



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:  
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16  
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



Encontro Internacional de  
Educação em Engenharia ACOFI

## Modulación de respuestas emocionales a través de la escucha de música en personas mayores

**Julián Andrés González Serrano,  
Sandra Cancino Suárez**

**Alejandra Rizo Arévalo, Diana  
Carolina Cárdenas Poveda**

**Escuela Colombiana de Ingeniería  
Julio Garavito  
Bogotá, Colombia**

**Corporación Universitaria Minuto de  
Dios  
Bogotá, Colombia**

### Resumen

Las emociones se pueden definir como reacciones que preparan al cuerpo para una determinada acción y se presentan ante estímulos significativos para un organismo. Para su análisis, se ha demostrado que la señal de electroencefalografía (EEG) contiene gran cantidad de información inherente a los estados emocionales, como son cambios en las bandas beta y gamma, la potencia en la banda alfa y la asimetría entre las potencias de los hemisferios. Teniendo en cuenta el impacto en la respuesta emocional que tuvo el aislamiento obligatorio debido a la pandemia por COVID-19 en las personas mayores y la importancia de la música como estímulo para desencadenar y modular respuestas emocionales, se propone en esta investigación piloto como objetivo identificar cambios en la actividad electroencefalográfica causada por estímulos musicales en personas mayores que han estado aisladas durante la pandemia generada por el COVID-19. La metodología desarrollada para esta investigación parte de una prueba piloto con un solo participante, al que se le tomaron 6 registros de un minuto de duración cada uno. En el primero, el participante estuvo en silencio, en los siguientes 2 se le presentaron un estímulo relajante y uno activante seleccionado por él, posteriormente se le presentó ruido blanco y para finalizar, en los últimos 2 se le presentaron un estímulo relajante y uno activante seleccionado por el investigador. Sin embargo, solo se utilizó el primer y segundo registro, que hacen referencia al periodo de línea base y al del estímulo musical relajante. Los resultados indican que la respuesta emocional humana está relacionada principalmente con la banda de frecuencia gamma, además, la movilidad, complejidad, dimensión fractal de Higuchi y la densidad espectral de potencia (PSD) son las características que aportan más información sobre los cambios en la señal de electroencefalografía, producidos por las emociones.

**Palabras clave:** respuestas emocionales; EEG; personas mayores; escucha de música

## Abstract

*Emotions can be defined as reactions that prepare the body for a certain action and occur in response to stimuli that are significant for an organism. For its analysis, it has been demonstrated that the electroencephalography (EEG) signal contains a great amount of information inherent to emotional states, such as changes in the beta and gamma bands, the power in the alpha band and the asymmetry between the powers of the hemispheres. Taking into account the impact on the emotional response that the compulsory isolation due to the COVID-19 pandemic had on the elderly and the importance of music as a stimulus to trigger and modulate emotional responses, the objective of this pilot research is to identify changes in the electroencephalographic activity caused by musical stimuli in elderly people who have been isolated during the pandemic generated by COVID-19. The methodology developed for this research is based on a pilot test with a single participant, to whom 6 recordings of one minute each were taken. In the first one, the participant was in silence, in the following 2, he was presented with a relaxing stimulus and an activating stimulus selected by him, then he was presented with bank noise and finally, in the last 2, he was presented with a relaxing stimulus and an activating stimulus selected by the researcher. However, only the first and second recordings were used, which refer to the baseline period and the period of the relaxing musical stimulus. The results indicate that the human emotional response is mainly related to the gamma frequency band, in addition, mobility, complexity, Higuchi fractal dimension and power spectral density (PSD) are the characteristics that provide more information about the changes in the electroencephalography signal produced by emotions.*

**Keywords:** *emotional responses; EEG; elderly people; listening to music*

## 1. Introducción

Si bien no existe un consenso en la definición de las emociones, la mayoría de autores está de acuerdo en señalar que son fenómenos multifactoriales que ejercen una influencia sobre las personas y posibilitan su adaptación al medio (Moltó et al., 1999). De acuerdo con Lang (1968, 1995), las emociones son disposiciones para la acción que se originan ante estímulos significativos para un organismo y que se producen en tres sistemas reactivos: el cognitivo, el conductual, y el fisiológico. En cuanto a la estructura de las emociones, esta teoría propone la existencia de dimensiones generales no específicas sobre las cuales se localizan estados emocionales concretos, la valencia afectiva, que va desde de lo agradable hasta lo desagradable; la activación o arousal cuyo rango va de la excitación a la calma; y la dominancia o control percibido sobre la emoción (Ostrosky et al., 2003).

Las estrategias que permiten modular las respuestas emocionales son altamente deseables en las intervenciones que se realicen con cualquier tipo de población. Es así como la música se constituye en un estímulo relevante para este fin, debido a su vinculación con la generación de respuestas emocionales, la expresión emocional a través del baile y el canto y la vinculación con otras dimensiones de las personas como su sistema de creencias, afiliación con grupos, entre otras (Chanda & Levitin, 2013), siendo además una herramienta versátil, de fácil adquisición y bajo costo. Desde una perspectiva neurobiológica, se ha demostrado que los estímulos musicales activan



diferentes regiones cerebrales implicadas tanto en la percepción de la música, como en las emociones. Es así como la activación del tallo cerebral y el tronco encefálico son esenciales para la percepción del ritmo, y que estructuras anatómicas como la amígdala, el hipotálamo, el hipocampo, el tálamo, la corteza prefrontal, relevantes para la expresión emocional son activadas también por estímulos musicales (Yori, 2013).

Una de las ventajas del uso de la música es su capacidad para provocar emociones, siendo la escucha de música uno de los métodos más efectivos de inducción emocional (Fernández et al., 2018). Sin embargo, varía en función de diversas variables que incluyen el contexto, la intención del escucha, la preferencia musical y el tiempo de la escucha (Linnemann et al., 2018). Por tanto, el uso de la música no debe ser generalizado y se hace necesario identificar qué es ameno o aversivo para cada persona, pues las respuestas emocionales emitidas no suelen ser homogéneas debido a que las experiencias de las personas varían como también sus procesos de aprendizaje condicionados por diversas variables ambientales (Le-Doux, 2000).

A nivel biológico, la activación emocional está regulada por el sistema nervioso tanto a nivel periférico como central y el registro de actividad eléctrica cerebral en el proceso de activación emocional se ha estudiado a partir del electroencefalograma (EEG). Por ejemplo, en el estudio realizado por (Huang et al, 2021), se encontró que las bandas theta y alfa, en las áreas temporales y en el área prefrontal y lateral estaban más activas para la emoción positiva que para la negativa, y las áreas temporales laterales exhibieron una mayor activación en las bandas beta y gamma para la emoción positiva que para la emoción negativa. El EEG, permite el registro de actividad eléctrica cerebral, ha sido usado en contextos de investigación y clínicos, y ampliamente usado para estudiar las emociones a partir de la actividad eléctrica cerebral y pues se ve modificado en situaciones que implican frustración, interés, relajación, estrés, atención, entre otras (Du et al., 2022).

Por su parte, el envejecimiento es un proceso continuo que inicia con el nacimiento y finaliza con la muerte, en el que se evidencian cambios de orden morfológico, fisiológico y social característicos del ciclo vital que experimenta un organismo vivo (Arango & Ruiz, 2006). La vejez inicia, cronológicamente y acorde con el contexto colombiano, a partir de los sesenta (60) años (Marín & Orejuela, 2020) y se denomina a quienes se encuentran en esta etapa como “personas mayores” según indican los lineamientos del enfoque diferencial del del Ministerio de Interior (2016), no como “personas de la tercera edad”, ni “adulto mayor” dos términos excluyentes.

La población de personas mayores fue altamente impactada en el contexto de la emergencia sanitaria debido a la propagación del virus SARS-CoV-2 o COVID-19 que fue declarada el 30 de enero de 2020 por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020). En Colombia se emitió el Decreto 457 del 22 de marzo de 2020, donde se estableció el aislamiento social preventivo obligatorio para todo el territorio nacional que si bien, era necesario para controlar el virus generó repercusiones sociales en las personas mayores intensificando acciones invisibilizadas antes de la pandemia como la ausencia en las relaciones sociales, restringiendo más su movilidad (Ortiz & Rivera, 2015) y generando impactos en su salud mental. De acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social (2020) el 29% de las personas mayores a nivel nacional presentó en junio de



2020 trastornos relacionados con estrés que repercuten directamente en su estado emocional facilitando la aparición de falta de propósito y desesperanza, ansiedad incrementada y depresión (Ordoñez & Sánchez, 2020). En cuanto al componente fisiológico de la emoción este tipo de trastornos implican la aparición de taquicardia, aumento en la sudoración y en la presión sanguínea (Mehrabian, y Russell, 1974; Martínez et al., 2015) y en el componente cognitivo de la emoción las personas con trastornos relacionados con estrés han reportado un incremento en sentimientos de soledad y abandono (Ortiz & Rivera, 2015).

Apuntándole a la problemática expuesta, el presente estudio, que hace parte de un macroproyecto de investigación denominado "*Plan de acompañamiento para la modulación de respuestas emocionales a través de la escucha de música en personas mayores que han estado aisladas durante la pandemia generada por el COVID-19*", busca aportar a la generación de estrategias que permitan modular las respuestas emocionales considerando que desde hace algunos años, el uso de la música en instituciones dirigidas a personas mayores ha incrementado, existiendo evidencia de su eficiencia para la mejora de la calidad de vida en esta población (Hays & Minichiello, 2005). Al respecto, Serrano et al (2004) reportaron que la provocación de emociones a partir de estímulos musicales en personas mayores podría desencadenar procesos de autorregulación emocional, que contribuyeron a mejorar su estado de ánimo y su estado cognitivo y Stewart et al. (2019) exploraron el impacto de los hábitos de la escucha de música en el estado del ánimo, demostrando la efectividad en el uso de música para la regulación emocional y autoconsciencia en personas con tendencia a la depresión. Por lo anterior el siguiente estudio piloto tiene como objetivo identificar cambios en la actividad electroencefalográfica (EEG) causada por estímulos musicales en personas mayores que han estado aisladas durante la pandemia generada por el COVID-19.

## 2. Método y Materiales

La metodología desarrollada para esta investigación parte de una prueba piloto con un solo participante, cuyo objetivo es identificar un cambio en la señal de electroencefalografía (EEG) causada por estímulos musicales.

### 2.1 Materiales e instrumentos

**Equipo EEG:** Para la adquisición de la señal de EEG se usó el equipo Enobio, el cual cuenta con 32 canales y tiene una frecuencia de muestreo de 500Hz.

**Canales seleccionados:** Se utilizaron 10 electrodos correspondientes a: Fp1, Fp2, Af3, Af4, F3, F4, T7, T8, P7, P8. Debido a que, al ser la población objetivo personas mayores, utilizar más electrodos podría incomodar a los participantes. Por otro lado, la información emocional se procesa en el córtex prefrontal (Santos et al, 2020); el lóbulo temporal es el responsable del sentido del oído y el lóbulo parietal se encarga de integrar la información sensorial (Alarcão et al, 2009).

**Piezas musicales y sonidos:** se emplearon tres estímulos sonoros de un minuto de duración: un ruido blanco, un fragmento de una pieza musical relajante y una activante elegidos de



acuerdo con sus características de tiempo, timbre, modalidad armónica y expectativas del oyente (Rickard et al. 2012).

Pieza musical relajante: canon en re mayor de Pachelbel (empleada por Knight & Rickard, 2001). Caracterizada por tempo lento, timbre cálido y cadencias resueltas.

Pieza musical activante: sinfonía número 70 en re mayor de Joseph Haydn (empleada por Kreutz et al., 2008). Caracterizada por tempo rápido, timbre estridente y porque rompe las expectativas del oyente.

## 2.2 Procesamiento de la señal

Las señales obtenidas se dividieron en ventanas de 1s, con un solapamiento entre ventanas del 80%, con el propósito de obtener la mayor cantidad de información posible. Posteriormente, cada ventana de la señal fue filtrada con el objetivo de extraer las bandas de frecuencia beta y gamma, ya que estas bandas están fuertemente correlacionadas con las emociones (Islam et al, 2021). Los filtros fueron diseñados usando la transformada discreta de wavelet. Para esto se empleó la wavelet madre Daubechies 9, puesto que esta tiene una forma de onda muy similar a la forma de las ondas beta y gamma.

Con cada fragmento de la señal filtrada, se calcularon los parámetros de Hjorth, actividad, movilidad y complejidad, ya que estos caracterizan el EEG en términos de amplitud, escala temporal y complejidad (Kalansooriya et al, 2020). Su cálculo matemático se muestra en las ecuaciones (1), (2) y (3). Donde,  $x$  es la señal utilizada,  $d$  y  $g$  corresponden a la primera y segunda derivada de la señal respectivamente:

$$\text{Actividad} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} \quad (1)$$

$$\text{Movilidad} = \sqrt{\frac{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N}}{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N}}} \quad (2)$$

$$\text{Complejidad} = \sqrt{\frac{\frac{\sum_{i=1}^N g_i^2}{N}}{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N}} - \frac{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N}}{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N}}} \quad (3)$$

Adicionalmente se calcula la densidad espectral de potencia (PSD), que define la señal como la cantidad de potencia en cada banda de frecuencia (Zamanian et al, 2018); la dimensión fractal de Higuchi, que proporciona una mejor comprensión de la propiedad no lineal del EEG (Liu et al, 2014) y la entropía de Shannon, ya que el cambio en la entropía de las señales de EEG muestra un cambio real en la función de la corteza cerebral (Zamanian et al, 2018). Estas características se calculan con base a las ecuaciones (4), (5) y (6) respectivamente.



$$PSD = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^{L-1} \left( \frac{1}{2\pi N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} wn_n x_n e^{-j2\pi f n} \right|^2 \right) \quad (4)$$

Donde, L es el número de ventanas,  $x_n$  es la señal y  $wn_n$  es la función de ventana.

$$Dimensión fractal = \frac{\left( \sum_{i=1}^{\lfloor \frac{N-m}{k} \rfloor} |x[m+ik] - x[m+(i-1)k](N-1)| \right)}{\left( \lfloor \frac{N-m}{k} \rfloor \right) k} \quad (5)$$

Donde, m indica el lugar en donde se inicia a analizar la señal y k es la resolución.

$$Entropía de Shannon = \sum_{i=0}^{N-1} p_i \log \log \left( \frac{1}{p_i} \right) \quad (6)$$

Donde, p es la probabilidad de que ocurra un evento i.

### 3. Resultados

Para esta investigación se procesaron solo los dos primeros registros, ya que los últimos 4 estaban contaminados con ruido procedentes de una falla en el equipo. Como resultado se obtuvieron 2 matrices, una corresponde al periodo de línea base y otra al periodo del estímulo. Cada columna de estas matrices corresponde al valor resultante de calcular una característica en cada segmento en el que fue dividida la señal y serán utilizadas como entradas de las pruebas estadísticas.

Para determinar que la diferencia entre el valor de las características en línea base tiene una diferencia significativa con el del estímulo musical se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para determinar la distribución de los datos de una sola muestra, los resultados obtenidos señalan que los datos no son normales y teniendo en cuenta que son pareados se aplica la prueba estadística no paramétrica de rango firmada por Wilcoxon que permite establecer los valores p resultantes (ver tabla 1 y 2), si estos son menores a 5E-02 se acepta la hipótesis nula, es decir que las diferencias en el EEG entre los estados de línea base y el estímulo musical no es significativa. De lo contrario se rechaza la hipótesis nula, lo que establece que si hay diferencias significativas en el EEG entre estos dos estados.

Tabla 1. Valores  $p$  obtenidos Wilcoxon para línea base y actividad en la banda gamma del estímulo musical relajante.

Canal	Actividad gamma	Movilidad gamma	Complejidad gamma	Dimensión fractal gamma	PSD gamma	Entropía gamma
P7	*6,96E-10	*1,05E-28	*3,97E-29	*1,14E-11	*4,29E-44	*1,24E-03
P8	9,45E-01	*7,05E-17	*9,52E-25	*3,90E-34	*6,91E-42	*2,35E-17
T8	*3,80E-02	*5,47E-14	*7,21E-21	*4,36E-25	*1,90E-42	*2,95E-09
F4	*3,65E-18	*2,18E-07	*2,51E-03	*2,72E-07	*8,40E-34	*4,10E-08
Fp2	*2,00E-27	*3,77E-22	*3,79E-23	*2,36E-12	*2,72E-06	*6,75E-25
F3	*1,97E-02	*5,81E-12	*1,69E-08	*2,10E-18	*5,83E-20	7,86E-01
Fp1	*4,12E-31	*4,25E-21	*2,69E-19	*1,34E-20	*8,34E-12	*3,82E-06
T7	*6,08E-04	*1,90E-17	*5,15E-11	*2,63E-08	*4,67E-43	*1,80E-10
AF4	*2,74E-10	*8,49E-20	*8,39E-20	*5,99E-14	*1,14E-26	2,53E-01
AF3	*5,84E-22	*2,78E-23	*2,88E-23	*6,10E-30	*3,88E-10	7,25E-02

Nota: El asterisco (\*) indica valores estadísticamente significativos.

Los resultados obtenidos en la tabla 1 indican que solo en las características de actividad y entropía de Shannon hay canales que tiene un valor  $p$  mayor a  $5E-02$ , en otras palabras, solo en estas dos características hay electrodos en los cuales el EEG no presenta un cambio significativo entre línea base y estímulo, lo cual demuestra que la banda gamma aporta información valiosa con respecto a los cambios producidos en el EEG causados por las emociones. Adicionalmente, se puede afirmar que las características con mayor capacidad discriminadora son la movilidad, complejidad, dimensión fractal de Higuchi y la PDS, ya que en todos los canales presentan un valor  $p$  menor a  $5E-02$ . Por el contrario, se puede observar en la tabla 2 que en todas las características y en al menos un canal se reportan valores  $p$  mayores a  $5E-02$ , lo que indica que la banda beta no es tan útil para el reconocimiento de emociones.

Finalmente, es posible afirmar que la asimetría en la PSD entre hemisferios contrarios es un buen indicativo para el reconocimiento de emociones, ya que la diferencia en esta característica es estadísticamente significativa, tal como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 2. Valores  $p$  obtenidos Wilcoxon para línea base y actividad en la banda beta del estímulo musical relajante.

Canal	Actividad beta	Movilidad beta	Complejidad beta	Dimensión fractal beta	PSD beta	Entropía beta
P7	*3,86E-04	*1,32E-14	1,99E-01	*1,28E-13	*6,96E-10	6,19E-02
P8	*5,17E-12	*5,56E-05	6,05E-02	*6,99E-04	9,45E-01	5,13E-01
T8	*9,33E-05	*4,10E-02	9,20E-01	6,06E-01	*3,80E-02	5,11E-01
F4	*1,42E-10	*4,28E-04	1,99E-01	*1,24E-03	*3,65E-18	7,94E-01
Fp2	*5,61E-32	*6,61E-33	*2,69E-04	*4,31E-35	*2,00E-27	*8,32E-09
F3	*1,94E-09	6,57E-01	4,15E-01	6,46E-01	*1,97E-02	1,34E-01
Fp1	*7,71E-32	*1,13E-19	*3,34E-05	*5,92E-24	*4,12E-31	*3,52E-11
T7	1,11E-01	*5,85E-13	9,67E-01	*1,02E-15	*6,08E-04	7,43E-01
AF4	*3,87E-19	*2,13E-13	3,60E-01	*5,63E-09	*2,74E-10	9,46E-01
AF3	*2,43E-32	*7,89E-22	*1,08E-05	*4,13E-28	*5,84E-22	*2,03E-04

Nota: El asterisco (\*) indica valores estadísticamente significativos.

Tabla 3. Valores  $p$  obtenidos de la prueba U de Mann-Whitney a pares de electrodos.

Canal	PSD gamma	PSD beta
P7-P8	*2,60E-85	*9,22E-20
T7-T8	*3,05E-107	*1,37E-84
F3-F4	*7,38E-21	*1,95E-07
Fp1-Fp2	*5,86E-26	*2,58E-04
Af3-Af4	*1,63E-74	*2,14E-16

Nota: El asterisco (\*) indica valores estadísticamente significativos.

Adicionalmente, se tomó la PSD calculada en el registro capturado al presentarle al participante el estímulo, posteriormente se le aplica la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para datos no parámetros e independientes, a estos pares de electrodos "P7-P8", "T7-T8", "F3-F4", "Fp1-Fp2", "Af3-Af4", con el fin de determinar si la asimetría en la PSD entre hemisferios es significativamente diferente. Los valores  $p$  resultantes (ver tabla 3), indican que existe asimetría estadísticamente significativa en la PSD de las bandas gamma y beta, adicionalmente se observa una mayor asimetría en la PSD en los lóbulos temporal y parietal, en comparación con el lóbulo frontal.

#### 4. Discusión de resultados

En el presente estudio se encontró que la banda gamma aporta información de particular relevancia sobre los cambios producidos en el EEG, causados por emociones, lo cual es consecuente con lo que reportan Jatupaiboon et al, (2013) quienes mencionan que las bandas de alta

frecuencia están relacionadas con la valencia de la emoción. A su vez Li et al, (2009) mencionan que la banda gamma se puede utilizar para clasificar la felicidad y la tristeza con alta resolución temporal. Estos resultados también son consistentes con que la respuesta emocional humana está relacionada principalmente con las bandas de alta frecuencia más que con las bandas bajas (Nie et al, 2011).

Por otro lado, los resultados demostraron que la movilidad, complejidad, la dimensión fractal de Higuchi y la PSD tenían un buen rendimiento. En el estudio de Ansari et al., (2007) se evaluaron dos métodos de reconocimiento de emociones, el primero con 64 canales y el segundo con 5. Para la clasificación se emplean los parámetros de Hjorth y la dimensión fractal. Como resultado, se reporta que la reducción de canales conduce solo a una pérdida leve de la tasa de precisión, lo que indica que las características seleccionadas son eficaces, lo cual está alineado con los resultados obtenidos en el presente estudio. Adicionalmente Nie et al., (2011) reportaron modelos de reconocimiento de emociones con un intervalo de precisión del 80% al 90% que basan su funcionamiento en la PSD extraída de la señal de EEG; que evidencia la robustez de esta característica en el reconocimiento de emociones, en relación con nuestros resultados.

Para finalizar se encontraron diferencias significativas en la PSD calculada entre los pares de canales de la misma región cerebral, pero ubicados en hemisferios contrarios, lo que significa que posiblemente la asimetría del valor de la PSD entre hemisferios es una buena discriminante para el reconocimiento de emociones. Lo anterior es congruente con el estudio realizado por Li et al., (2018), quienes realizaron un modelo de reconocimiento de emociones cuyo funcionamiento se basaba en la teoría de la asimetría entre hemisferios. En la presente investigación se obtuvo una precisión superior a la que ellos encontraron en la literatura.

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

Los resultados presentados demuestran que los canales escogidos para el piloto y la banda gamma aportan información útil acerca de los cambios producidos en EEG, causados por emociones inducidas por estímulos musicales. Además, se encontró que cuatro de las seis características escogidas muestran cambios estadísticamente significativos en los estados de línea base y estímulo. Como trabajo futuro, se plantea repetir el protocolo con un mayor número de participantes y hacer uso de dos tipos de estímulos; relajantes y activantes, con la finalidad de entrenar modelos de machine learning, como: máquinas de soporte vectorial, bosques aleatorios, redes neuronales profundas, que clasifiquen 4 dimensiones de las emociones; relajante; activante; agradable y desagradable. Así mismo, integrar a la interfaz instrumentos de evaluación psicológica para las emociones como el Inventario de Ansiedad Rasgo-Estado IDARE y Maniquí de autoevaluación (Self-Assessment Manikin. SAM).

## 6. Agradecimientos

Este estudio agradece el trabajo realizado para su ejecución a Santiago López-Sánchez, María Paula Gamboa-Pinilla, Laura Natalia Bernal Camacho, Daniel Felipe López Casallas, Yully



Nathalia Medina Pineda, Yorland Styben Arévalo Hernández estudiantes investigadores del Semillero de Neurociencia Básica y Clínica del Programa de Psicología Presencial UNIMINUTO y a Yosline Katerinn Loaiza y Fabio Andrés Franco Beltrán estudiantes investigadores del Semillero PROMISE del Programa de Ingeniería Biomédica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. También agradece a la Dirección de Investigaciones de UNIMINUTO sede presencial, quienes financiaron de manera parcial el proyecto del que se deriva el presente trabajo.

## 7. Referencias

### Artículos de revistas

- Alarcão, S.M. and Fonseca, M.J. (2019). Emotions Recognition Using EEG Signals: A Survey. IEEE Transactions on Affective Computing, Vol. 10, No. 3.
- Chanda, M. L., and Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. Trends in cognitive sciences, Vol. 17, No. 4, pp- 179-193. DOI: 10.1016/j.tics.2013.02.007.
- Huang, H., Xie, Q., Pan, J., He, Y., Wen, Z., Yu, R. and Li, Y. (2021). An EEG-Based Brain Computer Interface for Emotion Recognition and Its Application in Patients with Disorder of Consciousness. IEEE Transactions on Affective Computing, Vol. 12.
- Islam, R., Islam M., Rahman, M., Singha, S.K., Ahmad, M., Awal, A., Islam, S. and Moni, M.A. (2021). EEG Channel Correlation Based Model for Emotion Recognition. Computers in Biology and Medicine, Vol. 136.
- Marín, C. A. R. and Orejuela, J. J. (2020). Vejez y ser persona vieja: una aproximación al estado del arte de la cuestión. Diversitas, Vol. 16, No. 1, pp. 93-112.
- Moltó, J., Montañés, S., Gil, R. P., Cabedo, P. S., Verchili, M. C. P., Irún, M. P. T., ... & Santaella, M. D. C. F. (1999). Un método para el estudio experimental de las emociones: el International Affective Picture System (IAPS). Adaptación española. Revista de psicología general y aplicada: Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología, Vol. 52. No.1, pp. 55-87.
- Ordoñez, R y Sánchez, J. (2020). El aislamiento del adulto mayor por el COVID-19: consecuencias e intervenciones psicosociales durante la cuarentena, *Studia Zamorensia*, Vol. 19, pp. 33-41.
- Ortiz, Z. and Rivera, E. (2015). Realidad social del adulto mayor, con relación al aislamiento dentro del entorno familiar, *Ingenio Social. Revista Científica de Trabajo Social*, Vol. 4, pp. 29-37.
- Zamanian, H. and Farsi, H. (2018). A New feature extraction method to Improve Emotion Detection Using EEG Signals. *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, Vol. 17, No. 1, pp. 29-44.
- Lang, P. J. (1995). The Emotion Probe: Studies of Motivation and Attention. *American Psychologist*, Vol. 50, pp. 372-385.
- Kreutz G, Ott U, Teichmann D, Osawa P, Vaitl D. Using music to induce emotions: Influences of musical preference and absorption. *Psychology of Music*. 2008; Vol. 36, No.1, pp. 100-127. DOI: <https://doi.org/10.1177/0305735607082623>
- Knight, W. & Rickard, N. (2001). Relaxing music prevents stress-induced increases in subjective anxiety, systolic blood pressure, and heart rate in healthy males and females. *Journal of Music Therapy*, Vol. XXXVIII, No. 4, pp. 254-272.
- Rickard, N. S., Wong, W. W., & Velik, L. (2012). Relaxing music counters heightened consolidation of emotional memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, Vol. 97, No. 2, pp. 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2011.12.005>
- Ostrosky Solís, F., Chayo Dichy, R., Castillo Parra, G., Vélez García, A. E., & Arias García, N. (2003). Valencia, activación, dominancia y contenido moral, ante estímulos visuales con contenido



- emocional y moral un estudio en población mexicana. *Revista Española de Neuropsicología*, Vol. 5, No. 3–4, pp. 213–225. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1128645>
- Du, J.; Yin, J.; Chen, X.; Hassan, A.; Fu, E.; Li, X. (2022). Electroencephalography (EEG)-Based Neural Emotional Response to Flower Arrangements (FAs) on Normal Elderly (NE) and Cognitively Impaired Elderly (CIE). *Int. J. Environ. es. Public Health*, Vol. 19, pp. 3971. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073971>
  - Yori, A. (2013). Efectos de los infrasonidos en la conducta humana (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).
  - Sánchez-Navarro, J. P., & Román, F. (2004). Amígdala, corteza prefrontal y especialización hemisférica en la experiencia y expresión emocional. *Anales de Psicología*, Vol. 20, No. 2, pp. 223–240. [https://www.um.es/analesps/v20/v20\\_2/05-20\\_2.pdf](https://www.um.es/analesps/v20/v20_2/05-20_2.pdf)
  - Linnemann, A., Wenzel, M., Grammes, J., Kubiak, T., & Nater, U. M. (2018). Music listening and stress in daily life—a matter of timing. *International journal of behavioral medicine*, Vol. 25, No. 2, pp. 223-230. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12529-017-9697-5>
  - Fernández, A.; Martínezz, A.; Moncho, J.; Latorre, J.M.; y Fernández. (2018) A. Neural Correlates of Phrase Quadrature Perception in Harmonic Rhythm: An EEG Study Using a Brain–Computer Interface. *Int. J. Neural Syst.* Vol. 28, pp. 1750054

## Libros

- Mehrabian, A. y Russell, J. (1974). *An Approach to Environmental Psychology*; The MIT Press: Cambridge, MA, USA.
- Martínez, A., Zangróniz, R., Pastor, J. and Fernández, C. (2015). Arousal Level Classification in the Ageing Adult by Measuring Electrodermal Skin Conductivity. *Ambient Intelligence for Health*; Bravo, J., Hervás, R., Villarreal, V., Eds.; Springer: Heidelberg, Germany; pp. 213–223.
- Arango, V., & Ruiz, I. (2006). Diagnóstico de los adultos mayores de Colombia. Documento de investigación de la Fundación Saldarriaga Concha. Bogotá, pp. 1-19.
- Lang, P. J. (1968). Fear reduction and fear behavior: Problems in treating a construct. In *Research in psychotherapy conference*, 3rd, May-Jun, 1966, Chicago, IL, US. American Psychological Association.
- LeDoux, J. (2000). Cognitive-Emotional Interaction: Listen to The Brain. En R.D. Lane & L. Nadel (Eds.). *Cognitive Neuroscience of Emotion* (pp. 129155). Nueva York: Oxford University Press.

## Memorias de congresos

- Ansari-Asl, K., Chanel, G. and Pun, T. (2007). A CHANNEL SELECTION METHOD FOR EEG CLASSIFICATION IN EMOTION ASSESSMENT BASED ON SYNCHRONIZATION LIKELIHOOD. *Proceedings of 15th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2007)*, Poznan.
- Jutapaiboon, N., Pan-ngum, S. and Israsena, P. (2013). Emotion Classification using Minimal EEG Channels and Frequency Bands. *Proceedings of 2013 10th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, Khon Kaen.
- Kalansooriya, P., Ganepola, G.A.D. and Thalagala, T.S. (2020). Affective gaming in real-time emotion detection and music emotion recognition: Implementation approach with electroencephalogram. *Proceedings of 2020 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE)*, Colombo.
- Li, M. and Lu, B. (2009). Emotion Classification Based on Gamma-band EEG. *Proceedings of 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Minneapolis.



- Li, Y., Zheng, W., Cui, Z., Zhang, T. and Zong, Y. (2018). A Novel Neural Network Model based on Cerebral Hemispheric Asymmetry for EEG Emotion Recognition. Proceedings of Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence.
- Liu, Y. and Sourina, O. (2014). EEG-based subject-dependent emotion recognition algorithm using fractal dimension. Proceedings of 2014 IEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), San Diego.
- Nie, D., Wang, X., Shi, L. and Lu, B. (2011). Li, M. and Lu, B. (2009). EEG-based emotion recognition during watching movies. Proceedings of 2011 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering, Cancun.
- Santos, E.J. and McMullen, K. (2020). The Design of an Algorithmic Modal Music Platform for Eliciting and Detecting Emotion. Proceedings of 2020 8th International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI), Gangwon.

### Fuentes electrónicas

- Ministerio del Interior de Colombia (2016). Lineamientos enfoque diferencial vejez y envejecimiento: Personas Mayores. Consultado el 05 de junio de 2022 en <https://www.mininterior.gov.co/node/11241>.
- Ministerio de Salud y de Protección Social de Colombia. (2020, diciembre). Boletines Poblacionales: Personas Adultas Mayores de 60 años Oficina de Promoción Social Ministerio de Salud y Protección Social I-2020. Consultado el 31 de mayo de 2022 en <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/280920-boletines-poblacionales-adulto-mayor-2020.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (27 de abril de 2020). COVID-19: cronología de la actuación de la OMS. Consultado el 01 de junio de 2022 en <https://www.who.int/es/news-room/detail/08-04-2020-who-timeline-covid-19>

### Sobre los autores

- **Julián González:** Estudiante de Ingeniería Biomédica. Integrante del Semillero de Investigación en Procesamiento de Imágenes y Señales PROMISE. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito-Universidad del Rosario. [julian.gonzalez-se@mail.escuelaing.edu.co](mailto:julian.gonzalez-se@mail.escuelaing.edu.co)
- **Alejandra Rizo:** Psicóloga, Especialista en Evaluación y Diagnóstico Neuropsicológico, Máster en Neurociencia y Cognición Universidad de Navarra-España. Profesora Asociada UNIMINUTO [alejandra.rizo@uniminuto.edu](mailto:alejandra.rizo@uniminuto.edu)
- **Diana Cárdenas:** Psicóloga, Magister en Psicología Universidad de Nacional de Colombia. Profesora Asistente UNIMINUTO [dcardenas@uniminuto.edu](mailto:dcardenas@uniminuto.edu)
- **Sandra Cancino:** Ingeniera Electrónica, Máster en Ingeniería, Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad del Norte, Profesora Asistente, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. [sandra.cancino@escuelaing.edu.co](mailto:sandra.cancino@escuelaing.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

