of virtual reality in food consumer behavior research: A systematic review. *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 116). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.015>
- Yu, L., Zhou, H., Zheng, F., Song, J., Lu, Y., Yu, X., y Zhao, C. (2022). Sugar Is the Key Cause of Overweight/Obesity in Sugar-Sweetened Beverages (SSB). *Frontiers in Nutrition*, 9.
- Yunquera Peñaranda, E. (2019). *Realidad Virtual y su aplicación en fisioterapia pediátrica*. Revisión bibliográfica.
- Zaragoza-Martí, A., Norte-Navarro, A., Fernández-Sáez, J., Hurtado-Sánchez, J. A., y Ortiz-Moncada, R. (2013). Tipo de bebidas consumidas por los estudiantes universitarios. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 19(2).