



Universidad Autónoma del Estado de Morelos

MAESTRÍA EN CIENCIAS COGNITIVAS

PROCESAMIENTO EMOCIONAL ANTE ESTÍMULOS MÚSICA-COLOR Y SU  
RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA EN PERSONAS CON DEPRESIÓN

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS COGNITIVAS

P R E S E N T A:

Pablo Valdés Alemán

**Directora de Tesis:** - Dra. Ma. de la Cruz Bernarda Téllez Alanís

**Comité Tutorial:** - Dra. Diana Armida Platas Neri

- Dra. Bruma Palacios Hernández

**Comisión Revisora:** - Dra. Ma. de la Cruz Bernarda Téllez Alanís

- Dra. Diana Armida Platas Neri

- Dra. Bruma Palacios Hernández

- Dr. Jorge Pablo Oseguera Gamba

- Dra. Alma Janeth Moreno Aguirre

Cuernavaca, Morelos

FEBRERO 2024

*Declaro que esta Tesis es mi propio trabajo a excepción de las citas en las que se ha dado crédito a los autores. Asimismo, que este trabajo no ha sido presentado previamente para la obtención de algún otro grado profesional o equivalente.*

*Este proyecto cuenta con el aval del Comité de Ética en Investigación del Centro de Investigación Transdisciplinaria en Psicología (protocolo 300822-83), para informes de dictamen y vigencia, escribe al correo [cei.citpsi@uaem.mx](mailto:cei.citpsi@uaem.mx)*

*En el marco del proyecto de esta tesis se realizaron las siguientes actividades:*

- *Impartición del taller teórico-práctico “El electroencefalograma (EEG) en la investigación cognitiva”, en el LNNC del CITPsi, UAEM (06, 13, 20 y 27 de octubre de 2023).*
- *Presentación de resultados del Segundo Estudio, bajo el título “Emotional Response to Music-Color Stimuli”, en SysMus23, University of Sheffield (18 de octubre de 2023).*
- *Presentación de resultados del Primer Estudio en el cartel/video titulado “Electroencephalographic activity patterns evoked by colors and associated emotions”, en Neuroscience 2023, SfN (del 02 de noviembre al 15 de diciembre de 2023).*
- *Conclusión de estancia de investigación en el Laboratorio de Neurogenómica Cognitiva de la Facultad de Psicología, UNAM (de agosto a noviembre de 2023).*
- *Artículo de divulgación: Valdés-Alemán, P. (2023). Degustar un cheesecake en Do Mayor: el placer musical y su función biológica adaptativa. *Revista Digital Universitaria*, 23(3).  
<https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.3.4>*
- *Artículo de investigación: Valdés-Alemán, P., Téllez-Alanís, B., y Zamudio-Gurrola, A. (2024). Brain Electrical Patterns Associated with Pleasure and Emotion Induced by Tonal and Atonal Music. *Behavioral Neuroscience*.  
<https://doi.org/10.1037/bne0000588>*

## Resumen

Dado el fenómeno del vínculo emocional que existe entre música y color, este proyecto exploró los posibles efectos terapéuticos en personas con depresión, al presentarles estímulos combinados de música con color que, en conjunto, evocan emociones positivas y placenteras. El proyecto se dividió en tres partes, con el fin de subsanar los vacíos en la literatura. Primero se evaluaron los 37 colores del *Berkeley Color Project* como estímulos capaces de evocar emociones y placer, distinguibles mediante los modelos de asimetría frontal de alfa (FAA) y de theta con electroencefalografía (EEG). El segundo estudio exploró los posibles efectos sinérgicos al combinar música y color de emoción congruente –i.e., misma emoción–, mediante respuestas subjetivas y EEG. Por último, se probó el impacto de estímulos música-color positivos y placenteros sobre el estado de ánimo de personas con depresión, a partir de sus respuestas subjetivas y EEG. Se encontró que los colores brillantes, alegres y placenteros se asocian con una mayor activación –supresión de alfa– frontal izquierda, de acuerdo con el modelo de FAA. En lugar de un efecto sinérgico, los hallazgos mostraron un predominio emocional hacia la música, reafirmando su poder emocional por encima del color. Por último, los resultados del tercer estudio demostraron una mejora en el estado de ánimo en las personas con sintomatología depresiva tras la estimulación. Estos resultados podrían informar a profesionales de la salud mental sobre nuevos métodos terapéuticos para ayudar a pacientes con depresión, al conjuntar la musicoterapia con la cromoterapia.

*Palabras Clave:* música, color y emoción; patrones de actividad EEG; Berkeley Color Project; musico-cromoterapia; depresión.

## Abstract

Given the phenomenon of the emotional link between music and color, this project explored the possible therapeutic effects on people with depression by presenting them with combined music-color stimuli that collectively evoke positive and pleasant emotions. The project was divided into three parts to address gaps in the literature. Firstly, the 37 colors from the Berkeley Color Project were evaluated as stimuli capable of evoking emotions and pleasure, distinguishable through the frontal alpha (FAA) and theta asymmetry models using electroencephalography (EEG). The second study explored the potential synergic effects by combining music and color of congruent emotion –i.e., the same emotion– using subjective responses and EEG. Lastly, the impact of positive and pleasant music-color stimuli on the mood of individuals with depression was tested based on their subjective responses and EEG. It was found that bright, joyful, and pleasant colors are associated with increased activation –alpha suppression– in the left frontal region of the scalp, according to the FAA model. Instead of a synergic effect, the results showed an emotional predominance towards music, reaffirming its emotional power over color. Finally, the results of the third study demonstrated an improvement in the mood of individuals with depressive symptoms following the stimulation. These findings could inform mental health professionals about new therapeutic methods to assist patients with depression by combining music therapy with chromotherapy.

*Keywords:* music, color, and emotion; EEG activity patterns; Berkeley Color Project; music-chromotherapy; depression.

## Tabla de Contenido

1. Introducción .....	9
2. Revisión de la Literatura .....	14
2.1. Música, Color y Emoción .....	14
2.2. Patrones de Actividad Electroencefalográfica por Emoción .....	24
2.2.1. Estimulación con Música.....	26
2.2.2. Estimulación con Color .....	32
2.2.3. Estimulación con Música-Color .....	35
2.2.4. Estimulación con Música-Color en Personas con Depresión .....	38
3. Planteamiento del Problema .....	53
4. Primer Estudio: Color y Emoción .....	56
4.1. Pregunta de Investigación .....	56
4.2. Objetivo .....	56
4.3. Hipótesis.....	56
4.4. Justificación.....	56
4.5. Método .....	57
4.5.1. Participantes.....	58
4.5.2. Materiales y Estímulos.....	58
4.5.3. Procedimiento .....	61
4.5.4. Registro Electroencefalográfico .....	62
4.5.5. Obtención de la Señal.....	62
4.5.6. Análisis de Datos .....	63
4.6. Resultados .....	64
4.7. Discusión.....	69
5. Segundo Estudio: Música-Color y Emoción.....	74
5.1. Pregunta de Investigación .....	74
5.2. Objetivo .....	74
5.3. Hipótesis.....	74
5.4. Justificación.....	74
5.5. Método.....	75
5.5.1. Participantes.....	75
5.5.2. Materiales y Estímulos.....	76

5.5.3. <i>Procedimiento</i> .....	78
5.5.4. <i>Registro Electroencefalográfico</i> .....	78
5.5.5. <i>Obtención de la Señal</i> .....	79
5.5.6. <i>Análisis de Datos</i> .....	79
5.6. Resultados .....	80
5.7. Discusión.....	85
6. Tercer Estudio: Música-Color, Emoción y Depresión.....	89
6.1. Pregunta de Investigación .....	89
6.2. Objetivo .....	89
6.3. Hipótesis.....	89
6.4. Justificación.....	89
6.5. Método.....	90
6.5.1. <i>Participantes</i> .....	91
6.5.2. <i>Materiales y Estímulos</i> .....	94
6.5.3. <i>Procedimiento</i> .....	96
6.5.4. <i>Registro Electroencefalográfico</i> .....	97
6.5.5. <i>Obtención de la Señal</i> .....	97
6.5.6. <i>Análisis de Datos</i> .....	97
6.6. Resultados .....	100
6.7. Discusión.....	108
7. Discusión General.....	112
8. Conclusión .....	114
9. Agradecimientos.....	115
10. Referencias.....	117

## Tabla de Figuras

<b>Figura 1. Estímulos utilizados en el Primer Estudio .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 2. Correlaciones entre las variables de las respuestas subjetivas .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 3. Correlaciones entre las variables de las respuestas subjetivas y electrofisiológicas .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 4. Comparación de Promedios VIP de los colores seleccionados y los controles .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 5. Comparación de promedios en Predominio para los estímulos combinados .....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 6. Comparación entre estímulos para la banda Theta.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 7. Diferencias entre grupos para las respuestas subjetivas ante la estimulación .....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 8. Comparación entre grupos para los promedios de Predominio ante el estímulo.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 9. Diferencias en Valencia entre Pretest y Postest .....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 10. Diferencias entre Pretest y Postest en la dimensión de Estado Deprimido (POMS).....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 11. Correlaciones entre datos subjetivos y electrofisiológicos ante el estímulo.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 12. Correlaciones entre datos subjetivos y electrofisiológicos por momento .....</b>	<b>107</b>

## Tablas

<b>Tabla 1. Tabla de estímulos (colores y controles) ordenados de mayor a menor promedio .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 2. Tabla de estímulos musicales ordenados de mayor a menor promedio .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 3. Comparaciones entre condiciones de estímulos para las variables de Valencia e Intensidad.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 4. Comparaciones entre condiciones de estímulos para la variable de Placer y Promedio VIP .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 5. Características de la muestra para los tres grupos del Tercer Estudio .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 6. Diagnósticos clínicos emitidos por el programa de Salud Mental del CITPsi .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 7. Adaptación al Español del Perfil de Estados de Ánimo (POMS) por Andrade <i>et al.</i> (2013) .....</b>	<b>95</b>

## 1. Introducción

Este proyecto de investigación parte de la inquietud de continuar explorando el fenómeno de asociación entre música y color. Tal como lo menciona Dissanayake (2001), se piensa que la música, desde sus orígenes evolutivos en la especie humana, ha sido multimodal –i.e., que integra múltiples vías sensoriales– por las asociaciones que se producen entre el sonido, el movimiento, la orientación espaciotemporal, y las emociones. Es decir, que la asociación multimodal es un fenómeno inherente de la experiencia musical. En ese sentido, no es de sorprender que, así como existen vínculos entre la percepción musical y la percepción kinestésica, o bien, con la percepción emocional, igualmente es posible encontrar la relación entre lo auditivo y lo visual –p. ej., música y color–.

La hipótesis del vínculo música-color mediado por emoción, propuesta por Palmer *et al.* (2013), está siendo cada vez más estudiada y puesta a prueba (ver revisiones de Spence, 2020; Spence y di Stefano, 2022; Valdés-Alemán, en redacción). De acuerdo con esta hipótesis, la música y el color son dos estímulos capaces de evocar emociones por separado, por lo cual, cuando las personas llegan a hacer asociaciones entre música y color, simplemente escogen aquellos pares que evocan la misma emoción (Palmer, 2015).

Si ambos estímulos son capaces de evocar emociones, y las personas suelen vincularlos por su emoción en común, el efecto emocional en conjunto podría ser aún mayor. Este efecto, al cual se referirá en este trabajo como efecto sinérgico, podría repercutir de manera positiva en el estado de ánimo de las personas, si logra evocar en ellas emociones positivas fuertes –p. ej., alegría y placer–. Por tal motivo, el objetivo central de este trabajo es el de explorar los

posibles efectos terapéuticos de la estimulación música-color, al evocar emociones positivas en personas con depresión. Para llevar a cabo esta tarea, el proyecto de investigación está dividido en tres estudios con el fin de subsanar carencias en la literatura que son necesarias para poder atender al objetivo central.

En un primer estudio, se puso a prueba la respuesta emocional y electrofisiológica, con electroencefalografía (EEG), ante el conjunto de colores del *Berkeley Color Project* empleado por Palmer *et al.* (2013), quienes ya lo habían validado emocionalmente mediante pruebas subjetivas, pero nunca con el registro EEG. De este modo, por primera vez se pudo obtener datos de la actividad EEG asociada a la respuesta emocional ante estos estímulos, así como su relación con los datos subjetivos.

En el segundo estudio, se investigaron los efectos emocionales causados al combinar ambos estímulos –música y color–. Concretamente, se utilizaron estímulos que evocaban emociones extremas y opuestas de acuerdo con el modelo emocional multidimensional de Russell (1980): alegría –valencia e intensidad positivas– y tristeza –valencia e intensidad negativas–. En ese sentido, se pudo analizar la respuesta emocional con medidas subjetivas y EEG en condiciones donde ambos estímulos se presentaron por separado y en conjunto –congruentes e incongruentes en la emoción–. Esto último, para poder investigar los posibles efectos sinérgicos al combinar dos estímulos que evocan la misma emoción –congruentes–, o bien, el efecto inhibitorio, de acuerdo con el modelo EEG de asimetría frontal de alfa (FAA, por sus siglas en inglés) por inhibición emocional, propuesto por Grimshaw y Carmel (2014), al presentar dos estímulos

que evoquen emociones opuestas –incongruentes–, y donde habría un predominio emocional por parte de alguno de los dos estímulos.

Una vez evaluados los colores del *Berkeley Color Project* como estímulos que evocan emociones capaces de ser distinguidas mediante el registro EEG (Primer Estudio), y luego de comprobar el efecto emocional al combinar música y color que evoquen la misma emoción (Segundo Estudio), quedó claro y sustentado el camino a seguir para llevar a cabo el tercer y último estudio. Es decir, comprobar los efectos terapéuticos de estímulos música-color que evoquen emociones positivas y estados placenteros en personas con depresión, midiendo su respuesta emocional a partir de pruebas subjetivas y EEG.

Ahora bien, independientemente del tipo de efecto emocional observado entre los dos estímulos combinados en el Segundo Estudio, es importante aclarar que, dada la falta de investigaciones donde se utiliza la dupla música-color como estimulación en estos pacientes (ver capítulo 2.2.4), fue relevante continuar con el Tercer Estudio a modo exploratorio. Esta parte estará basada en el estudio de Warden-Smith *et al.* (2017), quienes encontraron mejorías en el estado de ánimo en los participantes tras someterse a una estimulación de luz y fragancia para inducir emociones positivas, evaluando sus respuestas afectivas subjetivas mediante el *Profile of Mood States (POMS)* y su respuesta EEG con el modelo de *FAA*. En ese sentido, y siguiendo el método de estos autores, se evaluaron los cambios en el estado de ánimo en personas con depresión, al someterse a la estimulación de música y color, en conjunto, para inducir emociones positivas y placenteras.

Por último, reconociendo que el presente proyecto de investigación se desarrolla dentro del marco de un posgrado en Ciencias Cognitivas (CC), es importante justificarlo como un estudio de interés para este campo del conocimiento tan amplio y diverso. Es cierto que el estudio de las emociones no figuraba en los inicios de las CC, a mediados del siglo XX, centrandose más sus esfuerzos en investigar los procesos mentales implicados en la atención, la percepción, la memoria-aprendizaje, la toma de decisiones, el pensamiento, la lógica, entre otros (Eysenck y Keane, 2010). Aún más drástico que sólo el hecho de ignorar su estudio fue la postura adoptada por parte de algunas áreas dentro de la psicología, donde consideraban a las emociones como un obstáculo que impedía medir correctamente los indicadores tan utilizados dentro de sus experimentos, como son los tiempos de reacción (Eysenck y Keane, 2010; Ochsner y Lieberman, 2001).

Afortunadamente, de acuerdo con Ochsner y Lieberman (2001), la psicología social fue una de las excepciones, siendo un área de la psicología que prestó atención al estudio de las emociones y su interacción con la cognición –p. ej., la manera en que influyen en la toma de decisiones–. En ese sentido, este tipo de estudios fue cobrando mayor relevancia en el campo de la neurociencia cognitiva social donde, de acuerdo con estos mismos autores, se ha podido observar de qué manera las lesiones en las áreas cerebrales del procesamiento emocional –i.e., sistema límbico– repercuten en el comportamiento social de los individuos. Incluso, ya en el libro de texto de *Fundamentals of Neuropsychology*, Kolb y Whishaw (2003) dedican un capítulo entero a las emociones, comenzando con la afirmación de que la emoción es un proceso cognitivo que, de hecho,

contribuye al pensamiento lógico. Habiendo dicho todo esto, queda claro que el estudio del procesamiento emocional ante estímulos música-color en personas con depresión, es un tema relevante dentro del área de las CC, y que, por su complejidad, requiere de una mirada interdisciplinar. Además, es importante mencionar que, aunque este estudio se concibe dentro de la neurociencia cognitiva, sus aportaciones también se extienden a las áreas de la cognición musical, la electrofisiología y la salud mental.

## 2. Revisión de la Literatura

### 2.1. Música, Color y Emoción

A pesar de que existen vestigios de flautas paleolíticas que datan de hace aproximadamente 45 mil años de antigüedad, se especula que la historia evolutiva de la música tiene sus posibles inicios desde hace 800 mil años (Killin, 2018; Valdés-Alemán, 2023). Esto último, ya que el *Homo Heidelbergensis*, homínido que corresponde a ese período y que, por cierto, tenía la capacidad de vocalizar (*i.e.*, controlar y modular la producción del sonido con el aparato fonador), marca el surgimiento de la mente simbólica (p. ej., aparición de figurillas, ornamentos, pigmentos sin fines utilitarios, entierros rituales) y del aprendizaje social, que es la cuna de la evolución cultural (Coolidge *et al.*, 2015; Coolidge y Wynn, 2009; Killin, 2018; Valdés-Alemán, 2023). Dada la antigüedad de la música, algunos investigadores han sugerido que se trata de un vestigio evolutivo y que fue crucial para la sobrevivencia humana (Huron, 2003).

En ese sentido, se piensa que la función adaptativa de la música se dio por su rol de cohesor social para brindar identidad al grupo, como mediador emocional, reductor de tensión y agresión, sincronizador de acción y de estados emocionales, como pasatiempo lúdico y seguro, facilitador de catarsis, fortalecedor de los lazos entre la madre y el infante, y como medio de comunicación (Cross, 2003; Huron, 2003; Saffran, 2003; Tarr *et al.*, 2014; Trehub, 2003). Adicionalmente, a un nivel neurofisiológico, es posible entender que la música fue adaptada biológicamente por su influencia en el sistema cerebral de recompensa (*i.e.*, sistema límbico), responsable del reforzamiento conductual, de la motivación, del placer, y del aprendizaje (Gebauer *et al.*, 2012; Kringelbach,

2013; Zatorre y Salimpoor, 2013a); esto, mediante su capacidad de coactivar a los sistemas dopaminérgico (Ferreri *et al.*, 2019) y de opioides endógenos (Goldstein, 1980; Mallik *et al.*, 2017; Mas-Herrero *et al.*, 2022).

Tomando en cuenta estos aspectos evolutivos y neurofisiológicos, es posible explicar el *maravilloso poder de la música*, en palabras de Charles Darwin (1872), de evocar en nosotros fuertes emociones. Se ha estudiado que ciertas características acústicas de la música, como la frecuencia, el tempo, y la intensidad, se han asociado con respuestas emocionales específicas en diversas culturas del mundo, y se ha propuesto que su vínculo con las características de objetos (animados o inanimados) y fenómenos ambientales puede brindar una explicación biológica adaptativa y ecológica (Huron, 2015). Por ejemplo, la música que contiene sonidos graves suele asociarse con emociones negativas, como el miedo o la tristeza, mientras que intensidades (volumen) altas producen una alta excitación o alerta (Ramos Loyo, 2012a). A esto, Huron (2015) propone que los animales grandes y que representan una amenaza, así como ciertos fenómenos naturales peligrosos, suelen tener este tipo de características acústicas, por lo que han adaptado biológicamente en nosotros una respuesta emocional aversiva, de miedo o de angustia.

Asimismo, Bowling *et al.* (2012) descubrieron que las relaciones entre sonidos o tonos musicales (*i.e.*, intervalos y escalas), que culturalmente se han asociado con emociones como la alegría y la tristeza (p. ej., modo mayor y modo menor, respectivamente), podrían tener su origen en su parentesco con las relaciones tonales que existen en el habla (*i.e.*, prosodia) cuando nos encontramos en dichos estados emocionales. En otras palabras, estas escalas, tonalidades, o

modos musicales, parecen estar imitando nuestras emociones reflejadas en nuestra entonación al hablar. No obstante, no hay que dejar de lado las propiedades contextuales por las que, debido a nuestra evolución cultural (Sperber y Hirschfeld, 1999), hemos asociado ciertos rituales o eventos sociales con estilos de música y contextos emocionales (p. ej., canción de cumpleaños, marcha fúnebre, música sacra, canciones de cuna, etc.). Asimismo, aspectos personales, como nuestro estado de ánimo, nuestra experiencia o educación musical, nuestras vivencias (memoria episódica), o rasgos de personalidad, pueden definir nuestra respuesta emocional ante la música (Ramos Loyo, 2012a; Zatorre, 2015).

Por otro lado, así como la música es capaz de evocar emociones, el color también es un estímulo emocional (Valdés-Alemán *et al.*, 2022). En ese sentido, la apreciación hacia el color puede rastrearse desde los vestigios arqueológicos en Zambia, donde se han encontrado cerca de 300 piezas de hematita, limonita y especularita –minerales que son utilizados como pigmentos–, y que datan de hace 400 mil años (Coolidge y Wynn, 2009). Tal como lo mencionaba anteriormente, los autores concluyen que estos hallazgos son un reflejo del surgimiento de la mente simbólica –presente ya desde el *Homo Heidelbergensis*–, debido al esfuerzo necesario para conseguir este tipo de materiales sin ninguna función utilitaria aparente, más que de ritual o de ornamento. Estas capacidades simbólicas se agudizarían en el Paleolítico Superior –hace 35 mil años–, ya que podemos encontrar el uso evidente de pigmentos, por parte del *Homo Sapiens*, para hacer representaciones simbólicas mediante las pinturas que se han preservado en cuevas (Coolidge *et al.*, 2015). Partiendo de estos hallazgos, se puede especular

que los colores han formado impresiones simbólicas llenas de significados y, ¿por qué no?, de emociones en la mente humana desde la antigüedad.

Desde un punto de vista evolutivo, la relación color-emoción puede explicarse debido a adaptaciones biológicas donde las presiones ambientales han propiciado la prevalencia de ciertas actitudes, comportamientos y respuestas emocionales ante los colores –que funcionan como señales de información–, ya que éstos nos pueden representar un riesgo o una ventaja de supervivencia en un contexto ecológico (Palmer y Schloss, 2010). Si bien, esta visión supone que nuestras actitudes –*i.e.*, de aproximación o de evitación– hacia los colores son producto de la evolución y, por tanto, desencadenan respuestas innatas, no hay que ignorar que somos seres sociales y culturales (Sperber y Hirschfeld, 1999). Dicho lo anterior, la Teoría de la Valencia Ecológica (*EVT*, por sus siglas en inglés) propone que nuestra experiencia de vida personal, nuestra cultura y sociedad influyen en nuestra preferencia y respuesta emocional ante los colores (Palmer y Schloss, 2010; Schloss *et al.*, 2011). Concretamente, los objetos cotidianos que nos rodean, según nuestro contexto personal y cultural, nos representan cierta emoción, por lo tanto, los colores de esos objetos terminarían por compartir dicha emoción. Jonauskaite *et al.* (2019) descubrieron que factores ambientales, como la ubicación geográfica y el clima, también pueden influir la percepción emocional ante los colores cálidos –*i.e.*, el amarillo– a lo largo de 55 países en el mundo. También se ha encontrado que estas respuestas emocionales hacia los colores pueden cambiar con la edad, sobre todo, marcando un claro sesgo positivo –*i.e.*, evaluando con emociones más positivas– y de mayor intensidad emocional durante la vejez (Jonauskaite *et al.*, 2023). Recientemente, Liao y Yoshizawa

(2024) encontraron que, si bien, la familiaridad ante ciertos colores, debido a nuestra experiencia y exposición a objetos con estos mismos colores, influye en nuestra preferencia hacia ellos, los procesos evolutivos han agudizado nuestra memoria y búsqueda de colores asociados a objetos que representan una recompensa –p. ej., los alimentos–.

Tomando en cuenta que la percepción del color se puede descomponer en elementos o características perceptuales independientes –p. ej., tono, saturación y brillo–, es relevante mencionar que, desde los estudios de D'Andrade y Egan (1974), podemos decir que compartimos, de manera universal, una respuesta emocional ante los cambios de saturación y de brillo del color, mientras que la asociación del tono del color con emociones concretas está sujeta a factores como los antes mencionados (Valdés Alemán, 2021). Por último, también cabe mencionar que estas respuestas emocionales ante el color se han podido describir, no sólo en términos de emociones discretas (Ekman, 1992), sino que también mediante modelos dimensionales de emoción (Russell, 1980) –p. ej., las dimensiones de valencia e intensidad–, tal como lo propusieron Valdez y Mehrabian (1994).

Llegados a este punto, no cabe duda de que, tanto la música como el color, son dos fenómenos de modalidades perceptuales distintas –*i.e.*, auditivo y visual, respectivamente– que han fascinado a la especie humana desde sus inicios. Aunado a esto, existen registros de filósofos griegos, como Platón y Pitágoras, o bien, de científicos como Newton, que han tratado de vincular la música y el color a partir de sus propiedades físicas (Lill, 2012). Sin embargo, gracias a la evidencia empírica dentro del campo de la psicología, hoy sabemos que la asociación entre

la música y el color está mediada por la emoción (Palmer *et al.*, 2013). Es decir, que la música y el color que comparten una misma emoción evocada en el perceptor suelen vincularse entre sí. El interés de la psicología por estudiar este fenómeno cobró importancia en el siglo XIX, a partir de los estudios sobre la sinestesia (Barbiere *et al.*, 2007; Isbilen y Krumhansl, 2016; Karwoski y Odbert, 1938). Por tal motivo, se ha tratado de encontrar los diferentes elementos básicos de asociación entre ambos estímulos –p. ej., frecuencia (Hz) del sonido y brillo del color–, y pareciera que estas asociaciones se presentan de manera consistente, tanto en personas con y sin sinestesia (Barbiere *et al.*, 2007; Griscom, 2014; Isbilen y Krumhansl, 2016; Palmer *et al.*, 2013). No obstante, en años recientes, el papel de la emoción como mediador de la relación entre música y color ha ido cobrando mayor fuerza.

Por ejemplo, Bresin (2005) encontró que el modo de la música –mayor o menor–, y que está estrechamente relacionado con su valor emocional (Ramos Loyo, 2012a), se vincula con el brillo del color que, a su vez, también tiene un impacto en la percepción emocional del mismo (D’Andrade y Egan, 1974). Concretamente, la música en modo menor se asoció con colores oscuros, mientras que la música mayor fue vinculada con colores más brillantes. Posteriormente, Barbiere *et al.* (2007) descubrieron que las asociaciones entre música y color eran consistentes si la música era agrupada por emoción, viendo así que la emoción de la música es una variable que influye en el vínculo música-color. En este estudio, y similar al anterior, los autores pudieron constatar que la música alegre era asociada con los colores brillantes y la música triste con el gris.

Estos estudios anteriores sugerían la hipótesis del vínculo música-color mediado por emoción, pero sin un sustento metodológico ya que no trataban a la emoción de ambos estímulos como variables de estudio. Para poner a prueba dicha hipótesis de manera controlada y sistemática, Tsang y Schloss (2010) desarrollaron un diseño experimental donde 10 participantes universitarios debían evaluar emocionalmente una selección de 37 colores del sistema Munsell a partir de cinco dimensiones emocionales (triste/feliz, tranquilo/enojado, débil/fuerte, pasivo/activo y desagradable/agradable) en una escala de  $-5$  a  $+5$ . A continuación, debían escuchar seis fragmentos musicales de piano solo compuestos por Bach, Schumann y Chopin, en su tempo original (lento), y seis fragmentos musicales con las mismas obras para piano solo, pero manipulados digitalmente para acelerar su tempo (rápido). A cada estímulo musical se le debía asignar los cinco colores que más representaran a dicho estímulo y los cinco colores menos representativos. En un tercer momento, los participantes evaluaban emocionalmente cada fragmento musical con las mismas dimensiones utilizadas para evaluar los colores. Los resultados arrojaron una correlación fuerte entre los puntajes obtenidos en la evaluación emocional de la música y de los colores asociados con esa misma música. De tal forma que, cuando se hace una asociación entre música y color, la variable emocional en ambos estímulos está relacionada.

Más adelante, Palmer y colaboradores (2013) pusieron a prueba este mismo modelo experimental ante un tamaño muestral más grande ( $n = 97$ ) y con dos culturas diferentes (estudiantes estadounidenses y mexicanos). En este artículo, los autores describen la selección sistemática de los 37 colores

provenientes del *Berkeley Color Project* (Palmer y Schloss, 2010; Schloss *et al.*, 2011). Los participantes asociaron estos colores con 16 fragmentos de música orquestal de Bach, Mozart y Brahms. Los autores señalan que la tarea de asociación música-color es suficiente con la selección de los tres colores más consistentes y los tres menos consistentes para cada pieza musical. También solicitaron la evaluación de cada uno de los colores a partir de cinco dimensiones de características perceptuales (rojo-verde, amarillo-azul, brillo y saturación), de tal modo que la asociación entre el color y la música sería a partir de las características perceptuales y subjetivas que los participantes le asignarían a cada color. Con estas dimensiones, desarrollaron la fórmula *MCA* (asociación música-color, por sus siglas en inglés), donde se promedia la selección de los tres colores consistentes (*C*) y se le resta el promedio de los tres colores inconsistentes (*I*) según las calificaciones para cada una de las dimensiones de las características perceptuales del color (*d*) asociadas a cada uno de los estímulos musicales (*m*).

$$MCA_{d,m} = C_{d,m} - I_{d,m}$$

Después de la evaluación emocional, tanto de los colores como de la música a partir de ocho descriptores emocionales en escalas de -100 a +100, Palmer *et al.* (2013) añadieron dos experimentos con el fin de comprobar el papel mediador de la emoción para el vínculo entre música y color. Los experimentos consistieron en la asociación de la música con expresiones faciales previamente validadas en emoción, así como de los colores con estas mismas expresiones, respectivamente. En sus resultados, encontraron correlaciones fuertes entre las calificaciones emocionales de la música y de los colores asociados con esa misma

música. Adicionalmente, la música y los colores que se asocian con la misma emoción de una expresión facial se vinculan entre ellos.

A partir de este estudio, le siguieron otros que buscaron replicar estos resultados, pero con otro tipo de estímulos musicales (Palmer *et al.*, 2016; Valdés-Alemán *et al.*, 2022; Whiteford *et al.*, 2018) o con una selección distinta de colores (Isbilen y Krumhansl, 2016). O bien, proponiendo nuevos métodos e interfaces para poner a prueba esta hipótesis (Lindborg y Friberg, 2015; Pesek *et al.*, 2017; Strle *et al.*, 2018). También se ha puesto a prueba en pacientes con diferentes grados de discapacidad visual, en quienes el vínculo música-color también parece estar mediado por la emoción (Park, 2019). Incluso, Levitan y colaboradores (2015) se preguntaron si este fenómeno emocional sobre la modalidad cruzada también podría presentarse entre otros sentidos, por lo que pusieron a prueba la asociación música-aroma, encontrando resultados similares.

De especial relevancia para el presente proyecto de investigación, es el estudio de Valdés-Alemán *et al.* (2022), donde se buscó replicar los resultados de Palmer *et al.* (2013), pero con un set de estímulos musicales distintos, haciendo hincapié en el uso de música atonal –tanto de concierto de la tradición europea, como de otras culturas–. Para entender esto, Lansky *et al.* (2001) definen a la atonalidad como toda aquella música que carece de un centro tonal, es decir, tonalidad (p. ej., Do mayor), siendo diversos compositores del siglo XX (p. ej., György Ligeti) los que impulsaron esta corriente compositiva dentro del contexto de la música de concierto de la tradición europea. No obstante, de acuerdo con esta misma fuente, la música atonal también corresponde a todas las músicas de otras culturas que son ajenas al sistema tonal europeo. Para la evaluación

emocional de los estímulos, Valdés-Alemán y colaboradores (2022) decidieron apegarse al modelo emocional multidimensional de Russell (1980), usando las variables de la Valencia y de Intensidad, y manteniendo la misma escala de las dimensiones de las características perceptuales del color (−100 a +100) para una mayor homogeneidad de los datos. En los resultados se pudo observar que, tanto en la música tonal como en la música atonal, los participantes perciben un vínculo con el color que está mediado por la emoción en común de estos dos estímulos. Adicionalmente, los autores corroboraron el papel del placer, la emoción y la familiaridad con la música, encontrando que la música más familiar (tonal) resulta más placentera, y que la música triste también puede ser evaluada como placentera.

Todos estos estudios arrojan cada vez más datos que respaldan la hipótesis sobre el vínculo entre música y color mediado por emoción. Cada uno, con diferentes tipos de música, algunos manteniendo un diseño experimental similar, mientras que otros con modelos metodológicos distintos. Desde luego, todos estos enfoques permiten abordar el mismo problema de maneras muy diversas, pero que se complementan entre ellos. No obstante, es evidente que todos estos estudios se han mantenido en un nivel de evaluación conductual, basándose en las respuestas subjetivas de sus participantes para entender y describir este fenómeno. Por tal motivo, queda abierta la pregunta sobre lo que sucede a un nivel fisiológico –p. ej., actividad cerebral– cuando ocurre esta asociación mediada por emoción. Debido al interés creciente por el estudio de las emociones dentro del área de la neurociencia cognitiva, y gracias a la mayor accesibilidad para el uso de técnicas de neuroimagen, como la EEG, existen

diversos modelos para evaluar las emociones a un nivel electrofisiológico que podrían ser de utilidad para este estudio (Ramos Loyo, 2012b; L. A. Schmidt y Trainor, 2001). En el siguiente capítulo se hablará a detalle sobre estos modelos y su uso para evaluar música, color y emoción.

## **2.2. Patrones de Actividad Electroencefalográfica por Emoción**

La EEG es una técnica electrofisiológica que, por medio de electrodos situados en diferentes puntos del cuero cabelludo, permite el registro de la actividad cerebral, específicamente de los potenciales postsinápticos y sincrónicos de millones de neuronas piramidales que se encuentran situadas primordialmente en las circunvoluciones de la corteza cerebral (Ivanitsky *et al.*, 2008). Con esta técnica de neuroimagen funcional se pueden estudiar diversas funciones cerebrales, entre ellas, las emociones (Ramos Loyo, 2012b; San Martín y Huettel, 2013). En ese sentido, y desde hace ya más de 40 años, Davidson *et al.* (1979) encontraron que una lateralización frontal de la actividad EEG puede estar vinculada con la valencia emocional, si se toma en cuenta el modelo dimensional de emociones (Russell, 1980). Concretamente, una mayor activación frontal izquierda se asocia con emociones de valencia positiva, mientras que una mayor activación frontal derecha, se relaciona con estados emocionales negativos. Más adelante, L. A. Schmidt y Fox (1994) encontrarían que el nivel de activación frontal en general –de ambos hemisferios– se correlaciona positivamente con la intensidad emocional, tomando en cuenta este mismo modelo de Russell (1980). En general, estos estudios emplean la desincronización de la banda alfa (8–13 Hz) como indicador de activación cerebral, es decir, la disminución o supresión de la potencia de alfa indica mayor actividad cortical, mientras que una mayor potencia

de alfa indica menor actividad cortical (L. A. Schmidt y Trainor, 2001). Esto, debido a que existe una correlación inversa entre la actividad metabólica cerebral y la potencia de alfa (Laufs *et al.*, 2003; Oakes *et al.*, 2004; Stern, 2002). Por tal motivo, a este modelo se le conoce como asimetría frontal de alfa (*FAA*).

Cabe mencionar que, tras 25 años de su propuesta, Davidson (2004) revisitó el modelo de *FAA*, lo problematizó y reiteró su poder explicativo como una predisposición (diátesis) a comportamientos de aproximación. Es decir, más que reflejar el procesamiento emocional de estímulos con una carga de valencia específica, se asocia con los procesos motivacionales de aproximación-evitación hacia los estímulos. Asimismo, el autor explica la importancia de estudiar y entender los circuitos subcorticales de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl) que podrían estar involucrados en procesos emocionales, esto, ya que la CPFdl es la región anatómica asociada a los patrones de actividad EEG reflejados en el modelo de *FAA* (Pizzagalli *et al.*, 2005). En ese sentido, menciona que los estudios que utilizan como modelo a la *FAA* para explicar procesos emocionales, no ahondan sobre la heterogeneidad funcional de la corteza prefrontal en sus diferentes subregiones, reflejando así una pobre resolución espacial. También argumenta que estos estudios muestran poca conexión con correlatos neurales – subcorticales o áreas neuroanatómicas más precisas– y no distinguen o disocian entre los componentes del proceso emocional –*i.e.*, se ignora el amplio y complejo fenómeno de la experiencia, percepción, procesamiento y respuesta emocional–. Por último, habla sobre la importancia de estudiar otras bandas aparte de alfa, y el no basarse sólo en el reporte subjetivo de la emoción de los participantes.

El modelo de *FAA* ha sido estudiado por diversos autores y, sin embargo, no deja de haber discrepancias en los métodos empleados, tanto para la adquisición de la señal EEG como para el análisis de datos, así como en los resultados obtenidos (Davidson, 2004; Palmiero y Piccardi, 2017). Asimismo, aún después de 20 años del artículo de Davidson (2004), la base neural que explica esta asimetría ante la valencia emocional sigue siendo objeto de debate. Por ello, Grimshaw y Carmel (2014) proponen un modelo de control ejecutivo inhibitorio, donde la activación frontal izquierda (CPFdl izquierda), más que encargarse del procesamiento de emociones positivas, se encarga de la inhibición de distractores emocionales negativos; lo que explica la hipoactivación de esta corteza en pacientes con depresión y su incapacidad de suprimir pensamientos negativos. Por otro lado, los autores explican que la activación frontal derecha (CPFdl derecha) se encarga de la inhibición de distractores emocionales positivos; la evidencia de lesiones en esta corteza explicaría el comportamiento compulsivo, de extroversión y de hiperactividad en los pacientes –las personas con adicciones también presentan una menor actividad en esta corteza–. Finalmente, es importante rescatar el manual metodológico propuesto por Smith *et al.* (2016) para la evaluación de la *FAA*, donde argumentan que las discrepancias de los resultados en estudios previos se deben a la falta de estandarización y sistematización metodológica.

### **2.2.1. Estimulación con Música**

Partiendo de la vasta evidencia científica que había puesto a prueba estos dos modelos EEG, de lateralización frontal (p. ej., Fox, 1991, 1994; Fox y Davidson, 1986; Jones y Fox, 1992) y de activación frontal (p. ej., Dawson, 1994;

Henriques y Davidson, 1991; L. A. Schmidt, 1999; L. A. Schmidt y Fox, 1994) asociadas a la valencia y a la intensidad emocional, respectivamente, L. A. Schmidt y Trainor (2001) buscaron emplear un modelo integrador de ambas dimensiones emocionales, tal como lo hizo Heller (1993), pero para emociones evocadas por música. En ese sentido, estos dos autores pusieron a prueba la respuesta emocional ante estímulos musicales de concierto de la tradición europea por medio del registro EEG, y encontraron una actividad frontal asimétrica asociada a la valencia emocional, así como una activación frontal general asociada a la intensidad emocional. Es decir, con la música de valencia positiva se pudo observar una mayor activación frontal izquierda (disminución de la potencia en la banda alfa), mientras que con la música de valencia negativa sucedió lo inverso, y la música de mayor intensidad emocional se asoció con una mayor activación frontal bilateral.

Posterior a esto, siguieron diversos estudios que han encontrado varios patrones de actividad EEG asociados a las emociones evocadas por música, de manera similar a los modelos antes mencionados. Tal es el caso de Flores Gutiérrez (2007) quien, además del registro EEG, usó resonancia magnética funcional (*fMRI*, por sus siglas en inglés), tal como hizo Canli *et al.* (1998), y, de nuevo, se encontró con que la valencia emocional de la música está vinculada con una asimetría frontal de la actividad cerebral. B. Schmidt y Hanslmayr (2009) evaluaron la actividad EEG en reposo y la manera en que repercutía en la evaluación emocional de la música, encontrando que aquellos participantes que presentaban una mayor actividad frontal izquierda en estado de reposo evaluaban subsecuentemente a la música con calificaciones más positivas, a diferencia de

aquellos participantes con una mayor activación derecha. Por otro lado, Mikutta *et al.* (2012), quienes únicamente evaluaron la intensidad emocional de la música, encontraron una correlación positiva entre ésta y la activación frontal derecha, asociándola con los estados de tensión y de alerta causados por la música. Más adelante, Daly y colaboradores (2014) encontraron esta asimetría frontal en las bandas beta (13–30 Hz) y gamma (>30 Hz) ante emociones evocadas por música de películas. Rogenmoser *et al.* (2016) pudieron observar una mayor activación frontal izquierda en la banda theta (4–8 Hz) asociada con la música de valencia positiva, mientras que la activación –desincronización de alfa– de la región parietotemporal derecha se asoció con la intensidad emocional, como sucede en el modelo de Heller (1993). Finalmente, Gomes *et al.* (2018) encontraron patrones heterogéneos de actividad cortical en la banda alfa asociados con la valencia y la intensidad emocional de la música. Concretamente, una activación de las regiones central y parietal izquierda se asoció con la música de valencia positiva, mientras que la activación de la región frontotemporal derecha se vinculó con la música de valencia negativa; en cuanto a la intensidad emocional, pudieron observar una correlación positiva entre ésta y la activación frontal izquierda, y de manera opuesta con la activación frontal derecha.

Debido a que la música, además de influir sobre el componente emocional de la valencia-intensidad, puede evocar placer, y que la música que induce emociones negativas no necesariamente es percibida como desagradable –p. ej., música triste placentera–, es importante considerar estas variables por separado (Valdés-Alemán *et al.*, 2022). Por ejemplo, B. Schmidt y Hanslmayr (2009), además de estudiar la FAA en reposo, consideraron la evaluación placentera de la

música, y encontraron que las personas con una mayor activación frontal izquierda, a pesar de evaluar la música triste con valencia negativa, también le asignaban calificaciones altas en placer, por lo que concluyeron que un estado emocional positivo puede influir la manera de percibir la música, aun cuando ésta represente emociones negativas. Asimismo, Mikutta *et al.* (2012), quienes estudiaron la intensidad emocional por medio del EEG, incluyeron la evaluación subjetiva del placer musical y el nivel de entrenamiento musical de los participantes, variables que están positivamente correlacionadas.

En ese sentido, también existen estudios que han evaluado los patrones de actividad EEG por el placer musical. Como antecedente, Ramos Loyo y Corsi-Cabrera (1989) estudiaron la actividad EEG ante estímulos auditivos placenteros – *i.e.*, música orquestal– y displacenteros –*i.e.*, llanto de un bebé–, encontrando un aumento de la banda theta para el estímulo agradable en contraste con el estímulo desagradable. Asimismo, en su tesis doctoral, Ramos Loyo (1994) concluyó que la música desagradable se asocia con un mínimo o con un exceso de actividad cortical, mientras que la música agradable se asocia con incremento moderado de esta actividad. Más tarde, Sammler *et al.* (2007) observaron que un aumento de la banda theta en la región frontomedial se asociaba con la música placentera, y que podría ser debido a la activación de la corteza cingulada anterior (CCA), estructura cerebral que forma parte del sistema límbico responsable del mecanismo de recompensa. Retomando el estudio de Rogenmoser y su equipo (2016), ellos mencionan que la lateralización frontal de theta también está asociada con los estímulos placenteros y que, aunque no encontraron una mayor activación frontal derecha para la música negativa, como era de esperarse, argumentan que incluso

la música que evoca emociones negativas puede llegar a ser percibida como placentera, siendo esto lo que pudo haber sucedido con su selección de estímulos musicales negativos. Similar a esto, Dharmadhikari *et al.* (2018) pusieron a prueba la asimetría frontal de theta (*FTA*, por sus siglas en inglés) como modelo para distinguir los niveles de placer en pacientes con depresión ante estímulos musicales. En su estudio, los autores encontraron una mayor activación – potencia– frontal izquierda de la banda theta durante la escucha musical en su grupo control, sin embargo, el aumento de esta misma actividad en los pacientes con depresión no fue significativa, aunque sí tuvieron una disminución de la actividad frontal derecha al escuchar música. Es relevante mencionar que, con el modelo de *FTA*, podríamos estar hablando de una activación cortical ante el aumento de la banda theta, debido a su asociación con la actividad metabólica cerebral (Pizzagalli *et al.*, 2003). Por último, Chabin *et al.* (2020) estudiaron la respuesta placentera ante la música, donde sus resultados permitieron ver que el aumento de la banda theta en la región prefrontal de ambos hemisferios se vincula con la música placentera.

Como base teórica y metodológica para el presente proyecto de investigación, se encuentra el estudio realizado por (Valdés-Alemán *et al.*, 2024), quienes investigaron los patrones cerebrales eléctricos –con EEG– inducidos por la emoción y el placer musical. En dicho estudio se utilizó una selección de 16 estímulos musicales (8 tonales y 8 atonales), mismos que se evaluaron emocionalmente por medio de las dimensiones de la Valencia y de la Intensidad emocional (Russell, 1980) con escalas de –100 a +100. Asimismo, se evaluó el placer y la familiaridad ante estos estímulos, con escalas similares. El registro

EEG se obtuvo por medio de los electrodos frontal izquierdo (F3), frontal derecho (F4), parietal izquierdo (P3), parietal derecho (P4), y la referencia, que fue el electrodo central (Cz). Se obtuvo, por medio de la transformada rápida de Fourier (*FFT*, por sus siglas en inglés), las potencias absolutas de las bandas alfa y theta. También se obtuvo el índice de actividad interhemisférica (*IHA*, por sus siglas en inglés), restando la potencia absoluta izquierda a la potencia absoluta derecha (Khoroshikh *et al.*, 2012).

$$IHA = h2 - h1$$

Los resultados arrojaron una mayor actividad cerebral en general para la música de valencia positiva en contraste con la música negativa, una mayor activación frontal izquierda –supresión de alfa– para la música de valencia positiva y de mayor intensidad emocional, y una mayor activación frontal derecha de theta (Pizzagalli *et al.*, 2003) para la música displacentera. También encontraron que la música tonal –evaluada como más positiva y placentera– se asoció con una mayor activación hemisférica izquierda –supresión de alfa y aumento de la potencia de theta–, mientras que la música atonal –evaluada como más negativa y displacentera– se vinculó con una mayor activación del hemisferio derecho –supresión de alfa y aumento de la potencia de theta–. La familiaridad con la música se correlacionó positivamente con su percepción placentera.

Adicionalmente, la mitad de los estímulos musicales evaluados como tristes –valencia e intensidad emocional negativas– fueron evaluados como placenteros.

Tal como se planteó en el capítulo anterior, la música y el color son dos estímulos que pueden evocar emociones separados, y que la gente pareciera vincularlos cuando ambos comparten la misma emoción (Palmer, 2015). El

principal problema planteado en este proyecto de investigación es el de saber si es posible estudiar este fenómeno por medio de la actividad EEG. En este capítulo se abordó la posibilidad de evaluar la emoción por medio de modelos de patrones EEG y, concretamente, se revisaron los estudios que han utilizado estímulos musicales para investigar las respuestas emocionales y placenteras mediante el registro EEG. Ahora bien, siguiendo con el problema planteado en un inicio, faltaría evaluar las emociones evocadas por colores mediante estos modelos de la actividad EEG. En el siguiente capítulo se abordará el tema sobre color y emoción desde una perspectiva electrofisiológica.

### **2.2.2. Estimulación con Color**

Son diversos los estudios que han investigado los patrones cerebrales eléctricos, mediante EEG, correlacionados con emociones, a partir de los cuales han surgido diversos modelos para evaluar diferentes componentes emocionales y utilizando diversos estímulos evocadores de emociones (ver revisión de L. A. Schmidt y Trainor, 2001). No obstante, y atendiendo a la temática de este capítulo, realmente son pocos los estudios que han puesto a prueba de manera sistemática los efectos emocionales evocados por colores y medidos a partir del registro EEG –considerando los resultados arrojados por los principales motores de búsqueda científicos (*Google Académico, PubMed, Mendeley y ResearchGate*) con respecto a los artículos en idioma inglés o español, y publicados en revistas indexadas–.

Por ejemplo, Yoto *et al.* (2007) evaluaron la respuesta subjetiva y fisiológica (presión arterial y EEG) de 11 estudiantes universitarios (seis hombres y cinco mujeres;  $M = 22.4$  años,  $DE = 3.2$ ), utilizando tres hojas de papel de color rojo, verde y azul, respectivamente, como estímulos emocionales –concretamente,

intensidad emocional—. En general, los autores encontraron una menor activación cerebral (aumento de la potencia de alfa), en electrodos frontotemporales, y de theta, en la región parietal-central, para el color rojo, en contraste con el azul. Debido a que, subjetivamente, los participantes evaluaban con mayor intensidad al color rojo que al azul, los investigadores encontraron contradictorios los resultados del EEG, por lo que refieren la necesidad de indagar más al respecto. En otro estudio, Khoroshikh y colaboradores (2012) evaluaron el estado emocional de 30 participantes (15 mujeres,  $M = 19.5$  años) por medio de cambios inconscientes de la saturación en el espectro rojo-azul al observar videos previamente validados emocionalmente, y empleando la *FAA* como indicador de la valencia emocional. En ese sentido, presentaron cuatro fragmentos de videos (dos neutrales, uno positivo y uno negativo) en su formato original, con modificación en saturación hacia el azul, y con modificación en saturación hacia el rojo. En su formato original, los participantes presentaban mayor activación frontal izquierda ante el video positivo, en contraste con el negativo. Sin embargo, los cambios en saturación parecieran eliminar la *FAA* asociada a la emoción del video. Por último, Jang *et al.* (2014) estudiaron los cambios de actividad EEG asociados a la respuesta emocional de 30 estudiantes universitarios (15 hombres,  $M = 23.5$  años,  $DE = 2.52$ ) ante cinco plantas de colores diferentes (verde, blanco, amarillo, rosa y rojo). En resumen, los autores encontraron que las plantas verdes, las cuales evocaban emociones positivas en la evaluación subjetiva, se asociaron a una mayor activación cerebral, y que la presencia de las plantas amarillas se vinculó con el aumento de la potencia de la banda theta, asociada a estados de concentración y de felicidad.

Como puede observarse, la evidencia científica sobre la actividad EEG asociada a los estados emocionales evocados por colores es escasa. Aunado a esto, los pocos estudios que hay sobre el tema, utilizan modelos teóricos, metodologías y estímulos diferentes, por lo cual es difícil encontrar acuerdos entre ellos. Por otra parte, los resultados que aportan parecen ser poco contundentes y robustos, además de que existen ciertas contradicciones que no hacen más que generar confusión en los lectores. Por todas estas razones, es adecuado indicar que existe un vacío en la literatura que puede ser subsanado con nuevas investigaciones que hagan caso a los modelos y las metodologías ya existentes para verificar si son efectivas o aplicables para este tipo de estímulo –i.e., color–. Concretamente, se puede utilizar el modelo de *FAA* para evaluar la valencia emocional, tal como hicieron Khoroshikh *et al.* (2012), pero empleando una selección sistematizada de colores como estímulos emocionales, tal como el *Berkeley Color Project* (Palmer y Schloss, 2010; Schloss *et al.*, 2011). Asimismo, se podría emplear la *FTA*, como posible indicador del placer y emoción ante estos colores (Valdés-Alemán *et al.*, 2024). Una vez entendiendo el comportamiento de la actividad EEG ante la respuesta emocional respecto a estos colores, y recordando los resultados de Valdés-Alemán *et al.* (2024) sobre la actividad EEG ante las emociones evocadas por música, se podría explorar los patrones cerebrales eléctricos correlacionados con las emociones evocados por estos dos estímulos (música y color), cuando son presentados de manera simultánea –y más aun sabiendo que existen fuertes relaciones entre éstos por su emoción en común (Valdés-Alemán *et al.*, 2022)–. En ese sentido, el siguiente capítulo abordará el

tema sobre la actividad EEG asociada a las emociones inducidas por estímulos música-color.

### **2.2.3. Estimulación con Música-Color**

Si bien, en el capítulo anterior se hacía mención sobre la escasa evidencia que existe sobre el estudio de la actividad EEG asociada a los estados emocionales inducidos por color, cuando hablamos de los estudios de electrofisiología para entender las emociones evocadas por música y color, juntos, nos enfrentamos con que la evidencia es prácticamente nula. Al menos de acuerdo con los principales buscadores académicos (p. ej., *Google Académico*), no existen artículos –en español o en inglés– que hayan sido publicados en revistas indexadas que traten sobre este tema. Lo más cercano a esto, es una publicación en mandarín que habla sobre los efectos emocionales causados por la música y la luz de color –juntos–, medidos a partir de la actividad EEG (Wei *et al.*, 2018).

De acuerdo con su resumen en inglés –y con la ayuda del Traductor de Google para el resto del artículo–, Wei *et al.* (2018) realizaron un primer experimento donde pusieron a prueba la respuesta emocional subjetiva y electrofisiológica de 21 participantes, con las dimensiones de la valencia y de la intensidad emocional, ante tres luces de colores (rojo, azul y verde) y cuatro piezas musicales (clásica europea en modo mayor y en modo menor, y tradicional china en modo *Gong* y en modo *Yu*), todos por separado. En un segundo experimento, los autores combinaron en parejas (música-luz) los estímulos, y evaluaron las respuestas emocionales de la misma manera que en el primer experimento. Como indicador de la valencia en el EEG, utilizaron la asimetría

hemisférica de la banda alfa (potencia de alfa derecha menos potencia de alfa izquierda), y como indicador de la intensidad emocional en el EEG, utilizaron la proporción de bandas alfa-beta, donde una mayor presencia de beta sobre alfa indica una mayor intensidad y viceversa. Los resultados arrojaron que la música en modo mayor y *Gong* era evaluada como positiva, y que la música en modo menor y *Yu* era percibida como negativa. Asimismo, las tres luces de colores fueron percibidas con mayor intensidad emocional que la música en modo menor. La música evaluada como negativa y la luz roja, tenían un impacto negativo en la respuesta electrofisiológica según el modelo de asimetría hemisférica (valores del índice de asimetría negativos = mayor activación derecha), a diferencia de la música evaluada como positiva y la luz verde (valores del índice de asimetría positivos = mayor activación izquierda). Cuando se combinan estos dos estímulos, música-luz, y comparten la misma emoción (positiva o negativa), el impacto emocional es más fuerte, ya sea en dirección positiva o negativa, según sea el caso. También observaron que el modo de la música es el principal determinante emocional al combinar música y luz. En general, las respuestas emocionales subjetivas concordaron con las respuestas emocionales electrofisiológicas –según los modelos planteados–.

A pesar de tratarse de luces de colores, este estudio marca un punto de partida para el estudio en conjunto de la música y el color como estímulos emocionales, a partir del registro EEG. Es interesante que, en este artículo, los autores también toman como referente el modelo de asimetría de alfa –contemplan una asimetría global, no sólo frontal– para distinguir la valencia emocional de los estímulos. Por otro lado, también es importante el hecho de que

contemplan el papel sinérgico sobre la respuesta emocional al emplear dos estímulos concordantes en emoción. No obstante, falta ahondar más en el caso de la combinación de estos dos estímulos cuando se trata de emociones discordantes. Si bien, sí reportan interacciones en estos casos, a los investigadores no les queda claro los motivos subyacentes y no poseen un modelo teórico para poder sustentarlas. Este escenario parece ser idóneo para poner a prueba el modelo de control inhibitorio propuesto por Grimshaw y Carmel (2014), donde la *FAA* representa el papel inhibitorio que tiene la CPFdl. En concreto, la CPFdl izquierda se encarga de inhibir los distractores emocionales negativos y la CPFdl derecha inhibe los distractores emocionales positivos (Grimshaw y Carmel, 2014). Al superponer dos estímulos que evocan emociones discordantes, uno de ellos podría tomarse como un distractor emocional, pudiendo poner a prueba dicho modelo. Por otro lado, queda claro que el estudio de Wei *et al.* (2018) aún se aleja bastante al estudio de la respuesta emocional evocada por la combinación de estímulos musicales y una selección sistematizada de diferentes colores –p. ej., *Berkeley Color Project*–. En ese sentido, la posibilidad de seguir explorando en este tema sigue en pie, con un amplio camino por recorrer. Por último, al estudiar el efecto sinérgico en la respuesta emocional y electrofisiológica que tiene el conjuntar música y color que evoquen una misma emoción, se podría explorar el papel terapéutico que tendría el inducir emociones positivas con este tipo de estimulación en personas con trastornos emocionales –p. ej., depresión–, lo cual se abordará en el siguiente capítulo.

#### **2.2.4. Estimulación con Música-Color en Personas con Depresión**

La depresión es un trastorno del estado de ánimo que ha sido descrito históricamente desde la antigua Grecia, hace alrededor de 2500 años, y que se ha caracterizado por sus síntomas consistentes de profunda tristeza y desesperanza, principalmente (Horwitz *et al.*, 2017). Hoy en día, la psicología y la psiquiatría moderna cuentan con diversos manuales y definiciones que tratan de estandarizar los síntomas que conllevan al diagnóstico de una depresión. Tal es el caso del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales en su 5° edición (*DSM-5*, por sus siglas en inglés), de la Asociación Americana de Psiquiatría (*APA*, por sus siglas en inglés) en el 2013, donde se define al trastorno depresivo mayor (*MDD*, por sus siglas en inglés) con los siguientes síntomas: estado de ánimo deprimido, anhedonia –*i.e.*, pérdida de placer–, cambios involuntarios en el peso corporal, insomnio o hipersomnias, agitación o retraso psicomotor, fatiga, sentimiento de inutilidad o culpa, falta de concentración y pensamientos de muerte o ideación suicida. Es importante mencionar que estos síntomas son incapacitantes en lo social, lo laboral y en lo personal, por el grado de malestar causado (*APA*, 2013). De acuerdo con el manual, este trastorno puede variar en gravedad, según su número de síntomas –*i.e.*, leve, moderado y grave–, la actualidad de los síntomas, su remisión y su persistencia, así como su comorbilidad con otros trastornos y/o sintomatologías –*i.e.*, ansiedad, manía, psicosis, entre otros–. En ese sentido, queda claro que la depresión es un trastorno complejo y diverso.

Además del *DSM-5*, existen otros manuales que clasifican y definen a la depresión, como la Clasificación Internacional de Enfermedades para Estadísticas

de Mortalidad y Morbilidad en su 11° edición (CIE-11), de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2019, donde se le conoce únicamente como Trastorno Depresivo, y también se caracteriza por su recurrencia, severidad y comorbilidad con otros trastornos. Por otro lado, existen instrumentos que, en conjunto con los manuales antes mencionados, pueden ayudar a los profesionales de la salud mental a dar un diagnóstico clínico de este trastorno. Uno de ellos es el Inventario de Depresión de Beck II (*BDI-II*, por sus siglas en inglés), que contiene 21 ítems a modo de escala *Likert*, con afirmaciones sobre síntomas que deben seleccionarse según su persistencia durante las últimas dos semanas –p. ej., me siento triste–, y que arroja un puntaje de nivel de sintomatología depresiva: mínima (0-9), leve (10-16), moderada (17-29) y severa (30-63); cabe mencionar que el ítem 9 denota ideación suicida (Jurado *et al.*, 1998). Los puntajes de este inventario únicamente reflejan una descripción sintomatológica de la depresión, mas no suponen un diagnóstico clínico como tal.

Dicho todo esto, de acuerdo con cifras de la OMS (2023), alrededor del 5% de la población mundial adulta padece de depresión –con una mayor prevalencia en mujeres que en hombres–, catalogándola como una enfermedad frecuente que afecta el estado de ánimo de las personas, las incapacita para llevar a cabo sus actividades cotidianas, les genera gran sufrimiento y, en los escenarios más severos, puede llevar al suicidio. Según esta misma fuente, una gran parte de las personas con trastornos mentales que residen en países de bajos y medianos ingresos –como México–, no tienen acceso a un tratamiento o, incluso, son maldiagnosticadas. En ese sentido, es importante recurrir a estrategias para facilitar el acceso al diagnóstico y al tratamiento de la depresión en nuestro país.

Una de ellas podría ser la implementación de terapias alternativas para el mejoramiento del estado del ánimo de las personas.

Una iniciativa ha sido la de encontrar distintos biomarcadores –*i.e.*, indicadores de procesos fisiológicos que sirven para diagnosticar una enfermedad– de la depresión para un diagnóstico más certero y que den con un tratamiento efectivo, dada la heterogeneidad en la etiología del trastorno, así como la diversidad en cuanto a la presentación de la sintomatología. Por ser una técnica de neuroimagen funcional de fácil acceso (Ramos Loyo, 2012b; San Martín y Huettel, 2013), la EEG se ha utilizado ampliamente para el estudio de las emociones y sus afectaciones en presencia de diversos trastornos. En ese sentido, a los inicios de esta técnica, ya Lemere (1936) estudiaba cómo la habilidad o inhabilidad de producir el ritmo de Berger –*i.e.*, ondas alfa– se podría asociar con ciertos trastornos como la depresión, sin encontrar resultados contundentes. No fue sino hasta que Davidson *et al.* (1979) propusieron el modelo de FAA, que encontraron una relación entre las ondas alfa y estados emocionales. Concretamente, los autores descubrieron que la activación frontal izquierda (F3) está asociada con la estimulación de emociones positivas que producen una respuesta de aproximación, mientras que la activación frontal derecha (F4) se asocia con las emociones negativas que desencadenan una respuesta evitativa.

Más adelante, con estos hallazgos, se encontró que el modelo de FAA podría considerarse como una diátesis en la dimensión del comportamiento aproximación-avoidancia, donde una mayor activación de F3 en el estado basal de las personas –es decir, en estado de reposo– se asocia con una predisposición a acercarse y a actuar en el mundo, mientras que una mayor activación de F4

podría significar una predisposición a alejarse o a recluirse (Davidson, 2004; Henriques y Davidson, 1991). En ese sentido, Henriques y Davidson (1991) encontraron que una hipoactivación –es decir, una activación por debajo de lo normal o activación menor relativa– en F3 se asoció con un grupo de participantes con sintomatología depresiva moderada (*BDI*,  $M = 26.8$ ) en contraste con el grupo control. Los autores argumentan que existe evidencia de lesiones cerebrales que respaldan este modelo al haber una disfunción en esta región cerebral, sin embargo, al tratarse de una diátesis, este patrón de actividad EEG no es suficiente para causar sintomatología depresiva, sino que existe una predisposición y se requiere de estresores ambientales para desencadenarla. Asimismo, señalan que existe un patrón inverso en la región parietal –*i.e.*, hipoactivación en la región parietal derecha (P4)–. En un estudio previo, Henriques y Davidson (1990) descubrieron que existe una asimetría parietal de alfa (*PAA*, por sus siglas en inglés) inversa a la *FAA*, donde pacientes en remisión –*i.e.*, que previamente manifestaron un cuadro depresivo– reflejaron menor activación (aumento de alfa) en P4 relativo a la región contralateral (P3), en contraste con el grupo control –*i.e.*, sin antecedentes de diagnóstico de depresión– que presentó una asimetría opuesta.

Por otro lado, en el modelo de Heller (1993), ella propone que, mientras que la actividad asimétrica frontal puede caracterizar la predisposición de respuesta de aproximación o de evitación –tal como el modelo de *FAA*–, la actividad parietotemporal derecha refleja el nivel de intensidad o de excitación emocional. Es decir, que las personas con sintomatología depresiva pueden mostrar una mayor actividad en F4, relativa a F3 –característica de una respuesta emocional

evitativa o de valencia negativa–, y una hipoactivación en P4, que reflejaría una respuesta emocional atenuada o de baja intensidad (Heller, 1993). Este modelo puede respaldarse con los hallazgos de Bruder *et al.* (2011), donde además de encontrar una menor actividad cortical (mayor alfa) en P4 asociada a un grupo de alto riesgo de depresión –*i.e.*, hijos y nietos de pacientes con depresión–, comparado con un grupo de bajo riesgo –*i.e.*, sin antecedentes familiares de diagnóstico de depresión–, dicha disminución de actividad cortical se asoció con un adelgazamiento cortical de esta región cerebral, medido con imagen por resonancia magnética (*MRI*, por sus siglas en inglés).

Debido a la complejidad del trastorno y a la diversidad en los métodos empleados, estos modelos suelen enfrentarse con discrepancias en los resultados. Por ejemplo, recientemente, Marcu *et al.* (2023) encontraron una asimetría de la banda alfa, pero en la región frontolateral (F7-F8), asociada a la severidad de la sintomatología depresiva, medida con una escala llamada *Montgomery–Åsberg Depression Rating Scale (MADRS)*, sin embargo, no se asoció con la escala del *BDI-II*. Estos resultados muestran que, en algunas situaciones, existen discrepancias por el instrumento de evaluación utilizado –ya que miden la sintomatología depresiva de manera distinta–, y no por eso quiere decir que hay una ausencia de actividad EEG asociada con ciertos síntomas depresivos. Esto, aunado a que la asimetría se encontró en otra región, proponiendo así el modelo de asimetría frontolateral de alfa (*FIAA*, por sus siglas en inglés). Por otro lado, estos autores también hallaron una *PAA*, es decir, mayor alfa en P4 que en P3 en pacientes respondientes a tratamiento, lo que indica que este modelo de asimetría podría ser específico para cierto tipo de trastorno

depresivo asociado al tipo de respuesta a un tratamiento psicofarmacológico. Por último, es relevante mencionar que, en este estudio, la asimetría en regiones parietales fue más pronunciada que en regiones frontales.

Por lo anterior, en diversos estudios se ha discutido sobre el alcance de estos modelos para el diagnóstico de la depresión. Como van der Vinne *et al.* (2017), quienes mencionan que la *FAA* tiene un alcance de pronóstico (Arns *et al.*, 2016) y no de diagnóstico –es decir, que la presencia de este marcador se asocia con un tipo de pronóstico, al desarrollo de la sintomatología y a la respuesta al tratamiento, pero no define al tipo de trastorno depresivo–, y que se debe tomar en cuenta la interacción de las variables del género, la edad y el nivel de severidad de los síntomas. En cuanto a la interacción de variables, Roh *et al.* (2020) descubrieron que la presencia de ideación suicida en pacientes con *MDD* modera la *FAA*, pareciéndose más a la asimetría de participantes sanos –*i.e.*, mayor actividad en F3 que en F4–, sugiriendo una predisposición a la aproximación y a actuar en el mundo –que, en este contexto, podría ser contraproducente–. Considerando la edad, Barros *et al.* (2022) encontraron una *FAA* con mayor activación frontal izquierda en adultos mayores (AM) que en adultos jóvenes (AJ), a pesar de que los AM obtuvieron un mayor puntaje promedio de sintomatología depresiva (*BDI-II*) que los jóvenes; esto lo explican con el sesgo positivo –*i.e.*, tendencia a evaluar con una mayor carga emocional positiva que los jóvenes– y con las diferencias del tipo de sintomatología depresiva que hay entre adultos jóvenes (síntomas afectivos) y adultos mayores (síntomas cognitivos; existen menores síntomas afectivos en la depresión tardía). Cabe mencionar que su muestra no obtuvo una evaluación clínica –*i.e.*, muestra subclínica–, y que, en

promedio, los síntomas depresivos en los grupos fueron mínimos (AJ) y leves (AM), de acuerdo con el *BDI-II*. También recientemente, Millis *et al.* (2022) encontraron una *FAA* en estudiantes de medicina, donde mayores puntajes de depresión se asociaron con una mayor activación frontal derecha (F8). Los autores sostienen que la *FAA* refleja la motivación (respuesta evitativa o de aproximación), como rasgo, y no la valencia del estado emocional, debido a que también se relaciona con aspectos psicosociales (regulación, cooperación y dependencia).

Si bien, existe una amplia evidencia de que la sintomatología depresiva está asociada con una reducción de la actividad metabólica (tomografía por emisión de positrones y *fMRI*) o aumento de la banda alfa en el EEG en las regiones prefrontal izquierda y parietal derecha (Bruder *et al.*, 2017), hace falta revisar los estudios que intentan revertir esta asimetría con el fin de disminuir los síntomas depresivos. Quizá, uno de los ejemplos más claros es el estudio de O'Reardon *et al.* (2007), gracias al cual se estandarizó y se aprobó el uso clínico de la estimulación magnética transcraneal (*TMS*, por sus siglas en inglés) como tratamiento para la depresión. En este estudio, los autores excitaron la CPFdl izquierda, región anatómica asociada con la actividad de la *FAA* en el EEG (Davidson, 2004; Pizzagalli *et al.*, 2005), y que se encuentra hipoactivada en los pacientes con depresión. De esta manera, tras el tratamiento, los autores observaron una disminución en la sintomatología depresiva, comparada con el grupo control, dando evidencia de que la reversión de la *FAA* podría asociarse con una mejoría en estos pacientes. Asimismo, se ha estudiado que, si se presenta un estímulo de recompensa –*i.e.*, juego de recompensa monetaria–, los pacientes con depresión de inicio tardío logran revertir la *FAA*, mostrando un patrón de

actividad similar al grupo control, sin embargo, esto no sucede con los pacientes con depresión de inicio temprano (Shankman *et al.*, 2007) –reabriendo el debate sobre la complejidad y diversidad del trastorno y sus posibles bases neurofisiológicas asociadas–. Cabe mencionar que este último resultado podría explicarse con el modelo de capacidad, donde la *FAA* asociada a la sintomatología depresiva se hace más evidente durante una prueba emocional de aproximación-avoidance que en estado de reposo en pacientes con un historial recurrente de *MDD* (Stewart *et al.*, 2014). Es decir, aquellas personas con una larga trayectoria presentando sintomatología depresiva parecieran no ser sensibles a las señales de recompensa, por lo que reflejan una disminución de actividad frontal izquierda (F1, F3, F5, F7) ante los estímulos positivos –*i.e.*, incapacidad de procesarlos–.

Otra forma de revertir la *FAA* es mediante la regulación emocional. En ese sentido, Choi *et al.* (2016) compararon la efectividad de la reevaluación contra la supresión de estados emocionales negativos mediante el modelo de *FAA* con participantes sanos. Encontraron una mayor activación frontal izquierda en la condición de reevaluación emocional –*i.e.*, cambio de perspectiva ante un evento emocional– al ver una imagen negativa en comparación con la observación pasiva del mismo estímulo, y sin diferencias en la condición de suprimir la respuesta emocional. La asimetría fue mayor en la región frontomedial (F4-F3) que en electrodos frontolaterales (F8-F7) y frontopolares (Fp2-Fp1). No hubo evaluación subjetiva de la respuesta emocional. Por último, el uso de *neurofeedback* –*i.e.*, técnica que utiliza señales de neuroimagen funcional para enviar una retroalimentación al participante sobre los cambios en su actividad cerebral en tiempo real– mediante *fMRI*-EEG ha demostrado que el entrenamiento para el

aumento de la actividad metabólica (actividad *BOLD*) de la amígdala izquierda, mediante una tarea de inducción de felicidad, resulta en aumento de actividad frontal izquierda de acuerdo con la *FAA* (Zotey *et al.*, 2016). Más tarde, Zotey y Bodurka (2020) encontraron lo mismo, añadiendo el aumento de la actividad de la *CCA* rostral izquierda, y la disminución de la actividad beta frontal derecha (*FBA*, por sus siglas en inglés), asociada con la sintomatología ansiosa en pacientes con *MDD*.

Tomando en cuenta que, en ciertos casos, los estímulos de recompensa pueden llegar a revertir la sintomatología depresiva y sus biomarcadores asociados (Shankman *et al.*, 2007; Stewart *et al.*, 2014), surge la pregunta de si la música podría ser capaz de lograrlo. Para respaldar esto, hay entender que la música es una práctica humana que puede ser rastreada desde nuestros orígenes como especie y entre las diversas culturas del mundo, claro, cada una con su propia manera de concebirla (Killin, 2018; Nettle, 2000; Valdés-Alemán, 2023). En ese sentido, pareciera que la música ha tenido un rol importante en la historia evolutiva del *homo sapiens* (Dissanayake, 2001; Killin, 2018). Una de las hipótesis más argumentadas sobre la función adaptativa de la música, es la de su capacidad de cohesión social, dando identidad al grupo, preparándolo para actuar en sincronía, y permitiendo una buena convivencia entre sus integrantes (Cross, 2003; Dissanayake, 2001; Weinstein *et al.*, 2016). Por tal motivo, de acuerdo con Dissanayake (2001), la práctica musical permite al individuo experimentar un sentido de pertenencia, ejerciendo en él, poderes transformativos y emocionales profundos.

Estos argumentos podrían servir como base para explicar la efectividad de la musicoterapia, que es definida como el uso clínico de la música para el tratamiento de pacientes a partir de metas específicas y con la guía de un profesional –i.e., musicoterapeuta– (Dissanayake, 2001; Leubner y Hinterberger, 2017). En un sentido más amplio, Leubner y Hinterberger (2017) proponen que, tanto la musicoterapia como la música medicinal, tienen en común el implementar estímulos acústicos como medio para el mejoramiento de los síntomas en las personas que sufren de algún malestar –p. ej., depresión–. Cabe mencionar que los efectos terapéuticos de la música no sólo inciden en la mejora del estado de ánimo de las personas, sino que también pueden llegar a fortalecer el sistema inmune, contribuyendo a lograr un bienestar integral (Bowling, 2023; Zeppegno *et al.*, 2021).

En la hipótesis monoaminérgica, se dice que una de las posibles causas de la depresión es una disminución de las monoaminas en el cerebro, como lo es la serotonina (5-HT), y que actúan como neuromoduladores, regulando la actividad cerebral, principalmente en las estructuras subcorticales asociadas al procesamiento emocional (Cruzblanca *et al.*, 2016). Es por ello por lo que, en los casos más severos –i.e., sintomatología severa–, se trata con psicofármacos, tales como los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina (ISRS), permitiendo así la acumulación de dichas monoaminas en los espacios sinápticos; o, incluso, se procede a intervenciones invasivas como la estimulación profunda del cerebro (*DBS*), para excitar las estructuras subcorticales encargadas de la síntesis y liberación de estos neurotransmisores (Cruzblanca *et al.*, 2016). Siguiendo esta lógica, es relevante mencionar que existe una amplia literatura

científica que ha explorado los efectos emocionales y placenteros de la música, donde se ha encontrado que el escuchar música es capaz de activar al sistema dopaminérgico, encargado de la liberación de dopamina (DA), otro neurotransmisor relevante para los trastornos emocionales como la depresión, ya que participa como parte de la motivación dentro del sistema de recompensa en nuestro cerebro (Kringelbach, 2013; Salimpoor y Zatorre, 2013; Zatorre y Salimpoor, 2013b). Concretamente, es la liberación de DA la que nos permite percibir, en mayor o menor medida, placer ante la música (Ferreri *et al.*, 2019).

Otro sistema que se ha visto asociado al placer musical, y que incide en el estado de ánimo de las personas y su respuesta emocional –principalmente en la respuesta autónoma relacionada con la excitación o intensidad emocional–, es el sistema de opioides endógenos (Goldstein, 1980; Laeng *et al.*, 2021; Mallik *et al.*, 2017; Mas-Herrero *et al.*, 2022). Este sistema también es importante porque participa en el procesamiento y la regulación de la percepción del dolor mediante su rol analgésico (Kringelbach, 2013), por lo que podría estar relacionado con el proceso de analgesia musical. No obstante, de acuerdo con Powers *et al.* (2022), la analgesia musical sucede de manera compleja al activarse diversos procesos cognitivos, emocionales, de memoria, de saliencia y de integración multisensorial que actúan para disminuir la percepción displacentera ante el dolor mediante la modulación de la conectividad entre la ínsula, la amígdala, el hipocampo y el tálamo durante la experiencia dolorosa. Según los autores, este efecto sucede posterior a la estimulación, mediante procesos de reflexión y revaloración afectiva y cognitiva sobre la experiencia dolorosa. La modulación cognitiva y emocional de la percepción del dolor puede surgir a partir de las atribuciones de familiaridad,

recompensa y valencia emocional positiva que las personas confieren a la música. Es importante mencionar que los autores encontraron que existe una fuerte relación entre displacer y depresión, y que las características individuales y los estados emocionales influyen en la experiencia dolorosa, a su vez, influyendo en su respuesta placentera ante la música.

Siguiendo con el placer musical, y tomando en cuenta el modelo de *FTA* (ver capítulo 2.2.1), el estudio de Dharmadhikari *et al.* (2018) es interesante, ya que utilizaron música para evaluar este modelo de asimetría en personas con depresión. Observaron que las personas sanas (control) presentaban un aumento de la actividad frontal izquierda de la banda theta (Pizzagalli *et al.*, 2003) tras escuchar música, a diferencia de las personas con depresión. Sin embargo, es importante mencionar que, este último grupo, sí presentó una disminución significativa de la actividad frontal derecha, lo que podría asociarse con la disminución de afectos negativos displacenteros. Otro estudio sumamente importante por sus aportaciones causales es el de Mas-Herrero *et al.* (2018), donde, utilizando la *TMS*, lograron modular la respuesta placentera ante estímulos musicales, aumentándola al excitar la CPFdl izquierda, y disminuyéndola al inhibir la actividad de dicha zona. En ese sentido, se tiene evidencia de que la CPFdl izquierda es responsable de modular la respuesta placentera ante la música.

Llegados a este punto, no cabe duda de que la música es un fuerte estímulo que ayuda a mejorar el estado de ánimo de las personas a través de diversos mecanismos psicosociales, adaptativos y neurofisiológicos. Incluso, en un reciente estudio, se encontró que la música predominó como actividad predilecta, dentro de una serie de actividades recreativas, para ayudar a sobrellevar el

malestar emocional y psicológico asociado al confinamiento en tiempos de pandemia por COVID-19 (Mas-Herrero *et al.*, 2023). Estos autores pudieron observar una relación inversa entre las horas de actividades musicales y el nivel de sintomatología depresiva. Cabe recalcar que la capacidad de percibir placer medió esta relación, por lo que los autores concluyeron que los efectos positivos de la música se dan por mecanismos de placer y recompensa. Con respecto a lo anterior, Hein *et al.* (2022) encontraron una relación entre ideación suicida – componente de alta prevalencia en la depresión severa y que representa riesgo suicida– y anhedonia. Para su sorpresa, no fue así con la anhedonia musical, es decir, que la presencia de ideación suicida, a pesar de relacionarse con una disminución en la percepción placentera, no se asoció con pérdida de placer musical.

Adicional a la música, otro elemento perceptual capaz de influir emocionalmente en las personas es el color (D'Andrade y Egan, 1974; Palmer y Schloss, 2010; Schloss *et al.*, 2011; Valdez y Mehrabian, 1994). De tal forma, que no es de sorprenderse que también existen estrategias terapéuticas que utilizan al color como medio para mejorar el estado de ánimo de las personas: arteterapia y cromoterapia (Kang, 2021; Kawakami *et al.*, 2020; Withrow, 2004). Es relevante enfatizar que, aunque este tipo de terapia se ha estudiado por medio del registro EEG (Kawakami *et al.*, 2020), aún hace falta explorar su estudio por medio del modelo de FAA. No obstante, considerando al color dentro de la ecuación, otro fenómeno estudiado, es el del vínculo entre la música y el color, siendo la emoción en común la que los une (Palmer *et al.*, 2013; Spence, 2020; Valdés-Alemán *et al.*, 2022; ver capítulo 2.1) –aunque también la emoción de un estímulo puede influir

emocionalmente al otro (Hauck *et al.*, 2022)–. Tomando esto en cuenta, no es descabellado pensar que, si se juntasen la música y el color para evocar emociones positivas y placenteras en las personas, podría resultar en una forma de terapia bimodal más efectiva, que si sólo se aplican la musicoterapia o la cromoterapia por separado. Sin embargo, similar al caso del capítulo pasado, de acuerdo con los buscadores académicos en internet –p. ej., *Google Académico*– no hay artículos –en inglés o en español– publicados en revistas indexadas que aborden el estudio del papel terapéutico de la música y el color –de manera conjunta– para el alivio emocional en personas con depresión, a partir del registro EEG y mediante el modelo de *FAA*. Lo más cercano a esto, es un estudio que combina luz y aroma como estímulo para disminuir los síntomas de la ansiedad y la depresión, medidos a partir de respuestas subjetivas y EEG, utilizando el modelo de *FAA* (Warden-Smith *et al.*, 2017).

En este estudio, Warden-Smith *et al.* (2017) pusieron a prueba una intervención con terapia de luz brillante (*BLT*, por sus siglas en inglés) y aromaterapia (con esencia cítrica), por separado y en conjunto, en una muestra de 24 estudiantes. La estimulación consistió en la presentación continua, durante 90 segundos, de la luz y del aroma, cada uno por separado y luego en conjunto, en orden aleatorio. En una segunda etapa, se presentó la estimulación bimodal de luz con aroma ante una muestra de 64 participantes, de manera intermitente durante 15 minutos, con el fin de proveer una estimulación prolongada, pero evitando la adaptación o habituación a los estímulos. El registro EEG se realizó durante los periodos de estimulación para ambas etapas (90 segundos y 15 minutos, respectivamente) mediante los electrodos F8 y F7 para poder medir la *FAA*. Dicha

asimetría la calcularon mediante la *IHA*. Adicionalmente, en la segunda etapa se contempló el registro EEG en reposo durante los dos minutos previos a la estimulación (*pre-test*) y durante los dos minutos posteriores a la estimulación (*post-test*). En cuanto a las respuestas subjetivas, implementaron el cuestionario del *Profile of Mood States (POMS)* para evaluar el estado emocional de los participantes de la segunda etapa durante el *pre-test* y el *post-test*. En general, encontraron una mejoría de los estados afectivos subjetivos (*POMS*) de los participantes posterior a la estimulación conjunta de *BLT* y aroma. En cuanto a la actividad EEG, sólo las personas con una asimetría negativa –*i.e.*, mayor activación frontal derecha que izquierda– durante el *pre-test*, mostraron un incremento significativo ante la estimulación con aroma solo y aroma con luz – estos efectos no se encontraron para el *post-test*. En ese sentido, los autores concluyen que la *BLT*, en combinación con la aromaterapia, puede ser efectiva para mejorar los estados de ánimo en personas con rasgos depresivos, a partir de la evidencia subjetiva y electrofisiológica. Si bien, este estudio dista de la intervención mediante música con color para inducir emociones positivas en personas con depresión, funciona como base metodológica para respaldar la intervención bimodal (en su caso, luz y aroma) como terapia en personas con afectaciones emocionales, empleando medidas subjetivas (*POMS*) y la *FAA*, como biomarcador electrofisiológico de la depresión.

### 3. Planteamiento del Problema

En resumen, existe evidencia que sostiene la hipótesis del vínculo música-color mediado por emoción, y parece ser que el modelo metodológico propuesto por Palmer *et al.* (2013) cuenta con varios elementos favorables para estudiar este fenómeno (Valdés-Alemán, en redacción). Tal es el caso de utilizar una selección sistemática de colores, como los 37 colores del *Berkeley Color Project* (Palmer y Schloss, 2010; Schloss *et al.*, 2011), la evaluación de las características perceptuales del color –a partir de las dimensiones Rojo-Verde, Amarillo-Azul, Brillo y Saturación–, la tarea de asociación música-color –mediante la selección de los tres colores más consistentes y los tres más inconsistentes para cada estímulo musical–, y el empleo de la fórmula *MCA* –donde se le resta el promedio de los tres colores inconsistentes al promedio de los tres colores consistentes, según las calificaciones obtenidas en cada dimensión del color, y para cada estímulo musical–. De acuerdo con Valdés-Alemán *et al.* (2022), para facilitar la evaluación emocional de los colores y de la música, se puede utilizar el modelo emocional multidimensional de Russell (1980) –compuesto por la valencia y la intensidad emocional–, usando una escala de –100 a +100, similar a la de las dimensiones de las características perceptuales del color, para homogeneizar la naturaleza de los datos. Asimismo, los autores proponen la evaluación del placer y la familiaridad con la música, ya que, por un lado, el placer musical puede considerarse como un fenómeno a parte de la valencia emocional y, por el otro, la familiaridad con la música parece influir en su percepción placentera.

Debido a que el estudio del vínculo música-color mediado por la emoción ha sido estudiado con pruebas conductuales, queda abierta la posibilidad de explorar

este fenómeno por medio de EEG. Aunque el estudio de los patrones cerebrales eléctricos –con EEG– correlacionados con las emociones y el placer musical es cada vez más extenso (ver Valdés-Alemán *et al.*, 2024), hacen falta más estudios que aborden este tipo de modelos –p. ej., *FAA*– para el estudio de las emociones evocadas por color. Este vacío en la literatura se vuelve aún más evidente cuando se plantea la pregunta sobre el estudio de la respuesta electrofisiológica ante las emociones inducidas específicamente por los 37 colores del *Berkeley Color Project*.

Partiendo de la hipótesis de que el vínculo entre música y color se da por la emoción en común entre estos dos estímulos, surge la pregunta de si la presentación de ambos estímulos concordantes en emoción induciría una respuesta emocional mayor –es decir, un efecto sinérgico–. Así como hay una falta de estudios que aborden la respuesta de la actividad EEG ante las emociones evocadas por los colores del *Berkeley Color Project*, tampoco hay evidencia sobre el estudio de dicha respuesta al combinar música y color –ni se diga de los colores del *Berkeley Color Project*, en específico–. De tal modo que queda abierto el camino para seguir investigando sobre este tema. Adicional al efecto sinérgico con estímulos concordantes en emoción, se puede preguntar sobre el efecto causado entre estímulos discordantes en emoción –p. ej., música alegre con color triste–, donde se puede poner a prueba el modelo de control inhibitorio de Grimshaw y Carmel (2014) mediante la *FAA*.

Debido a los estudios sobre el modelo de *FAA* como biomarcador de la depresión (p. ej., Jesulola *et al.*, 2015) y a los estudios sobre los efectos terapéuticos de la música (p. ej., Leubner y Hinterberger, 2017) y del color (p. ej.,

Kang, 2021) para personas con depresión, queda abierta la pregunta sobre los efectos terapéuticos al combinar música y color, medidos a partir de las respuestas subjetivas y EEG. Aunque el único antecedente que se acerca a este tipo de estudio es el de Warden-Smith *et al.* (2017), quienes evaluaron el efecto terapéutico de la estimulación con luz y aroma en personas con depresión mediante respuestas subjetivas y electrofisiológicas, este estudio plantea un modelo metodológico que bien podría ser aplicado con el estímulo música-color.

En conclusión, tomando en cuenta la pregunta central de este proyecto de investigación, que gira en torno al uso del estímulo música-color como evocador de placer y emoción para medir la respuesta EEG en personas con depresión y su posible función terapéutica, es importante considerar los siguientes objetivos.

Primero, validar los 37 colores del *Berkeley Color Project* como estímulos evocadores de placer y emoción, mediante pruebas subjetivas y los modelos de patrones cerebrales eléctricos. Segundo, estudiar los efectos emocionales y placenteros al presentar, de manera conjunta, la música y el color, a partir de pruebas subjetivas y los modelos de patrones EEG. Y, por último, una vez cubiertos estos vacíos en la literatura, se podrán medir las respuestas emocionales y placenteras ante el estímulo música-color en personas con depresión mediante pruebas subjetivas y los patrones cerebrales eléctricos, así como evaluar las posibles mejoras en su estado de ánimo para explorar los efectos terapéuticos de esta estimulación. Por lo tanto, se proponen tres estudios diferentes para abordar estos problemas de investigación, los cuales se presentan a continuación.

## 4. Primer Estudio: Color y Emoción

### 4.1. Pregunta de Investigación

- ¿Se pueden correlacionar los patrones EEG, observados en estímulos musicales por Valdés-Alemán *et al.* ( 2024), con el placer, con la valencia y con la intensidad emocional evocados por los 37 colores del *Berkeley Color Project*?

### 4.2. Objetivo

- Evaluar por medio del modelo de asimetría y activación frontal de alfa y de theta la valencia, la intensidad y el placer inducidos por los 37 colores del *Berkeley Color Project*.

### 4.3. Hipótesis

- **Hipótesis nula:** No existe una correlación entre los patrones EEG, ante los 37 colores del *Berkeley Color Project*, y las calificaciones de placer, valencia e intensidad emocional ante estos mismos colores.
- **Hipótesis alternativa:** Existe una correlación entre los patrones EEG, ante los 37 colores del *Berkeley Color Project*, y las calificaciones de placer, valencia e intensidad emocional ante estos mismos colores.

### 4.4. Justificación

Debido a la falta de literatura que haya evaluado previamente a la selección de los 37 colores del *Berkeley Color Project* (Palmer y Schloss, 2010; Schloss *et al.*, 2011) en términos de emoción y placer por medio de EEG, así como se ha hecho con música (p. ej., L. A. Schmidt y Trainor, 2001), fue importante resolver esta pregunta de investigación antes de continuar con el resto del proyecto de

investigación. Ya que el interés principal de este proyecto fue el de explorar las respuestas electrofisiológicas del estímulo música-color, y teniendo en cuenta que ya existe evidencia previa para este tipo de estudios con estímulos musicales, primero se tuvo que corroborar si esto también ocurre con el color y, específicamente, con esta selección de colores. Por último, validar emocionalmente y por medio de la actividad EEG una colección de colores que ya ha sido ampliamente utilizada en estudios previos (p. ej., Levitan *et al.*, 2015; Palmer *et al.*, 2013, 2016; Valdés-Alemán *et al.*, 2022; Whiteford *et al.*, 2018), es una tarea de gran relevancia que aumenta el conocimiento científico en esta área del conocimiento.

### **4.5. Método**

Para contestar esta pregunta de investigación, se evaluó la relación entre las respuestas emocionales subjetivas de los participantes ante los colores y su respuesta EEG. El estudio se trató de un diseño experimental, de alcance exploratorio, descriptivo y correlacional, de manera transversal con medidas repetidas, y en dirección prospectiva. Se tuvo como variables independientes los siguientes estímulos: cada uno de los 37 colores del *Berkeley Color Project*, la condición del EEG en reposo y las condiciones control –*i.e.*, dos imágenes, una alegre (valencia e intensidad positiva) y una triste (valencia e intensidad negativa), validadas por Krogmeier *et al.* (2022)–. En el caso de las respuestas subjetivas, las variables dependientes fueron la Valencia, la Intensidad, el Placer, la dimensión Rojo-Verde, la dimensión Amarillo-Azul, el Brillo, y la Saturación. Adicionalmente, para caracterizar la respuesta emocional subjetiva, se promediaron las tres variables emocionales (*i.e.*, Valencia, Intensidad y Placer)

para obtener la variable de Promedio VIP. Por último, para las respuestas electrofisiológicas, las variables dependientes fueron el logaritmo natural ( $\ln$ ) de la potencia absoluta ( $\mu V^2$ ) de las bandas Theta (4–8 Hz) y Alfa (8–13 Hz) en cada electrodo (F4, F3, P4 y P3), y en su valor de *IHA* (F4–F3 y P4–P3).

#### **4.5.1. Participantes**

Después de realizar el análisis de potencia estadística en *G\*Power 3.1.9.4* (Faul *et al.*, 2007), para un estudio de correlación bivariada de dos colas, a un nivel de correlación de .05, de acuerdo con un estudio previo (Valdés-Alemán *et al.*, 2024), y con un nivel de alfa de .05, se requiere de un tamaño de la muestra de 29 participantes para alcanzar una potencia de .80. En ese sentido, se lograron reclutar 32 participantes (19 mujeres, 59.4%;  $M = 21.4$  años,  $DE = 3.3$ ), con escolaridad mínima de bachillerato, diestros, sin sintomatología depresiva de nivel moderado a severo (*BDI-II*;  $M = 4.8$ ,  $DE = 3.9$ ), y con visión y audición normal (o con aparatos correctivos). Los zurdos fueron excluidos mediante la prueba de Edinburgo (Oldfield, 1971), debido a las diferencias en la especialización hemisférica que podría repercutir en el procesamiento emocional (Heller y Levy, 1981). Debido a que se trata de una prueba de percepción del color, los participantes con daltonismo fueron excluidos mediante la prueba de *Dvorine* (Palmer *et al.*, 2013). Todos los participantes leyeron y firmaron el documento de consentimiento informado, de acuerdo con la Declaración de Helsinki para la investigación en humanos (World Medical Association, 2013).

#### **4.5.2. Materiales y Estímulos**

Se utilizaron los 37 colores empleados por Valdés-Alemán *et al.* (2022) basados en el *Berkeley Color Project* (Palmer *et al.*, 2013; Palmer y Schloss, 2010;

Schloss *et al.*, 2011), un control positivo (imagen alegre), un control negativo (imagen triste), un monitor para la proyección de los estímulos, una laptop para la evaluación subjetiva de los mismos, una computadora para la estimulación, una computadora para el registro EEG, el amplificador *Neuroscan NuAmps* y ocho electrodos Ag/AgCl (ver Figura 1).

### Figura 1

*Estímulos utilizados en el Primer Estudio*



*Nota.* Tabla de los colores del *Berkeley Color Project* empleada por Valdés-Alemán *et al.* (2022) y que muestra los 37 colores fueron presentados de forma individual y aleatoria (A). Imágenes como control positivo/alegre (B) y negativo/triste (C), previamente validadas emocional y electrofisiológicamente – con EEG– por Krogmeier *et al.* (2022).

Se utilizaron los siguientes programas: *E-Prime versión 2.0* para la estimulación, *NeuroScan V. 4.0 (Acquire)* para el registro electroencefalográfico,

*EEGLAB Compiled Version 2021.0* para el preprocesamiento y procesamiento de la señal EEG, *JASP 0.14.1.0* y *Microsoft Office Excel* para el análisis de datos.

Las preguntas que los participantes contestaron para evaluar su estado emocional previo a la estimulación fueron las siguientes: [1] ¿Qué tan negativa o positiva es la emoción que sientes actualmente?, y [2] ¿Qué tan pasiva o activa considerarías a esta emoción?

Estas preguntas se contestaron mediante dos escalas continuas (-100 a +100), en forma de *sliders* horizontales (*i.e.*, barras deslizadoras), y con tres etiquetas como guías debajo de cada uno (una al extremo izquierdo, una debajo del centro y otra al extremo derecho). Las etiquetas fueron diferentes para cada pregunta, como se muestra a continuación, en orden de izquierda a derecha: [1] Negativa, Neutra, y Positiva, y [2] Pasiva, Neutra, y Activa.

Las preguntas que los participantes contestaron para evaluar emocionalmente a cada uno de los colores y los estímulos control fueron las siguientes: [1] ¿Qué tan verde o rojo es este color?, [2] ¿Qué tan amarillo o azul es este color?, [3] ¿Qué tan oscuro o claro es este color?, [4] ¿Qué tan saturado es este color?, [5] ¿Qué tan negativa o positiva es la emoción que te genera este color?, [6] ¿Qué tan pasiva o activa considerarías a esta emoción?, y [7] ¿Qué tanto te gusta este color? Para el caso de las imágenes (controles), se les advirtió a los participantes que, en caso de presenciar imágenes, contestaran las preguntas relacionadas con color de acuerdo con el color global o predominante de la imagen, según su criterio.

Igualmente, estas preguntas se contestaron mediante seis escalas continuas (-100 a +100), en forma de *sliders* horizontales, y con tres etiquetas

como guías debajo de cada uno. Las etiquetas fueron diferentes para cada pregunta, como se muestra a continuación, en orden de izquierda a derecha: [1] Verde, Neutro, y Rojo; [2] Amarillo, Neutro, y Azul; [3] Oscuro, Neutro, y Claro; [4] Poco, Neutro, y Muy; [5] Negativa, Neutra, y Positiva; [6] Pasiva, Neutra, y Activa; y [7] Poco, Neutro, y Mucho.

### **4.5.3. Procedimiento**

Después de leer y firmar el documento de consentimiento informado, el participante llenó el formulario de datos demográficos. Posteriormente, se midió y limpió su cuero cabelludo para posicionar con pasta conductora los electrodos en las posiciones F4, F3, P4, P3, Cz, EOG1 (VEOG y HEOG derecho) y tierra (lóbulo de la oreja derecha), de acuerdo con el sistema 10/20 (Jasper, 1958). Se sentó cómodamente a una distancia de 50 cm del monitor de estimulación. Previo a la estimulación, se registró el EEG en reposo con ojos abiertos (Henriques y Davidson, 1991; Marcu *et al.*, 2023) mientras el participante observaba un punto de fijación durante 15 segundos y, posteriormente, contestó el cuestionario sobre su estado emocional. A continuación, cada estímulo se presentó de manera aleatoria, durante una ventana de 15 segundos, mientras el participante lo observaba fijamente y sin cerrar los ojos. Al término de cada estímulo, realizaría la evaluación subjetiva en la laptop, antes de continuar con el siguiente estímulo. Al término del estudio, se retiraron los electrodos y se limpió el cuero cabelludo del participante. Todo el procedimiento tuvo una duración promedio de 94.6 min ( $DE = 11.8$ ).

#### **4.5.4. Registro Electroencefalográfico**

El registro se realizó mediante cuatro electrodos activos posicionados de acuerdo con el Sistema Internacional 10/20 (Jasper, 1958), y con una impedancia por debajo de los 5 k $\Omega$  en cada uno de los sitios de interés: F3, F4, P3 y P4 (Choi *et al.*, 2016; Marcu *et al.*, 2023; L. A. Schmidt y Trainor, 2001; Valdés-Alemán *et al.*, 2024). Estos electrodos fueron referenciados al Cz (Henriques y Davidson, 1990; L. A. Schmidt y Trainor, 2001; Valdés-Alemán *et al.*, 2024). Asimismo, se registró el electrooculograma derecho (EOG1), para facilitar la limpieza de artefactos por movimientos oculares, por medio de dos electrodos Ag/AgCl: uno por encima de la ceja derecha (VEOG) y el otro a la altura de la sien derecha (HEOG). La tierra se midió con un electrodo Ag/AgCl en el lóbulo de la oreja derecha. Se colocó un filtro de pasabanda entre 1 Hz y 70 Hz, así como un filtro *Notch* en 60 Hz, y se digitalizó a una frecuencia de 500 Hz. La señal fue registrada, amplificada y digitalizada a través del programa *NeuroScan (Acquire)*.

#### **4.5.5. Obtención de la Señal**

El preprocesamiento de las señales EEG se realizó en el programa *EEGLAB*. Primero, se calcularon las distancias de las localizaciones de los electrodos de acuerdo con el *Standard 10-5 Cap385 with EOG*. Posteriormente, se aplicó un filtro de pasabanda entre 1 Hz y 30 Hz. Se extrajo del registro continuo los segmentos de estimulación como épocas individuales, obteniendo así un total de 40 épocas por participante –una por cada color (37), el segmento del EEG en reposo (1), el control positivo (1), y el control negativo (1)–. Asimismo, estas épocas por estímulo se volvieron a segmentar en épocas de un segundo (15 s), para después eliminar la primera y última época de cada ensayo (13 s), evitando

así el efecto sorpresa por el cambio (Flores Gutiérrez, 2007). Se utilizó el análisis de componentes independientes (*ICA*, por sus siglas en inglés) para corregir artefactos por movimientos oculares, eliminando el primer componente asociado con la actividad EOG. Toda la señal EEG fue normalizada para descartar diferencias interindividuales de potencia por impedancias (van der Vinne *et al.*, 2017).

Para el procesamiento de estas señales libres de artefactos, se utilizó el análisis de la transformada rápida de Fourier (*FFT*, por sus siglas en inglés), con ventanas sin traslape de 500 Hz. Así se obtuvo la potencia absoluta ( $\mu\text{V}^2$ ) para la banda theta (4–8 Hz) y la banda alfa (8–13 Hz). A estos resultados, se les aplicó logaritmo natural (*ln*) para reducir la asimetría en la distribución de los datos (L. A. Schmidt y Trainor, 2001). De esta manera, se obtuvo *ln*(Potencia de Theta) y *ln*(Potencia de Alfa) por electrodo (F3, F4, P3 y P4), para cada una de las épocas ( $n = 13$ ) promediadas por ensayo ( $n = 40$ ) y por participante ( $n = 32$ ). Por otro lado, para reducir la relación señal-ruido, se le restó la potencia de la condición de reposo a las potencias de cada uno de los ensayos (colores y controles), para cada uno de los participantes. Finalmente, con el fin de evaluar las diferencias interhemisféricas de la actividad EEG, se calculó el índice *IHA* (ver capítulo 2.2.1).

#### **4.5.6. Análisis de Datos**

Se realizaron análisis de correlación entre las variables de las respuestas subjetivas (cuestionario) y de la respuesta EEG. Para ello, se promediaron los valores de los participantes ( $n = 32$ ) por estímulo ( $n = 39$ ) para las variables subjetivas de Valencia, Intensidad, Placer, y su promedio (*i.e.*, Promedio VIP), así como para las variables electrofisiológicas de *ln*(Potencia de Theta) y de

*ln*(Potencia de Alfa) –por cada electrodo y también con los índices *IHA*–. Debido a la asimetría de los datos, se realizaron correlaciones de *Spearman* para aquellos análisis donde se involucraron las variables de Brillo y de Saturación. Por último, para la selección de los colores que se utilizarían en el Segundo Estudio, se seleccionó al color con mayor puntaje y al de menor puntaje de Promedio VIP. Éstos se contrastaron contra los puntajes de Promedio VIP de ambos controles (positivo y negativo), mediante un análisis de varianza (*ANOVA*) de medidas repetidas con dos factores: Emoción (Positiva y Negativa) y Estímulo (Color y Control). No obstante, debido a la asimetría de los datos de la variable Promedio VIP para la condición del color Y4, se optó por la prueba no paramétrica *W* de *Kendall* para evaluar la consistencia interna entre condiciones y la prueba post hoc de *Conover*. El nivel de significancia estadística se estableció en  $p < .05$ . Todos los análisis se realizaron en el programa *JASP 0.14.1.0*. Las gráficas se realizaron en el programa *Microsoft Office Excel*.

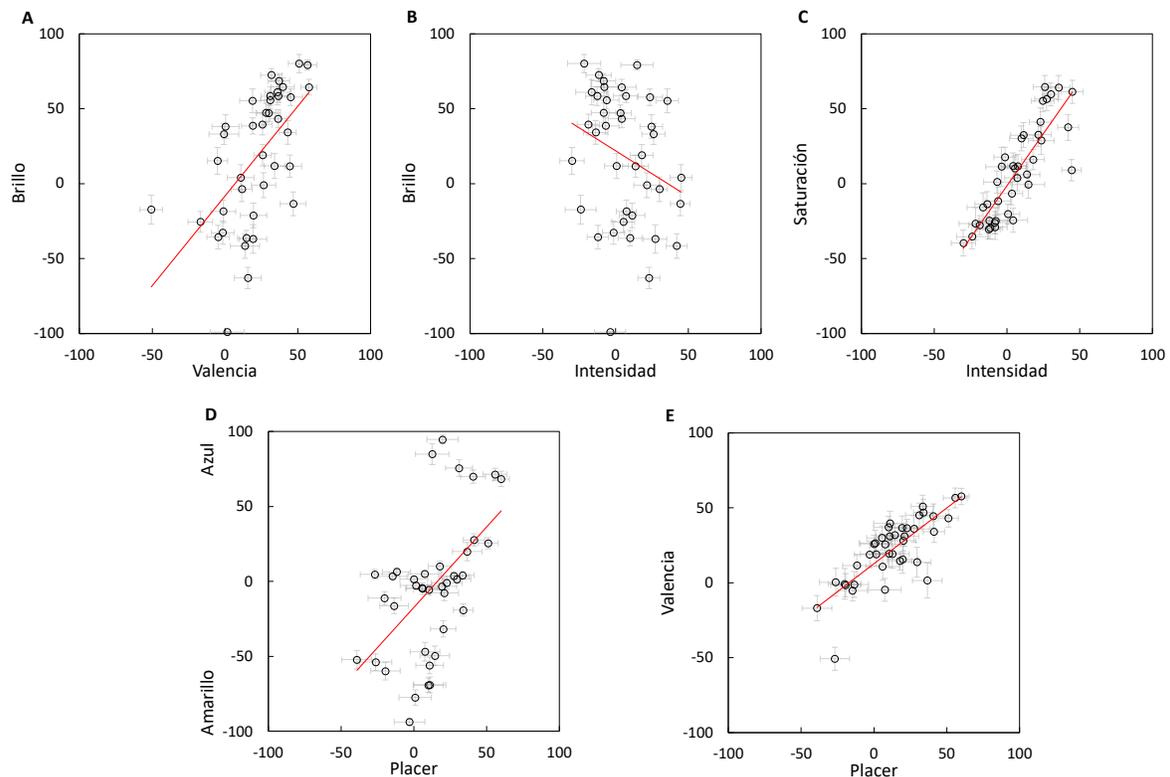
#### **4.6. Resultados**

Con respecto a la relación entre los datos subjetivos sobre las características perceptuales del color y su percepción emocional, se encontró una correlación positiva fuerte entre las variables de Valencia y Brillo ( $r_s = .68$ ,  $p < .001$ ). Sin embargo, la variable de Intensidad se correlacionó negativamente con Brillo ( $r_s = -.35$ ,  $p = .03$ ) y, positivamente, con Saturación ( $r_s = .88$ ,  $p < .001$ ). Por último, el Placer se correlacionó con la dimensión Amarillo-Azul ( $r = .54$ ,  $p < .001$ ). No obstante, es importante señalar que hubo una correlación positiva fuerte entre dos de las variables emocionales, es decir, entre Placer y Valencia ( $r = .79$ ,  $p$

<.001). En la Figura 2 es posible visualizar las gráficas de dispersión que describen dichas correlaciones.

**Figura 2**

*Correlaciones entre las variables de las respuestas subjetivas*

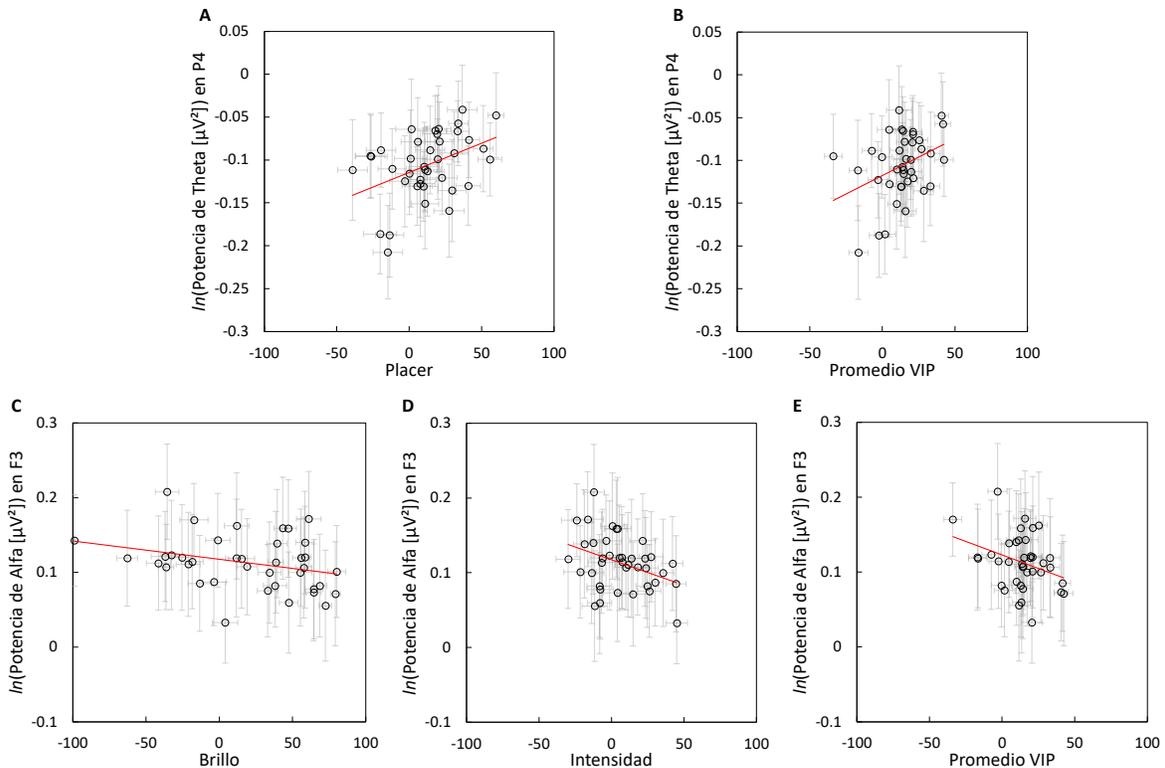


*Nota.* Gráficas de dispersión que muestran las correlaciones entre las variables (A) Valencia y Brillo ( $r_s = .68$ ,  $p < .001$ ), (B) Intensidad y Brillo ( $r_s = -.35$ ,  $p = .03$ ), (C) Intensidad y Saturación ( $r_s = .88$ ,  $p < .001$ ), (D) Placer y Amarillo-Azul ( $r = .54$ ,  $p < .001$ ), y (E) Placer y Valencia ( $r = .79$ ,  $p < .001$ ). En rojo se muestran las líneas de regresión y las barras de error reportan el error estándar.

Pasando a la relación entre datos subjetivos y EEG, sólo cinco análisis de correlación resultaron significativos (ver Figura 3). La variable de  $\ln$ (Potencia de Theta) en P4 se correlacionó positivamente con las variables de Placer ( $r = .42$ ,  $p = .01$ ) y del Promedio VIP ( $r = .36$ ,  $p = .02$ ). Adicionalmente, la variable de  $\ln$ (Potencia de Alfa) en F3 correlacionó negativamente con las variables de Brillo ( $r_s = -.35$ ,  $p = .03$ ), Intensidad ( $r = -.38$ ,  $p = .02$ ), y Promedio VIP ( $r = -.32$ ,  $p = .046$ ).

Figura 3

*Correlaciones entre las variables de las respuestas subjetivas y electrofisiológicas*



*Nota.* Gráficas de dispersión que muestran las correlaciones entre la variable de  $\ln(\text{Potencia de Theta } [\mu\text{V}^2])$  en el electrodo P4 y las variables del (A) Placer ( $r = .42, p = .01$ ) y del (B) Promedio VIP ( $r = .36, p = .02$ ). Así como entre la variable de  $\ln(\text{Potencia de Alfa } [\mu\text{V}^2])$  en el electrodo F3 y las variables de (C) Brillo ( $r_s = -.35, p = .03$ ), de (D) Intensidad ( $r = -.38, p = .02$ ), y del (E) Promedio VIP ( $r = -.32, p = .046$ ). En rojo se muestran las líneas de regresión y las barras de error reportan el error estándar.

Por otro lado, para la selección de los dos colores a emplear en el Segundo Estudio, como se puede ver en la Tabla 1, el color cian claro (CY2) obtuvo el

## PRIMER ESTUDIO: COLOR Y EMOCIÓN

puntaje más alto en Promedio VIP ( $M = 42.42$ ,  $DE = 36.66$ ), mientras que el color amarillo oscuro (Y4), el más bajo ( $M = -16.92$ ,  $DE = 34.15$ ).

**Tabla 1**

*Tabla de estímulos (colores y controles) ordenados de mayor a menor promedio*

Color	Promedio VIP	DE
*CY2	42.42	36.66
Alegre	41.74	31.30
CY3	40.63	27.34
CY1	33.26	35.02
CY4	33.02	37.41
R4	28.43	38.60
B2	26.83	25.61
B3	25.31	33.30
P2	21.11	37.25
G2	21.05	37.14
WH	20.96	34.90
R1	20.58	40.26
B1	19.69	42.77
B4	19.46	42.70
Y1	17.16	40.51
O1	16.30	47.47
LG	15.71	43.71
G3	15.24	31.21
P3	14.64	32.31
Y3	14.26	40.24
P4	14.16	31.02
G4	13.75	42.86
CH3	13.38	34.63
R2	12.92	40.10
Y2	12.88	35.71
CH2	11.58	35.37
BK	11.47	48.96
P1	9.95	26.31
O2	9.79	34.68
O3	4.90	31.78
R3	4.57	45.86
G1	1.74	40.95
CH1	-0.43	39.12
CH4	-2.38	37.56
DG	-3.09	37.36
O4	-7.48	36.50
MG	-16.60	36.81
*Y4	-16.92	34.15
Triste	-33.85	34.41

*Nota.* Los promedios fueron calculados con las calificaciones de Valencia, Intensidad y Placer de cada uno de los participantes.

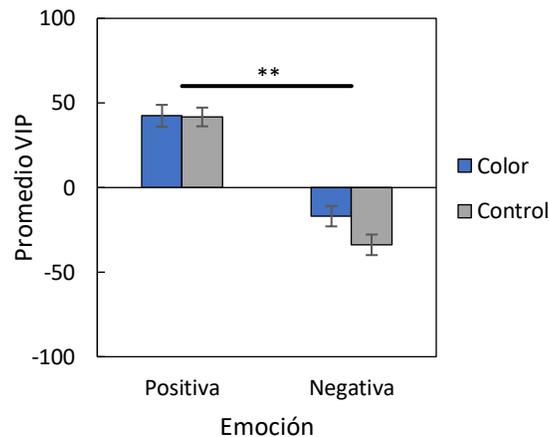
\*Selección de estímulos para emplearse en el segundo estudio como color alegre placentero y color triste displacentero, respectivamente.

Finalmente, al evaluar estos promedios y los de los controles (Alegre y Triste) con la  $W$  de *Kendall*, únicamente concordaron significativamente cuando se agruparon por Emoción ( $W = -21.2$ ,  $p < .001$ ) y no por el Tipo de estímulo *-i.e.*,

Color y Control–. La diferencia significativa ( $p = .008$ ) entre estímulos positivos ( $M = 42.08$ ,  $EE = 4.34$ ) y negativos ( $M = -25.39$ ,  $EE = 4.34$ ) en emoción fue corroborada con la prueba *post hoc* de *Conover* (ver Figura 4).

#### Figura 4

Comparación de Promedios VIP de los colores seleccionados y los controles



*Nota.* Comparación de los promedios VIP de los dos colores seleccionados (CY2 y Y4) y los dos controles (Alegre y Triste), separados por emoción (Positiva y Negativa) y estímulo (Color y Control). Los asteriscos señalan la concordancia interna ( $p = .008$ ) entre los estímulos agrupados por emoción (Positiva y Negativa), tras la prueba *post hoc* de *Conover*. Las barras de error reportan el error estándar.

#### 4.7. Discusión

Tal como lo mencionan D'Andrade y Egan (1974), existen consistencias universales en la relación entre las dimensiones perceptuales del color –*i.e.*, brillo y saturación– y las dimensiones emocionales de la valencia y de la intensidad

(Russell, 1980). En ese sentido, y replicando resultados previos (Valdés Alemán, 2021), se pudo observar que los colores percibidos como más brillantes son evaluados con puntajes de valencia más altos –i.e., emociones positivas–, asimismo, a mayor percepción de saturación del color, mayor intensidad emocional. Apoyándonos de la *EVT*, propuesta por Palmer y Schloss (2010), estas asociaciones se pueden explicar por las relaciones que hacemos entre características perceptuales del color que tienen ciertos objetos o eventos ambientales y las emociones que éstos evocan en nosotros, ya sea de manera biológica-adaptativa, cultural, social, o individual.

Por tal motivo, es posible que las personas asocien los colores brillantes con la percepción de objetos y eventos ambientales suscitados durante el día, mientras que la oscuridad podría estar relacionada con la noche; debido a nuestra naturaleza diurna, podríamos estar más atraídos o predispuestos a mostrar una respuesta de aproximación –i.e., valencia positiva– hacia el brillo. En cuanto a la saturación, podemos pensar que los objetos que sobresalen en el ambiente han adaptado en nosotros una respuesta de atención y alerta, por lo que es más probable que activen nuestro sistema nervioso autónomo simpático que está asociado con la activación o intensidad emocional (Russell, 1980). Por otro lado, la asociación entre el tono del color y la emoción pareciera ser más heterogénea y sujeta a factores culturales, contextuales e individuales. A pesar de que estudios previos han reportado una asociación entre el amarillo y la valencia emocional positiva, y lo opuesto para el color azul (Lindborg y Friberg, 2015; Valdés Alemán, 2021; Valdés-Alemán *et al.*, 2022), en este estudio la relación fue inversa. No obstante, basándonos en los hallazgos de Jonauskaitė *et al.* (2019), es importante

considerar el contexto ambiental y geográfico de la muestra, dado que las personas que viven cerca del ecuador –como México–, donde se tiene un clima más árido, caluroso y con mayores horas luz, tienden a evaluar estos colores cálidos con emociones negativas, y también podría explicar la preferencia por colores fríos –i.e., azul–.

Si bien, en este estudio se contempló a la variable del placer como independiente de la valencia emocional, estas dos variables se relacionaron fuertemente, dejando claro que aquellos colores evocadores de emociones positivas también son percibidos como placenteros, en oposición a los colores negativos. Por último, es interesante mencionar que la relación entre brillo e intensidad emocional fue inversa, es decir, a mayor brillo de los colores, éstos evocan una menor activación, y viceversa. Esto podría explicarse debido a que los colores brillantes, que se asocian con valencia positiva o respuesta de aproximación, pueden también evocar estados de relajación o de baja intensidad emocional, a diferencia de los colores oscuros que, por su asociación con una respuesta evitativa o de valencia negativa, podrían inducir estados de alerta o activación emocional.

Estos resultados reflejan las asociaciones entre respuestas subjetivas de la percepción de las características del color y su respuesta emocional. Sin embargo, respondiendo a la pregunta de investigación, hay que mencionar que también se encontraron correlaciones entre estas respuestas emocionales subjetivas y los patrones de actividad EEG. Concretamente, los colores brillantes, activadores, alegres y placenteros, se asociaron con la activación –supresión de alfa– de la región frontomedial izquierda (F3), correspondiente a CPFdl izquierda, y que ha

sido vinculada con el procesamiento de emociones positivas ante diversos estímulos de acuerdo con el modelo de *FAA* en el EEG (Davidson *et al.*, 1979; Jesulola *et al.*, 2015; L. A. Schmidt y Trainor, 2001; Valdés-Alemán *et al.*, 2024).

Por otro lado, los colores alegres y placenteros también se asociaron con una mayor potencia de la banda theta en la región parietal derecha (P4). Hay que recordar que la banda theta, a diferencia de alfa (Laufs *et al.*, 2003; Oakes *et al.*, 2004; Stern, 2002), se asocia con una mayor actividad cortical (Pizzagalli *et al.*, 2003), por lo que este resultado se puede interpretar como una activación en P4. Estudios previos han propuesto un modelo de *PAA* que sería inverso al modelo de *FAA*, es decir, mayor activación –supresión de alfa– en P4 asociada con emociones positivas o de aproximación e, incluso, que la sintomatología depresiva –caracterizada por una respuesta evitativa y de baja intensidad emocional– está asociada con una menor activación, o mayor potencia de alfa, en P4 (Bruder *et al.*, 2011, 2017; Henriques y Davidson, 1990; Marcu *et al.*, 2023).

Adicionalmente, así como el modelo de *FAA* se ha asociado con la respuesta aproximación-evitación o con la valencia emocional ante estímulos, se ha propuesto que la activación de la región parietal derecha refleja la dimensión emocional de la intensidad (Heller, 1993; Rogenmoser *et al.*, 2016). En ese sentido, los estímulos más excitantes o activadores emocionalmente inducirían una mayor activación en esta región. Tomando en cuenta que este patrón de actividad EEG sucedió en la banda theta, y que ésta puede fungir como un indicador de activación cortical (Pizzagalli *et al.*, 2003), es pertinente mencionar que el modelo de *FAA* también se ha podido observar en dicha banda, proponiendo así el modelo de *FTA*. En este modelo, una mayor activación –i.e.,

potencia— frontal izquierda de theta se asocia con respuestas emocionales positivas y placenteras, y lo inverso para la región frontal derecha (Dharmadhikari *et al.*, 2018; Rogenmoser *et al.*, 2016; Valdés-Alemán *et al.*, 2024). Por lo tanto, estos resultados podrían respaldar un posible modelo de asimetría parietal de theta (*PTA*, por sus siglas en inglés).

Por último, es importante reconocer las limitaciones de este estudio. Para empezar, este estudio tiene un alcance correlacional, por lo que no se pueden explicar las causas que subyacen las relaciones entre las diferentes variables. Adicionalmente, dada la baja resolución espacial del EEG y el número reducido de sitios registrados —*i.e.*, F3, F4, P3 y P4—, no se cuenta con los datos necesarios para definir regiones anatómicas precisas —corticales y, sobre todo, subcorticales— involucradas en el procesamiento emocional de estos estímulos. Por lo tanto, futuras direcciones podrían implicar el uso de otras técnicas de neuroimagen funcional —*p. ej.*, *fMRI*— u otro tipo de análisis de datos con una mayor densidad de electrodos —*p. ej.*, análisis de localización de fuentes—. No obstante, estos resultados arrojan más información sobre los correlatos EEG de las emociones evocadas por colores, un área poco explorada hasta el momento. Asimismo, los hallazgos podrían informar al área de la salud mental para promover el uso de estos estímulos emocionales como alternativas de tratamiento —*p. ej.*, cromoterapia— en diversos trastornos del estado de ánimo —*p. ej.*, depresión—.

## 5. Segundo Estudio: Música-Color y Emoción

### 5.1. Pregunta de Investigación

- ¿Existe un efecto sinérgico en la respuesta emocional, tanto subjetiva como electrofisiológica, al combinar música y color de la misma emoción?

### 5.2. Objetivo

- Evaluar el efecto emocional de la superposición de estímulos música-color, mediante datos subjetivos y EEG.

### 5.3. Hipótesis

- **Hipótesis nula:** No existe un efecto sinérgico en la respuesta emocional, tanto subjetiva como electrofisiológica, al combinar música y color de la misma emoción.
- **Hipótesis alternativa:** Existe un efecto sinérgico en la respuesta emocional, tanto subjetiva como electrofisiológica, al combinar música y color de la misma emoción.

### 5.4. Justificación

Para poder explorar los efectos terapéuticos del estímulo música-color en personas con depresión, primero se tuvo que entender las interacciones entre estos dos estímulos en cuanto a las respuestas emocionales y placenteras a un nivel subjetivo y EEG, en una muestra sana. Debido a la falta de experimentos que evalúen esta interacción, fue pertinente realizar una investigación detallada para determinar si la combinación de música y color puede tener un efecto sinérgico cuando ambos comparten la misma emoción, y explorar qué sucede cuando se combinan estímulos con emoción discordante. Este último análisis exploratorio,

permitió estudiar, de manera secundaria, el modelo de control inhibitorio de la *FAA* (Grimshaw y Carmel, 2014).

### **5.5. Método**

Para abordar este estudio, se realizó un análisis comparativo entre los estímulos previamente validados en emoción, con respecto a su respuesta EEG. El diseño del estudio fue experimental, de alcance exploratorio y descriptivo, de manera transversal con medidas repetidas, y en dirección prospectiva. Se tuvo como variables independientes el tipo de estímulo (música o color), la emoción del estímulo (alegre o triste), la modalidad de estimulación (individual o combinada), y el control (EEG en reposo). En el caso de las respuestas subjetivas, las variables dependientes fueron la Valencia, la Intensidad, el Placer, la Congruencia, y el Predominio. Para las respuestas electrofisiológicas, las variables dependientes fueron el logaritmo natural ( $\ln$ ) de la potencia absoluta ( $\mu V^2$ ) de las bandas Theta (4–8 Hz) y Alfa (8–13 Hz) en cada electrodo (F4, F3, P4 y P3), y en su valor de  $IHA$  (F4–F3 y P4–P3).

#### **5.5.1. Participantes**

Con base en el análisis de potencia estadística del Primer Estudio (ver capítulo 4.5.1), se reclutaron 33 participantes (20 mujeres, 60.6%;  $M = 20.3$  años,  $DE = 2.4$ ), sin sintomatología depresiva de nivel moderado a severo ( $BDI-II$ ;  $M = 5.5$ ,  $DE = 5$ ). Además de conservar los mismos criterios de inclusión y exclusión de la muestra para el Primer Estudio, se optó por excluir a músicos profesionales, ya que este estudio contempló la evaluación de estímulos musicales y se ha encontrado que existen diferencias en su respuesta electrofisiológica en comparación con los no-músicos (Zhang *et al.*, 2015). Todos los participantes

leyeron y firmaron el documento de consentimiento informado, de acuerdo con la Declaración de Helsinki para la investigación en humanos (World Medical Association, 2013).

### **5.5.2. Materiales y Estímulos**

Después de haber evaluado emocionalmente a cada uno de los 37 colores del *Berkeley Color Project* en el Primer Estudio, se seleccionó el color cian claro (CY2) como color alegre placentero, así como el color amarillo oscuro (Y4) como color triste displacentero (ver capítulo 4.5.7). También se utilizó un estímulo musical alegre y un estímulo musical triste, siguiendo el mismo criterio de selección de los colores (descrito en el capítulo 4.5.6), y de acuerdo con los resultados de Valdés-Alemán *et al.* (2022) y de Valdés-Alemán *et al.* (2024). En ese sentido, después de calcular el promedio entre las variables de Valencia, Intensidad y Placer (Promedio VIP) para cada estímulo musical y por todos los participantes de ambos estudios ( $n = 85$ ), se seleccionaron los estímulos E1 y E14 como música alegre placentera y música triste displacentera, respectivamente (ver Tabla 2). Estos estímulos se presentaron de manera individual y conjunta (música-color), aleatoriamente. Los materiales y programas para la estimulación, la adquisición de la señal EEG y el análisis de datos, fueron los mismos del Primer Estudio (ver capítulo 4.5.2).

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

**Tabla 2**

*Tabla de estímulos musicales ordenados de mayor a menor promedio*

Estímulo	Nombre	Duración (s)	<i>M</i>	<i>DE</i>
E1*	Symphony no. 39 in E flat major, K 543, Finale allegro, W. A. Mozart	28	74.7	25.3
E4	J. S. Bach, Violin Partita No. 3 in E Major, BWV 1006: VII. Gigue	26	67.4	28.9
E2	W. A. Mozart, concierto para piano, K 453, 3er mov.	24	66.2	27.6
E11	Traditional (Classical) Arabic Music- فواز المرزوق زارات	26	59.0	30.2
E3	J. S. Bach, Cello Suite No. 1, Courante	30	58.2	35.0
E9	Bartok Concerto for Orchestra, Sz. 116, Finale. Pesante - Presto	28	56.2	35.4
E10	Oistein Sommerfeldt - Divertimento for solo trumpet, Op.21: Allegro	20	40.9	32.9
E12	01 shamisen a japanese three stringed instrument	28	35.8	40.6
E6	Adagio for Strings, Barber	28	-1.5	35.6
E8	J.S. Bach: Sonata for Violin Solo No. 1 in G Minor, BWV 1001, Adagio	25	-2.0	38.7
E16	Edo Lullaby (Japanese Bamboo Flute, 2 Kotos, Bells, Biwa, Shamisen)	23	-6.7	35.7
E15	Gamelan - Traditional Music of central Java Indonesia	30	-10.2	34.1
E5	The Portait of a Lady, no. 33	16	-11.7	40.8
E7	J. S. Bach, BWV 1011 - Cello Suite No.5, Sarabande	19	-24.8	43.6
E13	Arnold Schönberg - String Quartet No. 2. Mov. IV	28	-27.0	34.7
E14*	György Ligeti: Sonata for Solo Cello: I. Dialogo	26	-28.7	40.0

*Nota.* Los promedios fueron calculados con las calificaciones de Valencia, Intensidad y Placer de cada uno de los participantes ( $n = 85$ ) de los estudios de Valdés-Alemán *et al.* (2022) y Valdés-Alemán *et al.* (2024) para los 16 estímulos musicales evaluados.

\*Selección de estímulos para emplearse en el segundo estudio como música alegre placentera y música triste displacentera, respectivamente.

Las preguntas que los participantes contestaron para evaluar su estado emocional previo a la estimulación fueron las siguientes: [1] ¿Qué tan negativa o positiva es la emoción que sientes actualmente?, y [2] ¿Qué tan pasiva o activa considerarías a esta emoción?

Estas preguntas se contestaron mediante dos escalas continuas (-100 a +100), en forma de *sliders* horizontales (*i.e.*, barras deslizadoras), y con tres etiquetas como guías debajo de cada uno (una al extremo izquierdo, una debajo del centro y otra al extremo derecho). Las etiquetas fueron diferentes para cada pregunta, como se muestra a continuación, en orden de izquierda a derecha: [1] Negativa, Neutra, y Positiva, y [2] Pasiva, Neutra, y Activa.

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

Las preguntas que los participantes contestaron para evaluar emocionalmente a cada uno de los estímulos fueron las siguientes: [1] ¿Qué tan negativa o positiva es la emoción que te genera este estímulo?, [2] ¿Qué tan pasiva o activa considerarías a esta emoción?, [3] ¿Qué tan placentero es este estímulo?, [4] ¿Qué tan congruente te parece esta combinación de música y color? (sólo aplicó para estímulos combinados música-color), y [5] ¿Cuál de los estímulos consideras que predominó en producir la emoción? (sólo aplicó para estímulos combinados música-color).

Igualmente, estas preguntas se contestaron mediante cinco escalas continuas (-100 a +100), en forma de *sliders* horizontales, y con tres etiquetas como guías debajo de cada uno. Las etiquetas fueron diferentes para cada pregunta, como se muestra a continuación, en orden de izquierda a derecha: [1] Negativa, Neutra, y Positiva; [2] Pasiva, Neutra, y Activa; [3] Poco, Neutro, y Muy; [4] Incongruente, Neutra, y Congruente; y [5] Música, Ambos, y Color.

### **5.5.3. Procedimiento**

Mismo procedimiento del primer estudio (ver capítulo 4.5.3). La duración de la estimulación para los estímulos musicales, así como para el conjunto música-color, fue la del estímulo musical en cuestión (ver Tabla 1). Todo el procedimiento tuvo una duración promedio de 64.9 min ( $DE = 9.4$ ).

### **5.5.4. Registro Electroencefalográfico**

El registro electroencefalográfico se llevó a cabo como en el Primer Estudio (ver capítulo 4.5.4).

### **5.5.5. Obtención de la Señal**

La obtención y el preprocesamiento de la señal EEG fue como en el Primer Estudio (ver capítulo 4.5.5), únicamente considerando que, en este caso, se extrajeron nueve épocas del registro continuo de cada participante, correspondientes a cada uno de los segmentos de estimulación –color (2), música (2), música-color (4), y el EEG en reposo (1)–, mismos que se volvieron a dividir en épocas de un segundo. El procesamiento de la señal EEG fue como en el capítulo 4.5.5.

### **5.5.6. Análisis de Datos**

Se realizaron análisis de varianza (*ANOVAs*) de medidas repetidas para estudiar las diferencias entre las diferentes condiciones experimentales y sus promedios en las respuestas subjetivas (cuestionario) y EEG. En ese sentido, se realizaron cuatro *ANOVAs* de medidas repetidas para los estímulos, tanto individuales (música y color) como combinados (música-color), por cada una de las variables de las respuestas subjetivas (Valencia, Intensidad, Placer, y Promedio VIP), y con el tipo de Estímulo como único factor: música alegre (M+), música triste (M-), color alegre (C+), color triste (C-), música alegre con color alegre (M+C+), música triste con color triste (M-C-), música alegre con color triste (M+C-), y música triste con color alegre (M-C+). Adicionalmente, para los estímulos combinados (música-color), se realizaron dos *ANOVAs* de medidas repetidas con las variables de Congruencia y Predominio, nuevamente con Estímulo como único factor y con cuatro niveles: M+C+, M-C-, M+C-, y M-C+.

En cuanto a las variables de la actividad EEG, se realizaron cuatro *ANOVAs* de medidas repetidas, uno por cada una de las variables dependientes:

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

$\ln(\text{Potencia de Theta})$ ,  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$ ,  $IHA$  de  $\ln(\text{Potencia de Theta})$ , e  $IHA$  de  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$ . Para los primeros dos análisis se incluyeron tres factores: Estímulo (M+, M-, C+, C-, M+C+, M-C-, M+C-, y M-C+), Región (Frontal y Parietal), y Hemisferio (Izquierdo y Derecho). Con respecto a los dos análisis con los índices de  $IHA$ , se perdió el factor Hemisferio (debido a que se restan), contemplando únicamente Estímulo y Región.

Debido a la asimetría de los datos, se tuvo que emplear la  $W$  de *Kendall* como análisis no paramétrico para las variables de Valencia, Intensidad, Congruencia, y Predominio. Por otro lado, debido a la esfericidad de los datos, se aplicó la corrección de *Greenhouse-Geisser* ( $\epsilon$ ) para las variables de Placer y Promedio VIP. El nivel de significancia estadística se estableció en  $p < .05$ . Se empleó la eta-cuadrada ( $\eta^2$ ) y la  $d$  de Cohen para describir el tamaño del efecto en los ANOVAs y las comparaciones múltiples de los análisis *post hoc*, respectivamente. Todos los análisis se realizaron en el programa *JASP 0.14.1.0*. Las gráficas se realizaron en el programa *Microsoft Office Excel*.

### 5.6. Resultados

Con respecto a las variables de Valencia e Intensidad, en ambos casos, la  $W$  de *Kendall* arrojó efectos significativos en Estímulo [ $W(7) = .58, p < .001$ ; y  $W(7) = .43, p < .001$ ; respectivamente], estableciendo que hubo concordancia dentro de los tipos de estímulo. Como se muestra en la Tabla 3, los análisis *post hoc* de *Conover* permitieron explorar exactamente las diferencias entre cada tipo de estímulo para estas dos variables.

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

**Tabla 3**

*Comparaciones entre condiciones de estímulos para las variables de Valencia e Intensidad*

		Valencia		
Comparaciones		<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p<sub>holm</sub></i>
M+	M-	7.871	224	< .001
	C+	3.159	224	0.023
	C-	5.164	224	< .001
	M-C-	7.144	224	< .001
	M-C+	6.718	224	< .001
M-	C+	4.713	224	< .001
	M+C+	6.568	224	< .001
	M+C-	6.743	224	< .001
C+	M-C-	3.986	224	0.001
	M-C+	3.560	224	0.006
	M+C+	3.860	224	0.002
C-	M+C-	4.036	224	0.001
	M-C-	5.841	224	< .001
M+C+	M-C+	5.415	224	< .001
	M+C-	6.016	224	< .001
M-C-	M-C+	5.590	224	< .001
	M-C+	5.590	224	< .001
M+C-	M-C+	5.590	224	< .001
		Intensidad		
Comparaciones		<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p<sub>holm</sub></i>
M+	M-	4.951	224	< .001
	C+	4.626	224	< .001
	C-	5.026	224	< .001
	M-C-	5.551	224	< .001
	M-C+	4.901	224	< .001
M-	M+C+	4.876	224	< .001
	M+C-	5.276	224	< .001
	M+C+	4.551	224	< .001
C+	M+C-	4.951	224	< .001
	M+C+	4.951	224	< .001
	M+C-	5.351	224	< .001
C-	M-C-	5.476	224	< .001
	M-C+	4.826	224	< .001
	M+C-	5.876	224	< .001
M+C+	M-C+	5.226	224	< .001
	M-C+	5.226	224	< .001
M-C-	M-C+	5.226	224	< .001
	M-C+	5.226	224	< .001
M+C-	M-C+	5.226	224	< .001

*Nota.* Se muestran las comparaciones entre estímulos donde hubo diferencias significativas tras los análisis *post hoc* de *Conover* con la corrección de *p* de *Holm*. Los estímulos corresponden a música alegre (M+), música triste (M-), color alegre (C+), color triste (C-), y sus diferentes combinaciones.

Con respecto a los ANOVAs de medidas repetidas, se encontraron efectos significativos en las variables de Placer [ $F(7, 224) = 28.61, p < .001, \eta^2 = .47, \varepsilon = .71$ ] y Promedio VIP [ $F(7, 224) = 53.74, p < .001, \eta^2 = .62, \varepsilon = .69$ ]. Tras los análisis *post hoc* con la corrección de *Holm*, fue posible descubrir las diferencias significativas entre condiciones (ver Tabla 4).

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

**Tabla 4**

*Comparaciones entre condiciones de estímulos para la variable de Placer y Promedio VIP*

		Placer					
Comparaciones		Diferencia Promedio	EE	t	d	$p_{holm}$	
M+	M-	93.212	9.722	9.588	2.260	< .001	***
	C+	47.121	9.722	4.847	1.143	< .001	***
	C-	75.788	9.722	7.795	1.838	< .001	***
	M-C-	93.212	9.722	9.588	2.260	< .001	***
	M-C+	79.848	9.722	8.213	1.936	< .001	***
M-	C+	-46.091	9.722	-4.741	-1.118	< .001	***
	M+C+	-75.273	9.722	-7.742	-1.825	< .001	***
	M+C-	-70.545	9.722	-7.256	-1.711	< .001	***
C+	C-	28.667	9.722	2.949	0.695	0.039	*
	M+C+	-29.182	9.722	-3.002	-0.708	0.036	*
	M-C-	46.091	9.722	4.741	1.118	< .001	***
	M-C+	32.727	9.722	3.366	0.794	0.012	*
C-	M+C+	-57.848	9.722	-5.950	-1.403	< .001	***
	M+C-	-53.121	9.722	-5.464	-1.288	< .001	***
M+C+	M-C-	75.273	9.722	7.742	1.825	< .001	***
	M-C+	61.909	9.722	6.368	1.501	< .001	***
M-C-	M+C-	-70.545	9.722	-7.256	-1.711	< .001	***
M+C-	M-C+	57.182	9.722	5.882	1.387	< .001	***
		Promedio VIP					
Comparaciones		Diferencia Promedio	EE	t	d	$p_{holm}$	
M+	M-	92.081	7.299	12.615	2.939	< .001	***
	C+	53.485	7.299	7.328	1.707	< .001	***
	C-	72.040	7.299	9.870	2.299	< .001	***
	M-C-	91.505	7.299	12.536	2.920	< .001	***
	M-C+	80.222	7.299	10.991	2.560	< .001	***
M-	C+	-38.596	7.299	-5.288	-1.232	< .001	***
	M+C+	-76.859	7.299	-10.530	-2.453	< .001	***
	M+C-	-77.657	7.299	-10.639	-2.478	< .001	***
C+	M+C+	-38.263	7.299	-5.242	-1.221	< .001	***
	M-C-	38.020	7.299	5.209	1.213	< .001	***
	M+C-	-39.061	7.299	-5.351	-1.247	< .001	***
	M-C+	26.737	7.299	3.663	0.853	0.003	**
C-	M+C+	-56.818	7.299	-7.784	-1.813	< .001	***
	M+C-	-57.616	7.299	-7.894	-1.839	< .001	***
M+C+	M-C-	76.283	7.299	10.451	2.435	< .001	***
	M-C+	65.000	7.299	8.905	2.074	< .001	***
M-C-	M+C-	-77.081	7.299	-10.560	-2.460	< .001	***
M+C-	M-C+	65.798	7.299	9.015	2.100	< .001	***

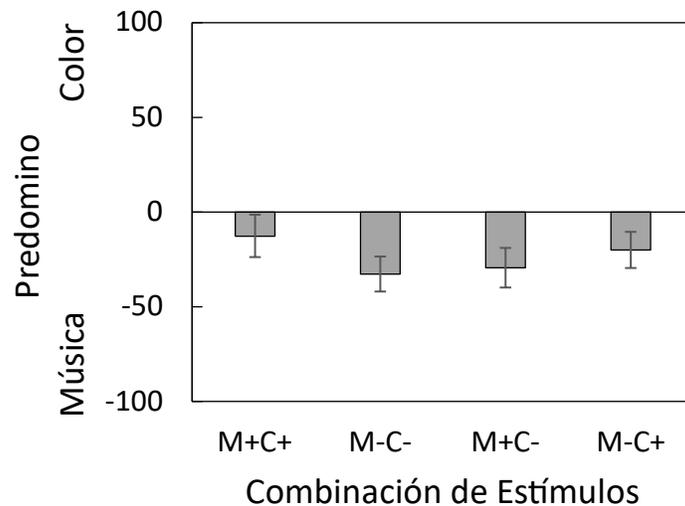
*Nota.* Se muestran las comparaciones entre estímulos donde hubo diferencias significativas tras los análisis *post hoc* con la corrección de  $p$  de *Holm*. Los estímulos corresponden a música alegre (M+), música triste (M-), color alegre (C+), color triste (C-), y sus diferentes combinaciones. El valor de  $p$  está ajustado para una familia de 28 comparaciones por variable. Los asteriscos señalan los valores de \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , y \*\*\*  $p < .001$ .

Continuando, para los últimos dos análisis de la  $W$  de *Kendall*, sólo se encontró un efecto significativo para la variable de Congruencia [ $W(3)$ ,  $p = .001$ ]. El análisis *post hoc* de *Conover* reveló diferencias entre los estímulos M+C+ ( $M = 29.06$ ,  $DE = 59.19$ ) y M-C- ( $M = -29.09$ ,  $DE = 50.13$ ), así como entre M-C- ( $M = -29.09$ ,  $DE = 50.13$ ) y M+C- ( $M = 26.91$ ,  $DE = 59.75$ ), con la corrección de *Holm*

indicando valores de  $p$  de .019 y .004, respectivamente. Aunque para la variable de Predominio no se halló un efecto significativo, es importante mencionar que todas las condiciones se evaluaron con valores negativos hacia el predominio emocional de la música (ver Figura 5).

**Figura 5**

*Comparación de promedios en Predominio para los estímulos combinados*



*Nota.* Comparación de los promedios en Predominio (Música-Color) para los estímulos combinados: música alegre con color alegre (M+C+), música triste con color triste (M-C-), música alegre con color triste (M+C-), y música triste con color alegre (M-C+). Tras el análisis *post hoc*, no se encontraron diferencias significativas entre condiciones. Las barras de error reportan el error estándar.

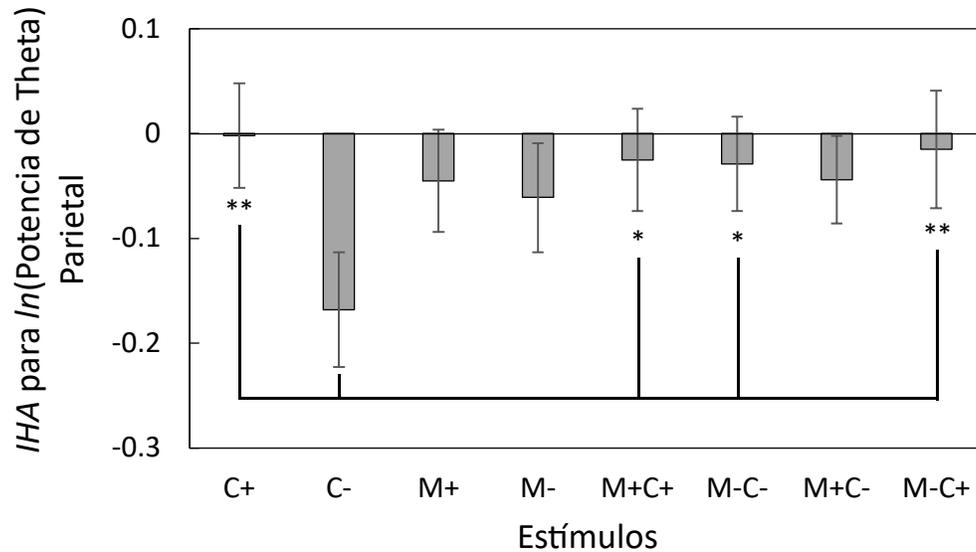
Por último, para los ANOVAs con las variables electrofisiológicas, sólo se encontraron efectos en la banda theta. En ese sentido, para la variable de

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

$\ln$ (Potencia de Theta), hubo un efecto significativo en la interacción de Estímulo  $\times$  Región  $\times$  Hemisferio [ $F(7, 224) = 2.92, p = .006, \eta^2 = .004$ ]. No obstante, tras el análisis *post hoc*, no se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las condiciones. Por otro lado, con la variable de *IHA* para  $\ln$ (Potencia de Theta), hubo un efecto significativo en la interacción Estímulo  $\times$  Región [ $F(7, 224) = 2.92, p = .006, \eta^2 = .014$ ]. En este caso, el análisis *post hoc* sí reveló diferencias significativas, en la región parietal, entre la condición C- contra las condiciones de C+, M+C+, M-C-, y M-C+, todas con tamaños del efecto moderados (ver Figura 6).

**Figura 6**

Comparación entre estímulos para la banda Theta



*Nota.* Diferencias significativas, de acuerdo con el análisis *post hoc* con la corrección de *Holm*, entre los promedios del índice *IHA* para la variable *ln*(Potencia de Theta) en la región parietal por cada uno de los estímulos: música alegre (M+), música triste (M-), color alegre (C+), color triste (C-), y sus diferentes combinaciones. Las barras de error reportan el error estándar. Los asteriscos señalan las diferencias significativas (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ ).

### 5.7. Discusión

De acuerdo con las respuestas emocionales subjetivas, y respondiendo a la pregunta de investigación, no hubo un efecto sinérgico al combinar estímulos música-color que compartieran la misma emoción. Es decir, al comparar la respuesta emocional entre estímulos individuales y combinados, no hubo un

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

aumento en dicha respuesta cuando se juntaban la música y el color de la misma emoción comparado con su evaluación individual. En todo caso, el tipo de interacción emocional observado dejó ver un predominio emocional hacia la música, ya que ésta no difirió en cuanto a su respuesta emocional, en ninguna de las condiciones combinadas con el color –congruentes e incongruentes en emoción–, cuando se comparaba contra la misma música –i.e., misma emoción– en su condición individual. Dicho de otra forma, si se presenta música alegre con color alegre, la respuesta emocional es la misma a que si se presenta música alegre con color triste, pero ambas difieren con la respuesta a la música triste sola. Es decir, que la emoción del color no pareciera afectar la respuesta emocional ante estímulos combinados, pero sí la emoción de la música. De manera explícita, este predominio emocional de la música fue respaldado por el reporte subjetivo de los participantes, quienes indicaron que, en todas las condiciones de estímulos combinados, fue la música la que predominó en evocarles la emoción reportada. Estos resultados podrían explicarse debido a la disparidad en cuanto a complejidad perceptual entre estímulos, donde la música claramente es un estímulo más complejo, auditivamente dinámico y con posible contenido semántico o narrativo, a diferencia del color, que es un estímulo visual estático (Spence, 2020; Spence y Di Stefano, 2022). Dicha complejidad perceptual podría superponerse a la evaluación emocional, donde la música, como estímulo complejo, es capaz de evocar emociones más complejas y predominantes sobre aquellas evocadas por el color.

A un nivel electrofisiológico con EEG, la respuesta a la pregunta de investigación es la misma, ya que no se encontraron diferencias entre las

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

condiciones individuales y combinadas que apoyen una sinergia de la respuesta emocional al compartir la misma emoción. En el sentido opuesto, aunque todas las condiciones indujeron una menor activación de la banda theta (Pizzagalli *et al.*, 2003) en la región parietal derecha (P4) contra la región izquierda –según el índice de *IHA*–, el color triste presentó la menor actividad incluso, significativamente, frente a su condición combinada de emoción congruente –*i.e.*, música triste con color triste–. Estos resultados pueden explicarse con el modelo de Heller (1993), donde el nivel de activación de la región P4 se asocia con el nivel de intensidad emocional del modelo dimensional de emociones (Russell, 1980). En ese sentido, se puede observar que el color triste indujo significativamente una menor excitación o activación emocional frente al color alegre y a la combinación de la música alegre con el color alegre, pero también contra la combinación de música triste con color triste, y música triste con color alegre. Es decir que, al tratarse de un estímulo simple, displacentero y triste, dicho color evocó una respuesta emocional baja o atenuada comparada con el color alegre y con los estímulos combinados más complejos y posiblemente más activadores emocionalmente.

Si bien, la hipótesis de la sinergia emocional entre música y colores congruentes en emoción se basó en la evidencia sobre el vínculo emocional entre estos dos estímulos (Palmer *et al.*, 2013; Valdés-Alemán *et al.*, 2022), la principal limitación de este estudio fue que los estímulos empleados no fueron seleccionados por los propios participantes. Es decir que, aunque se escogieron estímulos previamente validados en emoción, no se pueden omitir las diferencias individuales en cuanto a preferencias por la música (Rogenmoser *et al.*, 2016) y por el color (Palmer y Schloss, 2010). Incluso, en las tareas de asociación entre

## SEGUNDO ESTUDIO: MÚSICA-COLOR Y EMOCIÓN

música y color, son los participantes quienes escogen, de una serie de colores –p. ej., los 37 colores del *Berkeley Color Project*–, aquellos que corresponden o no con la música que están escuchando (Palmer *et al.*, 2013). Por tal motivo, un siguiente paso podría ser el estudio de la sinergia emocional entre música y colores que han sido empatados por los mismos participantes.

No obstante, los resultados de este estudio abonan al entendimiento de la respuesta emocional ante estímulos compuestos y multimodales, un área del conocimiento que requiere mayor exploración. Por otro lado, el empleo de medidas electrofisiológicas ayuda a complementar los hallazgos ante los reportes subjetivos. Adicionalmente, el efecto encontrado sobre el predominio emocional de la música sobre el color abona al reconocimiento de que se trata de un fuerte estímulo emocional. En ese sentido, las aplicaciones de este estudio pueden ser diversas y en distintas áreas. Por ejemplo, la comprensión de cómo los estímulos multimodales afectan las emociones puede mejorar la creación de entornos virtuales, aplicaciones o anuncios publicitarios más atractivos y emocionalmente excitantes. En el ámbito de la salud mental, estos resultados pueden informar sobre nuevas estrategias para el manejo emocional, utilizando la música y otros estímulos en terapias para tratar trastornos del estado de ánimo. Además, en el sector educativo, se puede proponer el desarrollo de materiales educativos que capturen la atención y el interés de los estudiantes a través de la combinación óptima de elementos visuales y auditivos. Finalmente, el uso de medidas electrofisiológicas para complementar reportes subjetivos abre nuevas vías en la investigación neurocientífica, permitiendo una comprensión más profunda de cómo el cerebro procesa y reacciona a complejas configuraciones de estímulos.

## 6. Tercer Estudio: Música-Color, Emoción y Depresión

### 6.1. Pregunta de Investigación

- ¿Pueden las emociones positivas y/o el placer evocado por la estimulación música-color mejorar los estados emocionales en personas con depresión, medidos a partir de respuestas subjetivas (*POMS*) y EEG?

### 6.2. Objetivo

- Evaluar el efecto terapéutico de estímulos música-color en personas con depresión.

### 6.3. Hipótesis

- **Hipótesis nula:** No hay mejoras en los estados emocionales en personas con depresión tras presentarles el estímulo música-color para inducirles emociones positivas y/o placer.
- **Hipótesis alternativa:** Hay mejoras en los estados emocionales en personas con depresión tras presentarles el estímulo música-color para inducirles emociones positivas y/o placer.

### 6.4. Justificación

La musicoterapia y la terapia del color son terapias que utilizan la música y el color –por separado– para inducir estados afectivos con el fin de mejorar los síntomas en personas que sufren de desórdenes emocionales como la depresión (p. ej., Kang, 2021; Zeppegno *et al.*, 2021). No obstante, el uso de la música y el color en conjunto como estimulación para promover estos estados afectivos no ha sido explorado. Si ambos estímulos son capaces de producir emociones por separado (Palmer, 2015), existe la posibilidad de que la conjunción de estos

estímulos, cuando evocan una emoción en común, pueda resultar en un efecto sinérgico de la respuesta emocional (ver Segundo Estudio). De ser así, esto tendría un impacto positivo en su uso terapéutico, al combinar música y color para evocar emociones positivas que resulten en un mejoramiento del estado de ánimo de las personas. Además de las pruebas subjetivas, esta respuesta emocional puede ser evaluada mediante EEG, utilizando el modelo de *FAA* para distinguir la valencia emocional ante los estímulos. Los resultados de este estudio podrían servir para desarrollar nuevos métodos de terapia con música y color con el fin de ayudar a mejorar la calidad de vida de personas que viven con depresión.

### **6.5. Método**

En este estudio, se realizó un análisis comparativo para evaluar los estados emocionales, antes, durante y después de la estimulación música-color, en mujeres con sintomatología depresiva de nivel moderada, a partir de su respuesta subjetiva (*POMS*) y EEG. El estudio tuvo un diseño experimental, de alcance exploratorio y descriptivo, de manera transversal, con medidas repetidas con grupos independientes, y en dirección prospectiva.

Se asignaron tres grupos: A, B y C. El grupo A fue sometido a un estímulo música-color de su elección. Para ello, se solicitó previamente a cada participante proporcionar un estímulo musical que, a su consideración, le resultara placentero y evocador de emociones positivas. Esto, debido a que estudios previos han encontrado que la variabilidad entre sujetos en cuanto a la percepción del placer musical responde a diferencias individuales, por lo que es preferible una selección personalizada (Chabin *et al.*, 2020; Rogenmoser *et al.*, 2016; Valdés-Alemán *et al.*, 2022). Asimismo, se le pidió a la participante proporcionar el código *HEX* del color

que, a su consideración, representara mayormente a ese estímulo musical, partiendo de la premisa de que dicho color compartiría la misma emoción que la música (Valdés-Alemán *et al.*, 2022). El grupo B fue sometido al estímulo música-color alegre, previamente validado en el segundo estudio (ver capítulo 5.5.2). Finalmente, el grupo C fue sometido al estímulo control (ruido blanco con punto de fijación).

En ese sentido, se tuvo como variables independientes el estímulo música-color proporcionado por el participante, el estímulo música-color alegre del segundo estudio, el estímulo control, y dos segmentos del EEG en reposo (*pre-* y *post-test*). En cuanto a las respuestas subjetivas, las variables dependientes fueron Valencia, Intensidad, Placer, Promedio VIP, Congruencia, y Predominio ante el estímulo, así como las calificaciones del *POMS*, Valencia, e Intensidad emocional previas y posteriores al estímulo (*pre-* y *post-test*). Mientras que, para las respuestas electrofisiológicas, las variables dependientes fueron el logaritmo natural (*ln*) de la potencia absoluta ( $\mu V^2$ ) de las bandas Theta (4–8 Hz) y Alfa (8–13 Hz) en cada electrodo (F4, F3, P4 y P3), y en su valor de *IHA* (F4–F3 y P4–P3).

### **6.5.1. Participantes**

Basado en el análisis de potencia estadística, se estimó una muestra de 10 participantes para cada grupo de estimulación. Los participantes tendrían que ser adultos jóvenes de 18 a 30 años (Barros *et al.*, 2022), con escolaridad mínima de bachillerato, y con sintomatología depresiva de nivel moderada, sin riesgo suicida (Hein *et al.*, 2022; Roh *et al.*, 2020), sin sintomatología ansiosa severa (y/o con presencia de ataques de pánico), no contar con un diagnóstico previo de trastorno bipolar o psicótico, y sin epilepsia. Lo anterior, ya que la sintomatología depresiva

## TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

puede estar acompañada de otros síntomas de diversos cuadros clínicos –algunos de ellos mixtos–, que podrían influir en los resultados (APA, 2013; OMS, 2019).

Los participantes que ya se encontraran en tratamiento con estabilizadores del estado de ánimo (p. ej., benzodiazepinas), serían excluidos (Dharmadhikari *et al.*, 2018), y todos deberían contar con acceso a seguro médico (IMSS o ISSSTE).

Similar a los primeros estudios (ver capítulo 4.5.1), los zurdos, daltónicos, músicos profesionales, y personas con deficiencias visuales y/o auditivas, también serían excluidas.

Debido a la alta prevalencia del trastorno depresivo mayor en mujeres (OMS, 2023), se optó por acotar la muestra a este sector de la población. Aun así, por dificultades en el proceso de reclutamiento, la rigurosidad en los criterios de inclusión y exclusión, la falta de tiempo, entre otros factores, de 121 candidatas, únicamente se logró la participación de 16 mujeres que cumplieron con todos los requisitos y pudieron asistir al registro EEG (ver Tabla 5).

**Tabla 5**  
*Características de la muestra para los tres grupos del Tercer Estudio*

Grupo	N	Edad	BDI	BAI
		M (DE)	M (DE)	M (DE)
A	5	25 (4.7)	21.6 (4.3)	17 (5.3)
B	4	25.5 (3.5)	23.5 (3.1)	18.8 (12)
C	7	25.9 (4.3)	22.1 (4)	14.7 (6.4)
Total	16	25.5 (4)	22.3 (3.7)	16.4 (7.5)

*Nota.* Se muestran el tamaño de la muestra, las edades, y los puntajes promedio del Inventario de Depresión de Beck II (BDI) y del Inventario de Ansiedad de Beck (BAI), para cada grupo del Tercer Estudio, y en total. No se encontraron diferencias significativas entre los tres grupos.

Todas pasaron por un proceso de evaluación diagnóstica, a cargo del programa de Salud Mental del CITPsi, para confirmar los niveles de sintomatología depresiva y ansiosa arrojados por los instrumentos de Beck (*BDI-II* y *BAI*, respectivamente). Durante esta evaluación, además de revisar el nivel de sintomatología, se exploró el ítem 9 del *BDI-II* –que corresponde a ideación

### TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

suicida–, con el fin de descartar riesgo suicida, y se emitió un diagnóstico con los criterios y códigos del CIE-11 (ver Tabla 6). Las participantes leyeron y firmaron el documento de consentimiento informado, de acuerdo con la Declaración de Helsinki para la investigación en humanos (World Medical Association, 2013).

## TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

**Tabla 6**  
*Diagnósticos clínicos emitidos por el programa de Salud Mental del CITPsi*

ID	Diagnóstico CIE	Grupo	BDI		BAI	
			Puntaje	Nivel	Puntaje	Nivel
P1	6B43 Trastorno de adaptación, con sintomatología depresiva nivel moderado, sin riesgo suicida.	A	27	Moderada	15	Leve
P2	6A70.0 Trastorno depresivo de episodio único, leve con presencia de síntomas ansiosos leves asociados a estrés laboral; GA34.41	C	20	Moderada	11	Leve
P3	6B43 Trastorno de adaptación, con sintomatología depresiva y ansiosa nivel moderado, sin riesgo suicida.	C	21	Moderada	22	Moderada
P4	6A73 Trastorno mixto de depresión y ansiedad nivel moderado, sin riesgo suicida.	A	21	Moderada	26	Moderada
P5	6A72 Trastorno distímico, con presencia de episodio depresivo mayor gravedad moderado sin riesgo suicida actual.	C	22	Moderada	19	Moderada
P6	6A71 Trastorno depresivo recurrente con sintomatología depresiva-ansiosa de gravedad moderado sin riesgo suicida actual.	C	27	Moderada	23	Moderada
P7	6B43 Trastorno de adaptación con sintomatología depresiva moderada y ansiosa leve reactiva a factores de estrés laboral. /QD85 Síndrome de desgaste ocupacional	C	17	Moderada	7	Leve
P8	6A71.1 Trastorno depresivo recurrente, episodio actual moderado sin síntomas psicóticos 6A80.0 Síntomas prominentes de ansiedad en episodios del estado de ánimo (crisis de ansiedad nocturnas y probables síntomas agorafóbicos).	B	26	Moderada	29	Moderada
P9	6B43 Trastorno de adaptación con sintomatología depresiva leve-moderada.	B	19	Moderada	14	Leve
P10	6A73 Trastorno mixto de depresión y ansiedad	B	25	Moderada	28	Moderada
P11	6A72 Trastorno distímico	C	20	Moderada	11	Leve
P12	6A71.1 Trastorno depresivo recurrente, episodio actual moderado sin síntomas psicóticos. 6B82 Trastorno por atracón	C	28	Moderada	10	Leve
P13	6B43 Trastorno de adaptación, con sintomatología depresiva moderada.	A	25	Moderada	17	Moderada
P14	6A73 Trastorno mixto de depresión y ansiedad	A	17	Moderada	12	Leve
P15	6A71 Trastorno depresivo recurrente	B	24	Moderada	4	Mínima
P16	6B43 Trastorno de adaptación con sintomatología moderada baja de depresión y ansiedad leve en respuesta a estresores académicos y relacionales.	A	18	Moderada	15	Leve

*Nota.* Durante la evaluación diagnóstica por parte del programa de Salud Mental del CITPsi, además de corroborar los puntajes de sintomatología depresiva y ansiosa arrojados por el *BDI-II* y el *BAI*, se emitieron diagnósticos con base en los códigos estipulados por el CIE-11. También se muestra el grupo de estimulación al que se asignó cada participante de manera aleatoria.

### 6.5.2. Materiales y Estímulos

Se empleó una selección personalizada de estímulo música-color previamente validada por la participante como música placentera y evocadora de emociones positivas, así como un color representativo de esa misma música. Adicionalmente, se utilizó el estímulo música-color alegre (28 s) del segundo estudio (ver capítulo 5.5.2), así como un estímulo control, que consistió en ruido blanco y un punto de fijación (28 s).

## TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

Para la estandarización de todos los estímulos musicales, los estímulos personalizados fueron recortados para incluir sólo los 28 s de la pieza musical que, a consideración de la participante, eran los más *agradables* o *emocionantes*, y se normalizaron a un pico de amplitud máximo de  $-1$  dB, con un *fade-in* y un *fade-out*, coincidiendo así con las características del estímulo musical alegre del segundo estudio y del control (ruido blanco). Estos tres estímulos fueron presentados de acuerdo con el grupo de participantes (A, B, y C, respectivamente). Los materiales y programas para la estimulación, la adquisición de la señal EEG y el análisis de datos, fueron los mismos del Primer Estudio (ver capítulo 4.5.2).

Las preguntas que los participantes contestaron durante el *pre-test* y el *post-test* fueron las de la batería del *POMS*, tal como en el estudio de Warden-Smith *et al.* (2017), pero en su adaptación al español (Andrade *et al.*, 2013; ver Tabla 7). Adicionalmente, se incluyeron las dos escalas continuas de Valencia e Intensidad del Primer y Segundo Estudio (ver capítulo 4.5.2) para evaluar su estado emocional previo a la estimulación (*pre-test*), y también al final, a modo de *post-test*.

**Tabla 7**  
Adaptación al Español del Perfil de Estados de Ánimo (*POMS*) por Andrade *et al.* (2013)

Ítems	Categorías					
	Cólera	Fatiga	Vigor	Amistad	Tensión	Estado Deprimido
1	Enfadado	Agotado	Lleno de energía	Amable	Con los nervios de punta	Infeliz
2	Malhumorado	Fatigado	Enérgico	Comprensivo	Nervioso	Triste
3	Irritable	Cansado	Activo	Servicial	Tenso	Desesperanzado
4	Molesto	Débil	Animado	Amistoso	Agitado	Solo
5	Resentido	Exhausto	Vigoroso	Considerado con los demás	Inquieto	Melancólico

*Nota.* En esta versión, cada categoría cuenta con cinco ítems que son evaluados a partir de una escala *Likert* de cinco puntos (0 = nada, 1 = poco, 2 = moderado, 3 = mucho, 4 = muchísimo). Las calificaciones de los ítems de cada categoría son sumadas para obtener el puntaje por categoría. Para obtener el puntaje global del *POMS*, se suman los puntajes de las categorías Cólera, Fatiga, Tensión, y Estado Deprimido, y se restan los puntajes de las categorías Vigor y Amistad.

## TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

Las preguntas que los participantes contestaron para evaluar emocionalmente a su estímulo correspondiente fueron las mismas empleadas en el Segundo Estudio (ver capítulo 5.5.2), contemplando las escalas de Valencia, Intensidad, Placer, Congruencia, y Predominio.

### **6.5.3. Procedimiento**

Para el reclutamiento, se publicó una convocatoria en redes sociales donde se invitaba a participar a mujeres con sospecha de ánimo deprimido que cumplieran con los requisitos antes mencionados (ver capítulo 6.5.1). Primero debían llenar un formulario que incluía datos demográficos, la prueba de *Dvorine*, el Inventario de Depresión de Beck (*BDI-II*), y el Inventario de Ansiedad de Beck (*BAI*). Este formulario sirvió de primer filtro y, desde este paso, todas recibieron una devolución de resultados de las tres pruebas (con la indicación de que no se trataban de diagnósticos clínicos y la sugerencia de asistir con un profesional de la salud mental), así como folletos con información sobre salud mental y depresión, y una guía para el acceso a servicios de salud mental. Quienes cumplieron con el perfil requerido, pasaron a una evaluación diagnóstica por parte del programa de Salud Mental del CITPsi para confirmar el cuadro clínico deseado. De haberse confirmado, la participante acudió a una reunión virtual para recibir informes del estudio, solicitarle el estímulo música-color personalizado (que sólo sería utilizado en caso de ser asignada aleatoriamente al grupo A), y agendar su cita para el registro EEG.

Para el registro EEG, se usó el mismo procedimiento del Primer Estudio (ver capítulo 4.5.3). La asignación de grupos de estimulación (*i.e.*, A, B, C) fue de manera aleatoria, y la duración de dicha estimulación fue de 28 s. La medición del

EEG en reposo durante 15 segundos previa a la estimulación fue considerada como el *pre-test*, y se agregó un periodo equivalente al término de la estimulación (*post-test*). El cuestionario del *POMS* se contestó antes del registro EEG y al término de este, mientras que los cuestionarios sobre el estado del ánimo, con Valencia e Intensidad, se contestaron posterior a los registros del EEG en reposo. El procedimiento tuvo una duración promedio de 61.9 min ( $DE = 5.9$ ).

### **6.5.4. Registro Electroencefalográfico**

El registro electroencefalográfico se llevó a cabo como en el Primer Estudio (ver capítulo 4.5.4).

### **6.5.5. Obtención de la Señal**

La obtención y el preprocesamiento de la señal EEG fue como en el Primer Estudio (ver capítulo 4.5.5), únicamente considerando que, en este caso, se extrajeron tres épocas del registro continuo de cada participante, correspondientes a cada uno de los segmentos de estimulación –*pre-test* (1), estímulo (1), y *post-test* (1)–, mismos que se volvieron a dividir en épocas de un segundo. El procesamiento de la señal EEG fue como en el capítulo 4.5.5.

### **6.5.6. Análisis de Datos**

Para evaluar las respuestas subjetivas ante el estímulo, se realizaron pruebas para muestras independientes (*ANOVAs* y *Kruskal-Wallis*), una por cada variable dependiente (Valencia, Intensidad, Placer, Promedio VIP, Congruencia, y Predominio), con Grupo como factor, y sus tres niveles: A, B, y C. Por la asimetría de los datos, la prueba de *Kruskal-Wallis* fue empleada para las variables de Valencia, Congruencia, y Predominio. En todos los casos, se optó por la prueba

### TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

*post hoc* de *Games-Howell*, por la desigualdad en los tamaños de la muestra entre grupos, y se utilizó la corrección de *p* de *Tukey*.

Para evaluar las respuestas emocionales *pre-* y *post-test*, se realizaron dos ANOVAs de medidas repetidas, uno por cada variable dependiente (Valencia e Intensidad), con el Momento de estimulación como factor de medidas repetidas (Pretest y Posttest), y Grupo (A, B, y C) como factor entre sujetos. Se realizaron análisis *post hoc* con la corrección de *Holm* para verificar las diferencias entre condiciones. Para el caso de las medidas *pre-* y *post-test* del *POMS*, se realizaron siete pruebas *W* de *Kendall* (debido a la naturaleza de los datos de escala *Likert*), por cada una de las dimensiones del cuestionario (Cólera, Fatiga, Vigor, Amistad, Tensión, y Estado Deprimido) más el puntaje Global. De igual manera, el Momento de estimulación fue el factor de medidas repetidas (Pretest y Posttest), y el Grupo (A, B, y C) el factor entre sujetos. Se empleó la prueba *post hoc* de *Conover*, con la corrección de *p* de *Holm*, para evaluar las diferencias entre condiciones.

En cuanto a la actividad EEG, también se evaluaron las diferencias entre los tres grupos ante su estímulo, mediante cuatro ANOVAs de medidas repetidas, una por cada variable dependiente:  $\ln(\text{Potencia de Theta})$ ,  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$ , *IHA* de  $\ln(\text{Potencia de Theta})$ , e *IHA* de  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$ . Estos análisis tuvieron, como factores de medidas repetidas, la Región (Frontal y Parietal) y el Hemisferio (Izquierdo y Derecho; únicamente para las primeras dos variables). Mientras que, como factor entre sujetos, se tuvo al Estímulo (A, B, y C). Por otro lado, para evaluar las diferencias entre *pre-* y *post-test*, también se realizaron cuatro ANOVAs de medidas repetidas, una por cada una de las variables dependientes mencionadas anteriormente. Los factores de medidas repetidas

### TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

fueron el Momento (Pretest y Postest), la Región (Frontal y Parietal), y el Hemisferio (Izquierdo y Derecho; únicamente para las primeras dos variables). El factor entre sujetos fue el Grupo (A, B, y C). En todos los casos, se realizaron análisis *post hoc* con la corrección de *Holm* para estudiar las diferencias entre condiciones.

Asimismo, para analizar la relación entre variables emocionales subjetivas y electrofisiológicas, se realizaron correlaciones entre las variables de Valencia, Intensidad, Placer, y Promedio VIP, evaluadas ante el estímulo, y las variables de  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  y  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$  en cada electrodo (F3, F4, P3, y P4), así como *IHA* de  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  e *IHA* de  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$  por cada región (Frontal y Parietal). También se realizaron análisis de correlación entre las variables subjetivas de Valencia e Intensidad, previas (Pretest) y posteriores (Postest) a la estimulación, y las variables electrofisiológicas antes mencionadas. Debido a la asimetría de los datos, se llevaron a cabo análisis de correlación de *Spearman* con las variables de Valencia ante el estímulo y Valencia Pretest.

Por último, como análisis exploratorio secundario, para darle seguimiento a los hallazgos, se estudió la relación entre la respuesta emocional ante los estímulos y las respuestas subjetivas sobre el estado de ánimo posteriores a la estimulación. Concretamente, se realizaron análisis de correlación entre las variables emocionales ante el estímulo (Valencia, Intensidad, Placer y Promedio VIP) y las variables de Valencia Postest y Estado Deprimido (*POMS*) Postest. Se llevaron a cabo análisis de correlación de *Spearman* con las variables de Valencia ante el estímulo y Estado Deprimido (*POMS*) Postest, por la asimetría de los datos y a la naturaleza de los datos de escala *Likert* (ordinales), respectivamente.

## TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

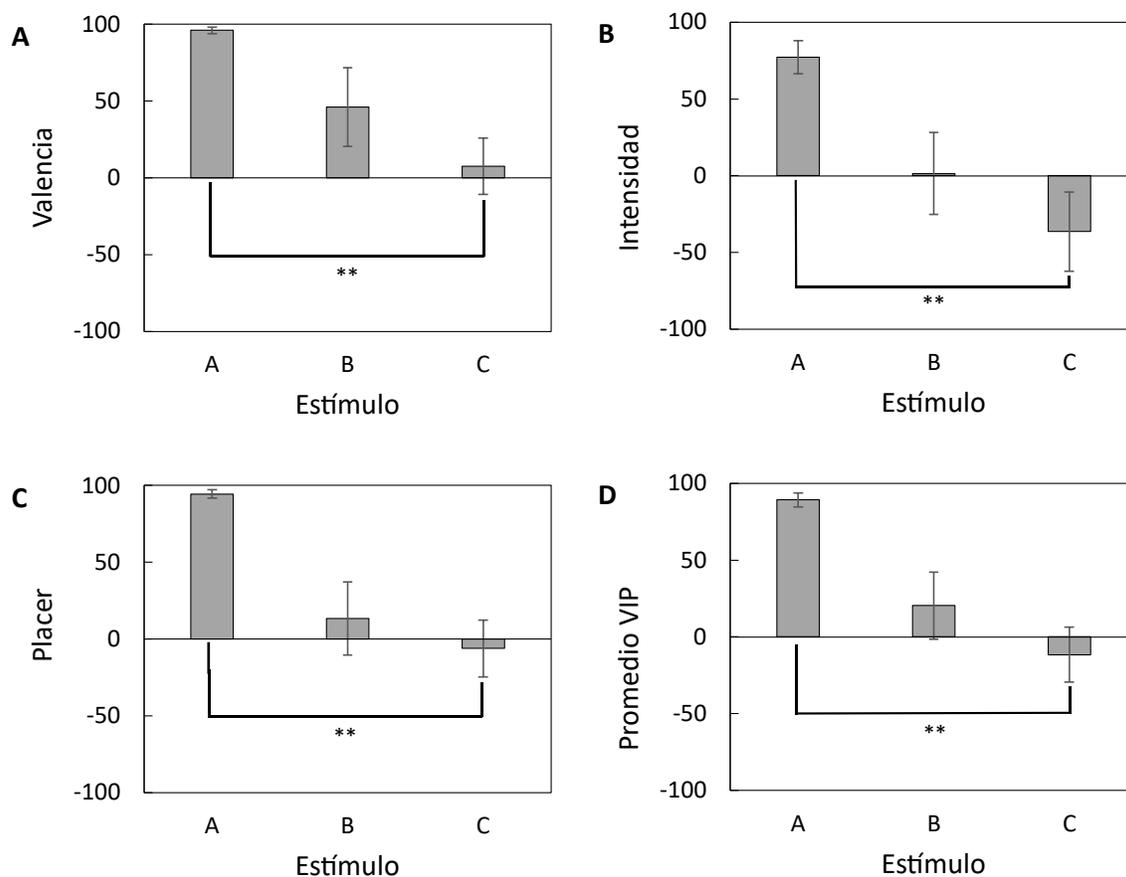
El nivel de significancia estadística se estableció en  $p < .05$ . Se empleó la eta-cuadrada ( $\eta^2$ ) y la  $d$  de Cohen para describir el tamaño del efecto en los ANOVAs y las comparaciones múltiples de los análisis *post hoc*, respectivamente. Todos los análisis se realizarán en el programa *JASP 0.14.1.0*. Las gráficas se realizarán en el programa *Microsoft Office Excel*.

### 6.6. Resultados

La prueba de *Kruskal-Wallis* para la variable de la Valencia mostró un efecto significativo en el factor de Grupo [ $H(2) = 10.83, p = .004$ ]. El análisis *post hoc* señaló una diferencia significativa ( $p = .01$ ) entre los grupos A y C (ver Figura 7-A). De manera similar, pero con los ANOVAs, se encontraron efectos significativos en el factor de Grupo para las variables de Intensidad [ $F(2, 13) = 6.36, p = .01, \eta^2 = .49$ ], Placer [ $F(2, 13) = 9.50, p = .003, \eta^2 = .59$ ], y Promedio VIP [ $F(2, 13) = 9.98, p = .002, \eta^2 = .61$ ]. Asimismo, los análisis *post hoc* señalaron diferencias significativas ( $p = .01, p = .004, y p = .003$ , respectivamente) entre los grupos A y C (ver Figura 7-B, -C, y -D, respectivamente).

**Figura 7**

*Diferencias entre grupos para las respuestas subjetivas ante la estimulación*



*Nota.* Diferencias significativas, de acuerdo con los análisis *post hoc* de *Games-Howell* con la corrección de *Tukey*, entre los promedios de (A) Valencia, (B) Intensidad, (C) Placer, y (D) Promedio VIP, para los estímulos correspondientes a los grupos A, B, y C del Tercer Estudio. Las barras de error reportan el error estándar. Los asteriscos señalan las diferencias significativas (\*\*  $p < .01$ ).

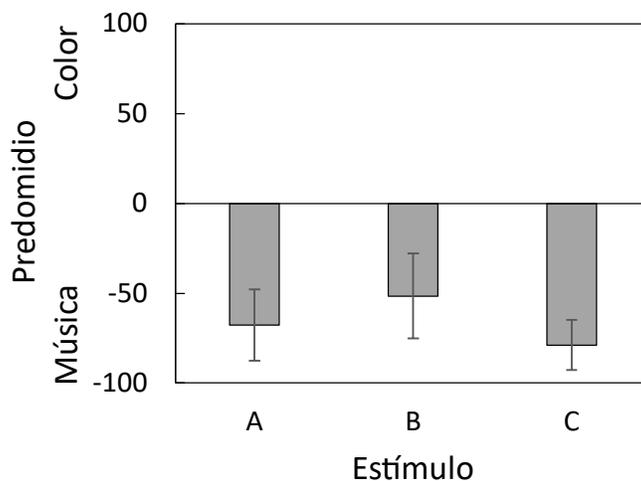
Por otro lado, las pruebas *Kruskal-Wallis* para las variables de Congruencia y Predominio, no mostraron efectos significativos. No obstante, es relevante

### TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

mencionar que, en cuanto a esta última variable, los tres grupos obtuvieron promedios negativos, hacia el predominio emocional de la música (ver Figura 8).

#### Figura 8

*Comparación entre grupos para los promedios de Predominio ante el estímulo*



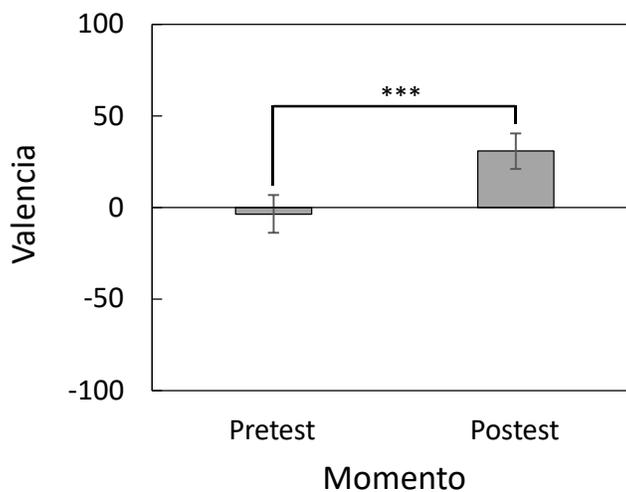
*Nota.* Comparación entre los promedios Predominio para los estímulos correspondientes a los grupos A, B, y C del Tercer Estudio. El análisis *post hoc* de *Games-Howell* no indicó diferencias significativas entre grupos. Todos los promedios fueron negativos, hacia el predominio emocional de la música. Las barras de error reportan el error estándar.

En cuanto a los ANOVAs para evaluar las diferencias en la respuesta emocional subjetiva (Valencia e Intensidad) entre *pre-* y *post-test*, únicamente la variable de Valencia arrojó un efecto significativo para el factor de Momento [ $F(1, 13) = 18.6, p < .001, \eta^2 = .17$ ]. En ese sentido, el análisis *post hoc* indicó una

diferencia significativa ( $p < .001$ ) entre Pretest y Posttest, pero sin diferencias significativas entre grupos (ver Figura 9).

**Figura 9**

*Diferencias en Valencia entre Pretest y Posttest*

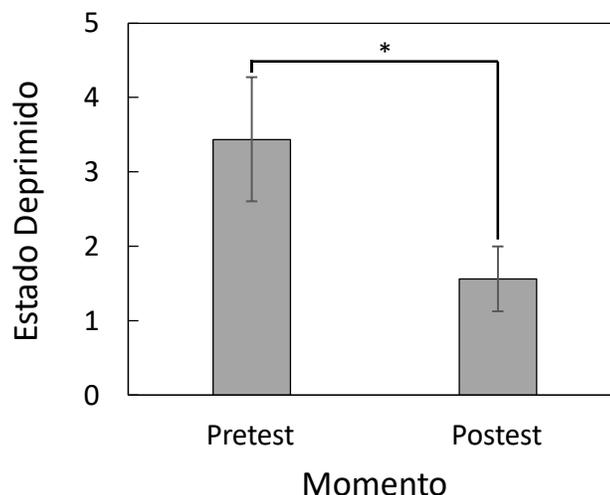


*Nota.* Diferencias significativas, de acuerdo con el análisis *post hoc* con la corrección de *Holm*, entre el Pretest y el Posttest para la variable de Valencia. Las barras de error reportan el error estándar. Los asteriscos señalan las diferencias significativas (\*\*\*)  $p < .001$ .

Por otro lado, para las diferencias entre momentos y las calificaciones del *POMS*, los análisis con la *W* de *Kendall* únicamente arrojaron un efecto significativo para el factor de Momento en la variable de Estado Deprimido [ $W(1) = .39, p = .013$ ]. El análisis *post hoc* de *Conover* demostró diferencias significativas ( $p = .021$ ) entre Pretest y Posttest de esta variable (ver Figura 10).

**Figura 10**

*Diferencias entre Pretest y Postest en la dimensión de Estado Deprimido (POMS)*



*Nota.* Diferencias significativas, de acuerdo con el análisis *post hoc* con la corrección de *Holm*, entre el Pretest y el Postest para la variable de Estado Deprimido (dimensión del cuestionario *POMS*). Las barras de error reportan el error estándar. El asterisco señala la diferencia significativa (\*  $p < .05$ ).

Para los *ANOVAs* correspondientes a las diferencias de actividad EEG entre Estímulos, según el grupo (*i.e.*, A, B, y C), no se encontraron efectos significativos. Asimismo, tampoco se encontraron efectos significativos en los *ANOVAs* al comparar las respuestas electrofisiológicas entre Momentos (*i.e.*, Pretest y Postest).

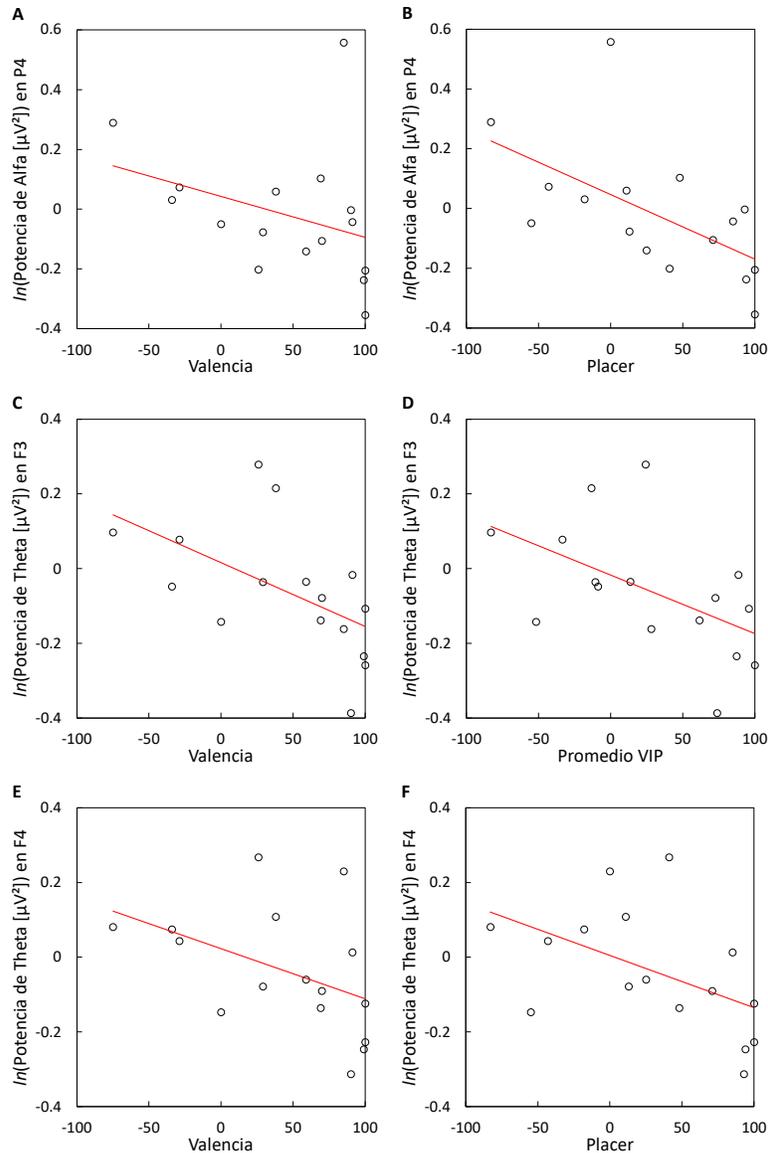
Por otro lado, se encontraron correlaciones significativas entre las variables subjetivas y electrofisiológicas ante la estimulación. Concretamente, la variable de Valencia se correlacionó negativamente con las variables de  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$

### TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

en P4 ( $r_s = -.59$ ,  $p = .04$ ),  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  en F3 ( $r_s = -.602$ ,  $p = .01$ ), y  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  en F4 ( $r_s = -.54$ ,  $p = .03$ ). Asimismo, la variable de Placer tuvo correlaciones negativas con las variables de  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  en F4 ( $r = -.499$ ,  $p = .049$ ) y  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$  en P4 ( $r = -.58$ ,  $p = .02$ ). Por último, la variable de Promedio VIP tuvo una correlación negativa con la variable de  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  en F3 ( $r = -.53$ ,  $p = .04$ ). Todas estas correlaciones se pueden visualizar en la Figura 11.

**Figura 11**

*Correlaciones entre datos subjetivos y electrofisiológicos ante el estímulo*



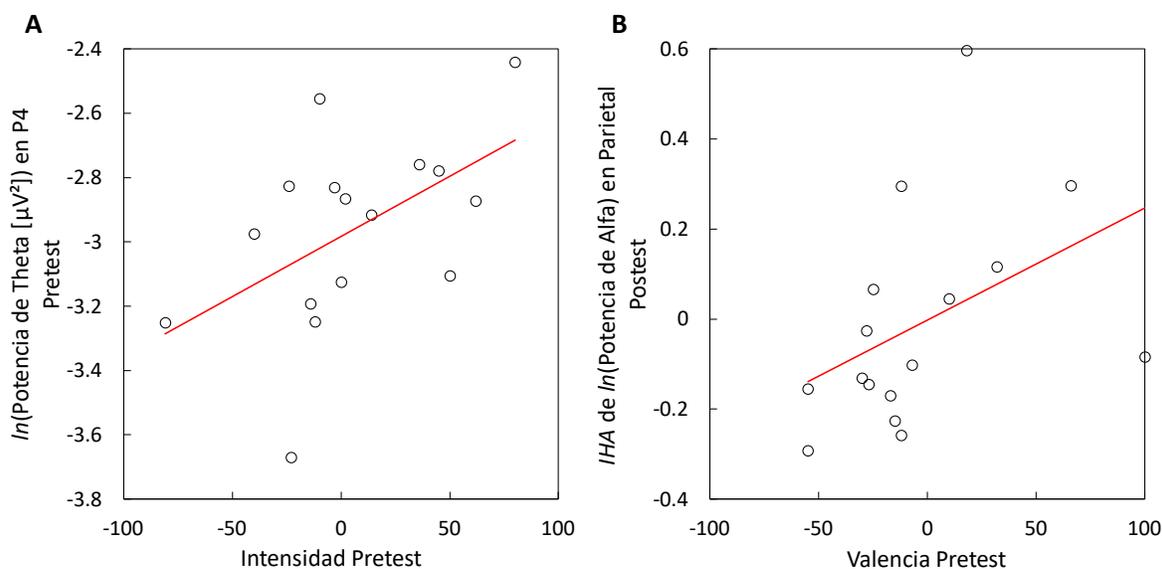
*Nota.* Correlaciones entre  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$  en P4 y las variables de (A) Valencía ( $r_s = -.59$ ,  $p = .04$ ) y de (B) Placer ( $r = -.58$ ,  $p = .02$ );  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  en F3 y las variables de (C) Valencía ( $r_s = -.602$ ,  $p = .01$ ) y de (D) Promedio VIP ( $r = -.53$ ,  $p = .04$ ); y  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  en F4 y las variables de (E) Valencía ( $r_s = -.54$ ,  $p = .03$ ) y de (F) Placer ( $r = -.499$ ,  $p = .049$ ).

## TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

Asimismo, se encontraron correlaciones significativas entre las variables subjetivas y electrofisiológicas, previas (Pretest) y posteriores (Postest) a la estimulación. Esto ocurrió entre la variable de Intensidad Pretest y el  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  Pretest en P4 ( $r = .52, p = .04$ ), así como entre la variable de Valencia Pretest y la  $IHA$  del  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$  en región Parietal ( $r_s = -.59, p = .02$ ). Estas correlaciones están descritas en la Figura 12.

**Figura 12**

*Correlaciones entre datos subjetivos y electrofisiológicos por momento*



*Nota.* Correlaciones entre (A) Intensidad en Pretest y el  $\ln(\text{Potencia de Theta})$  en P4 durante Pretest ( $r = .52, p = .04$ ), y entre (B) Valencia Pretest y la  $IHA$  del  $\ln(\text{Potencia de Alfa})$  en región Parietal durante Postest ( $r_s = -.59, p = .02$ ).

Finalmente, los resultados de los análisis exploratorios secundarios arrojaron una correlación positiva entre Valencia ante el estímulo y Valencia Posttest ( $r_s = .53, p = .04$ ).

### 6.7. Discusión

De acuerdo con el reporte subjetivo de las participantes, hubo una mejora en su estado de ánimo posterior a la estimulación, respondiendo así a la pregunta de investigación. Concretamente, al comparar los resultados del *pre-test* y del *post-test*, se encontró un aumento significativo en la percepción de la valencia emocional y una disminución significativa en la percepción del estado deprimido posterior al estímulo. No obstante, estas diferencias ocurrieron en los tres grupos de estimulación –i.e., A, B, y C–, incluido el grupo control. Esto podría explicarse debido a un posible efecto placebo, ya que las participantes eran conscientes de estar realizando un estudio sobre los efectos de la música y el color en el estado de ánimo. Por otro lado, el efecto de interés y motivación por participar en el estudio podría haber influido en los resultados, ya que, en las entrevistas, las participantes reportaron estar interesadas y motivadas por formar parte de la investigación, conocer los efectos y el poder presenciar un estudio de EEG. Por último, al tratarse de ruido blanco, cabe la posibilidad de que la estimulación con dicho sonido resultara en un falso control. Es decir, se sabe de manera anecdótica que el ruido blanco se llega a utilizar como un estímulo para la relajación, la meditación y el sueño. De ser así, entonces los tres grupos fueron sometidos a una estimulación que impactó positivamente en el estado de ánimo de las participantes. Sin embargo, en la evaluación emocional ante el estímulo, se encontró que el estímulo personalizado –i.e., estímulo A– fue percibido como más

### TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

alegre y placentero que el estímulo control –i.e., estímulo C–, y, tras los análisis exploratorios secundarios, se pudo observar que la evaluación de la valencia emocional ante el estímulo se correlacionó positivamente con la valencia *post-test*. En otras palabras, las emociones reportadas por las participantes al final del estudio fueron más positivas en la medida en que los estímulos tuvieron una valoración más alta como evocadores de emociones positivas. Este último resultado señala la importancia de considerar las diferencias individuales y los gustos personales al tratar de usar estímulos como posible tratamiento o terapia para la depresión.

Por otro lado, en cuanto a la actividad EEG, a pesar de no haber encontrado diferencias significativas entre condiciones y momentos de estimulación, sí se encontraron relaciones entre la actividad EEG y las respuestas emocionales subjetivas. Independientemente del grupo de estimulación, aquellos estímulos que evocaron una percepción de valencia positiva y de mayor placer en las participantes, también indujeron una mayor activación –supresión de alfa– de la región parietal derecha (P4). Esta respuesta se puede explicar mediante el modelo de *PAA*, que indica que la activación parietal derecha está vinculada con el procesamiento de estímulos de valencia emocional positiva, con estados emocionales de aproximación y con un menor riesgo o predisposición a padecer sintomatología depresiva (Bruder *et al.*, 2011, 2017; Henriques y Davidson, 1990; Marcu *et al.*, 2023). Asimismo, de acuerdo con Heller (1993), la activación parietal derecha se asocia con una mayor excitación o activación emocional, lo que puede explicar su relación con estímulos música-color emocionalmente más alegres y,

posiblemente, excitantes, así como se ha visto con música sola (Rogenmoser *et al.*, 2016).

Aunado a esto, y de manera incongruente, la potencia de theta disminuyó en la región frontal de ambos hemisferios (F3 y F4) a mayor percepción placentera y de valencia positiva. Esto, debido a que el modelo de *FTA* asume que una mayor activación de theta (Pizzagalli *et al.*, 2003) en F3 podría estar relacionada con estímulos positivos y placenteros, y lo opuesto para la región derecha (Dharmadhikari *et al.*, 2018; Rogenmoser *et al.*, 2016; Valdés-Alemán *et al.*, 2024). No obstante, si se toma en cuenta el modelo de activación frontal bilateral, el nivel de activación cortical en esta región se asocia con el nivel de intensidad emocional (Dawson, 1994; Henriques y Davidson, 1991; L. A. Schmidt, 1999; L. A. Schmidt y Fox, 1994; L. A. Schmidt y Trainor, 2001). En ese sentido, el que se presentara una mayor activación de la banda theta (Pizzagalli *et al.*, 2003) en la región frontal de ambos hemisferios, y en asociación con menores puntajes en valencia y placer ante el estímulo, podría corresponder a una mayor intensidad o agitación emocional como respuesta aversiva por parte de las participantes. Es importante mencionar que la mayoría de las participantes presentó un cuadro mixto de sintomatología depresiva y ansiosa, y que esta última puede derivar en una hipersensibilidad o hiperreactividad ante los estímulos (APA, 2013; OMS, 2019).

En cuanto a los momentos de estimulación, las participantes, en estado de reposo y previo a la estimulación (*pre-test*), presentaron mayor activación de theta (Pizzagalli *et al.*, 2003) en P4 asociada con el reporte subjetivo de mayor intensidad emocional *pre-test*, en correspondencia con el modelo de activación emocional de Heller (1993), y que podría asociarse a estados de ansiedad o

### TERCER ESTUDIO: MÚSICA-COLOR, EMOCIÓN Y DEPRESIÓN

estrés. Por último, las participantes que reportaron un estado emocional de valencia negativa en el *pre-test* reflejaron mayor activación –supresión de alfa– parietal derecha al término del experimento (*post-test*). Este patrón de actividad puede ser indicador de una mayor intensidad o agitación emocional, misma que podría ser resultado de la hiperreactividad en personas con ansiedad (Heller, 1993). Estos datos reflejan la dificultad de trabajar con una muestra clínica por la heterogeneidad de las respuestas emocionales y, a su vez, la complejidad de los trastornos del estado de ánimo con sintomatología depresiva que tienden a manifestarse como cuadros mixtos (APA, 2013; OMS, 2019, 2023).

Hay que mencionar que una de las principales limitantes de este estudio fue la muestra reducida, lo que se refleja en una baja potencia estadística y que podría derivar en errores del tipo 2 –i.e., no hallar resultados significativos cuando sí los hay–. Por otro lado, si bien el *DSM-5* menciona que hay una mayor prevalencia del trastorno depresivo en mujeres, también aclara que la sintomatología puede variar por género –p. ej., mayor irritabilidad en hombres (APA, 2013)–. En ese sentido, el incluir una muestra mixta y de mayor tamaño podría ayudar a investigar las diferencias en los cambios de sintomatología depresiva entre mujeres y hombres, sus bases neurofisiológicas, y con una mayor potencia estadística. Sin embargo, los hallazgos de este estudio han demostrado que el uso de estímulos capaces de evocar emociones positivas puede ayudar a mejorar el estado de ánimo de personas con sintomatología depresiva. Por tal motivo, el uso de estímulos individualizados, de diferentes modalidades perceptuales combinadas –i.e., música-color–, podrían llegar a fungir como parte de una terapia bimodal para el tratamiento de la depresión.

## 7. Discusión General

Sin duda alguna, la música es un estímulo capaz de evocar emociones fuertes e intensas en nosotros, y quizás sea ese el motivo por el cual nos sentimos tan atraídos hacia ella. Es fácil darse cuenta, sólo mirando alrededor, que las personas disfrutan de la música ya que suele ser un estímulo que produce placer. Similarmente, el color es otro estímulo que nos mueve emocionalmente, sólo basta con observar la pared de nuestra recámara, o la gama de colores en nuestro guardarropa; prácticamente todos los objetos que diseñamos y producimos deben tener algún color, y su razón no es trivial. Ambos estímulos, presentes en nuestro día a día, moldean nuestras percepciones y emociones. Este estudio se propuso investigar cómo la combinación de música y color podría influir positivamente en el estado de ánimo de personas con depresión, generando emociones positivas y placenteras.

Los hallazgos revelaron que los colores brillantes se asocian con emociones positivas y placenteras, así como con una mayor activación en la región frontal izquierda del cerebro. Por otro lado, aunque, por separado, la música y el color tienen el poder de afectar nuestras emociones, la música ejerció un impacto emocional predominante al combinarse con el color. A pesar de este predominio musical, la combinación de estímulos música-color condujo a mejoras significativas en el estado de ánimo de las participantes con depresión, lo que resalta la eficacia de este enfoque terapéutico combinado.

La importancia de estos resultados para la psicología clínica es considerable, sugiriendo que la integración de musicoterapia y cromoterapia podría ofrecer nuevas vías de intervención para pacientes con depresión. La

evidencia electrofisiológica obtenida a través del EEG en este estudio no solo refuerza la validez de las conclusiones, sino que también abre la posibilidad de emplear técnicas como el *neurofeedback* en el tratamiento de la depresión. En un mundo donde eventos recientes, como la pandemia por el COVID-19, han puesto en evidencia la importancia de atender a nuestra salud mental, investigaciones como esta son cruciales. Ofrecen esperanza y nuevos métodos terapéuticos que podrían beneficiar enormemente a quienes luchan contra la depresión, contribuyendo así al mejoramiento del bienestar global.

## 8. Conclusión

Este estudio investigó la interacción entre música y color, así como su impacto emocional y terapéutico en personas con depresión. A través de una metodología que incluyó el análisis de 37 colores del *Berkeley Color Project* y la combinación de música y colores de emociones congruentes, se evaluó su capacidad para evocar emociones positivas utilizando respuestas subjetivas y EEG. Los hallazgos indicaron que colores evaluados como brillantes, alegres y placenteros se correlacionan con una mayor activación de la región frontal izquierda del cerebro, sugiriendo una respuesta emocional positiva. Sin embargo, cuando se combinaron música y color, predominó la influencia emocional de la música sobre el color. Finalmente, se observó una mejora en el estado de ánimo de las participantes con depresión tras la exposición a estímulos de música y color que evocan emociones positivas. Este estudio subraya la relevancia de la música por encima del color en la evocación de emociones positivas y sugiere la integración de la musicoterapia y la cromoterapia como un enfoque potencialmente efectivo para mejorar el bienestar de personas con depresión. Los resultados ofrecen perspectivas valiosas para los profesionales de la salud mental en la búsqueda de métodos terapéuticos innovadores

## 9. Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas que hicieron posible este proyecto de investigación en todos los aspectos. Primero, quiero agradecerle a mi directora de tesis, la Dra. Bernarda, por todo su tiempo y dedicación en resolver mis dudas, aportar valiosas observaciones y encaminar este trabajo hacia la excelencia. También le agradezco el haberme dado la oportunidad de desenvolverme en diversas actividades académicas que me han hecho crecer como investigador.

A la Dra. Bruma, por haber hecho posible el tercer estudio, por su guía en concebir el diseño experimental y su apoyo para formar y capacitar al equipo de diagnóstico a través del programa de Salud Mental del CITPsi, y con el cual fue posible reclutar a las participantes de dicho estudio. También le doy las gracias por sus importantes aportaciones al trabajo en general, brindando información y temas interesantes para discutir los resultados.

Agradezco a la Dra. Diana porque, desde sus clases en la maestría, me pude sumergir en el mundo fascinante del estudio antropológico y evolutivo de la cognición musical. También me apoyó señalando aspectos a resolver sobre el trabajo, con una mirada exhaustiva al método, y, adicionalmente, me asesoró en cuanto a temas administrativos y académicos de la maestría.

Asimismo, hago mención del Dr. Jorge y la Dra. Alma Janeth, a quienes agradezco por formar parte de la comisión revisora y el haberse tomado el tiempo de leer este trabajo. Además, incluyo a cada uno de los integrantes del equipo de evaluación diagnóstica del programa de Salud Mental del CITPsi que, con la supervisión de la Dra. Bruma, construyeron todo un protocolo para poder evaluar a

las participantes del tercer estudio. De nuevo, sin su ayuda, dicho estudio no hubiera sido posible.

De manera muy especial, quiero agradecer a mi familia, a mis amigos del CINCCO y, con mucho cariño, a Chris, por haber hecho de este camino difícil una experiencia más placentera y divertida, con momentos para recordar con alegría, y constantes muestras de apoyo y afecto.

Por último, quisiera agradecer a cada uno de los participantes que, de manera voluntaria, se ofrecieron para formar parte de este proyecto. En particular, quiero agradecer a todas las candidatas que se interesaron en participar en el tercer estudio, sin importar si al final pudieron o no ser parte de éste, debido a los diferentes filtros. De todo corazón espero que el proceso, de alguna manera, haya sido de ayuda, desde los folletos y materiales de apoyo, hasta la evaluación diagnóstica, o, incluso, la breve intervención con música y color.

**¡Muchas Gracias!**

## 10. Referencias

- American Psychiatric Association. (2013). *Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5®*. American Psychiatric Publishing.  
<https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425657>
- Andrade, E., Arce, C., de Francisco, C., Torrado, J., & Garrido, J. (2013). Versión breve en español del cuestionario POMS para deportistas adultos y población general. *Revista de Psicología Del Deporte*, 22(1), 95–102.
- Arns, M., Bruder, G., Hegerl, U., Spooner, C., Palmer, D. M., Etkin, A., Fallahpour, K., Gatt, J. M., Hirshberg, L., & Gordon, E. (2016). EEG alpha asymmetry as a gender-specific predictor of outcome to acute treatment with different antidepressant medications in the randomized iSPOT-D study. *Clinical Neurophysiology*, 127(1), 509–519.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.05.032>
- Barbiere, J. M., Vidal, A., & Zellner, D. A. (2007). The Color of Music: Correspondence through Emotion. *Empirical Studies of the Arts*, 25(2), 193–208. <https://doi.org/10.2190/a704-5647-5245-r47p>
- Barros, C., Pereira, A. R., Sampaio, A., Buján, A., & Pinal, D. (2022). Frontal Alpha Asymmetry and Negative Mood: A Cross-Sectional Study in Older and Younger Adults. *Symmetry*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/sym14081579>
- Bowling, D. L. (2023). Biological principles for music and mental health. In *Translational Psychiatry* (Vol. 13, Issue 1). Springer Nature.  
<https://doi.org/10.1038/s41398-023-02671-4>

- Bowling, D. L., Sundararajan, J., Han, S., & Purves, D. (2012). Expression of emotion in Eastern and Western music mirrors vocalization. *PLoS ONE*, *7*(3), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031942>
- Bresin, R. (2005). What is the color of that music performance? *P ICMC*. 2005.
- Bruder, G. E., Bansal, R., Tenke, C. E., Liu, J., Hao, X., Warner, V., Peterson, B. S., & Weissman, M. M. (2011). Relationship of resting EEG with anatomical MRI measures in individuals at high and low risk for depression. *Human Brain Mapping*, *33*(6), 1325–1333. <https://doi.org/10.1002/hbm.21284>
- Bruder, G. E., Stewart, J. W., & McGrath, P. J. (2017). Right brain, left brain in depressive disorders: Clinical and theoretical implications of behavioral, electrophysiological and neuroimaging findings. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 78, pp. 178–191). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.04.021>
- Canli, T., Desmond, J. E., Zhao, Z., Glover, G., & Gabrieli, J. D. E. (1998). Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. *NeuroReport*, *9*(14), 3233–3239. <https://doi.org/10.1097/00001756-199810050-00019>
- Chabin, T., Gabriel, D., Chansophonkul, T., Michelant, L., Joucla, C., Haffen, E., Moulin, T., Comte, A., & Pazart, L. (2020). Cortical Patterns of Pleasurable Musical Chills Revealed by High-Density EEG. *Frontiers in Neuroscience*, *14*(November), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.565815>
- Choi, D., Sekiya, T., Minote, N., & Watanuki, S. (2016). Relative left frontal activity in reappraisal and suppression of negative emotion: Evidence from frontal

- alpha asymmetry (FAA). *International Journal of Psychophysiology*, 109, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.09.018>
- Coolidge, F. L., & Wynn, T. G. (2009). *The rise of homo sapiens: the evolution of modern thinking*. Wiley-Blackwell.
- Coolidge, F. L., Wynn, T., Overmann, K. A., & Hicks, J. M. (2015). Cognitive Archaeology and the Cognitive Sciences. In E. Bruner (Ed.), *Human Paleoneurology* (pp. 177–208). Springer International. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08500-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08500-5_8)
- Cross, I. (2003). Music, Cognition, Culture, and Evolution. In I. Peretz & R. J. Zatorre (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music* (pp. 42–56). Oxford University Press.
- Cruzblanca, H., Lupercio, P., Collas, J., & Castro, E. (2016). Neurobiología de la depresión mayor y de su tratamiento farmacológico. *Salud Mental*, 39(1), 47–58. <https://doi.org/10.17711/SM.0185-3325.2015.067>
- Daly, I., Malik, A., Hwang, F., Roesch, E., Weaver, J., Kirke, A., Williams, D., Miranda, E., & Nasuto, S. J. (2014). Neural correlates of emotional responses to music: An EEG study. *Neuroscience Letters*, 573, 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.05.003>
- D'Andrade, R., & Egan, M. (1974). the colors of emotion. *American Ethnologist*, 1(1), 49–63. <https://doi.org/10.1525/ae.1974.1.1.02a00030>
- Darwin, C. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. John Murray.

- Davidson, R. J. (2004). What does the prefrontal cortex “do” in affect: Perspectives on frontal EEG asymmetry research. In *Biological Psychology* (Vol. 67, Issues 1–2, pp. 219–234). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.03.008>
- Davidson, R. J., Schwartz, G. E., Saron, C., Bennett, J., & Goleman, D. J. (1979). Frontal versus parietal EEG asymmetry during positive and negative affect. *Psychophysiology*, *16*, 202–203.
- Dawson, G. (1994). Frontal electroencephalographic correlates of individual differences in emotional expression in infants: A brain systems perspective on emotion. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *59*(2–3), 135–151. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Dharmadhikari, A., Tandle, A., Jaiswal, S., Sawant, V., Vahia, V., & Jog, N. (2018). Frontal Theta Asymmetry as a Biomarker of Depression. *East Asian Archives of Psychiatry*, *28*(1), 17–22. <https://doi.org/10.12809/eaap181705>
- Dissanayake, E. (2001). An ethological view of music and its relevance to music therapy. *Nordic Journal of Music Therapy*, *10*(2), 159–175. <https://doi.org/10.1080/08098130109478029>
- Ekman, P. (1992). Are There Basic Emotions? *Psychological Review*, *99*(3), 550–553.
- Eysenck, M., & Keane, M. T. (2010). *Cognitive Psychology 6e: A Student's Handbook* (6th ed.). Psychology Press. <http://books.google.com/books?id=O7t10uINy4EC&pgis=1>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical

- sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.  
<https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Ferreri, L., Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Ripollés, P., Gomez-Andres, A., Alicart, H., Olivé, G., Marco-Pallarés, J., Antonijoan, R. M., Valle, M., Riba, J., & Rodriguez-Fornells, A. (2019). Dopamine modulates the reward experiences elicited by music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(9), 3793–3798.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1811878116>
- Flores Gutiérrez, E. O. (2007). *Patrones cerebrales metabólicos y eléctricos correlacionados con sentimientos agradables y desagradables inducidos por obras maestras de la música*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fox, N. A. (1991). If It's Not Left, It's Right: Electroencephalograph Asymmetry and the Development of Emotion. *American Psychologist*, 46(8), 863–872.  
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.46.8.863>
- Fox, N. A. (1994). Dynamic Cerebral Processes Underlying Emotion Regulation. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59(2–3), 152–166. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5834.1994.tb01282.x>
- Fox, N. A., & Davidson, R. J. (1986). Taste-elicited changes in facial signs of emotion and the asymmetry of brain electrical activity in human newborns. *Neuropsychologia*, 24(3), 417–422. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(86\)90028-X](https://doi.org/10.1016/0028-3932(86)90028-X)
- Gebauer, L., Kringelbach, M. L., & Vuust, P. (2012). Ever-changing cycles of musical pleasure: The role of dopamine and anticipation. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 22(2), 152–167. <https://doi.org/10.1037/a0031126>

- Goldstein, A. (1980). Thrills in response to music. *Physiological Psychology*, 8(1), 126–129. <https://link.springer.com/content/pdf/10.3758%2F03326460.pdf>
- Gomes, P., Pereira, T., & Conde, J. (2018). Musical emotions in the brain-a neurophysiological study. *Neurophysiology Research*, 1(1), 12–20. <http://www.alliedacademies.org/abstract/musical-emotions-in-the-brain-a-neurophysiological-study-9609.html>
- Grimshaw, G. M., & Carmel, D. (2014). An asymmetric inhibition model of hemispheric differences in emotional processing. *Frontiers in Psychology*, 5(May), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00489>
- Griscom, W. (2014). *Visualizing Sound: Cross-Modal Mapping Between Music and Color*. University of California.
- Hauck, P., von Castell, C., & Hecht, H. (2022). Crossmodal Correspondence between Music and Ambient Color Is Mediated by Emotion. *Multisensory Research*. <https://doi.org/10.1163/22134808-bja10077>
- Hein, M., Dekeuleneer, F. X., Hennebert, O., Skrijanc, D., Oudart, E., Mungo, A., Rotsaert, M., & Loas, G. (2022). Relationships between Recent Suicidal Ideation and Recent, State, Trait and Musical Anhedonias in Depression. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph192316147>
- Heller, W. (1993). Neuropsychological Mechanisms of Individual Differences in Emotion, Personality, and Arousal. *Neuropsychology*, 7(4), 476–489. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.7.4.476>

- Heller, W., & Levy, J. (1981). Perception and expression of emotion in right-handers and left-handers. *Neuropsychologia*, *19*(2), 263–272.  
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(81\)90110-X](https://doi.org/10.1016/0028-3932(81)90110-X)
- Henriques, J. B., & Davidson, R. J. (1990). Regional Brain Electrical Asymmetries Discriminate Between Previously Depressed and Healthy Control Subjects. In *Journal of Abnormal Psychology* (Vol. 99, Issue 1).
- Henriques, J. B., & Davidson, R. J. (1991). Left Frontal Hypoactivation in Depression. *Journal of Abnormal Psychology*, *100*(4), 535–545.  
<https://doi.org/10.1037/0021-843X.100.4.535>
- Horwitz, A. V., Wakefield, J. C., & Lorenzo-Luaces, L. (2017). History of depression. In *The Oxford Handbook of Mood Disorders* (pp. 11–23). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199973965.013.2>
- Huron, D. (2003). Is Music an Evolutionary Adaptation? In I. Peretz & R. J. Zatorre (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music* (pp. 57–75). Oxford University Press.
- Huron, D. (2015). Affect induction through musical sounds: An ethological perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *370*(1664). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0098>
- Isbilen, E. S., & Krumhansl, C. L. (2016). The color of music: Emotion-mediated associations to Bach's Well-tempered Clavier. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, *26*(2), 149–161. <https://doi.org/10.1037/pmu0000147>
- Ivanitsky, A. M., Ivanitsky, G. A., Nikolaev, A. R., & Sysoeva, O. V. (2008). Electroencephalography. In *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 1067–1072). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2\\_2936](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_2936)

- Jang, H. S., Kim, J., Kim, K. S., & Pak, C. H. (2014). Human brain activity and emotional responses to plant color stimuli. *Color Research and Application*, 39(3), 307–316. <https://doi.org/10.1002/col.21788>
- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371–375.
- Jesulola, E., Sharpley, C. F., Bitsika, V., Agnew, L. L., & Wilson, P. (2015). Frontal alpha asymmetry as a pathway to behavioural withdrawal in depression: Research findings and issues. In *Behavioural Brain Research* (Vol. 292, pp. 56–67). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.05.058>
- Jonauskaite, D., Abdel-Khalek, A. M., Abu-Akel, A., Al-Rasheed, A. S., Antonietti, J. P., Ásgeirsson, Á. G., Atitsogbe, K. A., Barma, M., Barratt, D., Bogushevskaya, V., Bouayed Meziane, M. K., Chamseddine, A., Charernboom, T., Chkonia, E., Ciobanu, T., Corona, V., Creed, A., Dael, N., Daouk, H., ... Mohr, C. (2019). The sun is no fun without rain: Physical environments affect how we feel about yellow across 55 countries. *Journal of Environmental Psychology*, 66(September), 101350. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.101350>
- Jonauskaite, D., Epicoco, D., Al-rasheed, A. S., Aruta, J. J. B. R., Bogushevskaya, V., Brederoo, S. G., Corona, V., Fomins, S., Gizdic, A., Griber, Y. A., Havelka, J., Hirnstein, M., John, G., Jopp, D. S., Karlsson, B., Konstantinou, N., Laurent, É., Marquardt, L., Mefoh, P. C., ... Mohr, C. (2023). A comparative analysis of colour–emotion associations in 16–88-year-old adults from 31 countries. *British Journal of Psychology*. <https://doi.org/10.1111/bjop.12687>

- Jones, N. A., & Fox, N. A. (1992). Electroencephalogram asymmetry during emotionally evocative films and its relation to positive and negative affectivity. *Brain and Cognition*, 20(2), 280–299. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90021-D](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90021-D)
- Jurado, S., Villegas, Ma. E., Méndez, L., Rodríguez, F., Loperena, V., & Varela, R. (1998). La estandarización del Inventario de Depresión de Beck para los residentes de la ciudad de México. *Salud Mental*, 21, 26–31.
- Kang, M.-A. (2021). Effects of Color Therapy using Color Frames on Nurses' Job Stress and Depression. *Journal of Internet of Things and Convergence*, 7(4), 51–58. <https://doi.org/10.20465/KIOTS.2021.7.4.051>
- Karwoski, T. F., & Odbert, H. S. (1938). Color-Music. In J. F. Dashiell (Ed.), *Psychological Monographs* (Vol. 50, pp. 1–59). The Psychological Review Company.
- Kawakami, Y., Komazawa, M., Feng, C., & Sugaya, M. (2020). Preliminary Study on Color Therapy Effect Evaluation by the Emotion Estimation Method with Biological Signals. In G. di Bucchianico, C. Shin, S. Shim, S. Fukuda, G. Montagna, & C. Carvalho (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1202, pp. 957–963). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51194-4\\_125](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51194-4_125)
- Khoroshikh, V. V., Ivanova, V. Y., & Kulikov, G. A. (2012). The effect of unconscious color hue saturation on the emotional state of humans. *Human Physiology*, 38(2), 129–136. <https://doi.org/10.1134/S0362119712020090>
- Killin, A. (2018). The origins of music: Evidence, theory, and prospects. *Music and Science*, 1. <https://doi.org/10.1177/2059204317751971>

- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2003). Emotion. In *Fundamentals of Human Neuropsychology* (Fifth Edition, pp. 516–545). Worth Publishers.
- Kringelbach, M. L. (2013). Limbic Forebrain: The Functional Neuroanatomy of Emotion and Hedonic Processing. In *Neuroscience in the 21st Century* (pp. 1335–1363). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1997-6\\_46](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1997-6_46)
- Krogmeier, C., Coventry, B. S., & Mousas, C. (2022). Affective Image Sequence Viewing in Virtual Reality Theater Environment: Frontal Alpha Asymmetry Responses From Mobile EEG. *Frontiers in Virtual Reality*, 3. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.895487>
- Laeng, B., Garvija, L., Løseth, G., Eikemo, M., Ernst, G., & Leknes, S. (2021). ‘Defrosting’ music chills with naltrexone: The role of endogenous opioids for the intensity of musical pleasure. *Consciousness and Cognition*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2021.103105>
- Lansky, P., Perle, G., & Headlam, D. (2001). Atonality. In S. Sadie & J. Tyrrell (Eds.), *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* (Second Edition, Vol. 2, pp. 169–172). Macmillan.
- Laufs, H., Kleinschmidt, A., Beyerle, A., Eger, E., Salek-Haddadi, A., Preibisch, C., & Krakow, K. (2003). EEG-correlated fMRI of human alpha activity. *NeuroImage*, 19(4), 1463–1476. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00286-6](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00286-6)
- LEMERE, F. (1936). THE SIGNIFICANCE OF INDIVIDUAL DIFFERENCES IN THE BERGER RHYTHM. *Brain*, 59(3), 366–375. <https://doi.org/10.1093/brain/59.3.366>

- Leubner, D., & Hinterberger, T. (2017). Reviewing the effectiveness of music interventions in treating depression. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 8, Issue JUL). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01109>
- Levitan, C. A., Charney, S. A., Schloss, K. B., & Palmer, S. E. (2015). The Smell of Jazz: Crossmodal Correspondences Between Music, Odor, and Emotion. *CogSci*, 1326–1331.
- Liao, S., & Yoshizawa, T. (2024). Memory colors of familiar objects induce general color preference. *Color Research and Application*, 49(1), 79–92. <https://doi.org/10.1002/col.22906>
- Lill, K. (2012). Comparative Theories of Visual Art and Music: May I Play You a Picture? *McNair Scholars Journal*, 16(1), 34–39.
- Lindborg, P., & Friberg, A. K. (2015). Colour Association with Music Is Mediated by Emotion: Evidence from an Experiment Using a CIE Lab Interface and Interviews. *PLoS ONE*, 10(12), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144013>
- Mallik, A., Chanda, M. L., & Levitin, D. J. (2017). Anhedonia to music and mu-opioids: Evidence from the administration of naltrexone. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/SREP41952>
- Marcu, G. M., Szekely-Copîndean, R. D., Radu, A.-M., Bucuță, M. D., Fleacă, R. S., Tănăsescu, C., Roman, M. D., Boicean, A., & Băcilă, C. I. (2023). Resting-state frontal, frontolateral, and parietal alpha asymmetry: A pilot study examining relations with depressive disorder type and severity. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1087081>

- Mas-Herrero, E., Dagher, A., & Zatorre, R. J. (2018). Modulating musical reward sensitivity up and down with transcranial magnetic stimulation. *Nature Human Behaviour*, 2(1), 27–32. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0241-z>
- Mas-Herrero, E., Ferreri, L., Cardona, G., Zatorre, R. J., Pla-Juncà, F., Antonijoan, R. M., Riba, J., Valle, M., & Rodriguez-Fornells, A. (2022). The role of opioid transmission in music-induced pleasure. *Annals of the New York Academy of Sciences*. <https://doi.org/10.1111/nyas.14946>
- Mas-Herrero, E., Singer, N., Ferreri, L., McPhee, M., Zatorre, R. J., & Ripollés, P. (2023). Music engagement is negatively correlated with depressive symptoms during the COVID-19 pandemic via reward-related mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1519(1), 186–198. <https://doi.org/10.1111/nyas.14931>
- Mikutta, C., Altorfer, A., Strik, W., & Koenig, T. (2012). Emotions, arousal, and frontal alpha rhythm asymmetry during beethoven's 5th symphony. *Brain Topography*, 25(4), 423–430. <https://doi.org/10.1007/s10548-012-0227-0>
- Millis, R. M., Arcaro, J., Palacios, A., & Millis, G. L. (2022). Electroencephalographic Signature of Negative Self Perceptions in Medical Students. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.22675>
- Nettl, B. (2000). An Ethnomusicologist Contemplates Universals in Musical Sound and Musical Culture. In N. Walin, B. Merker, & S. Brown (Eds.), *The Origins of Music* (pp. 463–472). The MIT Press.
- Oakes, T. R., Pizzagalli, D. A., Hendrick, A. M., Horras, K. A., Larson, C. L., Abercrombie, H. C., Schaefer, S. M., Koger, J. V., & Davidson, R. J. (2004). Functional Coupling of Simultaneous Electrical and Metabolic Activity in the

- Human Brain. *Human Brain Mapping*, 21(4), 257–270.  
<https://doi.org/10.1002/hbm.20004>
- Ochsner, K. N., & Lieberman, M. D. (2001). The emergence of social cognitive neuroscience. In *American Psychologist* (Vol. 56, Issue 9, pp. 717–734).  
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.9.717>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97–113.  
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- O'Reardon, J. P., Solvason, H. B., Janicak, P. G., Sampson, S., Isenberg, K. E., Nahas, Z., McDonald, W. M., Avery, D., Fitzgerald, P. B., Loo, C., Demitrack, M. A., George, M. S., & Sackeim, H. A. (2007). Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation in the Acute Treatment of Major Depression: A Multisite Randomized Controlled Trial. *Biological Psychiatry*, 62(11), 1208–1216. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.01.018>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *Clasificación Internacional de Enfermedades, undécima revisión (CIE-11)*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Depresión*.  
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression>
- Palmer, S. E. (2015). What color is that song? *Nautilus*.
- Palmer, S. E., Langlois, T. A., & Schloss, K. B. (2016). Music-to-color associations of single-line piano melodies in non-synesthetes. *Multisensory Research*, 29(1–3), 157–193. <https://doi.org/10.1163/22134808-00002486>
- Palmer, S. E., & Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the*

*United States of America*, 107(19), 8877–8882.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0906172107>

Palmer, S. E., Schloss, K. B., Xu, Z., & Prado-León, L. R. (2013). Music-color associations are mediated by emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(22), 8836–8841.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1212562110>

Palmiero, M., & Piccardi, L. (2017). Frontal EEG asymmetry of mood: A mini-review. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 11(November), 1–8.

<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2017.00224>

Park, H. (2019). *시각장애인의 정서 기반 음악-색채 연합에 대한 융복합적 연구 A*

*Convergence Study on Music-color Association Responses of People with Visual Impairment Mediated by Emotion*. 10(5), 313–321.

Pesek, M., Strle, G., Kavčič, A., & Marolt, M. (2017). The Moodo dataset:

Integrating user context with emotional and color perception of music for affective music information retrieval. *Journal of New Music Research*, 46(3), 246–260. <https://doi.org/10.1080/09298215.2017.1333518>

Pizzagalli, D. A., Oakes, T. R., & Davidson, R. J. (2003). Coupling of theta activity and glucose metabolism in the human rostral anterior cingulate cortex: An EEG/PET study of normal and depressed subjects. *Psychophysiology*, 40(6), 939–949. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00112>

Pizzagalli, D. A., Sherwood, R. J., Henriques, J. B., & Davidson, R. J. (2005).

*Frontal Brain Asymmetry and Reward Responsiveness A Source-Localization Study*.

- Powers, J. M., Ioachim, G., & Stroman, P. W. (2022). Music to My Senses: Functional Magnetic Resonance Imaging Evidence of Music Analgesia Across Connectivity Networks Spanning the Brain and Brainstem. *Frontiers in Pain Research*, 3. <https://doi.org/10.3389/fpain.2022.878258>
- Ramos Loyo, J. (1994). *El Cerebro y la Música: Un Estudio Psicofisiológico*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramos Loyo, J. (2012a). Bases neurales del procesamiento musical. In E. Matute (Ed.), *Tendencias actuales de las Neurociencias Cognitivas* (2a Edición, pp. 11–32). Manual Moderno.
- Ramos Loyo, J. (2012b). Psicobiología del procesamiento emocional. In E. Matute (Ed.), *Tendencias actuales de las Neurociencias Cognitivas* (2a Edición, pp. 65–86). Manual Moderno.
- Ramos Loyo, J., & Corsi-Cabrera, M. (1989). Does brain electrical activity react to music? *International Journal of Neuroscience*, 47(3–4), 351–357. <https://doi.org/10.3109/00207458908987449>
- Rogenmoser, L., Zollinger, N., Elmer, S., & Jäncke, L. (2016). Independent component processes underlying emotions during natural music listening. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(9), 1428–1439. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw048>
- Roh, S. C., Kim, J. S., Kim, S., Kim, Y., & Lee, S. H. (2020). Frontal alpha asymmetry moderated by suicidal ideation in patients with major depressive disorder: A comparison with healthy individuals. *Clinical Psychopharmacology and Neuroscience*, 18(1), 58–66. <https://doi.org/10.9758/CPN.2020.18.1.58>

- Russell, J. A. (1980). A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178.
- Saffran, J. R. (2003). Mechanisms of Musical Memory in Infancy. In I. Peretz & R. J. Zatorre (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music* (pp. 32–41). Oxford University Press.
- Salimpoor, V. N., & Zatorre, R. J. (2013). Neural interactions that give rise to musical pleasure. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(1), 62–75. <https://doi.org/10.1037/a0031819>
- Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., & Koelsch, S. (2007). Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology*, 44(2), 293–304. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00497.x>
- San Martin, R., & Huettel, S. A. (2013). Cognitive Functions as Revealed by Imaging of the Human Brain. In *Neuroscience in the 21st Century* (Issue November 2013, pp. 2213–2238). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1997-6\\_82](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1997-6_82)
- Schloss, K. B., Poggesi, R. M., & Palmer, S. E. (2011). Effects of university affiliation and “school spirit” on color preferences: Berkeley versus Stanford. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(3), 498–504. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0073-1>
- Schmidt, B., & Hanslmayr, S. (2009). Resting frontal EEG alpha-asymmetry predicts the evaluation of affective musical stimuli. *Neuroscience Letters*, 460(3), 237–240. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.05.068>

- Schmidt, L. A. (1999). Frontal Brain Electrical Activity in Shyness and Sociability. *Psychological Science*, *10*(4), 316–320.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1467-9280.00161>
- Schmidt, L. A., & Fox, N. A. (1994). Patterns of cortical electrophysiology and autonomic activity in adults' shyness and sociability. *Biological Psychology*, *38*(2–3), 183–198. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(94\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0301-0511(94)90038-8)
- Schmidt, L. A., & Trainor, L. J. (2001). Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions. *Cognition and Emotion*, *15*(4), 487–500. <https://doi.org/10.1080/02699930126048>
- Shankman, S. A., Klein, D. N., Tenke, C. E., & Bruder, G. E. (2007). Reward sensitivity in depression: A biobehavioral study. *Journal of Abnormal Psychology*, *116*(1), 95–104. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.116.1.95>
- Smith, E. E., Reznik, S. J., Stewart, J. L., & Allen, J. J. B. (2016). Assessing and conceptualizing frontal EEG asymmetry: An updated primer on recording, processing, analyzing, and interpreting frontal alpha asymmetry. *International Journal of Psychophysiology*, *111*, 98–114.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.11.005>
- Spence, C. (2020). Assessing the Role of Emotional Mediation in Explaining Crossmodal Correspondences Involving Musical Stimuli. *Multisensory Research*, *33*(1), 1–29. <https://doi.org/10.1163/22134808-20191469>
- Spence, C., & Di Stefano, N. (2022). Coloured hearing, colour music, colour organs, and the search for perceptually meaningful correspondences between colour and sound. *I-Perception*, *13*(3), 204166952210928.  
<https://doi.org/10.1177/20416695221092802>

- Sperber, D., & Hirschfeld, L. (1999). Culture, Cognition, and Evolution. *MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences*, 111–132.
- Stern. (2002). Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm. *NeuroReport*, 2487–2492. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000047685.08940.d0>
- Stewart, J. L., Coan, J. A., Towers, D. N., & Allen, J. J. B. (2014). Resting and task-elicited prefrontal EEG alpha asymmetry in depression: Support for the capability model. *Psychophysiology*, 51(5), 446–455. <https://doi.org/10.1111/psyp.12191>
- Strle, G., Pesek, M., & Marolt, M. (2018). Affective experience of music emotional and color perception of folk and other musical genres. *Traditiones*, 47(2), 67–84. <https://doi.org/10.3986/Traditio2018470204>
- Tarr, B., Launay, J., & Dunbar, R. I. M. (2014). Music and social bonding: “Self-other” merging and neurohormonal mechanisms. *Frontiers in Psychology*, 5, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01096>
- Trehub, S. E. (2003). Musical Predispositions in Infancy: An Update. In I. Peretz & R. J. Zatorre (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music* (pp. 3–20). Oxford University Press.
- Tsang, T., & Schloss, K. B. (2010). Associations between Color and Music are Mediated by Emotion and Influenced by Tempo. *The Yale Review of Undergraduate Research in Psychology*, 82–93. [http://www.yale.edu/yrurp/issues/Tsang and Schloss, The Color of Music.pdf](http://www.yale.edu/yrurp/issues/Tsang%20and%20Schloss,%20The%20Color%20of%20Music.pdf)  
<https://publication/uuid/CCA549D1-EC20-497F-B9F7-CB440CF5E29C>

- Valdés Alemán, P. (2021). *Estudio del vínculo emocional entre la música tonal, la música atonal y el color, así como su relación con el placer: Patrones cerebrales eléctricos correlacionados con emociones positivas, negativas, placer y displacer inducidos por música tonal y atonal* [Centro Morelense de las Artes]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13831.47522>
- Valdés-Alemán, P. (n.d.). *Music-to-Color Association Mediated by Emotion: A Methods' Review*.
- Valdés-Alemán, P. (2023). Degustar un cheesecake en Do Mayor: el placer musical y su función biológica adaptativa. *Revista Digital Universitaria*, 23(3). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.3.4>
- Valdés-Alemán, P., Téllez-Alanís, B., & Zamudio-Gurrola, A. (2024). Brain Electrical Patterns Associated with Pleasure and Emotion Induced by Tonal and Atonal Music. *Behavioral Neuroscience*. <https://doi.org/10.1037/bne0000588>
- Valdés-Alemán, P., Zamudio-Gurrola, A., & Téllez-Alanís, B. (2022). The Emotional Link Between Color and Music: What Happens with Atonal Music? *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 32(1–2), 46–57. <https://doi.org/10.1037/pmu0000288>
- Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). Effects of Color on Emotions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 394–409. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.123.4.394>
- van der Vinne, N., Vollebregt, M. A., van Putten, M. J. A. M., & Arns, M. (2017). Frontal alpha asymmetry as a diagnostic marker in depression: Fact or fiction?

- A meta-analysis. *NeuroImage: Clinical*, 16, 79–87.  
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.07.006>
- Warden-Smith, J., Paul, L., Olukogbon, K., Bointon, E. S., Cole, R. H., John, S. R., Dong, S., & Jacob, T. J. C. (2017). Light and smell stimulus protocol reduced negative frontal EEG asymmetry and improved mood. *Open Life Sciences*, 12(1), 51–61. <https://doi.org/10.1515/biol-2017-0006>
- Wei, L., Erqi, H., & Jinxia, Y. (2018). The effects of music mode and lamplight color on human emotion based on quantitative EEG. *Acta Psychologica Sinica*, 50(8), 880. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1041.2018.00880>
- Weinstein, D., Launay, J., Pearce, E., Dunbar, R. I. M., & Stewart, L. (2016). Group music performance causes elevated pain thresholds and social bonding in small and large groups of singers. *Evol Hum Behav*, 37(2), 152–158.  
<https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2015.10.002>
- Whiteford, K. L., Schloss, K. B., Helwig, N. E., & Palmer, S. E. (2018). Color, Music, and Emotion: Bach to the Blues. *I-Perception*, 9(6), 1–27.  
<https://doi.org/10.1177/2041669518808535>
- Withrow, R. L. (2004). The Use of Color in Art Therapy. *The Journal of Humanistic Counseling, Education and Development*, 43(1), 33–40.  
<https://doi.org/10.1002/j.2164-490X.2004.tb00040.x>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki. *Journal of American Medical Association*, 310(20), 2191–2194.  
<https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yoto, A., Katsuura, T., Iwanaga, K., & Shimomura, Y. (2007). Effects of object color stimuli on human brain activities in perception and attention referred to EEG

- alpha band response. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(3), 373–379.  
<https://doi.org/10.2114/jpa2.26.373>
- Zatorre, R. J. (2015). Musical pleasure and reward: Mechanisms and dysfunction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 202–211.  
<https://doi.org/10.1111/nyas.12677>
- Zatorre, R. J., & Salimpoor, V. N. (2013a). From perception to pleasure: Music and its neural substrates. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Vol. 110, Issue SUPPL2, pp. 10430–10437).  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1301228110>
- Zatorre, R. J., & Salimpoor, V. N. (2013b). From perception to pleasure: Music and its neural substrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(SUPPL2), 10430–10437. <https://doi.org/10.1073/pnas.1301228110>
- Zeppegno, P., Krengli, M., Ferrante, D., Bagnati, M., Burgio, V., Farruggio, S., Rolla, R., Gramaglia, C., & Grossini, E. (2021). Psychotherapy with music intervention improves anxiety, depression and the redox status in breast cancer patients undergoing radiotherapy: A randomized controlled clinical trial. *Cancers*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/cancers13081752>
- Zhang, L., Peng, W., Chen, J., & Hu, L. (2015). Electrophysiological evidences demonstrating differences in brain functions between nonmusicians and musicians. *Scientific Reports*, 5(August), 1–14.  
<https://doi.org/10.1038/srep13796>
- Zotев, V., & Bodurka, J. (2020). Effects of simultaneous real-time fMRI and EEG neurofeedback in major depressive disorder evaluated with brain

electromagnetic tomography. *NeuroImage: Clinical*, 28.

<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102459>

Zotev, V., Yuan, H., Misaki, M., Phillips, R., Young, K. D., Feldner, M. T., &

Bodurka, J. (2016). Correlation between amygdala BOLD activity and frontal EEG asymmetry during real-time fMRI neurofeedback training in patients with depression. *NeuroImage: Clinical*, 11, 224–238.

<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.02.003>



Cuernavaca, Morelos a 15 de febrero 2024.

**Psic. Uriel Mendoza Acosta**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis *Procesamiento emocional ante estímulos música-color y su respuesta electrofisiológica en personas con depresión* que presenta la estudiante:

***Pablo Valdés Alemán***

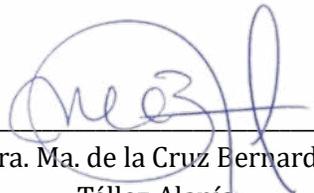
para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El proyecto de tesis se comenzó a ejecutar desde el primer semestre lo que permitió la realización de tres estudios que incluyen el análisis electroencefalográfico. Además, para el último experimento se trabajó en colaboración con el equipo de Salud Mental del CITPSI para el reclutamiento de las participantes. Por tanto, se trata de una tesis completa que incluye la planeación de varios estudios, su análisis e interpretación, pero también la integración de todos los resultados en una síntesis que aporta conocimientos sobre el efecto de estímulos musicales y de color en las emociones, y en específico en favorecer un estado positivo en personas que reportan síntomas depresivos. El maestrante resolvió todas las dudas planteadas teniendo como resultado una tesis completa y clara, con resultados relevantes y publicables.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente



Dra. Ma. de la Cruz Bernarda  
Téllez Alanís





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

MA DE LA CRUZ BERNARDA TELLEZ ALANIS | Fecha:2024-02-15 12:08:39 | Firmante

N/bGengOb73jJGyu1YVkgVTO7wNjWka5MrBp9UMrNBIAhreuYh5iLc0eE2A6oLz1Yn7eShszTnxnVrfrwbA8pH0sOacXtwtmrOlaG5n99L7PGGldEFmxKzxO7u/qHlnXaN78OGIqOjYICN3bmAulr8DWatqbOOmNcY/c4V3v0cy6qV0jEy2YJ476pl62YNbivQ3eAB93qixPkBNYIXiGXQ4b/z0vOqC+0bVjl+6T2mQxqHZQQqnk8K/6xD6yfnKv0eZ3vdjZlAXGhs4DELv wFV7a8A7EGYO5Esd7NRgHs8DI+u79G9z1bnx01jAC3SCsC/YoJMoyrcJNLE50dUwYOg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[HcXZDIAdK](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/cwuyMkB2yPSSwFxFZRO9MYDHH93Wrs450>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Centro de Investigación  
Transdisciplinar en Psicología

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN TRANSDISCIPLINAR EN PSICOLOGÍA

Cuernavaca, Morelos, 4 de febrero de 2024  
DP/01/2024

**PSIC. URIEL MENDOZA ACOSTA**  
**JEFE DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS,**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

### **P R E S E N T E**

Por este medio, le comunico que he leído la tesis **PROCESAMIENTO EMOCIONAL ANTE ESTÍMULOS MÚSICA-COLOR Y SU RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA EN PERSONAS CON DEPRESIÓN** que presenta el egresado:

**Pablo Valdés Alemán**

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El trabajo de tesis realizado por el alumno Pablo Valdés, fue evolucionando de manera sobresaliente a lo largo de su paso por la maestría. Destaco lo siguiente:

1. En el proceso el alumno profundizó sobre los conceptos y enfoques asociados al vínculo emocional que existe entre música y color, y sus posibles efectos terapéuticos.
2. En términos de diseño de investigación, Pablo llevó a cabo tres estudios, dos de ellos implicaron: aprender a hacer registros electroencefalográficos, conformar las muestras, seleccionar los estímulos, correr los estudios y analizar los datos obtenidos. Lo cual representa tanto en tiempo, como a nivel técnico y teórico, un reto mayor para una tesis de maestría.
3. Por otra parte, la conformación del documento involucró un diálogo interdisciplinar constante con bibliografía y métodos de diversos campos del conocimiento.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN TRANSDISCIPLINAR EN PSICOLOGÍA



Centro de Investigación  
Transdisciplinar en Psicología

4. Su tesis propone mejoras en los abordajes teórico-prácticos asociados al vínculo música-color y sus efectos terapéuticos, por lo que considero que contribuye a la construcción de conocimiento para las ciencias cognitivas.
5. Resalto además, los otros productos derivados de esta investigación: presentaciones académicas, la publicación de un artículo de divulgación, la elaboración de folletos con información de salud mental para las participantes y la publicación de un artículo indexado.
6. Finalmente, el alumno siempre se mostró receptivo a los comentarios realizados por el comité tutorial. A la vez que mantuvo una alta iniciativa académica.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente

***Por una humanidad culta***

**DRA. DIANA A. PLATAS NERI**

Profesor Investigador de Tiempo Completo, Titular "A"

C.i.p. - Archivo.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

DIANA ARMIDA PLATAS NERI | Fecha:2024-02-04 22:43:45 | Firmante

vf3DBCx+sZE2wIRJcYJ6GOixEFjLWkvo8Hgg8LwCij5BM30eRIGxUjMO2elxIk9wgA9vL9oBj6MtPvfAo5MfkVRRi/iRKfv95pUhgP8A7Ldls6HKIkBZX8Y0k5GeIVvrTpBo6bR+goKtpKeLNzoSnaHgRh31ca3iilHGTqCbXKIGrimGUD1QODLo8eVlhXcTrT5N/iKnBQsa7yUdDs+QkkPx/neavN6I7ur1g40i/Fcqqk91/row7LFcCSM40RFB81EdLBc4th6WJqbjPHjI4FQuDwTBz0k/jiDAV4QKfJRY6O3fhjiUwkrIcp1hkHhXrwCVM39/XDX0bunJ9h9yXw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[vD5GIHugN](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/rWMIRG9I3nvkQvS7dz4W8a1qBCLRehTn>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



Centro de Investigación  
Transdisciplinar en Psicología

CENTRO DE INVESTIGACIÓN TRANSDISCIPLINAR EN PSICOLOGÍA

Cuernavaca, Morelos, 12 de febrero de 2024.

**Asunto: Envío voto aprobatorio de tesis**

**Psic. Uriel Mendoza Acosta**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**PRESENTE**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **PROCESAMIENTO EMOCIONAL ANTE ESTÍMULOS MÚSICA-COLOR Y SU RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA EN PERSONAS CON DEPRESIÓN** que presenta el egresado:

**Pablo Valdés Alemán**

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

***El documento de tesis está bien redactado, integra la descripción detallada de 3 estudios secuenciales y complementarios con sus correspondientes métodos, resultados y discusión. La calidad del trabajo es sobresaliente con importantes aportaciones en el campo de la salud mental y una perspectiva transdisciplinaria del análisis del problema de estudio.***

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente

***Por una humanidad culta***

**DRA. BRUMA PALACIOS HERNÁNDEZ**

PITC del Centro de Investigación Transdisciplinar en Psicología  
No. Control 8813

C.c.p. Archivo.



**UAEM**  
RECTORÍA  
2023 - 2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**BRUMA PALACIOS HERNANDEZ | Fecha:2024-02-13 15:49:55 | Firmante**

Nvxzy92u7/iTP+P0zq+jg+XLtE7LMuq47iFgc7rO/D0J1NGrqrCeYyYInxBuNmcVr2lar37E2dGU6tyn90XVHpci+pj6SKvyejpmwe0sYZLfzBALoWkZftcEtyv4LV3MouRei61SXzpXucp0NKlky4mVG+cAinWCazxi0ApbJ7tiVTLnI1yuVW+Y8Kn2obzy/iUFqCERkEv3suL8tDtRM+xcpEsGoHBU/aj3SYC/TisYUMbgnNgoZS0tq4BP4f+VKt/IQb2cA4dgVACy+1+P1BiVUDc2zJAX5k4aWYMe1vnrRNwHJ3Ok8iL9xCmHf1wM4Ytj7pmDh+86jQKSu30+faA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[2WNfaBmVU](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/JTbYEnwWJl0OopbjPgUkMBqVUVqg11t>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Laboratorio de Epistemología y Filosofía de la Mente

Cuernavaca, Morelos, 15 de febrero de 2024

**Psic. Uriel Mendoza Acosta**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**PRESENTE**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **PROCESAMIENTO EMOCIONAL ANTE ESTÍMULOS MÚSICA-COLOR Y SU RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA EN PERSONAS CON DEPRESIÓN** que presenta el egresado:

**Pablo Valdés Alemán**

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El estudiante muestra un muy buen trabajo en su tesis. Su investigación tiene el objetivo de ayudar a personas con depresión. Para ello utiliza metodologías de distintas disciplinas, como la las neurociencias y la psicología cognitiva, lo cual lo hace una tesis interdisciplinar y muestra dominio en dichas metodologías. Llevó a cabo no sólo uno sino tres estudios diferentes, mostrando una gran capacidad para la investigación empírica. Finalmente, la tesis está mu bien escrita. Es fácil de leer, no hay información de sobra y todo está muy bien explicado.

Sin más por el momento, quedo de usted

Atentamente  
***Por una humanidad culta***

(E.FIRMA UAEM)

**DR. JORGE OSEGUERA GAMBA**  
Profesor Investigador de Tiempo Completo



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41,  
Tel. 777 329 70 00, Ext. 2240, 3753, 3762 / jorge.oseguera@uaem.mx

**UAEM**  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



## CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS COGNITIVAS

Laboratorio de Epistemología y Filosofía de la Mente



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Edificio 41,  
Tel. 777 329 70 00, Ext. 2240, 3753, 3762 / [jorge.oseguera@uaem.mx](mailto:jorge.oseguera@uaem.mx)

**UAEM**  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

JORGE PABLO OSEGUERA GAMBA | Fecha:2024-02-15 18:43:27 | Firmante

lpzfp1x4QyGFbnbXnAZOoeerMwgJBIw24Jak7Or32x8tuQTdOkrmshGjA9JYs9z5qiv7rchbUl1qZafpK77tN3iCPOtAD4zOi88wlTGndRTpjAT6OIEoY3XS+fJvv6SNhfqHv/bl+D4pwCfdflPnZQ/tqBNnzVdyBvIHjEE3lXqmtr0sgFfZE3lDZ9tnli3dQ63gcQRVXa8liM+CB+VbY13gBaxYEUBEBFToHsDnwZK9eGthdmm17OthsYk0UkwNR2h0xKoS07AHZRDfggC3ljlCykdbJzDHQ27v7RFs2L8LaJwVhn90U2u+P3xPK3Ay78Q10QZjPRrjAE9leLAejQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**Bz4KXF3pO**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/qG9YmCFVegGSwgarg1UMzNSFY531eG6>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029

Cuernavaca, Morelos a 13 de febrero de 2024.

**Psic. Uriel Mendoza Acosta**  
**Jefe de Investigación y Posgrado**  
**Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas**  
**Universidad Autónoma del Estado de Morelos**  
**PRESENTE**

Por medio de la presente le comunico que he leído la tesis **PROCESAMIENTO EMOCIONAL ANTE ESTÍMULOS MÚSICA-COLOR Y SU RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA EN PERSONAS CON DEPRESIÓN** que presenta el egresado:

**Pablo Valdés Alemán**

para obtener el grado de Maestro en Ciencias Cognitivas. Considero que dicha tesis está terminada por lo que doy mi **voto aprobatorio** para que se proceda a la defensa de la misma.

Baso mi decisión en lo siguiente:

El documento cubre las observaciones y sugerencias realizadas que cubre todos los aspectos de la investigación realizada para el nivel académico que demanda el programa.

Sin más por el momento, quedo de usted

A t e n t a m e n t e

(e.firma UAEM)

---

**Dra. Alma Janeth Moreno Aguirre**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

ALMA JANETH MORENO AGUIRRE | Fecha:2024-02-16 11:06:30 | Firmante

Q4LdjpOw/zPc1ciEi5sstucPCmPXbC6NZXDBmDK+T3183x+/HbzqMTJmYANpAGvK+1e4TyMxjBl3ovEb0/AOYkJoLrtvzoNQN2tztsTspil2f5rVzJQ5Mi9dWzuU3LnsGB0EKN9yzMMUDT9wpjGjVbWRnopXGxEIPZZPGgDTSPzgBL+maQ1CN4EZs6lXenlcTCcPudojbyK8Z1jgpMhpWgPLn0l47S2W/WRO6LD+C+w3WzcaaDNDLI0uPm1U847jS6MLNk+chTSatz5ZEyZe5a6ORIV1N8KwFFDxsW0Tu6RdfGKybdXc4Uf4rCzaLqjx76eN8ehCvrkQGhSCTJ9K7Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[npZay2ilc](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/2kaie8PhXBgJsXvxyDetizpQ0AcCq75x>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029