

Evaluación de la Relación entre la Actividad Cerebral y Anotaciones Autoinformadas de Emociones a Estímulos Visuales Basados en el *International Affective Picture System*

Evaluation of the Relationship Between Brain Activity and Self-Reported Annotations of Emotions to Visual Stimuli Based on the International Affective Picture System

Brian M.V. Mendez-García^a
Tecnológico Nacional de México, México
brian.mv.mendez@gmail.com

Recibido: 05 abril 2023
Aceptado: 23 junio 2023

Anna M. Bianchi
Politecnico di Milano, Italia

Carmen Estela Carlos-Ornelas
Tecnológico Nacional de México, México

Pierluigi Reali
Politecnico di Milano, Italia

Martin O. Mendez
Politecnico di Milano, Italia

Resumen:

El neuromarketing se enfoca en investigar las respuestas cerebrales para comprender como los consumidores reaccionan a productos y servicios, y como estas reacciones influyen en sus elecciones. En especial, las respuestas emocionales de los consumidores ante estímulos de marketing influyen en la atención selectiva durante el proceso de compra. Por tanto, es de gran importancia profundizar en el estudio de la relación entre las reacciones emocionales de los consumidores y sus respuestas cerebrales para obtener una comprensión integral. Para entender mejor esta relación, treinta y un participantes fueron expuestos a imágenes del International Affective Picture System (IAPS, por sus siglas en inglés), y se registró su respuesta eléctrica cerebral a través del electroencefalograma (EEG), del cual se calculó un índice de atención.

El índice de atención se relacionó con las respuestas autoinformadas de las emociones agrado-activación, esto es, se evaluó la relación entre el valor del índice de atención para cada imagen y la emoción autoinformada del participante. El índice de atención se calculó en dos ventanas temporales: en los primeros 3 segundos de la presentación de la imagen (AI3) y b) los tres segundos subsiguientes (AI7). Los resultados mostraron que la atención es mayor en AI3 respecto a AI7 (-valor < 0.05). Además, la atención fue significativamente menor (-valor < 0.05) en las imágenes entre baja activación - bajo agrado, y alta activación-alto agrado, independientemente del tiempo AI3 o AI7 (-valor < 0.05). Esto sugiere que la atención cambió significativamente entre los dos intervalos de tiempo y que las imágenes de baja activación - bajo agrado generan poca atención. Estos resultados sugieren que el índice de atención es un buen indicador para evaluar de manera no subjetiva algunas emociones del consumidor generadas por estímulos visuales.

Códigos JEL: M30, M31

Palabras clave: Neuromarketing, Emociones, Electroencefalograma, International Affective Picture System, The Circumplex Model of Affect.

Abstract:

Neuromarketing focuses on investigating brain responses to understand how consumers react to products and services and how these reactions influence their choices. In particular, consumers' emotional responses to marketing stimuli influence selective attention during the purchasing process. Therefore, it is of great importance to delve into the study of the relationship between consumers' emotional reactions and their brain responses to gain a comprehensive understanding. To better understand this relationship, thirty-one participants were exposed to images from the International Affective Picture System (IAPS), and their brain's electrical response was recorded through electroencephalography (EEG), from which an attention index was calculated.

Notas de autor

^a Autor de correspondencia: Correo de contacto: brian.mv.mendez@gmail.com

The attention index was correlated with self-reported responses of pleasure-activation emotions; that is, the relationship between the value of the attention index for each image and the participant's self-reported emotion was evaluated. The attention index was calculated in two temporal windows: in the first 3 seconds of image presentation (AI3) and b) the subsequent three seconds (AI7). The results showed that attention is higher in AI3 compared to AI7 (-value < 0.05). Additionally, attention was significantly lower (-value < 0.05) for images between low activation - low pleasure and high activation - high pleasure, regardless of the time AI3 or AI7 (-value < 0.05). This suggests that attention changed significantly between the two-time intervals, and images of low activation - low pleasure generate little attention. These results suggest that the attention index is a good indicator for objectively evaluating some consumer emotions generated by visual stimuli.

JEL Codes: M30, M31

Keywords: Neuromarketing, Emotions, Electroencefalogram, International Affective Picture System, The Circumplex Model of Affect.

Introducción

El neuromarketing es un área de investigación dedicada a entender los mecanismos de la toma de decisiones basada en las respuestas cerebrales que relacionan el comportamiento del consumidor ante productos y servicios [1,2]. El neuromarketing tiene el potencial de asistir en la creación y desarrollo de productos, así como a perfeccionar las estrategias de precios y las campañas comerciales [3]. La investigación en neuromarketing aprovecha los sistemas de adquisición de señales para registrar bioseñales de los consumidores, y analizarlas con el fin de conocer mejor el proceso de toma de decisiones a la hora de elegir entre productos o anuncios [3]. Así, los profesionales del marketing utilizan el campo de la neurociencia y la psicología para identificar las estrategias óptimas de promoción de sus productos y servicios, mitigando así el mal uso de recursos de marketing. Este enfoque interdisciplinar es posible gracias a tecnologías como el electrocardiograma, el electroencefalograma (EEG), la resonancia magnética funcional, ente otras. En especial, el EEG es una técnica muy utilizada en neuromarketing, permite captar la actividad eléctrica cerebral mediante la colocación de electrodos en el cuero cabelludo. En base al EEG, es posible evaluar la actividad eléctrica durante la elección de un producto por un cliente, y por consecuencia, calcular índices de actividad cerebral relacionados con el nivel de atención, compromiso y memorización [5,6]. Así, se han identificado muchos ámbitos de aplicación del EEG, como en la evaluación de la publicidad, la elección/preferencia de productos, la percepción de productos, envases y marcas, y la política [7].

Las aplicaciones del neuromarketing basadas en EEG se dividen en tres categorías: reconocimiento de emociones basado en EEG, evaluación de preferencias basada en EEG y predicción de preferencias basada en EEG. Usando el EEG, estudios previos mostraron que la preferencia del consumidor por un producto frente a otro se expresa mediante un aumento de la actividad cerebral en las bandas de frecuencia alfa, beta y gamma en las áreas frontales [8,9]. Asimismo, el aumento de la actividad de las regiones parietal y prefrontal superior se relaciona con el mantenimiento de representaciones altamente procesadas de estímulos complejos, como los anuncios de televisión [10].

En el proceso de la toma de decisiones, las personas fundamentan su elección a partir de lo que perciben del mundo exterior, con sus respectivas propiedades y un objetivo general coherente, además de los conocimientos acumulados [11]. Esto es, los individuos tienen la facultad para generar pensamiento, realizar comparaciones y dependiendo de su código de valores, actuar en un escenario conveniente. La decisión de compra del consumidor involucra a los procesos derivados del pensamiento consciente y del inconsciente, cuya integración se refleja como una emoción [12,13]. Entonces, las emociones son reacciones psicofisiológicas generadas por un estímulo interior o exterior como, por ejemplo: recuerdos, fotografías, olores y colores.

Las emociones suelen ser medidas a travez de técnicas autoinformadas, como encuestas o entrevistas. Sin embargo, es probable que exista un sesgo en la información recopilada, considerando que usualmente los consumidores suelen lidiar con cierto grado de dificultad para describir sus emociones. Por lo cual, se ha recurrido a técnicas objetivas que permiten tener información más fiable [14]. Con este objetivo, se han

desarrollado herramientas afectivas relacionadas con las emociones para ayudar al sujeto en la descripción de sus emociones. El *International Affective Picture System* (IAPS) se ha utilizado con efectividad en los estudios para inducir sentimientos mediante su exposición, y de esta forma, medir las emociones basadas en *Self-Assessment Manikin* (SAM, por sus siglas en inglés) [15]. Este sistema ha logrado posicionarse en la medición del agrado del cliente en diferentes productos y servicios como por ejemplo en bancos, aeropuertos, internet (Facebook, Amazon, etc.), utilizando una versión simplificada basada en emojis. Sin embargo, la toma de decisiones del cliente continúa teniendo un gran componente subjetivo, como es natural en la interpretación de emojis. Actualmente, los desarrollos en nuevas tecnologías permiten la medición de variables fisiológicas que proporcionan información más objetiva para la evaluación de la emoción. Ejemplos de estas mediciones incluyen la sudoración, el seguimiento de la mirada durante la observación de fotos y videos, la aceleración de la frecuencia cardíaca, y especialmente, el monitoreo del centro de control del cuerpo humano: el cerebro.

A pesar de la gran cantidad de estudios sobre las emociones y su relación con la respuesta cerebral, existe poca información entre las respuestas autoinformadas del IAPS con el sistema SAM y su relación con la respuesta cerebral. La mayoría de los estudios se basan en evaluación de las emociones durante la presentación de videos o publicidades que no permiten evaluar en forma precisa la relación entre la respuesta cerebral y autoinformada ante la emoción generada en un preciso momento.

La investigación sobre el reconocimiento de emociones a través del EEG destaca la importancia de extraer índices relacionados con procesos neurocognitivos. Los índices de dominio y frecuencia son comúnmente utilizados, como se muestra en un estudio realizado por Reuderink [16], que empleó la densidad espectral de potencia (PSD) para correlacionar con las respuestas subjetivas durante el juego de PacMan. En otro estudio realizado por Zheng [17], se utilizó la entropía diferencial del EEG y una red neuronal profunda para clasificar automáticamente emociones positivas, neutras y negativas. En este estudio se exploró la conectividad funcional, revelando interacciones significativas entre regiones cerebrales durante el procesamiento emocional. El uso de medidas de entropía en redes complejas demostró ser efectiva en el reconocimiento preciso de emociones, subrayando la importancia de considerar las características espaciales en el análisis de señales EEG. Además, el estudio de Pugh [18] reveló, mediante el análisis de causalidad de Granger, que el contexto cultural influye significativamente en la conectividad efectiva de las redes cerebrales durante las emociones. En resumen, estos estudios respaldan la idea de que el EEG es una herramienta valiosa y no invasiva para estudiar las emociones, gracias a su alta resolución temporal, transportabilidad y accesibilidad.

Por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar la relación entre la respuesta autoinformada y actividad cerebral en sujetos sanos ante la presentación imágenes del *International Affective Picture System* en el plano agrado-activación.

Materiales y métodos

Treinta y un participantes sanos (22 hombres y 9 mujeres) sin previa experiencia en un experimento similar, con edades comprendidas entre los 20 y los 27 años (media = 21.5 y desviación estándar = 1.1), participaron en el estudio. El experimento se llevó a cabo frente a un monitor de PC, que se utilizó para mostrar las imágenes del IAPS. En concreto, se seleccionaron noventa imágenes del IAPS, las cuales fueron seleccionadas de manera aleatoria. La Figura 1 muestra cómo se presentaron las imágenes durante el experimento. Primeramente, generamos bloques de 10 imágenes que se presentaron de forma consecutiva. Cada imagen IAPS se presentó durante 12 segundos, por lo que cada bloque tenía una duración total de 2 minutos. Entre cada bloque se mostró por 30 segundos una imagen neutra para evitar la acumulación de emociones y reducir la fatiga generada por la atención. Antes de visualizar la primera secuencia de imágenes IAPS, se pidió al participante tener los ojos cerrados durante 60 segundos; posteriormente, se mostró una primera imagen

neutra durante 90 segundos para que el participante se relajara y se preparara para la presentación del primer bloque. El EEG se registró durante todo el experimento.

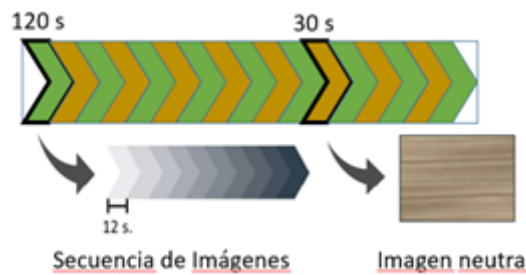


FIGURA 1.
Diagrama esquemático de la presentación de imágenes.

La respuesta de la actividad cerebral durante la presentación de las imágenes IAPS, se adquirió en cada sujeto con un registro de EEG de 64 canales mediante un sistema portátil (SD LTM Express y software System Plus Evolution, Micromed, Italia). Los electrodos se distribuyeron uniformemente en el cuero cabelludo y las señales se registraron con una frecuencia de muestreo de 256 Hz.

A partir del canal F3 del EEG (región frontal), se calculó el índice de atención (AI, Attention Index) como el cociente de las potencias de la banda beta (13 Hz y 30 Hz), y las sumas de las bandas alfa (8 Hz y 13 Hz) y theta (4 Hz y 8 Hz). Para obtener las bandas de frecuencias se calculó la transformada de Fourier del EEG en ventanas de 3 segundos sin superposición. Por lo tanto, el índice de atención tiene una resolución de 3 segundos. Esto es, la ventana temporal representada como AI₃, contiene el AI calculado en el intervalo de tiempo de 1 a 3 segundos, mientras que la ventana temporal representada como AI₇, contiene el AI calculado en el intervalo de tiempo de 4 a 7 segundos [19].

Finalmente, se empleó la prueba de Wilcoxon para evaluar las diferencias estadísticas en la respuesta de atención a los estímulos entre las ventanas temporales IA₃ e IA₇. El mismo test se utilizó para evaluar, en cada ventana temporal (IA₃ e IA₇), la existencia de diferencias entre las regiones definidas como AAAA (alto agrado – alta activación), BABA (bajo agrado – baja activación), AABA (alto agrado – baja activación) y BAAA (bajo agrado – alta activación). Se consideró que un *p*-valor menor a 0.05 indicaba un cambio significativo.

Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestran los resultados del índice de atención promedio (promedio del índice de atención de todos los sujetos para una ventana temporal dada y una imagen específica) a la exposición a los estímulos del IAPS, y posicionados en el plano agrado-activación basados en los resultados de las respuestas autoinformadas provenientes del estudio de Bradley & Lang [20]. El eje *x* representa la dimensión emocional activación, el cual va de desactivado ($x = 0$) a muy activado ($x = 8$); el eje *y* representa la dimensión emocional agrado, la cual va desde desagradable ($y = 0$) a muy agradable ($y = 8$). El índice de atención promedio es representado por colores que van del azul (oscuro) hasta amarillo (claro), donde poca atención corresponde al color azul, y mucha atención corresponde al color amarillo. Además, para ayudar a la visualización de la atención cada esfera tiene un tamaño que se relaciona con el nivel de atención promedio, donde poca atención es circunferencia pequeña, y alta atención es una circunferencia grande. Esta representación gráfica ayuda a la comprensión de los datos, mejora la lectura y facilita la interpretación del índice.

En la Figura 2a, que corresponde al intervalo AI₃, se evidencian círculos con tonalidades claras (y de tamaño considerable) en las zonas AAAA, BABA y AABA, indicando un elevado nivel de atención por parte de los sujetos en estas áreas. Sin embargo, también se aprecian numerosos círculos con tonalidades

más oscuras (y de tamaño reducido), señalando la falta de atención a la imagen presentada. Este patrón se replica en la Figura 2b, correspondiente al intervalo AI7, con la diferencia de que la mayoría de los círculos exhibe tonalidades menos claras (y tamaño más reducido). Esto sugiere que, después de unos segundos, los sujetos tienden a perder concentración y prestan menos atención. En términos generales, se observa una mayor variabilidad en el índice de atención en AI7, ya que algunas imágenes generan una notable emoción, mientras que otras no provocan respuesta emocional, no captan la atención. A diferencia de AI3, en AI7 parece que los sujetos exploran las imágenes con una pérdida de atención evidente. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los valores del índice de atención de AI3 y AI7 (p -valor < 0.05). Al comparar las distintas regiones del plano agrado-activación en cada instante de tiempo (AI3 o AI7), se encontraron diferencias significativas entre las regiones BABA y AAAA (p -valor < 0.05), así como entre BABA y AABA (p -valor < 0.05) para IA3. En el caso de IA7, solo se hallaron diferencias significativas entre BABA y AAAA (p -valor < 0.05).

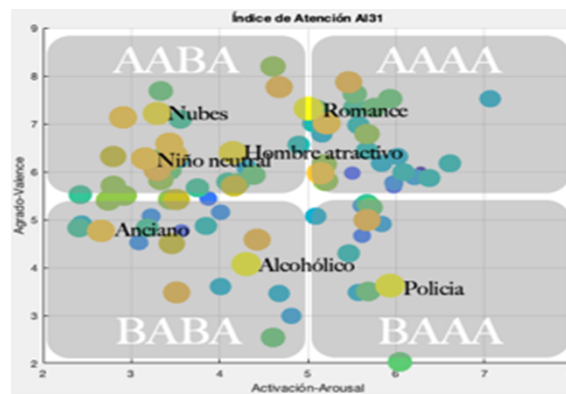
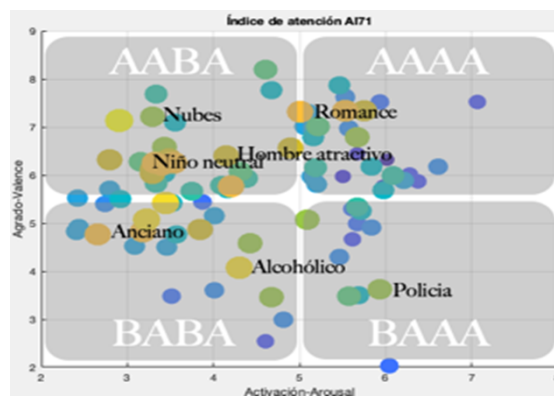


FIGURA 2.

Comportamiento del índice de atención en el espacio Agrado-Activación. El índice de atención se deriva de la respuesta cerebral ante la exhibición de diversas imágenes, preclasificadas en el espacio agrado-activación. En la representación gráfica, tonalidades oscuras indican una baja atención, mientras que tonalidades claras reflejan una alta atención. a) Ilustra el índice de atención durante los primeros tres segundos de la presentación de la imagen (1s - 3s), y b) muestra los tres segundos subsiguientes (4s - 7s).

(a)



(b)

Conclusiones

En esta investigación, se exploró la relación entre el índice de atención, derivado de la actividad eléctrica cerebral, y las respuestas autoinformadas durante la presentación del International Affective Picture System (IAPS). Se observó que el índice de atención exhibió valores significativamente menores en el intervalo AI7 en comparación con AI3, sugiriendo una variabilidad en la capacidad de retención de la atención según las imágenes presentadas. Este hallazgo sugiere la posibilidad de realizar evaluaciones detalladas de los elementos visuales en escenas de productos, permitiendo la evaluación y predicción del comportamiento de la atención del consumidor.

Además, se destacó que el área de baja activación - bajo agrado presentó valores inferiores en comparación con las áreas de alta activación, indicando que es factible medir objetivamente la dimensión emocional de agrado-desagrado generada por las imágenes sin recurrir a métodos complejos. Este resultado es particularmente relevante en el contexto del neuromarketing, donde la evaluación de estas emociones es fundamental. En conjunto, este estudio representa un avance significativo al establecer una conexión específica y detallada entre las imágenes del IAPS, las respuestas emocionales y el índice de atención medido con EEG en el espacio de activación-agrado. Hasta la fecha, parece que no se ha documentado un estudio que aborde esta relación de manera tan integral, lo que sugiere que los resultados obtenidos pueden ofrecer valiosas perspectivas para futuras investigaciones en el ámbito de la interacción entre respuestas emocionales y atención.

Referencias

- [1] Sebastian, V. (2014). New Directions in Understanding the Decision-making Process: Neuroeconomics and Neuromarketing. *Procedia Soc Behav Sci*, 127, 758–762. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.350>.
- [2] Egidi, G., Nusbaum, H. C., & Cacioppo, J. T. (2008). Neuroeconomics: Foundational issues and consumer relevance. En R. W. Pieters y L. J. Wedel (Eds.), *Handbook of Consumer Psychology* (pp. 1177–1214). Taylor & Francis Group/Lawrence Erlbaum Associates.
- [3] Cherubino, P., Martinez-Levy, A. C., Caratù, M., Cartocci, G., di Flumeri, G., Modica, E., Rossi, D., Mancini, M., Trettel, A. (2019). Consumer behaviour through the eyes of neurophysiological measures: State-of-the-art and future trends. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/1976847>.
- [4] Khurana, V., Gahalawat, M., Kumar, P., Roy, P. P., Dogra, D. P., & Scheme, E. (2021). *M. Syst.* 13, 732–749. <https://doi.org/10.1109/TCDS.2021.3065200>.
- [5] Royo-Vela, M., & Varga, Á. (2022). Unveiling Neuromarketing and Its Research Methodology. *Encyclopedia*, 2, 729–751. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2020051>.
- [6] Rawnaque, F. S., Rahman, K. M., Anwar, S. F., Vaidyanathan, R., Chau, T., Sarker, F., & Mamun, K. A. Al. (2020). Technological advancements and opportunities in Neuromarketing: a systematic review. *Brain Informatics*, 7(10), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s40708-020-00109-x>.
- [7] Kalaganis, F. P., Georgiadis, K., Oikonomou, V. P., Laskaris, N. A., Nikolopoulos, S., Kompatsiaris, I. (2021). Unlocking the Subconscious Consumer Bias: A Survey on the Past, Present, and Future of Hybrid EEG Schemes in Neuromarketing. *Frontiers in Neuroergonomics*, 2. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2021.672982>.
- [8] Boksem, M. A. S., & Smidts, A. (2015). Brain responses to movie trailers predict individual preferences for movies and their population-wide commercial success. *Journal of Marketing Research*, 52(4), 482–492. <https://doi.org/10.1509/jmr.13.0572>.
- [9] Ravaja, N., Somervuori, O., & Salminen, M. (2013). Predicting purchase decision: The role of hemispheric asymmetry over the frontal cortex. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 6, 1–13. <https://doi.org/10.1037/a0029949>.

- [10] Vecchiato, G., Astolfi, L., De Vico Fallani, F., Toppi, J., Aloise, F., Bez, F., ... & Babiloni, F. (2013). Changes in brain activity during the observation of TV commercials by using EEG, GSR and HR measurements. *Brain topography*, 26(4), 554-570.
- [11] Simon, Herbert. (2000). Bounded rationality in social science: today and tomorrow. *Mind & Society*, 1, 25-39. <https://doi.org/10.1007/BF02512227> Syst. 13 (2021) 732-749. <https://doi.org/10.1109/TCDS.2021.3065200>.
- [12] Bočková, K., Škrabánková, J., & Hanák, M. (2021). Theory and practice of neuromarketing: Analyzing human behavior in relation to markets. *Emerging Science Journal*, 5(1), 44-56. <https://doi.org/10.28991/esj-2021-01256>.
- [13] Damasio, A. (2011). *El error de Descartes*. España. Ediciones Destino.
- [14] Bettiga, D., Bianchi, A. M., Lamberti, L., & Noci, G. (2020). Consumers Emotional Responses to Functional and Hedonic Products: A Neuroscience Research. *Frontiers in Psychology*, 11(559779), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.559779>.
- [15] Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. University of Florida, Gainesville, FL, Technical Report A-8.
- [16] Reuderink, Boris & Mühl, Christian & Poel, Mannes. (2013). Valence, arousal and dominance in the EEG during game play. *International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems*. 6. 45-62. <https://doi.org/10.1504/IJAACS.2013.050691>.
- [17] Zheng, W.L., Lu, B.L., (2015). Investigating Critical Frequency Bands and Channels for EEG-Based Emotion Recognition with Deep Neural Networks, *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*. <https://doi.org/10.1109/TAMD.2015.2431497>.
- [18] Pugh, Z. H., et al., (2022). Emotion depends on context, culture and their interaction: evidence from effective connectivity, *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Volume 17, Issue 2, Pages 206-217, <https://doi.org/10.1093/scan/nsab092>.
- [19] Reali, P. (2020). *Towards the development of physiological models for emotion and stress assessment*. Doctoral in Bioengineering, Politecnico di Milano. Italy.
- [20] Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2017). International affective picture system. *Springer International Publishing*, 1-4. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-28099-8>.



Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94481870001>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Brian M.V. Méndez-García, Anna M. Bianchi,
Carmen Estela Carlos-Ornelas, Pierluigi Reali,
Martin O. Méndez

**Evaluación de la Relación entre la Actividad Cerebral y
Anotaciones Autoinformadas de Emociones a Estímulos
Visuales Basados en el International Affective Picture
System**

**Evaluation of the Relationship Between Brain Activity
and Self-Reported Annotations of Emotions to Visual
Stimuli Based on the International Affective Picture
System**

Conciencia Tecnológica
núm. 67-B, p. 1 - 7, 2024
Instituto Tecnológico de Aguascalientes,
ISSN: 1405-5597