



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE PSICOLOGÍA

SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS
PRODUCIDAS POR PERCEPCIÓN DE ALEGRÍA
ANTE EL ARTE VISUAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

BRENDA DENISSE CORONA MÁRQUEZ

JURADO DE EXAMEN

Director: Dr. Francisco Fernández De Miguel

Asesora: Dra. Lilia Mestas Hernández

Asesor: Lic. Rubén Torres Agustín

Sinodal: Dr. Eduardo Alejandro Escotto Córdova

Sinodal: Mtro. Gabriel Martín Villeda Villafaña



MÉXICO, CDMX

JUNIO 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Fue posible hacer mi tesis gracias al Instituto de Fisiología Celular de la UNAM y los integrantes del Proyecto Arte y Cerebro.

Mi mayor agradecimiento es para la participante que decidió ser parte del experimento y aportar a la ciencia. Sin ti esta tesis no existiría.

También agradezco al Dr. Fernández de Miguel, por todo el apoyo, las enseñanzas y la paciencia. Gracias por permitirme ser parte del laboratorio y, al fin, acercarme un poco a la ciencia. Ser parte del equipo me permitió darme cuenta de que hacer ciencia no es fácil, pero vale la pena esperar por los resultados. Me llevo muchas enseñanzas de vida.

Al Mtro. Bruno Méndez por la amistad, las enseñanzas y los consejos.

Agradezco a mi jurado, son profesionales ejemplares que no solamente me dieron todo su apoyo para lograr presentar esta tesis, también me brindaron conocimiento a lo largo de mi trayectoria académica. Los admiro y espero algún día volver a coincidir con ustedes.

Dra. Lilia, muchas gracias por ser mi ejemplo a seguir, desde que la conocí supe que quería ser una persona ética y amar el conocimiento tanto como usted, la admiro y aprecio muchísimo. Mtro. Rubén, gracias por mantener mi amor por las Neurociencias con sus clases, su paciencia y su forma de resolver mis dudas. A ambos les agradezco mucho permitirme seguir aprendiendo de ustedes y ser parte del equipo de la semana del cerebro.

Lo que soy se lo debo a mi familia. Mamá, papá: lo logramos juntos. Gracias por esforzarse tanto para darme la oportunidad de estudiar. Juan y Lucho: Espero poder ver cómo ustedes también logran sus metas y deseo ser su mayor apoyo para ello.

Sin ustedes, su paciencia, apoyo y consejos hace mucho me habría rendido, son el pilar que sostiene mis más grandes sueños. Soy la más afortunada del mundo porque existen en mi vida, los amo.

Mi familia extensa también es un apoyo gigante para mí, son a quienes recurriría sin temor. Soy afortunada de tenerlos.

Rocy, te quiero mucho. Desde pequeñas íbamos por la vida juntas y hoy me siento muy dichosa de saber que ahora somos más cercanas y que seguiremos creciendo juntas.

Profesor Fernando: Este es mi primer paso, lo logré porque un día usted creyó en que yo era capaz de ser psicóloga y hacer ciencia. Me animó a lograrlo y me compartió artículos y libros. Gracias por mi guía y por darme el valor de intentarlo.

Dani, Gera, Flor, Antonio y Les: Hicieron más bonita mi estancia en el IFC, me encantó coincidir con ustedes.

Todos mis amigos dejaron una huella en mí, los amo y les agradezco ayudarme a ser quien soy.

Amigos CCh'ros, siguen siendo muy importantes para mí (Olivia, Fer, Ingrid, Erika).

Jesús, agradezco mucho a la vida porque te puso en mi camino. Diez años más tarde sigues siendo un gran apoyo para mí. Te amo mucho, gracias por ser mi mejor amigo.

Monse, eres una amiga inigualable, sin ti no habría logrado empezar el camino. Te amo.

Francisco, Kennia, Leti, Marco y Jaime, gracias por hacer bonita y llevadera mi estancia en la FES, todos me dejaron aprendizajes y experiencias que guardaré con mucho cariño.

Lu, Azul y Liz, he aprendido mucho de ustedes y deseo que sigamos siendo el apoyo de la otra durante muchos años más. Sé que lograrán cosas importantes y me encantaría ser parte de ello.

A la vida, que me ha dado tanto...

Índice

Listado de abreviaturas.....	1
Resumen.....	2
Introducción.....	3
Marco teórico.....	6
Capítulo I. Arte.....	6
Definición de Arte.....	6
Implicaciones Sociales del Arte.....	6
Expresiones Artísticas.....	7
El Arte y la Psicología.....	8
El Arte y las Neurociencias.....	10
Percepción del Arte Visual.....	11
Percepción de Distintos Estilos Pictóricos.....	14
Emociones Evocadas en la Apreciación del Arte Visual.....	15
Influencia de la Experiencia Individual en la Apreciación del Arte.....	16
Capítulo II. Técnicas de Estudio del Sistema Nervioso la apreciación del Arte.....	18
Resonancia Magnética (RM).....	18
Resonancia Magnética Funcional (RMf).....	19
Magnetoencefalografía (MEG).....	20
Tomografía por Emisión de Positrones (TEP).....	20
Electroencefalograma (EEG).....	21
Capítulo III. Electroencefalograma (EEG): Generalidades.....	23
Registro.....	24
Preparación.....	24
Electrodos.....	24
Arreglo de Electrodo: Sistema 10-20.....	24
Registros.....	28
Filtros.....	28
Artefactos.....	29
Consideraciones adicionales.....	30
Análisis del Registro de EEG.....	30
Frecuencias de Ondas.....	30
Ritmo Delta.....	30
Ritmo Theta.....	31
Ritmo Alfa.....	31
Ritmo Beta.....	31
Ritmo Gamma.....	32
Transformada de Fourier (TF).....	32
Transformada Discreta de Fourier (DFT).....	33
Transformada Rápida de Fourier (FFT).....	34

Aplicaciones en el Análisis de EEG.....	34
Singular Spectrum Analysis (SSA).....	35
Softwares utilizados para su aplicación.....	36
Etapas.....	36
Aplicaciones.....	37
SSA en el Estudio de Señales Biológicas.....	37
Planteamiento del Problema.....	38
Método.....	40
Objetivos.....	40
Descripción de variables.....	40
Diseño.....	40
Participantes.....	40
Instrumentos.....	41
Procedimiento.....	41
Resultados.....	46
Discusión.....	59
Conclusiones.....	64
Referencias.....	66
Anexos.....	80

Listado de abreviaturas

EEG: Electroencefalograma

FFT: Transformada Rápida de Fourier

SSA: Singular Spectrum Analysis

TF: Transformada de Fourier

Resumen

En la presente tesis se explican las respuestas electroencefalográficas en respuesta a percepciones de alegría en el arte visual. Se presenta el método que se llevó a cabo para el análisis del registro de EEG de una participante de 24 años que observó obras de arte. Por razones de validación únicamente se analizaron aquellas respuestas de alegría. Para el análisis se validaron los datos obtenidos mediante los softwares desarrollados por parte de los ingenieros Ángel Daniel García Ramírez y Gerardo Camacho de la O, del proyecto Arte y Cerebro del Instituto de Fisiología Celular. El procedimiento se basa en el *Singular Spectrum Analysis* (SSA), un método no paramétrico utilizado para el estudio de series temporales cortas y no estacionarias que se ha posicionado como una alternativa al uso de técnicas paramétricas. El análisis se completó con la técnica de Fourier para diferenciar las ondas Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma. Los resultados muestran una disminución en las ondas Delta y Theta en regiones prefrontales y de Theta en el electrodo central C3. También hubo un incremento en las ondas beta y gamma en electrodos prefrontales, así como una disminución de Beta en la zona parietal del electrodo P3. Además, hubo una disminución de la actividad Gamma en zonas frontales (F7 y F3). Estos resultados sugieren un incremento de la excitación asociada al incremento de placer, excitación emocional, esfuerzo mental, alegría e integración perceptual. Se concluye que el método y los resultados permitirán el análisis de los datos espaciotemporales de diferentes zonas registradas ante distintas tareas perceptuales.

Introducción

El arte es un conjunto de consecuencias estéticas utilizadas como una forma de expresión del pensamiento colectivo de una sociedad (Francastel, 1984, como se citó en Entenza, 2008; Tamayo, 2002, como se citó en Vilchez, et al., 2018). Su importancia radica en que ha permitido la comunicación a través del tiempo y el espacio porque mediante ella se transmiten valores y emociones (Massó, 2007).

El estudio del arte desde las neurociencias permite vislumbrar diversos aspectos del funcionamiento cerebral, no solo bajo la perspectiva de la percepción, sino también en cuanto a aspectos como el juicio estético y la plasticidad cerebral.

Si bien se acepta que, mediante el arte, el creador puede expresar sus emociones y que, en general, el arte genera respuestas emocionales asociadas al bienestar (Calderón et al., 2019), las investigaciones que vinculan el arte a las emociones se han enfocado en la influencia de las emociones en los juicios estéticos.

En el estudio de los mecanismos neuronales implicados en el arte se han utilizado diversas técnicas de exploración del Sistema Nervioso Central (SNC), como la Resonancia Magnética (RM), la Resonancia Magnética Funcional (RMf), la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) y la Magnetoencefalografía (MEG), gracias a las cuales ya se han identificado regiones cerebrales involucradas en la percepción de una obra de arte, o bien, cuando se realiza un juicio estético. Diversos estudios de aspectos asociados al arte utilizan estas técnicas. Por ejemplo, se han investigado las diferencias corticales entre participantes que tomaron un curso de dibujo y pintura y participantes que no asistieron a tal curso, encontrándose diferencias en volúmenes corticales atribuidas a la creatividad (Schlegel, et al., 2015).. Sin embargo, es importante destacar que las técnicas de neuroimagen presentan la desventaja de tener una mala resolución temporal, con lo cual, no proporcionan información acerca de lo que ocurre en la corteza cerebral en el momento en el que está sucediendo un fenómeno cognitivo (Díaz, 2008).

Otra técnica que se ha utiliza en el estudio del arte desde la perspectiva de las neurociencias es el Electroencefalograma (EEG), un método indoloro, no invasivo, económico y con excelente resolución temporal (Ramos et al., 2009; Petsche, et al., 1997). Gracias al uso del EEG se han planteado diversas conclusiones. Por ejemplo, se ha encontrado que en tareas de percepción de obras abstractas hay una supresión del ritmo Mu (8-14 Hz) (Umilta et al., 2012) y que en la percepción de obras de Franz Kline no solo hay

una participación de áreas motoras, sino también de áreas orbitofrontales y prefrontales (Sbriscia, et al., 2013).

Un problema en el uso del EEG radica en el análisis de los datos. Tradicionalmente, las metodologías utilizadas para el análisis de EEG han sido paramétricas, lo cual significa que se requiere que se cumplan determinados supuestos como la normalidad de los datos. Por ejemplo, se ha utilizado la Transformada de Fourier, que es un método para el análisis de señales estacionarias que se caracterizan por mantener una media y varianza constantes en el tiempo, asimismo, su frecuencia no varía en el tiempo. Este método no permite determinar en qué momento específico ocurre un cambio en la frecuencia. Por ello se ha planteado la necesidad de utilizar métodos alternativos que brinden una representación de la señal tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia (Baos, 2019; Rivera, 2016).

Ante estas problemáticas se han propuesto métodos de análisis alternativos, como el *Singular Spectrum Analysis* (SSA), el cual se ha mostrado eficaz en el análisis de series de tiempo en diversas disciplinas. Este método es además una opción frente al uso de metodologías clásicas de análisis que son deficientes para el estudio de series temporales cortas y no estacionarias. Sin embargo, no existen los softwares para su uso, y los que se han desarrollado son poco accesibles. Un ejemplo de ello son los softwares Caterpillar y SAS, que no son de libre acceso (Hassani & Mahmoudvand, 2018).

A pesar de que algunos estudios dejan entrever las ventajas del uso del SSA, son aún pocas las investigaciones en las cuales se utiliza como método predilecto. Principalmente se ha empleado para eliminar artefactos musculares (Akdemir et al., 2015; Aydın et al., 2011; Kumar & Veluvolu, 2021).

Un grupo de investigación que ha estudiado la percepción del arte es el liderado por el Dr. Francisco Fernández de Miguel¹, mediante el proyecto Arte y Cerebro del Instituto de Fisiología Celular. En el Museo Mural Diego Rivera durante la exposición “Imagografías de diversidad: el entre-medio de la cultura” se realizaron registros de EEG de 168 participantes. Los participantes vieron 26 imágenes, 15 de las cuales eran obras de arte y 11 eran cuadrados con pares de colores. Los participantes reportaron la emoción que experimentaron utilizando una escala Likert de cinco opciones (muy alegre, alegre, indiferente, triste, muy triste).

Para el análisis de los datos se colaboró con los ingenieros Ángel Daniel García Ramírez y Gerardo Camacho de la O² adscritos al proyecto en el desarrolló de softwares que permiten el análisis mediante SSA y, posteriormente, la TF.

¹ Instituto de Fisiología Celular, UNAM.

² Facultad de Ingeniería, UNAM.

La presente tesis tiene tres vertientes. La primera reporta los resultados de la validación de los softwares que se desarrollaron para el proyecto. En segundo lugar, se exploró el uso del SSA como método de análisis de los registros de EEG. Por último, se aportan datos empíricos acerca del vínculo entre la experiencia artística y las áreas cerebrales que correlacionaron con ella.

Por razones de validación, este texto muestra el análisis del registro de EEG de una sola participante. Se enfoca en aquellas imágenes calificadas como alegres. El análisis del EEG consistió en comparar las ondas Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma antes y después de la presentación del estímulo visual.

En un primer momento se presenta una breve reseña acerca de las bases teóricas del arte, es un pasaje acerca de su definición y su vínculo con disciplinas como las neurociencias y la psicología; posteriormente, se esbozan las técnicas de análisis que han permitido vislumbrar las bases neuroanatómicas y funcionales de la experiencia artística; en el siguiente apartado, se muestran los principios básicos del EEG, desde su definición hasta la descripción de las distintas ondas y los métodos de análisis.

En el capítulo siguiente se detallan los aspectos metodológicos del estudio, se presentan los resultados obtenidos y, por último, se brinda una discusión y conclusión de éstos.

Marco teórico

Capítulo I. Arte

Los pintores –para no hablar más que de ellos- que están muertos y enterrados hablan a una generación siguiente o a varias generaciones siguientes con sus obras.

¿Acaso esto es todo o aún hay más?

*En la vida del pintor quizá la muerte no es lo más difícil que le toca.
Yo declaro no saber nada, pero ver las estrellas siempre me hace soñar.*

Van Gogh

Definición de Arte

Existen diversas conceptualizaciones del arte, ya que se trata de un término que ha ido cambiando a lo largo del tiempo en las diversas sociedades. A grandes rasgos, clásicamente se ha concebido al arte como un sistema de reglas provenientes de la experiencia, pero pensadas lógicamente; asimismo, se le llegó a concebir como un hábito o virtud intelectual que se aprende mediante ejercitación, imitación y el estudio de la doctrina; por otro lado, una conceptualización contemporánea hace referencia a una actividad humana referente a sentimientos e imaginación (Restrepo. 2005).

Algunos autores también han brindado diversas definiciones acerca del arte, en este sentido, Francastel la considera como una actividad que expresa el pensamiento colectivo de cada sociedad, es decir, que refleja los gustos e ideas de una época en particular (Entenza, 2008). Por su parte, Tamayo (2002, como se citó en Vilchez, et al., 2018) define al arte como un conjunto de consecuencias estéticas utilizadas como una forma de expresión tanto de sentimientos, como de ideas y creencias.

Implicaciones Sociales del Arte

Sería un error concebir al arte únicamente desde una perspectiva teórica o técnica, ya que nace en una sociedad y época determinada. En este sentido, para Francastel (1984, como se citó en Entenza, 2008) el arte representaría una actividad que expresa de manera simbólica el pensamiento colectivo de cada sociedad y de cada generación inmersa en dicha sociedad. Así, el arte refleja el gusto y las ideas de la época en la que se gesta. Grüner (2001, como se citó en De Bueno & Parafioriti, 2012) plantea que el arte ha fungido como una memoria de la especie, ya que fija la conciencia a una estructura de reconocimientos tanto sociales, como culturales, institucionales e ideológicos.

El arte ha sido parte del transitar histórico del ser humano y ello se ha reflejado además en aspectos estéticos, los cuales han sido aportados por todas las culturas, aunque con

distintas manifestaciones, ya que en cada época se han privilegiado ciertos valores estéticos frente a otros (Longan, 2011). El arte ha de considerarse una lengua universal al haber permitido la comunicación entre los humanos a través del tiempo y del espacio, es decir, ha sido un medio de transmisión de valores y es la misma razón por la cual una obra de arte no tendría sentido si no comunica algo (Farga, 2012; Massó, 2007).

Si el arte representa una manifestación de la apreciación del mundo, de la expresión del pensamiento y del contexto en el que se gesta, entonces es válido decir que, mediante el arte, no solamente se retrata o representa la realidad, sino que es un vehículo a través del cual el hombre puede incidir en su realidad mediante su conocimiento, la creatividad, el lenguaje y símbolos (Entenza, 2008; Ramachandran & Hirstein, 1999; Ríos & Jiménez, 2015).

Debido a todas estas razones el estudio de las manifestaciones artísticas ha desentrañado tradiciones de determinadas culturas, ya que dan cuenta del desarrollo del intelecto humano, la evolución de las ideas, el razonamiento y percepción en la historia de la humanidad (Ríos & Jiménez, 2015).

Expresiones Artísticas

Las artes se clasifican con respecto a diversos criterios. Los clásicos las dividían con respecto a si requerían o no el trabajo del cuerpo. Bajo esta perspectiva se clasificaban en serviles o liberales, estas últimas se caracterizaban por ser dignas del hombre libre y por oponerse a las primeras; incluían a la gramática, la retórica, la lógica, la aritmética, la geometría, la astronomía, la música, la arquitectura y la medicina (Abbagnano 1974; Maritain, 1945, como se citaron en Restrepo, 2005).

Tradicionalmente, el arte se ha clasificado en bellas artes y en artes menores; las primeras incluyen a la música, la pintura, escultura, arquitectura y literatura; mientras que las artes menores o aplicadas engloban trabajos artesanales como grabado, orfebrería y bordado artístico (Tocavén, 1992).

Lausberg (1966, como se citó en Restrepo, 2005) propone clasificar al arte con respecto a la obra o al artista. Según la obra, las artes pueden clasificarse en artes poiéticas, artes prácticas y artes teóricas. Las artes poiéticas se caracterizan por permanecer a disposición para su uso y abuso, para su representación o ejecución, o bien, para su contemplación, por lo tanto, incluyen tanto objetos como zapatos y vestidos, como poemas, piezas musicales y pinturas. Las artes prácticas, por su parte, corresponden a las representativas, en las cuales una obra intemporal se transforma en una función momentánea,

como durante la recitación de una poesía. Las artes teóricas tienen por finalidad la contemplación de un objeto dado, e implican el conocimiento de su esencia o su valoración.

Con respecto al artista, las artes se clasifican de acuerdo con los intereses de quien la practica, estos intereses pueden ser lucrativos o corresponder a un fin espiritual o al bien común. Bajo esta lógica, existen oficios manuales, artes de exhibición, artes pueriles y artes liberales. Los oficios manuales incluyen actividades con fines lucrativos como la zapatería o el comercio; mientras que las artes de exhibición son menos comunes e incluyen actividades como la prestidigitación. Las artes pueriles son juegos con determinadas reglas que tienen por objetivo el pasatiempo y las artes liberales, al igual que las pueriles, son aquellas que se llevan a cabo sin fines lucrativos y se distinguen de las últimas por la búsqueda de un fin más elevado, como el conocimiento y el bien común (Lausberg, 1966, como se citó en Restrepo, 2005).

El Arte y la Psicología

La Psicología del Arte se encarga de estudiar los procesos psicológicos asociados a obras de arte, entre ellos, los concernientes a la percepción y a la creación artística. Estos estudios pueden aprovecharse en la disciplina de la Historia del Arte para ampliar la comprensión de las distintas dimensiones del arte (De La Cuetara, 2017). La psicología del arte tiene su foco de interés en tres elementos. En primer lugar, el sujeto creador; en segundo lugar, el objeto portador de un lenguaje singular y, por último, la experiencia estética (Álvarez & Rey, 2012).

En un sentido muy general, el arte se ha utilizado en la psicología como instrumento diagnóstico, terapéutico y modificador de la conducta (Sorin, 1988). La psicología del arte en su vínculo con otras disciplinas como la sociología, la psicofisiología y la semiótica, persigue delimitar su objeto de estudio en torno a seis perspectivas: en primer lugar la perceptual, ya que la obra de arte es percibida por los sentidos del espectador; en segundo lugar, la perspectiva semántica, que estudia la dimensión simbólica que aporta la obra; en tercer lugar, la perspectiva estética aporta el estudio acerca de cómo ocurre la transformación desde el significado del objeto estético hasta la emisión de un juicio de placer y de goce y el vínculo de la experiencia estética con el aprendizaje y el conocimiento; el cuarto lugar, desde la esfera social se busca comprender al arte a través de las relaciones socioculturales y las preferencias estéticas de una sociedad; en quinto lugar, la perspectiva clínica brinda un esbozo de los procesos de personalidad del creador y de algunos rasgos psicopatológicos del

artista o del espectador; la última perspectiva, la colectiva, representa el vínculo entre la estética y el contenido de la construcción social de la vida cotidiana (Porres, 2020).

Psicólogos como Vygotsky y Freud han planteado diversos acercamientos al entendimiento del arte desde la psicología. Así, algunas de las distintas perspectivas en psicología han brindado marcos explicativos ante la actividad artística.

Vygotsky en su escrito *Psicología del Arte* buscó posicionar a esta disciplina dentro de la psicología. Para ello, acotó sus fundamentos y expuso los principales problemas para definirla, todo ello bajo el argumento de que esta disciplina debería encargarse de develar los aspectos psicológicos implicados en la creación y percepción de procesos artísticos. Este autor dio principal interés a las emociones, la imaginación y la fantasía en el arte, así como a la dimensión social, el vínculo entre las emociones y la experiencia estética y, entre el arte y la educación. En esta última área, el arte es relevante porque se asocia directamente con el desarrollo mental y la evolución del individuo.

Para Vygotsky en el arte no solamente figura la habilidad técnica de crear, sino también la capacidad de expresar una determinada visión del mundo en relación con el contexto del creador, por ello, cualquier obra tiene un trasfondo cultural, personal y social (Pazos, 2014).

Por otro lado, desde la Psicología de la Gestalt se ha planteado que el arte corresponde a una elaboración de la realidad y experiencia individual del público. Bajo esta corriente, la producción artística no implica la imitación o reproducción de la realidad, sino una creación nueva que resulta equivalente a aquello representado. En un sentido más general y ya no limitado exclusivamente al terreno artístico, los teóricos de esta corriente han estudiado el fenómeno de la percepción bajo el argumento de que ésta determina la entrada de la información, ello implicaría que la percepción no está sometida a la información proveniente de los órganos sensoriales, más bien se encarga de regular y de modular la sensorialidad, su correcto funcionamiento depende entonces de otros procesos psicológicos como el aprendizaje y la memoria. Debido a estas características, cabe destacar que la percepción no corresponde a una mera reproducción del entorno, sino a una reconstrucción interna que se vale de asociaciones, integraciones y de la experiencia personal.

Los psicólogos de la Gestalt analizaron formas pictóricas abstractas con la finalidad de plantear principios básicos de la experiencia visual. Gracias a ello buscaron principios de organización perceptiva que explican el proceso de organización de los estímulos que realiza el cerebro (De La Cuetara, 2017). Estas leyes son la “ley de buena forma”, la “ley de figura y fondo”, la “ley del cierre”, la “ley del contraste”, “ley de la proximidad”, “ley de la

similaridad”, la “ley de la buena continuidad” y la “ley del movimiento” o “destino común” (López, 2016).

Desde la perspectiva del humanismo se ha argumentado que la creatividad es un “proceso comunicativo tendente al autodesarrollo en su interacción con el medio social” (González, 1983, p. 160). Maslow plantea que el arte es intrínseco al ser humano. Debido a ello, propuso un sistema educativo basado en el arte, ya que argumentaba que propiciaría procesos del desarrollo humano al contribuir a su crecimiento y a la adquisición de sabiduría (Aguilar, 2018). Además, bajo su concepción teórica dedujo que los individuos creativos tienen algunas características personales como la obstinación, la independencia, autosuficiencia, arrogancia, fuerza de carácter y ego (Chacón, 2005; Pérez, 2018).

Desde la corriente psicoanalítica, Freud buscó aplicar su método al estudio de algunas obras de arte bajo el argumento de que en ellas es posible vislumbrar rasgos psíquicos de los autores. Con respecto al espectador, concibió al arte como una vía para satisfacer impulsos sexuales o agresivos en el ámbito de la fantasía, por otro lado, desde la perspectiva del artista el proceso creativo daría lugar al fenómeno que denomina sublimación, gracias a la cual es posible desviar el deseo de satisfacción de los impulsos hacia fines socialmente aceptables (De La Cuetara, 2017).

Si bien se vislumbran algunas aportaciones desde las distintas corrientes en psicología, López (2009, como se citó en Bolívar et al., 2016) ha argumentado que, independientemente de la perspectiva, en psicología el arte no ha sido el centro de estudio, más bien se ha utilizado como una herramienta o técnica en psicoterapia.

El Arte y las Neurociencias

Para Fornazzari (2008, como se citó en Villanueva, 2018) el arte debe considerarse una función cognitiva con sus propias redes neuronales, que integra elementos tanto neurosociales como psicológicos. Las neurociencias han realizado diversos aportes al entendimiento del proceso artístico. Los estudios con técnicas de neuroimagen y EEG han dejado entrever áreas cerebrales asociadas al arte en distintas dimensiones. En el terreno teórico, Ramachandran y Hirstein (1999) han propuesto ocho leyes de la experiencia artística, en las cuales enmarcan los mecanismos neuronales asociados al arte mediante hallazgos empíricos que buscaban plantear universales artísticos.

Actualmente es sabido que existe una lateralización en la percepción, de tal forma que el hemisferio derecho se encuentra mayormente implicado en ello y en tareas visoespaciales asociadas a figuras geométricas y la apreciación de relaciones entre formas, distancia y

espacio; todos ellos procesos relevantes en la percepción artística (Herández, 1990, como se citó en Vilchez, et al., 2018).

Esta disciplina también ha dejado entrever que la experiencia artística involucra diversas funciones cognitivas tanto en el caso del espectador como del artista. La respuesta a cuáles procesos cognitivos en específico se encuentran inmiscuidos en el arte depende de aspectos como la expresión artística, la obra y la experiencia del observador. En general, la experiencia artística no se limita a procesos de percepción visual, sino que implica actividades cognitivas como atención, funciones ejecutivas, memoria, emociones y otras. Asimismo, a ella contribuyen la memoria autobiográfica y las emociones, impulsados por los elementos perceptuales que proporcionan significado a la obra de arte (Preminger, 2012).

Gracias al estudio de los procesos cognitivos vinculados a la percepción del arte, se han hecho algunos descubrimientos importantes. Uno de ellos es que la percepción de artes plásticas implica procesos visuales de bajo nivel, como la orientación y detección de bordes, pero también procesos de nivel superior como el reconocimiento de objetos y su distinción del fondo (Preminger, 2012).

Percepción del Arte Visual.

En el proceso de percepción visual de una obra de arte figura un primer procesamiento temprano asociado a la luminosidad y la organización geométrica del objeto; más tarde, ocurre un procesamiento visual intermedio en el cual comienza a esbozarse una imagen bidimensional con profundidad y contorno; luego, ocurre un procesamiento tardío en el cual se crea una representación en tres dimensiones del objeto. Gracias a estos eventos, se obtiene un reconocimiento de la imagen, apoyada por la comparación entre ella y su representación mental, que se encuentra albergada en la memoria (Araujo, 2000, como se citó en Vilchez, et al., 2018).

El procesamiento visual implica la participación de varios sistemas de procesamiento paralelos con múltiples etapas, cada una especializada en un atributo, como el color o el movimiento. Estas etapas involucran a la corteza prefrontal, asociada con la percepción de objetos de colores; un locus ubicado ventralmente se activa por objetos de colores “normales” mientras que uno ubicado dorsolateralmente se activa por objetos de colores “anormales” (Cela, et al., 2004).

De manera más específica y, con respecto a obras de arte, la sensación de familiaridad que en ocasiones experimenta el espectador puede explicarse debido a un mecanismo de comparación que ocurre en el procesamiento visual entre la imagen y la representación

mental de ésta; traducida en preferencias estéticas por parte del consumidor de la obra (Vilchez, et al., 2018).

Se han encontrado patrones corticales visuales al percibir elementos de la obra de arte como la posición y la variabilidad del centro de color, que corresponde a las regiones V4 y V4 α (Zeki, 2008 como se citó en Cela et al., 2004). Los artistas utilizan este sistema de percepción de formas y colores para promover una experiencia estética (Cela et al., 2004).

Con respecto a la percepción del color, tonalidades como rojo, naranja y amarillo, denominados colores “cálidos”, ocasionan efectos excitantes y estimulantes en el sistema nervioso. La contraparte, es decir, los colores “fríos” como azul, turquesa y verde, ocasionan efectos tranquilizantes y relajantes (Vilchez, et al., 2018).

La percepción de una obra de arte también se asocia con la generación de emociones. Se ha sugerido que las neuronas espejo son las responsables de la respuesta emocional que se ante la percepción y la apreciación del arte, ya que están implicadas en la comprensión y la imitación de la situación representada en el cuadro (Freedberg & Gallese, 2007, como se citaron en Ríos & Jiménez, 2015).

Ramachandran y Hirstein (1999) propusieron una lista de ocho leyes de la experiencia artística, que consisten en un conjunto de heurísticos que los artistas utilizan para estimular las áreas visuales del espectador. El primer principio es el efecto de cambio máximo, en el que el artista amplifica y exagera determinadas características que diferencian aquello que ha representado. Estas características pueden ser la forma, colores, atributos de textura, sombras, reflejos, iluminación o cualquier otro.

El principio de la agrupación se refiere al uso de la unión de características correlacionadas para crear objetos. Los autores sugieren que las áreas implicadas en estas agrupaciones se vinculan con áreas límbicas, es decir, se experimenta una sensación de recompensa asociada a la correlación de dichas características.

De acuerdo con la tercera ley, el arte es más atractivo si produce mayor actividad en una sola dimensión, es decir, resulta más atractivo que se aísle una sola modalidad visual, como la forma o la profundidad y luego ésta sea amplificada. Biológicamente, ello estaría relacionado con la asignación de recursos atencionales. Así, cuando el espectador se centra en una sola dimensión, dirige su atención de manera más efectiva hacia lo que el artista ha hecho. Con ello, se incrementa la activación límbica y se refuerzan las mejoras introducidas por el artista.

La cuarta ley es la del contraste. Éste es reforzante debido a que áreas del sistema visual responden a los bordes (cambios escalonados en la luminosidad), pero no a los valores

superficiales homogéneos. Los autores teorizan que esto puede deberse a la focalización de la atención.

Con respecto a la quinta ley, la simetría es atractiva debido a que puede funcionar como un sistema de alerta que llama la atención del observador y facilita el procesamiento posterior de lo que se percibe.

La sexta y séptima leyes se encuentran relacionadas. La sexta se asocia al punto de vista genérico -término adoptado por investigadores de IA- y a la lógica bayesiana. Enmarca que es menos atractiva una visualización de un único punto de vista, asimismo y, con respecto a la séptima ley y a la resolución de problemas perceptuales. Lo percibido será más atractivo si el mensaje no resulta obvio para el consumidor.

La última ley corresponde al uso de las metáforas. Estas evocan emociones antes de hacerse explícitas. Por tanto, son efectivas antes de que el espectador sea consciente de ellas.

El estudio de la percepción del arte ha mostrado hallazgos sustanciales, de hecho, en una investigación en la cual se analizaron diferencias entre estudiantes de Bellas Artes y estudiantes de Psicología en tareas de percepción artística, se concluyó que había una predominancia del hemisferio derecho en los estudiantes de arte al percibir obras artísticas. Por su parte, los estudiantes de Psicología exhibían predominancia del hemisferio izquierdo en la misma tarea. Estos hallazgos fueron interpretados bajo el argumento de que la predominancia del hemisferio izquierdo podría asociarse con un análisis crítico más profundo del contenido semántico de la obra (Hernández, 1990, como se citó en Vilchez, et al., 2018).

Diversos autores han comparado diferencias en la percepción en artistas y no artistas, por ejemplo, Bhattacharya y Petsche (2002) investigaron la percepción visual e imaginaria asociadas a pinturas en artistas y no artistas. En los artistas, encontraron una sincronía de fase significativamente mayor en ondas beta y gamma y una mejora en la sincronía de fase en ondas delta en la tarea de percepción de pinturas. Asimismo, hubo una disminución en la sincronía de fase de ondas alfa para ambas tareas. Además, encontraron mayor sincronía en el hemisferio derecho, con respecto al izquierdo. En los no artistas hubo mínima diferencia hemisférica para ambas tareas. Los autores concluyen con estos hallazgos que la formación artística puede verse reflejada en la cooperación dinámica entre áreas corticales distantes durante la ejecución del pensamiento visual.

Un estudio más utilizó EEG para investigar diferencias en la actividad cerebral entre creadores visuales y no artistas en una tarea de dibujo. Los resultados mostraron una disminución de las ondas alfa en el grupo de los artistas, con respecto a los no artistas. Los

autores atribuyeron estas diferencias a un refuerzo en el funcionamiento cognitivo (Kottlow, et al, 2011, como se citaron en Albusac, 2022).

Percepción de Distintos Estilos Pictóricos.

Se ha encontrado que el observador procesa de forma distinta cada estilo pictórico. En este sentido, Vilchez, et al. (2018) han argumentado que las obras de arte abstracto, a pesar de que parten de la percepción de un objeto del mundo exterior, forman una unidad estética coherente e independiente de su equivalencia objetiva. Por ello ocurre una proyección visual que atiende una forma de contemplar el mundo. El arte abstracto se caracteriza por su falta de contenido semántico significativo. En él no figuran ideas conceptuales, reflexiones estilísticas y variaciones. Por ello resulta más difícil que el espectador extraiga un significado (Leder, et al., 2016). Estas características del arte abstracto contrastan con el arte figurativo, que induce en el receptor un procesamiento semántico a nivel descriptivo, es decir, el espectador puede codificar el significado del contenido de aquello que ha visto con mayor facilidad (Vilchez, et al., 2018).

Locher (2003) investigó la capacidad de discriminación entre pinturas figurativas y abstractas en participantes sin formación en artes. Hallaron que, para la percepción de obras abstractas, hubo una mayor tasa de éxito si los participantes se centraban en el estilo y forma de composición. La tasa de éxito era mayor si se centraban en contenido y realismo en el caso de las obras figurativas.

Con respecto al arte abstracto, Sbriscia, et al. (2013) realizaron un estudio de EEG en el cual encontraron que la percepción de obras de arte de Franz Kline involucra áreas corticales premotoras y motoras, así como áreas orbitofrontales y prefrontales. Con ello comprobaron que hay una participación del sistema motor en la percepción de imágenes estáticas sin sentido, propias de esta clase de arte.

Autores como Brinkmann y Schepman (Brinkmann et al, 2014; Schepman et al, 2015, como se citaron en Leder, et al., 2016) han encontrado que, en la percepción del arte abstracto, la exploración visual es menos coherente y se realizan evaluaciones menos estéticas, a comparación de la percepción del arte figurativo. Este hecho se ha explicado bajo el argumento de que, en el arte figurativo se asigna un mayor significado y que, para las obras de arte abstractas, la apreciación puede estar influida por factores subjetivos derivados de la experiencia del espectador (Leder, et al., 2016).

Lindell y Mueller (2011) plantean que, debido a que es más difícil extraer el significado de una obra abstracta, hay un impacto negativo en las preferencias estéticas ya

que los circuitos neuronales que se activan al ver pinturas que se consideran hermosas coinciden con aquellos que se activan ante eventos emocionales y gratificantes; es decir, al percibir obras abstractas hay una menor activación en el sistema de recompensa del cerebro a comparación de obras figurativas. Como consecuencia, las obras abstractas resultan menos gratificantes.

Emociones Evocadas en la Apreciación del Arte Visual.

Desde el punto de vista del artista, el arte en cualquiera de sus manifestaciones da lugar no solamente a la expresión de sus representaciones mentales, sino que también implica situaciones, sentimientos y emociones (Ríos & Jiménez, 2015). Mediante el arte se transmite un significado que influye en el espectador porque aporta ideas, refleja realidades y crea fantasías, pero también provoca emociones y sentimientos (Farga, 2012).

Ivcevic et al. (2014, como se citaron en Lorenzo, 2022) afirman que, tanto la creación como la apreciación del arte, son procesos emocionales. En este sentido, el arte es un medio para emerger emociones que terminan por incidir en la creatividad. Es importante recalcar que las artes propician la expresión y la comunicación de emociones, pero ello no siempre significa que quien lo comunica sea consciente de ello (Lorenzo, 2022).

Calderón et al. (2019) estudiaron el vínculo entre el arte en general y las emociones. Concluyeron que las experiencias artísticas ocasionan más emociones de valencia positiva que negativa. Ello significa que las artes se asocian con el bienestar emocional, siendo la música la que ocasiona mayor entusiasmo, felicidad y relajación; mientras que el cine provoca mayor sorpresa, pasividad, aburrimiento y tristeza. Por su parte, la literatura produce mayor ansiedad. En cuanto a diferencias por sexo, estos autores encontraron que no había diferencias significativas entre hombres y mujeres, con lo cual concluyen que, a pesar de las diferencias neurológicas, los hombres y las mujeres perciben de manera similar las artes y las emociones que generan. Encontraron que, a mayor edad, menor emoción se suscitaba debido a las artes. Por último, analizaron el nivel de estudios de los participantes, encontrando que los individuos con un mayor nivel educativo otorgan mayor puntuación en entusiasmo, felicidad y pasividad ante experiencias artísticas. Con estos hallazgos concluyen que las personas con buena formación académica son más propensas a beneficiarse de las emociones positivas que provoca el arte.

De manera más específica y, con respecto al arte visual, Miu et al. (2016 como se citaron en Winner, 2019) presentaron a los participantes representaciones de nueve emociones y les solicitaron calificar con qué frecuencia las experimentaban en respuesta a la

pintura y a la música. Los participantes informaron sentirse maravillados con más frecuencia por las pinturas. Por otro lado, Gabrielson (2011, como se citó en Winner, 2019) ha encontrado que las personas suelen experimentar sorpresa ante obras de arte visual.

Dawson (2016) comparó la percepción a obras de arte representativo, arte abstracto y estímulos a los que denominó arte indeterminado. El arte representativo tuvo mayor efecto emocional en no artistas, mientras que el arte indeterminado ocasionó un mayor efecto emocional en artistas. El autor también encontró que, tanto mirar como contemplar arte (original o reproducido), incrementa la calma y la satisfacción. Además de disminuir el estado de alerta. Asimismo, puntualiza que, tanto la expectativa de mirar arte como el percibirlo, estimula el circuito de recompensa del cerebro. Concluye que la experiencia artística mejora el estado de ánimo positivo, el entusiasmo, mejora la concentración, el compromiso y la energía, además, incita sentimientos de calma y serenidad.

Con respecto al vínculo entre los juicios estéticos en el arte y la experiencia emocional, Eskine et al. (2012) han encontrado que experimentar miedo previo a la percepción del arte ocasiona juicios significativamente más positivos sobre el arte abstracto, a comparación de la felicidad.

Cheung, et al. (2019) compararon las respuestas emocionales a obras de arte y a estímulos comerciales en un estudio en el cual se utilizó el EEG. Para ello utilizaron 80 pinturas artísticas y 80 escaparates de colecciones de moda. Reportaron una asimetría de alfa frontal positiva cuando los participantes emitieron un juicio estético de las artes visuales. En el caso de los estímulos comerciales, ello solamente ocurrió cuando eran juzgados como bellos y se acompañó además de una asimetría alfa frontal negativa hacia los estímulos que se juzgaron como no bellos. Los autores concluyen que los participantes experimentaron respuestas emocionales más positivas a los estímulos de las pinturas, independientemente de su estética.

Influencia de la Experiencia Individual en la Apreciación del Arte.

La percepción artística también se encuentra influida por diversos factores. Algunos autores como Preminger (2012) han señalado que la exposición continua a artes plásticas y a la música influyen en la percepción y el sentido de la belleza. Asimismo, la individualidad y el gusto tienen gran importancia en los juicios estéticos del arte, de hecho, existen argumentos de que las experiencias estéticas no se rigen por reglas universales, sino que atienden a aspectos individuales (Leder et al., 2016).

Autores como Vessel y Rubin (2010, como se citaron en Leder et al., 2016) han argumentado que la apreciación de obras de arte abstractas puede estar influida por factores subjetivos internos que derivan de la experiencia personal del espectador.

Un claro ejemplo de la influencia de la individualidad en la experiencia estética es el estudio realizado por Furnham y Walker (2001), cuyo objetivo fue determinar cuáles variables de personalidad predicen mejor los juicios en pinturas abstractas, arte pop y obras figurativas. Los rasgos de búsqueda de emociones y aventuras se correlacionan positivamente con el gusto por el arte representativo. Sin embargo, los rasgos de desinhibición se asociaron con calificaciones positivas al arte abstracto y arte pop. Por otro lado, el neuroticismo se correlacionó positivamente con calificaciones positivas al arte abstracto y pop; pero la escrupulosidad se asoció con el gusto por el arte pop. La educación artística y la frecuencia de visitas a exposiciones de arte se relacionan con calificaciones positivas a pinturas abstractas y sólo una quinta parte de la varianza podría explicarse por variables demográficas y de personalidad.

Vessel et al., (2014) argumentan que las respuestas estéticas no se determinan por las características objetivas de la imagen, sino por factores internos modelados por la experiencia personal. Asociado a ello, realizaron una investigación cuyos estímulos visuales fueron rostros, paisajes, arquitectura y obras de arte. Encontraron un alto acuerdo en preferencias por imágenes de rostros y paisajes con respecto a obras de arte y arquitectura. Ellos concluyen que las preferencias por las categorías de paisajes y rostros tienen un significado evolutivo y dependen de información similar entre los individuos, en comparación con las categorías de arquitectura y obras de arte.

Capítulo II. Técnicas de Estudio del Sistema Nervioso la apreciación del Arte

He puesto mi corazón y mi alma en mi trabajo, y he perdido mi mente en el proceso

Van Gogh.

Para estudiar las regiones cerebrales asociadas a las prácticas artísticas, los investigadores se han valido de distintas metodologías de la neurociencia. Entre estas se encuentran la Magnetoencefalografía (MEG), el Electroencefalograma (EEG), la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) y la Resonancia Magnética (RM) tanto funcional como estructural.

Gracias a estas técnicas, sabemos qué áreas cerebrales se asocian a la apreciación estética de las artes visuales. Cabe destacar que, estas regiones también se encuentran implicadas en procesos de recompensa, planificación motora, procesamiento sensorial asociado a la atención y a juicios evaluativos de señales sociales y morales. Estas zonas incluyen la corteza orbitofrontal medial, la corteza frontomediana, la corteza prefrontal, la circunvolución del cíngulo posterior, el polo temporal izquierdo, la unión temporoparietal, la circunvolución angular izquierda, la circunvolución temporal superior izquierda y la amígdala. El uso de estas metodologías también ha permitido vislumbrar que los estímulos calificados como hermosos activan regiones de la corteza orbitofrontal, la amígdala derecha y la corteza visual secundaria. Además, hay una red neuronal formada por las áreas occipital medial, occipital lateral, el parietal posterior lateral, parietal medial, la zona frontal medial y el área prefrontal del hemisferio izquierdo. En ellas hay una mayor sincronización durante el juicio estético de estímulos puntuados como hermosos, en comparación con aquellos que no se perciben como tal (Cheung et al., 2016).

Resonancia Magnética (RM)

La RM es una técnica de obtención de imágenes con información morfológica y funcional, caracterizada por una alta resolución y detalle anatómico sin involucrar radiaciones ionizantes. Entre sus ventajas se encuentra la posibilidad de obtener cortes o planos en cualquier dirección espacial con alta resolución de contraste con respecto a otros métodos de imagen (Álvarez et al., 2012; Costa & Soria, 2021). Su principal desventaja es que requiere de largos tiempos de adquisición, ello incrementa la probabilidad de registrar artefactos musculares y de que el participante experimente claustrofobia (Han et al., 2022).

Jung et al. (2010, como se citaron en Ocampo, 2020) utilizaron esta técnica para vincular la dimensión cortical y la creatividad. Sus resultados indican un incremento en el

espesor de la sustancia gris en el giro del cíngulo posterior del hemisferio derecho y en el giro angular derecho cuando hay un mayor índice de creatividad y logro creativo. Además, encontraron una disminución de la amplitud cortical en zonas como el lóbulo frontal izquierdo, el giro lingual, el cúneo, el giro angular, el lobulillo parietal inferior y el giro fusiforme, que se asoció con el rendimiento creativo. De sus hallazgos concluyen que la disminución del grosor cortical en ciertas regiones frontales y posteriores se asocian con una mayor capacidad creativa.

Resonancia Magnética Funcional (RMf)

La Resonancia Magnética Funcional (RMf) es una técnica de neuroimagen que permite estudiar funciones cerebrales mediante la identificación de fenómenos del metabolismo y actividad neuronal (Labbé, et al., 2018). La principal desventaja de esta técnica es su limitada resolución espacial (Modroño, 2012). Ha permitido descubrir diversas regiones cerebrales relacionadas con emociones estéticas, incluidas el polo temporal, la corteza insular bilateral, la corteza orbitofrontal, el núcleo caudado y la corteza cingulada anterior. Asimismo, se ha encontrado una mayor actividad funcional en la amígdala derecha, estructura que procesa las respuestas emocionales de imágenes percibidas como hermosas (Cheung et al., 2019).

Boccia et al. (2015) utilizaron RMf para investigar la apreciación estética en una situación de ambigüedad perceptual en obras de Arcimboldo. La experiencia estética suscitó la activación de las áreas frontales bilaterales y la red occipito-temporal del procesamiento facial. Asimismo, en el juicio estético de retratos, hay una interacción de la corteza cingulada anterior y la corteza orbitofrontal con el área fusiforme. Además, durante la percepción de rostros ambiguos encontraron mayor activación de regiones asociadas al procesamiento de rostros y en el lóbulo parietal derecho. En cuanto a la relación con el sistema límbico, reportaron que la circunvolución fusiforme y la parahipocampal presentaron mayor activación ante estímulos artísticos ambiguos desagradables, aunque también se activaban más en los casos de imágenes agradables que no eran ambiguas. Siguiendo esta misma línea, las obras de arte ambiguas que provocan una experiencia estética negativa suscitan una mayor activación de áreas fusiformes, con respecto a obras de arte ambiguas que provocan una experiencia artística positiva.

Con respecto a aspectos creativos, la RMf se utilizó en un estudio para investigar la creatividad artística visual en estudiantes de dibujo y pintura en comparación con estudiantes sin formación artística (Schlegel, et al., 2015). En cuanto a la creatividad, hallaron que los

estudiantes de arte presentaron una reorganización de la sustancia blanca en regiones prefrontales. En cuanto a la capacidad perceptual, no encontraron diferencias entre los grupos.

Magnetoencefalografía (MEG)

La Magnetoencefalografía (MEG) es una técnica de neuroimagen funcional que se utiliza para describir los patrones espaciales y temporales de la actividad cerebral durante diversos procesos cognitivos (Maestu et al., 2005). A pesar de que cuenta con una resolución espacial parecida al EEG, tiene por desventaja ser más costosa y poco portable (Gómez, 2021).

Mediante el uso de esta técnica, Cela, et al (2004, como se citaron en Maestu et al., 2005) investigaron las diferencias en la activación de zonas cerebrales en una tarea de juicio estético de pinturas y fotografías de objetos. No se encontraron diferencias en áreas asociadas a la percepción visual del color, forma y movimiento, aunque sí hubo diferencias cuando los participantes juzgaban los estímulos como bellos en la región prefrontal dorsolateral izquierda, donde hubo un incremento del número de fuentes de la actividad magnética entre los 400 y 900 milisegundos posteriores a la presentación del estímulo.

Mudar et al. (2011) investigaron mediante esta técnica juicios estéticos para pinturas abstractas, realistas de los siglos XVII y XVIII, impresionistas, postimpresionistas y fotografías de paisajes, artefactos y escenas urbanas. El poder oscilatorio fue mayor para los estímulos que se evaluaron como hermosos en theta, alfa, beta y gamma.

Tomografía por Emisión de Positrones (TEP)

La Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) es una técnica de imagen no invasiva que emplea radiofármacos para la obtención de imágenes de determinados procesos biológicos y bioquímicos y para la medición de la actividad metabólica celular a lo largo del tiempo (Borrajo & Cabrero, 2010). Tiene la desventaja de presentar una menor resolución espacial respecto a la RMf, con lo cual brinda localizaciones menos precisas (Vendrell et al., 1995).

Utilizando esta técnica en una actividad creativa, Brown et al. (2011) encontraron un incremento del flujo sanguíneo y sincronía de zonas frontales durante la actividad. En otro estudio en el cual se investigó la percepción musical se encontró activación en la circunvolución del cíngulo subcallosa, el cíngulo anterior prefrontal, la corteza retrosplenial,

el hipocampo, la ínsula anterior y el núcleo accumbens al escuchar pasivamente música instrumental (Brown et al., 2011).

Electroencefalograma (EEG)

El electroencefalograma permite registrar la actividad cerebral mediante el uso de electrodos no invasivos colocados, por lo general, en el cuero cabelludo (Siddharth, 2019).

Hagerhall (2008) utilizó EEG para investigar las respuestas de los participantes a estímulos fractales. Encontró que los patrones con una dimensión fractal de 1.3 ocasionan una respuesta de ondas alfa en zonas frontales y una mayor respuesta de ondas beta en zonas parietales. Concluye que los fractales que activan en mayor medida las zonas parietales son más eficientes para mantener la atención.

Umilta et al. (2012) estudiaron la activación motora cortical ante obras abstractas de Lucio Fontana. Encontraron una supresión del ritmo Mu (8-14 Hz) cuando los participantes observaron obras de arte originales, a comparación de versiones gráficamente modificadas de las mismas; esta supresión del ritmo Mu no se afectó por la exposición previa a los estímulos. Los autores concluyen una participación del sistema motor cortical en la percepción de obras de arte abstractas.

Husselman (2020) utilizó el EEG para investigar las respuestas de los participantes ante la percepción del *graffiti*. Encontró que las obras de las cuales era fácil extraer el significado (condición de alta fluidez) evocan estados afectivos positivos que influyen en el gusto estético. Describe un incremento de la frecuencia alfa en los electrodos de zonas temporales (T3 y T6) durante la visualización de estímulos de Alta Complejidad y Alta Fluidez, hallazgos asociados a la atención durante la percepción visual y la identificación de objetos, así como al procesamiento y la comprensión del significado de las imágenes. En el electrodo de la zona temporal, T5 encontró mayor actividad ante estímulos de Baja Complejidad y Baja Fluidez, la autora asocia la actividad de T5 a un procesamiento en el cual la información visual se sitúa en categorías semánticas. Al explorar diferencias en la actividad en un periodo corto y otro largo de percepción, aumentó la potencia de alfa en los electrodos de zonas occipitales O1 y O2 durante la visualización de estímulos de alta complejidad y alta fluidez, lo cual se atribuye a que los participantes debían atender a más información durante periodos más prolongados.

El uso del EEG también ha mostrado Potenciales Relacionados a Eventos (ERP) durante la experiencia artística. Pang et al. (2013) investigaron la percepción visual de pinturas en sujetos con distintos grados de experiencia artística. Encontraron ERPs

posteriores bilaterales más grandes en el hemisferio derecho. Concluyeron que la experiencia artística se correlaciona negativamente con la amplitud del ERP tanto ante las pinturas como ante los estímulos control. Además, proponen que la experiencia artística refleja una mayor eficiencia neuronal en la percepción del arte visual. Es decir, una agudización de las respuestas neuronales en las redes implicadas en el procesamiento cognitivo de una tarea.

Diversos estudios se han enfocado en las distintas ondas cerebrales asociadas a la experiencia emocional. Por ejemplo, Aftanas et al. (2001) analizaron cambios en la onda theta en respuesta a imágenes del *International Affective Picture System (IAPS)*. Encontraron que los estímulos con valencia afectiva ocasionaron una mayor sincronización de la onda theta en regiones posteriores. El mismo grupo de investigación reportó más tarde que los estímulos emocionales de moderado y alto contenido de excitación produjeron mayor sincronización en ondas alfa occipitales. Además, estos últimos estímulos incrementan la potencia de alfa en zonas anteriores del hemisferio izquierdo (Aftanas et al., 2002).

Costa et al. (2006) estudiaron la sincronización de fase para estudiar la respuesta emocional a estímulos filmicos, encontrando que la tristeza se correlacionó con una mayor sincronización de las ondas alfa en zonas frontales izquierdas y una mayor sincronización en el hemisferio derecho. También encontraron mayor sincronización de ondas theta durante la tristeza en zonas frontales izquierdas. Además, en la felicidad hubo mayor interacción entre las zonas frontales y occipitales, que no ocurrió en la tristeza.

Capítulo III. Electroencefalograma (EEG): Generalidades

La normalidad es un camino pavimentado: es cómodo para caminar, pero nunca crecerán flores en él.

Van Gogh.

La Electroencefalografía es una técnica de exploración del sistema nervioso central y corresponde a un registro y evaluación de los potenciales eléctricos producidos por el cerebro mediante el uso de electrodos (Barea, s.f.; Ramos, et al., 2009). El Electroencefalograma (EEG) es el registro gráfico de los cambios temporales de los potenciales eléctricos. Un EEG se realiza utilizando un aparato denominado electroencefalógrafo (Marosi, 2008; Martínez & Trout, 2006).

Los registros de EEG proporcionan información útil para apoyar diagnósticos de trastornos como la enfermedad de Alzheimer, la epilepsia, el Trastorno del Espectro Autista (TEA) y el Trastorno del Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). También permite conocer la profundidad de la anestesia y daños por alcoholismo. Suele preferirse el EEG para la localización de áreas cerebrales afectadas, debido a su buena resolución temporal y a que su uso es económico; además, un EEG estándar, es decir, con electrodos situados en el cuero cabelludo, es indoloro y no invasivo (Ramos et al., 2009; Siddharth, et al., 2019).

El EEG permite realizar diseños experimentales de larga duración para el estudio de procesos psicológicos complejos, a comparación de otros métodos como el estudio de los Potenciales Relacionados a Eventos (ERP) con los cuales solo pueden estudiarse eventos cognitivos breves (Petsche, et al., 1997). No obstante, el EEG tiene por principal desventaja su baja resolución espacial (Srinivasan, 1999, como se citó en Bueno, 2019).

El EEG proporciona los campos eléctricos cerebrales con sus características de topografía, polaridad y variación espaciotemporal. Ello se logra mediante la amplificación de la diferencia de potencial entre los electrodos receptores de la señal (Ramos et al., 2009).

La señal registrada contiene la actividad eléctrica de múltiples neuronas con una mínima contribución de células gliales. Esta actividad eléctrica puede provenir de potenciales de acción o potenciales postsinápticos. Los potenciales de acción son picos de voltaje que inducen una corriente local, mientras que los potenciales postsinápticos son voltajes provenientes de la unión de los neurotransmisores a los receptores de membrana de la neurona postsináptica. Su duración es más larga que la de los potenciales de acción. Los potenciales postsinápticos son los principales contribuyentes del EEG (Hu & Zhang, 2019; Mulet & LeMieux, 2010).

Registro

Preparación.

Para el registro se requiere que el pelo del individuo a quien se le realizará el procedimiento se encuentre limpio y sin aceite, fijador o gel para peinarse. El cuero cabelludo se debe limpiar con alcohol o acetona y un algodón, cuadritos de gasa o papel (Marosi, 2008).

Electrodos

Los electrodos son piezas de metal que se colocan en el cuero cabelludo. Para favorecer la conducción de impulsos se utiliza solución salina, electrolito o una pasta conductora. Los electrodos de oro, estaño, plata clorada y de acero inoxidable resultan de elección debido a que son buenos conductores y poco propensos a distorsionar la señal. Todos los electrodos utilizados deben ser del mismo material para evitar generar diferencias de potencial entre ellos.

Para fijar los electrodos, deben considerarse las condiciones y el tiempo de registro. Se recomienda el uso de colodión o parafina si el registro será nocturno, o el uso de bentonita si se utilizan electrodos de copita y disco. Los electrodos deben estar limpios, los cables no deben presentar daños y deben tener una longitud uniforme (Marosi, 2008).

Cuando los electrodos no se están utilizando deben depositarse en agua o en una solución salina fisiológica. Para la aplicación la parte activa del electrodo debe estar siempre limpia y seca (Simon, 1983).

Arreglo de Electrodos: Sistema 10-20

Por cuestiones de estandarización, los electrodos comúnmente se colocan con respecto al sistema internacional 10-20, con una derivación o canal de registro que mide la diferencia entre el electrodo activo y el de referencia (Ramos et al., 2009). El sistema 10-20 se basa en puntos de referencia anatómicos para minimizar variaciones en las posiciones de electrodos. Además, permite mayor uniformidad de correspondencia entre el electrodo y la estructura cerebral de la que se trate (Stern, 2013). Para algunos propósitos se utilizan arreglos de hasta 120 electrodos.

El sistema 10-20 utiliza una nomenclatura que indica las ubicaciones de los electrodos. Esta nomenclatura se compone por una letra que indica la región de la cabeza y un sufijo numérico que indica la lateralidad de la región. Así, se utiliza la letra F para indicar zonas frontales, C para regiones centrales, P para zonas parietales, T para las temporales, O para regiones Occipitales, Z para indicar la línea media sagital, p para el polo frontal y A para

las orejas (a las que se conectan las referencias). Los números impares indican el hemisferio izquierdo y los números pares la contraparte derecha. Los números mayores indican una distancia mayor desde la línea media sagital (Stern, 2013). Por ejemplo, O1 indicaría el electrodo correspondiente a la zona occipital del lado izquierdo.

Los puntos anatómicos de referencia son el nasión, es decir el punto ubicado en la base de la nariz sobre la sutura frontonasal; el inión o punto que se encuentra en la zona posterior de la cabeza, que se corresponde con la protuberancia occipital y los dos puntos preauriculares que corresponden con el comienzo del hueso cigomático (Simon, 1983).

El uso del sistema 10-20 tiene entre sus ventajas el que abarca toda la corteza, por lo cual se asegura una exploración completa. Se puede realizar una comparación entre hemisferios debido a la distribución simétrica de los electrodos. Dado que se utilizan distancias proporcionales entre los electrodos, la región de registro de cada uno es del mismo tamaño. Al ser un sistema estandarizado, se asegura un correlato anatómico fijo para cada electrodo y de un individuo a otro, gracias al uso de porcentajes en lugar de distancias absolutas (Marosi, 2008).

Los electrodos pueden colocarse uno a uno haciendo uso de una cinta métrica, o bien, pueden montarse en gorras. En caso de que se coloquen individualmente, deben tomarse las medidas longitudinales del nasión al inión y transversales entre las arrugas donde se originan los pabellones auriculares y de la circunferencia de la cabeza. A partir de estas medidas se calcularán los porcentajes. El primer electrodo debe quedar separado del nasión por una distancia correspondiente al 10% del total. El último electrodo debe separarse del inión también por un 10% del área. En esa misma línea hay tres electrodos separados entre sí y del primer electrodo por distancias equivalentes al 20% del total. Para colocar los electrodos sobre la línea de unión entre el nasión, los puntos preauriculares y el inión, se debe partir del nasión y del inión a la derecha o a la izquierda (Marosi, 2008; Simon, 1983). Para consultar el arreglo de electrodos Ver Figura 1.

Comenzando desde nasión en un sentido longitudinal, los electrodos se distribuyen de la siguiente forma:

Electrodo 1: 10% de la medida total (Fpz)

Electrodo 2: 20% (frontal, Fz)

Electrodo 3: 20% (central Cz)

Electrodo 4: 20% (parietal (Pz)

Electrodo 5: 20% occipital (Oz)

De esta medida resta el 10% hasta llegar al inión.

Utilizando la medida transversal y, si se comienza desde el lado izquierdo, los electrodos se distribuyen de la siguiente forma:

Electrodo 1: 10% de la medida transversal total (temporal, T3)

Electrodo 2: 20% (central izquierdo C3)

Electrodo 3: 20% (centrocefálico o vértex Cz)

Electrodo 4: 20% (central derecho C4)

Electrodo 5: 20% (temporal derecho T4)

De esta medida resta el 10% hasta llegar a la oreja derecha.

Partiendo de la medida de la circunferencia desde el nasión a la izquierda, los electrodos se posicionan así:

Electrodo 1: 5% de la medida de la circunferencia total (frontopolar izquierdo Fp1)

Electrodo 2: 10% (frontotemporal izquierdo F7)

Electrodo 3: 10% (temporal izquierdo T3)

Electrodo 4: 10% (temporal posterior izquierdo T5)

Electrodo 5: 10% (occipital izquierdo O1)

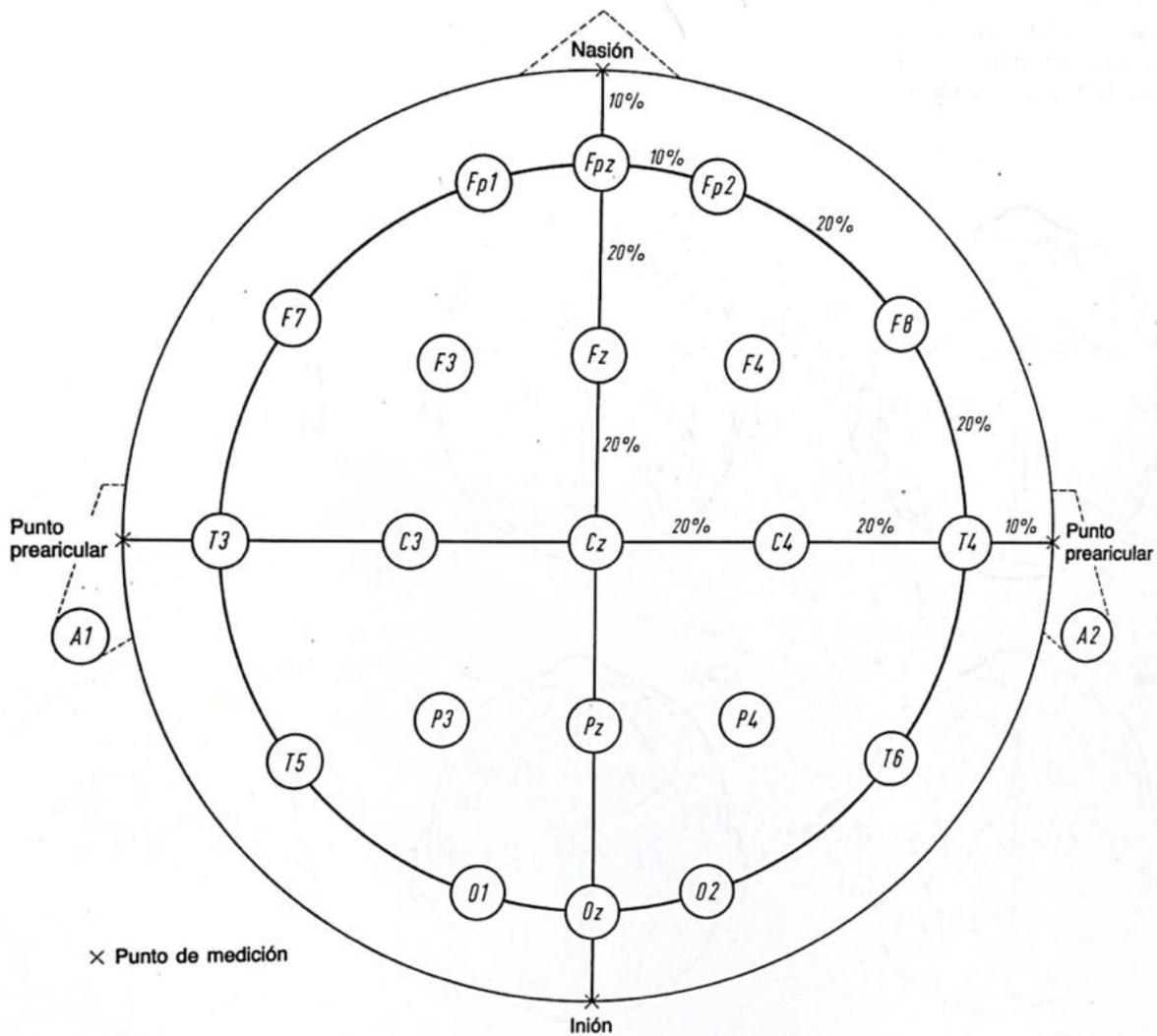
Electrodo 6: 10% (occipital derecho O2)

Una vez posicionados estos electrodos, resta un 5% hasta el nasión, considerando una distancia entre Fp1 y Fp2 del 10%.

Posteriormente y, respetando las medidas longitudinal y transversal, se deben colocar los electrodos F3, F4, P3 y P4. Se recomienda comenzar la colocación de los electrodos por los de la línea media, es decir, desde Cz hasta Pz, después, posicionar los electrodos de la circunferencia y por último, se debe colocar un electrodo de tierra (Marosi, 2008).

Figura 1

Distribución de los electrodos de acuerdo con el sistema 10-20



Nota: Orden de Electrodos según el sistema 10-20. [Figura], por Simon, 1983.

Las gorras con tiras elásticas permiten el ajuste de las tiras al tamaño de la cabeza del individuo para posicionar los electrodos. Estas gorras tienen por desventaja la falta de precisión, porque los electrodos no siempre se ubican en el lugar preciso. Pueden llegar a ser incómodas. Además, si las tiras están flojas, los electrodos no tendrían buen contacto. Debido a que los electrodos son grandes, no permiten que la persona pueda descansar cómodamente la cabeza (Marosi, 2008).

Las gorras con ligas de látex provistas de electrodos se fijan en la frente y el mentón. La pasta electrolítica se aplica con una jeringa en cada electrodo y con la punta roma de ésta se separa el pelo. Para registros con muchos canales como los de 128, debe inyectarse la

cantidad adecuada de pasta, de lo contrario, se conectarían dos o más posiciones y varios electrodos se comportan como uno (Marosi, 2008).

Registros.

Dependiendo del arreglo de electrodos, se pueden realizar distintos tipos de registros, como los bipolares, los de referencia común y los de referencia promedio. Cada derivación o canal de registro mide la diferencia de voltaje entre el electrodo activo y el electrodo de referencia (Ramos et al., 2009).

El registro con una referencia común, llamado registro unipolar o monopolar registra la diferencia de potencial entre un electrodo activo fijado a la cabeza y uno de referencia relativamente inactivo en el lóbulo de la oreja, la nariz, el mentón o la mastoides.

Los registros bipolares registran en un canal las diferencias de potencial entre dos electrodos activos ubicados en la superficie de la cabeza.

El registro con una referencia promedio es aquel en el que se conectan todos los electrodos con iguales resistencias a una referencia común que corresponde al potencial promedio de todos los electrodos de la cabeza (Simon, 1983).

No hay un punto de referencia con actividad cero, pero es posible calcular el valor de referencia promedio y a este valor restar la actividad de cada electrodo para eliminar la actividad común a todos los electrodos que se origina en la referencia (Marosi, 2008).

Filtros.

La señal registrada corresponde al voltaje cerebral que cambia en amplitud, frecuencia y fase, entre los 10 y 200 microvoltios, por lo cual debe amplificarse, sin embargo, ello debe realizarse de manera selectiva, es decir, se mantienen algunas porciones de la señal y otras se filtran (Simon, 1983).

Un filtro paso-bajo atenúa las frecuencias por encima de una frecuencia dada; un filtro paso-alto atenúa las frecuencias por debajo de un valor determinado. Por último, un filtro rechazo-banda es aquel en el cual se atenúan todas las frecuencias que se encuentren entre dos valores dados (Carrillo, 2003).

Los filtros pueden utilizarse además para clasificar las ondas cerebrales delta (1-3.5 Hz), theta (4-7.5 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13.5-30 Hz) y gamma (31-100 Hz) de acuerdo con sus respectivos rangos de frecuencia (Guevara, 2010; Luna, 2021).

Artefactos.

Debido a que el registro de EEG es susceptible a variaciones de potencial del exterior, es común ver en el trazado diversos artefactos. Un artefacto puede provenir de la persona, influjos eléctricos externos o bien del sistema de registro (Marosi, 2008; Simon, 1983).

De acuerdo con Simon (1983) los artefactos pueden clasificarse en biológicos, originados en el aparato, influencias externas y electrodos y conexiones de acuerdo con la fuente de donde se originan:

1. Artefactos biológicos:
 - a. Parpadeo
 - b. Actividad muscular al tragar
 - c. Sudoración
 - d. Movimientos de las piernas
 - e. Marcapaso cardíaco
 - f. Temblor
2. Artefactos originados en el aparato
 - a. Artefacto de corriente alterna por fallo de la conexión a tierra
 - b. Defectuosa alineación de la línea base
3. Influencias externas
 - a. Movimientos en la habitación
 - b. Pasos en la habitación
 - c. Movimiento de una regla de material plástico en las cercanías del aparato del EEG
4. Electrodos y conexiones
 - a. Artefactos del cable
 - b. Electrodo común movedizo en un registro bipolar
 - c. Ruido de fondo debido a un defectuoso contacto del electrodo
 - d. Interconexión entre dos electrodos.

Como puede vislumbrarse, un buen control experimental contribuye a evitar un gran número de artefactos, de ahí la importancia de lograr un buen aislamiento de la habitación en donde se realizan los registros, así como poseer conexiones a tierra (Simon, 1983).

Consideraciones adicionales.

Marosi, (2008) enmarca una serie de consideraciones que favorecen un buen registro. Debe buscarse que la impedancia de los electrodos se mantenga entre 1 y 5 kOhmios, además, los electrodos han de estar debidamente clorurados cuando son de plata.

Por otro lado, debe procurarse lograr resistencias iguales entre los electrodos de entrada, para ello, los cables tienen que ser del mismo largo, los electrodos deberían estar adecuadamente colocados y el cuero cabelludo correctamente preparado.

El reporte de investigación debe especificar la posición de los electrodos con relación al sistema 10-20, hacer un trazo de la calibración y especificar los montajes utilizados.

Análisis del Registro de EEG

En el EEG se registran ondas positivas y negativas. Por convención las ondas positivas tienden hacia abajo y las ondas negativas son aquellas con tendencia hacia arriba (Stern, 2013).

Un EEG puede analizarse con respecto a sus frecuencias, estas corresponden al número de oscilaciones por segundo y se expresa en Hertzios (Hz). Vale la pena precisar que las señales de EEG no son de tipo estacionarias, ya que tienen frecuencias variables en el tiempo (Boashash, 2003, como se citó en Torres, 2016; Simon, 1983).

Frecuencias de Ondas.

Se han designado cinco bandas que abarcan el espectro de la señal y son las ondas delta, theta, alfa, beta y gamma (Marosi, 2008).

Ritmo Delta.

Las ondas Delta tienen una frecuencia de 1 a 3.5 Hz y amplitudes de entre 100 y 200 μ V. Se caracterizan por encontrarse en la última fase de sueño de ondas lentas. Aunque son escasas en estado de vigilia, se han visualizado en condiciones de meditación, yoga y en actividades que requieran de concentración, es decir, en tareas en las cuales el individuo debe inhibir estímulos externos irrelevantes (Guevara et al., 2010).

En conjunción con las ondas theta, se le ha atribuido un papel en el procesamiento emocional (Wang et al., 2017). En zonas frontales junto con oscilaciones alfa en áreas parietooccipitales, están implicadas en la percepción visual y la integración de la experiencia sensorial (Helfrich et al., 2017).

Ritmo Theta.

El ritmo Theta fluctúa entre 4 y 7.5 ciclos por segundo con una amplitud de 70 μ V. No es un ritmo frecuente en estado de vigilia de adultos, aunque puede aparecer en situaciones de estrés o meditación y yoga. También se le visualiza en las primeras fases del sueño de ondas lentas (Guevara et al., 2010).

Diversas investigaciones muestran que está implicado en el procesamiento de tareas y frustración (Marosi, 2008). Su actividad también se relaciona con la mediación del acceso a la memoria a largo plazo (Bhattacharya, 2009).

Junto con las ondas gamma, se asocia al procesamiento facial emocional en regiones del lado derecho del cerebro (Wang et al., 2017).

Ritmo Alfa.

Las ondas Alfa presentan una frecuencia de entre 8 y 13 ciclos por segundo (Hz) con una amplitud de 50 μ V. Este ritmo se presenta en zonas parietales, frontales y occipitales, con mayor amplitud en regiones occipitales. Desaparece en las últimas fases de sueño de ondas lentas y se reduce o incluso se bloquea si el sujeto enfoca su atención en una determinada actividad o cuando abre los ojos mientras se encuentra en estado de reposo. Asimismo, Fernández, 1996, como se citó en Guevara, 2010) reportó que, en condición de concentración profunda, hay un reemplazo de estas por ondas delta (Guevara, 2010).

Otros autores han argumentado que se relaciona con el control automatizado de movimientos previamente establecidos (Poikonen et al., 2018), la relajación o reposo (Marosi, 2008) y el rendimiento perceptual en el dominio visual (Zazio et al., 2020). Hay una modificación en su actividad durante el procesamiento atencional y multimodal (Poikonen et al., 2018).

Ritmo Beta.

Las ondas beta tienen una frecuencia de entre 13.5 y 30 Hz con una amplitud aproximada de 20-30 μ V. Frecuentemente se registran en zonas frontales y en sujetos tensos o en estado de vigilia (Guevara, 2010). Su actividad refleja el control de movimientos complejos (Poikonen et al., 2018), el estado de alerta y la activación cognitiva o emocional (Marosi, 2008). Diversas investigaciones han mostrado que su actividad se intensifica durante el cálculo mental, expectativa y, en general, al experimentar tensión (Freeman & Quian, 2013).

Se ha encontrado que es más fácil la iniciación del movimiento cuando se suprime la sincronía de estas ondas. Asimismo, su actividad se suprime en la corteza auditiva al oír un ritmo musical sin que se acompañe de alguna tarea motora (Poikonen et al., 2018).

Ritmo Gamma.

El ritmo Gamma se encuentra entre los 31 y 100 Hz, se caracteriza por una frecuencia de 40 Hz y amplitud promedio de entre 10 y 20 V, suele aparecer principalmente en zonas frontocentrales y se la asocia a pensamientos abstractos que involucran un alto nivel de procesamiento de información (Guevara, 2010).

Se ha estudiado la correlación entre la actividad de estas ondas y procesos sensoriales y cognitivos, particularmente con la percepción visual, auditiva, somática y olfativa y con la atención (Freeman & Quian, 2013); así como en la agrupación y la conciencia visual (Tallon, 2009).

Se argumenta que favorece la transmisión selectiva de información sincronizada (Tallon, 2009). De manera más específica, se ha planteado su participación en la atención y memoria durante procesos cognitivos como la planificación motora, memoria de trabajo y la memoria a largo plazo en áreas sensitivas y no sensoriales (Urakami et al., 2013).

Se ha encontrado una sincronía oscilatoria en esta onda sobre los electrodos occipitales entre 200 y 300 ms ante la percepción de un objeto visual coherente y significativo (Tallon, 2009).

Transformada de Fourier (TF).

Existen diversas formas para analizar registros de EEG, una de ellas es la Transformada Rápida de Fourier (FFT). La transformada de Fourier (TF) es un procedimiento matemático mediante el que se descompone una función en las frecuencias que la conforman (Cortés et al., 2007).

El supuesto que subyace a la Transformada de Fourier es que es posible la descomposición de una función periódica en términos de una suma infinita de funciones periódicas básicas, es decir, en senos y cosenos, cuyas frecuencias son múltiplos de la función original (Gómez, 2020). Este procedimiento permite convertir señales que se encuentran en el dominio del tiempo en representaciones espectrales en el dominio de la frecuencia para analizar sus propiedades (Gómez, 2020; Hsu, 2011).

La TF se ha utilizado ampliamente debido a que proporciona métodos para la resolución de ecuaciones difíciles de manejar como las respuestas dinámicas de sistemas

eléctricos, lumínicos y térmicos. Permite identificar las aportaciones regulares a una señal fluctuante y mejorar el contenido o resaltar información en imágenes (Carrillo, 2003). En general, se utiliza para el filtrado, muestreo y modulación (Mata et al., 2017).

Históricamente ha tenido diversas aplicaciones importantes, por ejemplo, el descubrimiento de la doble hélice del ADN se logró gracias a la técnica de Rayos X y al análisis de Fourier. Asimismo, se ha utilizado en diversas disciplinas como la óptica, el electromagnetismo, las comunicaciones y la mecánica aplicada con distintos fines como el análisis de vibraciones, el análisis de redes, entre muchos otros (Carrillo, 2003; Duoandikoetxea, 2003).

Este análisis no está exento de desventajas. Presenta problemáticas con la exactitud de los resultados. En algún momento se argumentó que esto se podía subsanar incrementando el número de componentes de frecuencia calculadas; sin embargo, cuando se utilizaban señales discontinuas se encontró que aun cuando se incrementara el número de componentes calculadas, el error se mantenía constante (Carrillo, 2003).

Debido a que la Transformada de Fourier brinda información de los componentes de frecuencia de la señal, no es posible saber en qué momento aparece cada componente, es decir, no informa los instantes en los que ocurren ciertos eventos importantes para la señal (Cortés et al., 2007; Peirotén, 2018). Debido a ello, la localización temporal de los componentes espectrales requiere de otras transformadas que brinden una representación en términos del tiempo y la frecuencia de una señal y que permitan efectuar análisis más detallados.

Como ya se mencionó, la Transformada de Fourier es un método para analizar señales estacionarias, es decir, aquellas en las cuales la media, la varianza y la frecuencia no varían en el tiempo (Baos, 2019; Rivera 2016). Sin embargo, las señales cerebrales son series temporales con evolución en el tiempo y la frecuencia. En general, las señales cerebrales son más aleatorias y con menos regularidad en sus tendencias con respecto a otras señales con tendencias cíclicas y periodos aproximadamente iguales (Hassani & Mahmoudvand, 2018).

Transformada Discreta de Fourier (DFT).

La transformada Discreta de Fourier (DFT) es el equivalente de la transformada de Fourier continua aplicada a señales discretas en el tiempo con un número finito de frecuencias, su importancia radica en que usualmente en la práctica se hace necesario obtener el espectro de Fourier de señales discretas o digitales (Gómez, 2020).

Surge debido a que no siempre es posible llevar a cabo la solución de integrales del análisis continuo para todo el tiempo, como cuando se utiliza la transformada de Fourier; generalmente ello no sería posible por el consumo de tiempo que genera o bien porque no se conoce la función original en caso de que solo se tengan datos discretos. En la práctica, aplicar una TF no sería posible porque los sistemas de adquisición de datos no permiten obtener analizar la totalidad de información (Cortés et al., 2007).

Transformada Rápida de Fourier (FFT).

La Transformada Rápida de Fourier (FFT) es un algoritmo que permite realizar la DFT de una forma eficiente y rápida. Mediante su uso es posible disminuir el tiempo de cálculo al reducir el número de multiplicaciones necesarias para el análisis frecuencial (Carrillo, 2003; Cortés et al., 2007). Por ello, la FFT no debe considerarse como una transformación, sino como un procedimiento para calcular transformadas de Fourier discretas (O'Neil, 2015).

Para que pueda utilizarse es necesario que el número de muestras en las señales sea una potencia de 2 (Carrillo, 2003). Mediante este algoritmo se obtienen datos graficados que indican dónde se encuentra el mayor contenido de energía (Arguilés & Vásquez, 2017). Además de su empleo para obtener gráficas de densidades de potencia espectral, suele utilizarse para filtrar ruidos de una señal (O'Neil, 2015).

La FFT es reversible, lo cual significa que permite transformar la señal del dominio del tiempo al de la frecuencia, pero ello es posible también en sentido inverso. Sin embargo, al igual que la TF, la desventaja de la FFT es que no es posible localizar una frecuencia determinada en el dominio del tiempo (Sánchez, 2020).

Aplicaciones en el Análisis de EEG.

Si bien el análisis de Fourier se ha utilizado para el análisis de señales de EEG, es menester considerar que las señales cerebrales presentan cambios en la frecuencia a lo largo del tiempo, lo cual es difícil de visualizar y analizar mediante este método. Por lo cual, es necesario utilizar otros enfoques que permitan realizar la descomposición de la señal en términos del tiempo y la frecuencia (Arguilés & Vásquez, 2017).

Diversas investigaciones han utilizado análisis de Fourier para el estudio de EEG. Por ejemplo, Kanda et al., (2017) lo utilizaron para comparar los porcentajes del ritmo alfa; mientras que Unal et al., (2018) utilizaron la Transformada Discreta de Fourier (DFT) para

calcular el espectro de potencia de la señal y analizar diferencias en los porcentajes de las ondas delta, theta, alfa, beta y gamma.

Singular Spectrum Analysis (SSA).

Otra de las técnicas útiles para analizar el EEG es el *Singular Spectrum Analysis* (SSA), una herramienta matemática que permite el análisis de series temporales sin necesidad de utilizar un modelo (Golyandina & Zhigljavsky, 2020). La primera publicación en la cual se habló de esta metodología se remonta al siglo XVIII (De Prony, 1795, como se citó en Golyandina & Zhigljavsky, 2020). Mientras que en el libro de Elsner (1996 como se citó en Golyandina & Zhigljavsky, 2020) se presentó la información básica conocida hasta ese momento acerca del SSA.

Esta técnica divide la serie temporal en varios componentes simples e interpretables. Se posicionó como una alternativa a los métodos paramétricos ya que no requiere que se cumplan supuestos estadísticos previos como la estacionariedad o la linealidad de la serie. También brinda la posibilidad de trabajar con datos lineales y no lineales y permite analizar con éxito una serie temporal de dos o tres periodos de duración, lo cual no es posible con otras metodologías, ya que, en el análisis de series temporales cortas, el resto de los métodos fallan por falta de muestras. En suma, puede utilizarse en una serie de tiempo que no sea estacionaria en media y varianza e incluso puede emplearse para un conjunto de series (Golyandina & Zhigljavsky, 2020; Hassani & Mahmoudvand, 2018; Sanei & Hassani 2016).

El SSA se caracteriza principalmente por ser un método no paramétrico y libre de modelos que puede aplicarse a cualquier serie de tiempo. Es importante precisar que, si bien no se utilizan modelos, éstos pueden ser útiles para interpretar los resultados del análisis y decidir sobre la elección de parámetros.

El SSA se basa en el supuesto de que la serie de tiempo puede representarse como una suma de distintos componentes. La tendencia, es decir, la serie temporal que varía lentamente se separa de las periodicidades moduladas (oscilaciones) y del ruido. Estos componentes satisfacen relaciones de recurrencia lineal. Los componentes oscilatorios pueden ser periódicos o cuasiperiódicos, mientras que los componentes de ruido son series aperiódicas.

Los objetivos de este análisis son dividir una serie temporal en componentes o bien, pronosticar. Mientras que la transformada discreta de Fourier (DFT) utiliza una base de senos y cosenos, el SSA constituye una base adaptativa. Es decir, la DFT es una suma de sinusoides puros y el SSA es una suma de sinusoides modulados exponencialmente.

Con respecto a métodos estándar como el análisis de Fourier, el SSA permite el procesamiento de una serie temporal sin una transformación logarítmica. Por lo tanto, puede utilizarse en caso de haber periodicidades de forma cambiante. Esto además es una ventaja porque la transformación logarítmica disminuye la precisión del análisis (Golyandina & Zhigljavsky, 2020).

Softwares utilizados para su aplicación.

Los softwares utilizados para el análisis con SSA pueden ser de libre acceso o de pago. Los de libre acceso generalmente no tienen soporte y suelen ser poco eficientes. Entre los softwares con los cuales se puede realizar el análisis del SSA se encuentran Caterpillar y SAS, aunque no son de libre acceso y sus costos suelen ser inaccesibles. Una alternativa de libre acceso es el *software R* (Golyandina & Zhigljavsky, 2020; Sanei & Hassani 2016).

Los softwares también pueden ser de tipo interactivo o no interactivo dependiendo de su compatibilidad con sistemas como Windows, Unix o Mac (Golyandina & Zhigljavsky, 2020).

Etapas.

A grandes rasgos, el proceso consiste en descomponer la serie temporal en tres componentes: tendencia, armónicos y ruido. Posteriormente, la serie se reconstruye mediante una tendencia estimada y los componentes armónicos, y se calculan pronósticos basados en la serie reconstruida (Hassani & Mahmoudvand, 2018). Este procedimiento se resume en cuatro pasos incluidos en dos etapas:

Etapa 1. Etapa de descomposición

- a) Paso 1 Incrustación: Dada una serie de tiempo con una longitud fija, se construyen vectores en torno a una matriz de trayectoria (de Hankel), es decir, se transfiere una serie de tiempo unidimensional a una serie multidimensional. La razón para utilizar una matriz de Henkel es que brinda más información debido a que emplea varios vectores en lugar de uno solo.
- b) Paso 2 Descomposición en valores singulares: Consiste en la descomposición de la matriz de Hankel en la cual las columnas y filas que la constituyen tienen el mismo sentido temporal porque todas son subseries de la serie temporal original.

Etapa 2. Etapa de reconstrucción

Esta etapa genera una nueva serie de tiempo que el usuario ajusta a los objetivos de la investigación o análisis deseado.

- c) Paso 3 Agrupación: Los vectores se agrupan, se separan los componentes aditivos de las series de tiempo. Con esto se separan las señales de interés del ruido y artefactos.
- d) Paso 4 Promedio diagonal: Utilizando el promedio de los datos se produce una matriz de Hankel que luego se convierte en una serie de tiempo (Golyandina & Zhigljavsky, 2020; Hassani & Mahmoudvand, 2018).

Aplicaciones.

Al ser un método útil para analizar datos con patrones complejos y con tendencias no estacionarias permite, entre otras cosas, la estimación, detección, predicción, localización y clasificación de eventos en los datos. Estos usos se han agrupado en tareas de suavizado, reducción de ruido, extracción de tendencias y extracción de periodicidades, pronosticar y completar valores faltantes. Por ello, se emplea en diversos ámbitos, como el análisis de series temporales climáticas, meteorológicas y geofísicas. Además, tiene aplicaciones en la biomedicina, el estudio del campo magnético terrestre, imágenes hiperspectrales, la predicción de parámetros de orientación de la tierra, tráfico, robótica, navegación GPS, el turismo, redes sociales y el análisis de señales biológicas (Golyandina & Zhigljavsky, 2020; Hassani & Mahmoudvand, 2018).

SSA en el Estudio de Señales Biológicas.

El SSA permite la separación de componentes, la predicción de tendencias y la detección de anomalías de las tendencias biológicas.

Dado que las señales cerebrales son series temporales con evolución en el tiempo y la frecuencia, es menester no perder de vista que la tendencia o sincronización de los ritmos cambia cuando hay una variación en el estado del cerebro. En general, las señales cerebrales son más aleatorias y menos regulares en sus tendencias que otras señales con tendencias cíclicas y periodos similares (Hassani & Mahmoudvand, 2018).

En el análisis de EEG, el SSA permite la eliminación de artefactos, del ruido y discriminar patologías. Por ejemplo, Aydın et al. (2011) analizaron segmentos de EEG de pacientes con insomnio psicofisiológico o paradójico con la finalidad de mostrar su eficacia

en la discriminación de la patología. Concluyeron que el SSA es una técnica eficaz para clasificar el insomnio.

En la clínica, Akdemir et al. (2015) analizaron registros de EEG en una investigación en pacientes con esquizofrenia y sujetos control. Sin embargo, para la descomposición de la señal optaron por el uso de la transformada de Wavelet discreta (DWT) y el SSA únicamente se utilizó para eliminar el ruido.

Kumar y Veluvolu (2021) emplearon el SSA para eliminar artefactos producidos por parpadeo en un EEG de un solo canal. Los autores indican la elección de SSA debido a que otras técnicas modifican aquellas regiones no contaminadas y concluyeron que el método basado en SSA es superior con respecto a otros métodos. Asimismo, reportaron que no hubo alteraciones de regiones no contaminadas.

Planteamiento del Problema

Lindell y Mueller (2011) plantean que, si bien en los últimos años han existido avances significativos en el estudio de la percepción del arte, aún quedan muchos aspectos por estudiar, entre ellos, la abstracción, la influencia de procesos arriba abajo, la novedad y la experiencia, así como la cuestión de si la apreciación del arte se basa en capacidades cognitivas generalizadas o en aspectos específicos asociados al arte.

A pesar de que la experiencia artística incide en las emociones en el creador y en el receptor y que la experiencia artística se asocia con el bienestar emocional al incrementar el estado de calma y satisfacción (Calderon et al., 2019; Dawson, 2016), la producción científica desde las neurociencias acerca de la experiencia artística y la emoción que evoca aun es escasa.

Diversas investigaciones usando técnicas de neuroimagen han mostrado algunas zonas cerebrales implicadas en el procesamiento del arte visual, sin embargo, los estudios acerca de las correlaciones entre las distintas ondas cerebrales y la percepción artística escasean y, en su mayoría, se centran en la experiencia estética y en el estudio de diferencias entre expertos y novatos. De igual forma, muchos de los artículos se centran en el estudio de Potenciales Relacionados a Eventos (ERP) que, si bien es una técnica útil, Petsche et al., (1997) plantean que es un método restringido al estudio de eventos cognitivos breves. A pesar de ello, estas investigaciones dan cuenta de los procesos perceptuales, motivacionales y emocionales involucrados en el arte.

Los estudios mediante EEG permiten registros de la actividad cognitiva a lo largo del tiempo durante la experiencia artística con una excelente resolución temporal. Sin embargo,

las señales cerebrales presentan cambios en la frecuencia a lo largo del tiempo, por ello métodos de análisis como la Transformada de Fourier no son recomendables.

Dados estos planteamientos, la presente investigación se enfocó en desarrollar y probar los métodos de análisis de respuesta cerebrales basados en SSA, todo ello programado en *Matlab*. Para ello, se utilizó el registro de una persona. Asimismo, se buscó analizar cuáles son los cambios en las ondas cerebrales en las distintas regiones cerebrales ante la presentación de una imagen artística.

Método

Objetivos

Objetivo general

El objetivo del estudio fue describir los cambios en las frecuencias de las ondas en las distintas regiones del cuero cabelludo ante la presentación de imágenes artísticas que ocasionó la emoción de alegría.

Objetivos específicos

Validar el funcionamiento del software de descomposición de la señal mediante SSA.

Clasificación de las ondas Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma posterior al análisis de Fourier.

Validación de un software desarrollado ad-hoc para clasificar las ondas cerebrales con respecto a su frecuencia en las distintas regiones.

Descripción de variables

El experimento consistió en la presentación de 26 imágenes artísticas, 15 de las cuales eran obras de arte y 11 imágenes con pares de colores contrastantes. Para el análisis se utilizaron únicamente los registros de las imágenes que la participante calificó como alegres y que tenían bajo ruido y poca contaminación por artefactos eléctricos.

Diseño

No experimental de tipo cuantitativo, con alcance descriptivo.

Participantes

Por tratarse del desarrollo y validación de un método de cuantificación basado en el análisis de EEG mediante SSA y la implementación computacional, se utilizaron datos de una participante de 24 años, diestra que no reportó ningún trastorno psiquiátrico. Su último grado de estudios fue bachillerato y su ocupación fue estudiante. La participante indicó que ha asistido a clases y/o talleres acerca de artes visuales, escénicas y musicales, pero no había visitado exposiciones de arte del siglo XX en el último año debido a la pandemia.

Instrumentos

Electroencefalógrafo marca *Grass Technologies*, modelo AS40; de 21 canales con frecuencia de muestreo de 400 muestras por segundo.

Tarjeta de adquisición de datos marca National Instruments, modelo NI myDAQ,

Software Matlab, versión 2023 a.

Softwares diseñados ex post facto para la investigación en el entorno de programación *Matlab*

- Software para identificar los momento en el cual la participante presionó el botón de su elección, qué botón eligió y el momento en el cual vio cada una de las imágenes.
- Software del entorno gráfico, mediante el cual es posible seleccionar el lapso que se desplegará y los canales.
- Software para realizar la descomposición de la señal original en 8 componentes mediante la técnica de análisis SSA.
- Software para obtener la Transformada Rápida de Fourier.
- Software para clasificar las ondas cerebrales de acuerdo con sus frecuencias en delta, theta, alfa, beta y gamma. Brinda la contribución de cada una de las ondas.

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 25

Procedimiento

El procedimiento llevado a cabo desde la selección de las obras de arte hasta la aplicación de la prueba estadística se resume en la Figura 2, los procesos realizados en la presente tesis se somborean en gris.

La presente investigación se desarrolló como parte del proyecto Arte y Cerebro en el Museo Mural Diego Rivera de la mano de la exposición “Imagografías de diversidad: el entre-medio de la cultura”, de donde se preseleccionaron algunas obras artísticas que se digitalizaron y se sometieron a un análisis de redes semánticas que permitió establecer cuáles obras de arte harían parte de la investigación.

Una vez seleccionadas las imágenes del estudio, se realizó un estudio piloto y se desarrollaron diversos softwares para identificar el momento en el cual se presentó la imagen

y el momento en el cual los participantes presionaron el botón para indicar mediante una escala de tipo Likert con cinco opciones qué emoción experimentaban al percibir la obra (muy alegre, alegre, indiferente, triste, muy triste).

En la Figura 3 se resume el procedimiento llevado a cabo para el registro de EEG durante la tarea experimental y en la Figura 4, se presenta el diseño de la tarea experimental.

Figura 2

Procedimiento de la obtención y análisis de los datos

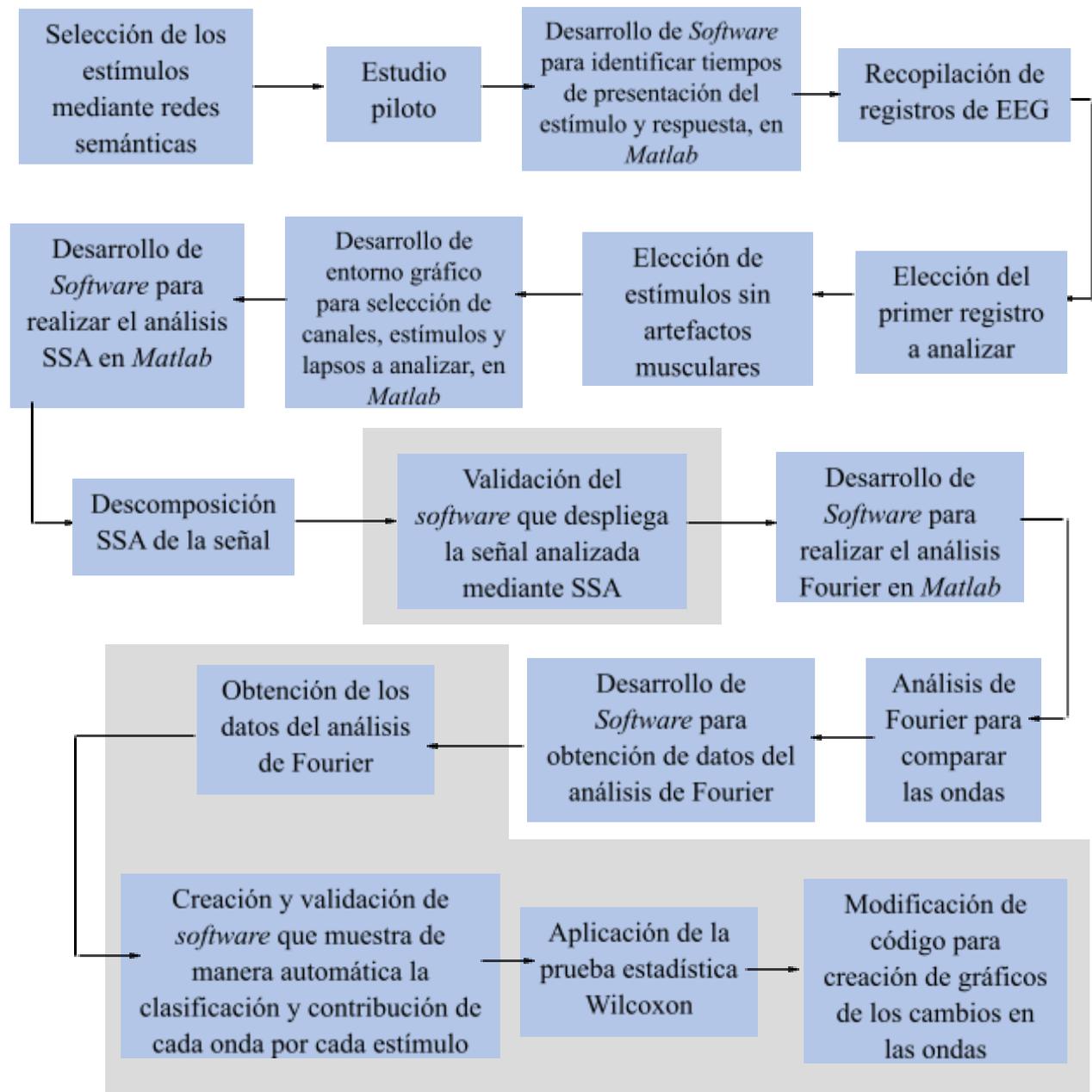
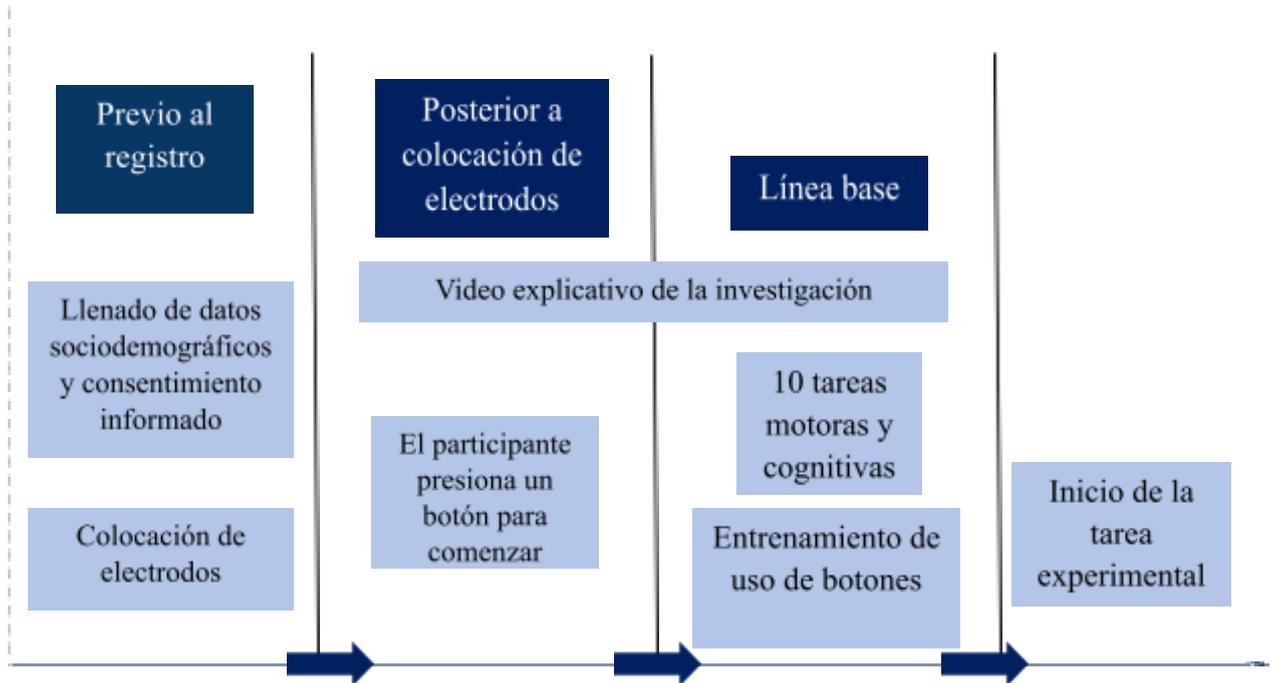


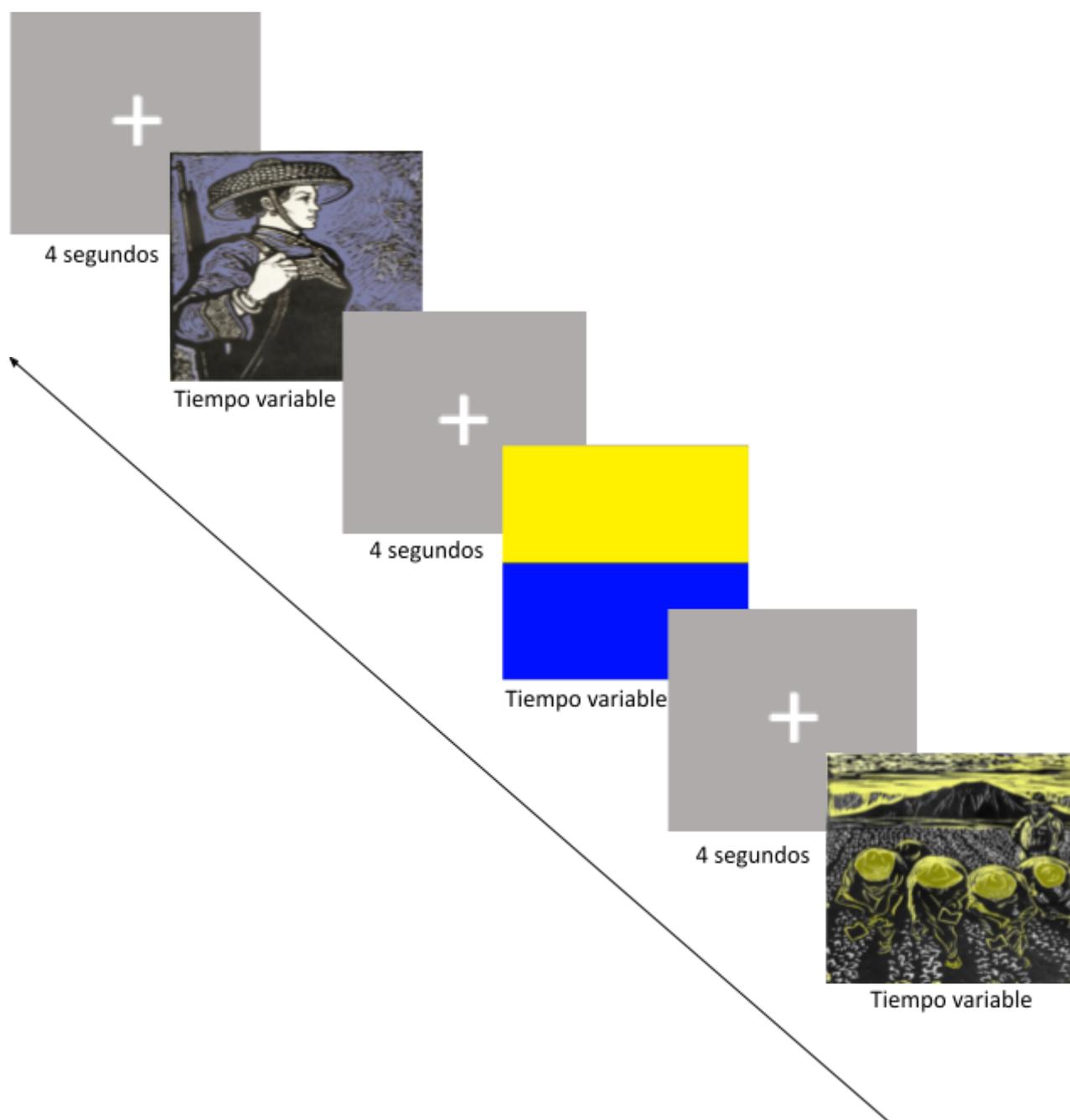
Figura 3
Procedimiento de registro de EEG



La tarea experimental consistió en que cada participante vio 26 imágenes, cada una de ellas se mostró hasta que la persona eligió la emoción experimentada mediante una escala Likert de cinco opciones (muy alegre, alegre, indiferente, triste, muy triste). Posterior a la selección del botón, aparecía en la pantalla una cruz de fijación con duración de cuatro segundos (Ver Figura 4).

Figura 4

Ejemplo del diseño experimental de la tarea

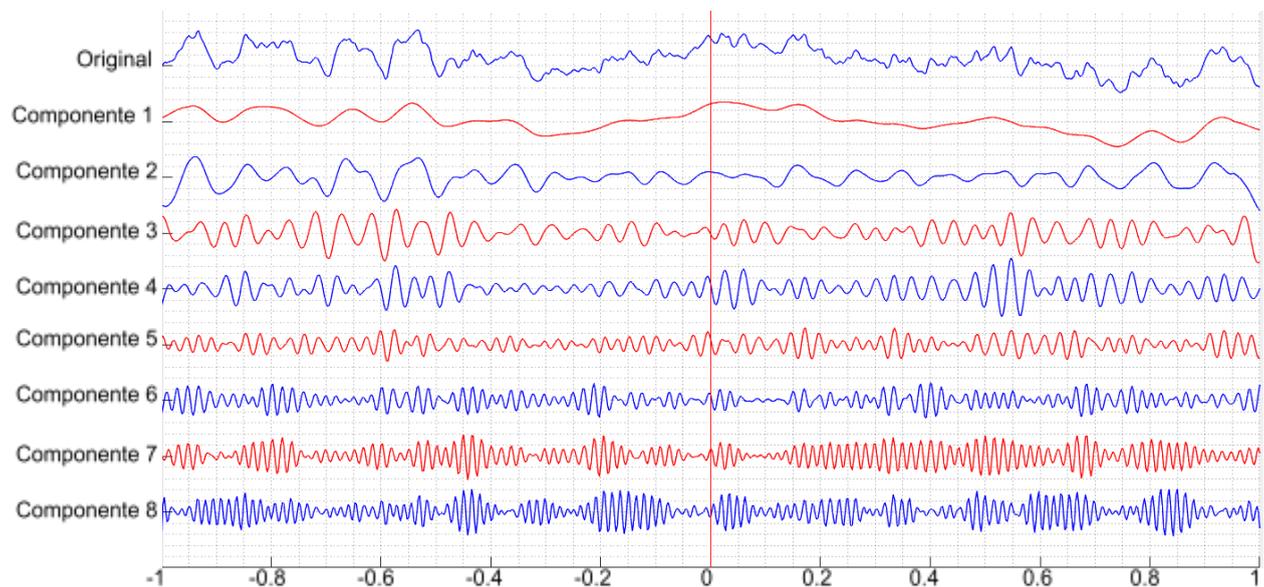


Resultados

Para el análisis de la señal, los ingenieros a cargo del desarrollo de los softwares descompusieron las señales mediante SSA. El funcionamiento del software se comprobó comparando visualmente la señal registrada con los componentes resultantes del análisis mediante SSA. Desde el entorno gráfico se eligió cuánto tiempo y qué canales y estímulos se desean analizar. Se despliega la señal original en la parte superior e inmediatamente abajo se muestran los ocho componentes (Figura 5).

Figura 5

Descomposición de la señal mediante SSA

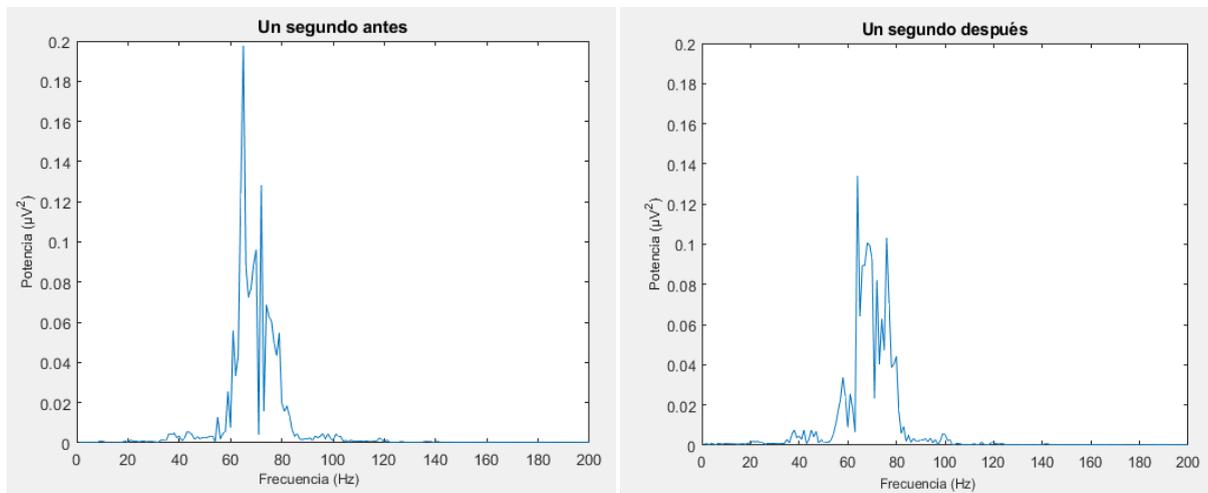


Nota: Ejemplo de la aplicación de la de la descomposición de la señal de un electrodo de la zona occipital, un segundo antes y un segundo después de que la participante observara una de las imágenes del experimento.

Una vez que se obtuvo la señal procesada mediante SSA y que se comprobó su correspondencia con el registro crudo, los ingenieros desarrollaron un software que calcula la Transformada Rápida de Fourier (FFT) de los componentes para identificar las ondas Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma. El software arroja dos gráficos de la FFT, uno un segundo previo a la presentación de la imagen y el otro del primer segundo posterior a la presentación de la imagen (Ver Figura 6).

Figura 6

Análisis mediante la Transformada Rápida de Fourier



Nota: Ejemplo de la aplicación de la FFT al componente 8 de la señal de un electrodo la zona occipital- Se muestra un segundo antes y un segundo después de que la participante observara una de las imágenes del experimento.

El software permitió clasificar las distintas ondas y el cálculo de sus contribuciones. Este proceso se realizó de forma manual mediante una hoja de cálculo en Excel. Para agilizar la clasificación y obtención de los porcentajes de cada onda para cada estímulo se desarrollaron en conjunto con uno de los ingenieros a cargo softwares que automatizan el proceso para distintas ventanas de tiempo. Los datos analizados manualmente se compararon con los obtenidos de los softwares para comprobar su correcto funcionamiento (Ver Figura 7).

Figura 7

Contribución de cada onda por imagen

Tabla de Porcentajes 1 segundo			
	Delta Antes Izquierdo	Delta Después Izquierdo	Theta
Estímulo 2	18.5768	13.5019	
Estímulo 3	17.8181	17.9381	
Estímulo 6	24.5132	23.0296	
Estímulo 7	18.2036	24.3817	
Estímulo 9	7.7264	9.8628	
Estímulo 11	12.8600	17.6031	
Estímulo 13	29.9114	21.2491	
Estímulo 19	27.3466	20.0270	
Estímulo 20	23.3504	12.4789	
Estímulo 21	33.3488	22.1411	
Estímulo 23	23.4887	23.5534	
Estímulo 24	19.1826	22.9019	
Estímulo25	17.6607	19.8653	
Estímulo 26	28.1234	20.9881	

Tabla de Porcentajes 2 segundos			
	Theta Antes Izquierdo	Theta Después Izquierdo	Alfa
Estímulo 2	21.6176	13.8458	
Estímulo 3	15.8598	13.1036	
Estímulo 6	10.7199	9.9809	
Estímulo 7	11.1283	15.3979	
Estímulo 9	14.1331	21.4629	
Estímulo 11	13.9621	23.7332	
Estímulo 13	11.2206	16.9259	
Estímulo 19	10.6439	12.5469	
Estímulo 20	17.7236	22.2627	
Estímulo 21	11.3361	14.2120	
Estímulo 23	9.6190	15.4189	
Estímulo 24	14.1623	16.1907	
Estímulo25	14.2780	13.9220	
Estímulo 26	12.4617	14.8143	

Tabla de Porcentajes 500 ms			
	Alfa Antes Izquierdo	Alfa Después Izquierdo	Beta A
Estímulo 2	19.8221	20.7508	
Estímulo 3	23.1402	21.1127	
Estímulo 6	17.8623	19.7773	
Estímulo 7	21.3779	22.2605	
Estímulo 9	31.2836	17.4788	
Estímulo 11	30.2501	36.0254	
Estímulo 13	15.8101	32.2538	
Estímulo 19	18.1231	17.6335	
Estímulo 20	22.0532	25.9986	
Estímulo 21	25.6124	14.0595	
Estímulo 23	10.3473	13.1248	
Estímulo 24	24.1395	29.3620	
Estímulo25	26.3649	14.4694	
Estímulo 26	29.9180	27.9496	

Tabla de Porcentajes 300 ms			
	Beta Antes Izquierdo	Beta Después Izquierdo	Gamma
Estímulo 2	24.2626	30.5973	
Estímulo 3	32.7340	31.6447	
Estímulo 6	40.2463	39.5540	
Estímulo 7	42.0030	39.2024	
Estímulo 9	32.1147	42.3517	
Estímulo 11	36.1137	40.3491	
Estímulo 13	39.5333	24.8989	
Estímulo 19	33.1004	35.0571	
Estímulo 20	24.9424	32.6136	
Estímulo 21	34.3116	40.2992	
Estímulo 23	29.3008	27.4801	
Estímulo 24	33.2378	18.9502	
Estímulo25	31.2778	33.4968	
Estímulo 26	37.0020	41.9335	

Nota: Se muestran cuatro ejemplos de las tablas obtenidas mediante el software programado. Para cada lapso elegido se despliega la información de las ondas Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma previo y posterior a la presentación de cada imagen.

Para identificar diferencias estadísticamente significativas en las ondas un segundo antes y un segundo después de la presentación de la imagen artística en cada uno de los electrodos, se aplicó una prueba estadística no paramétrica para muestras relacionadas (Wilcoxon). Los resultados se resumen en las Tablas 1 a 16 y en el Gráfico 1.

Tabla 1

Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo Fp1

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	27.770175	22.919775	7.988846	7.418858	-2.100	.036
Theta	19.579625	12.108887	4.660826	1.949536	-2.380	.017
Alfa	10.329885	12.125700	3.445223	2.433341	-1.680	.093
Beta	15.564777	18.797538	3.583949	2.615093	-1.960	.050
Gamma	26.755513	34.048113	5.129590	5.201743	-2.380	.017

La Tabla 1 muestra los resultados de la prueba de Wilcoxon aplicada al registro del electrodo Fp1, así como de los estadísticos descriptivos. Se encontró un decremento estadísticamente significativo de la actividad de la onda delta ($p=.036$ Mantes=27.77, Mdespués=22.91) y de la onda theta ($p=.017$, Mantes=19.57, Mdespués=12.10). También hubo un incremento estadísticamente significativo en beta ($p=.05$, Mantes=15.56, Mdespués=18.79) y gamma ($p=.017$, Mantes=26.75, Mdespués=34.04).

Tabla 2

Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo Fp2

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	31.444212	26.026225	11.504722	9.756695	-1.960	.050
Theta	20.733813	11.666175	4.664556	2.587800	-2.240	.025
Alfa	9.544250	11.898400	2.883883	3.642376	-1.820	.069
Beta	15.459050	19.040600	6.545984	2.460995	-1.400	.161
Gamma	22.818675	31.368600	6.789798	4.834036	-2.380	.017

Tabla 2 de resultados de la prueba de Wilcoxon de la actividad del electrodo Fp2 y los estadísticos descriptivos, de donde se concluye un decremento estadísticamente significativo en la actividad de las ondas delta ($p=.05$, Mantes=31.44, Mdespués=26.02) y theta ($p=.025$, Mantes=20.73, Mdespués=11.66). Así como un incremento de la actividad gamma ($p=.017$, Mantes=22.81, Mdespués=31.36).

Tabla 3

Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo F7

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	21.256625	23.115800	5.725924	7.134190	-1.400	.161
Theta	13.099025	13.726962	2.239393	5.024935	-.420	.674
Alfa	13.626813	14.353000	3.292641	2.736198	-.700	.484
Beta	20.356238	19.102338	2.431173	2.751956	-.980	.327
Gamma	31.661313	29.701900	2.941622	2.658098	-2.100	.036

La Tabla 3 presenta los resultados de la prueba Wilcoxon y estadísticos descriptivos para el electrodo F7, se encontró una disminución en las ondas Gamma ($p=.036$, Mantes=31.66, Mdespués=29.70) un segundo después de la presentación de la imagen.

Tabla 4*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo F8*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	26.031300	23.784438	7.995209	7.370142	-1.260	.208
Theta	14.911725	13.746012	5.087427	3.460783	-.420	.674
Alfa	15.204225	14.570337	3.465176	3.562746	-.980	.327
Beta	17.843688	18.046713	2.907977	1.869943	-.420	.674
Gamma	26.009050	29.852488	3.899487	2.595272	-2.100	.036

La Tabla 4 condensa los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo F8, en donde hubo un incremento en la actividad de la onda gamma ($p=.036$, $M_{antes}=26.00$, $M_{después}=29.85$).

Tabla 5*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo F3*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	18.706125	18.720275	4.990330	5.829700	-.140	.889
Theta	13.001750	13.711475	1.681252	3.115523	.000	1.000
Alfa	14.700500	15.162475	4.306523	3.777156	-.280	.779
Beta	21.636850	22.647650	2.732299	2.798457	-.840	.401
Gamma	31.954763	29.758125	1.901799	2.979431	-1.960	.050

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la prueba Wilcoxon y estadísticos descriptivos para el electrodo F3, se encontró una disminución estadísticamente significativa en la actividad de las ondas gamma ($p=.050$, $M_{antes}=31.95$, $M_{después}=29.75$).

Tabla 6*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo F4*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	22.517475	22.153388	5.915517	8.490498	-.280	.779
Theta	11.467375	10.414350	3.772081	1.912962	-.980	.327
Alfa	16.251275	17.139163	4.657272	4.812059	-.560	.575
Beta	21.455825	22.334725	2.149691	3.475124	-.840	.401
Gamma	28.308088	27.958400	1.948562	2.830427	.140	.889

La Tabla 6 incluye los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo F4, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 7*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo T3*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	21.186375	20.968538	2.571788	4.854173	-2.80	.779
Theta	13.932850	14.639713	2.607720	3.192338	-.700	.484
Alfa	16.653300	16.775063	3.477947	6.192123	-.280	.779
Beta	19.288550	19.441200	2.419704	2.000422	-.560	.575
Gamma	28.938975	28.175538	5.267164	3.688625	-.840	.401

La Tabla 7 condensa los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo T3, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 8*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo T4*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	25.594450	23.482788	4.554079	6.102058	-.700	.484
Theta	12.521475	13.877675	2.647015	1.929424	-1.820	.069
Alfa	17.973775	16.657587	3.608647	3.815791	-1.120	.263
Beta	19.154450	20.386038	2.509659	2.820308	-1.400	.161
Gamma	24.755863	25.595925	4.145665	1.994280	-.840	.401

En la Tabla 8 se presentan los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo T4, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 9*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo C3*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	19.799462	19.705163	5.636058	6.871987	-.140	.889
Theta	14.116888	11.463263	2.771010	3.004641	-1.960	.050
Alfa	20.662275	21.833525	3.974788	7.503016	-.280	.779
Beta	21.517525	22.299800	1.724153	2.009118	-.840	.401
Gamma	23.903837	24.698275	4.618355	3.171676	-.560	.575

En la Tabla 9 se encuentran los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo C3, en donde hubo un decremento estadísticamente significativo de la actividad de la onda theta un segundo después ($p=.050$, $M_{antes}=14.11$, $M_{después}=11.46$).

Tabla 10

Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo C4

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	20.844288	19.789700	6.102538	5.489232	-.560	.575
Theta	12.866000	11.313787	2.723669	1.779630	-1.260	.208
Alfa	23.822712	23.796250	5.828344	6.416113	-.140	.889
Beta	21.220550	23.162688	2.729661	2.219090	-1.680	.093
Gamma	21.246475	21.937575	5.649977	3.059386	-.280	.779

En la Tabla 10 se hallan los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo C4, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 11

Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo T5

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	21.119502	21.912575	4.766148	4.215611	-.280	.779
Theta	14.215562	15.211013	2.078822	3.654929	-.560	.575
Alfa	23.313675	20.004575	4.644430	3.606460	-1.540	.123
Beta	20.259100	20.103400	3.035829	1.590140	-.280	.779
Gamma	21.092087	22.768488	4.862194	2.980655	-.560	.575

La Tabla 11 contiene los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo T5, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 12*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo T6*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	25.767638	24.526912	5.798046	5.139065	-.700	.484
Theta	13.747725	15.146813	3.112175	4.583679	-.980	.327
Alfa	19.340463	17.363687	3.927273	3.385403	-1.400	.161
Beta	19.808375	20.270812	3.037612	1.799758	-.560	.575
Gamma	21.335800	22.691738	6.574629	2.775080	-.700	.484

La Tabla 12 muestra los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo T6, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 13*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo P3*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	19.038388	21.460412	7.230894	7.234754	-1.120	.263
Theta	13.529500	14.112600	2.145049	2.748356	-.420	.674
Alfa	24.302513	22.072400	3.624112	4.590542	-1.120	.263
Beta	22.072275	19.452712	3.423144	1.954016	-2.100	.036
Gamma	21.057350	22.901875	6.521258	2.744234	-.840	.401

En la Tabla 13 se incluyen los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo P3, en donde hubo un decremento estadísticamente significativo de la actividad beta ($p=.036$, $M_{antes}=22.07$, $M_{después}=19.45$).

Tabla 14*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo P4*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	20.767188	21.612350	7.132682	6.088563	-.280	.779
Theta	13.882450	13.396613	3.917270	4.385401	-.140	.889
Alfa	22.377175	20.393862	3.815191	3.399162	-.980	.327
Beta	21.712250	21.273050	3.561409	1.617048	-.560	.575
Gamma	21.260950	23.324163	5.297363	4.154248	-.840	.401

La Tabla 14 condensa los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo P4, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 15*Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo O1*

Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	22.844950	21.297600	5.181633	2.074869	-.700	.484
Theta	14.589913	16.282538	2.951848	3.164703	-1.120	.263
Alfa	20.340588	18.490350	4.121540	4.127102	-.980	.327
Beta	21.417563	20.718025	3.254144	1.976399	-.280	.779
Gamma	20.806962	23.211475	4.123840	3.420880	-.980	.327

En la Tabla 15 se muestran los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo O1, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Tabla 16

Resultados de la prueba de Rangos de Wilcoxon. Electrodo O2

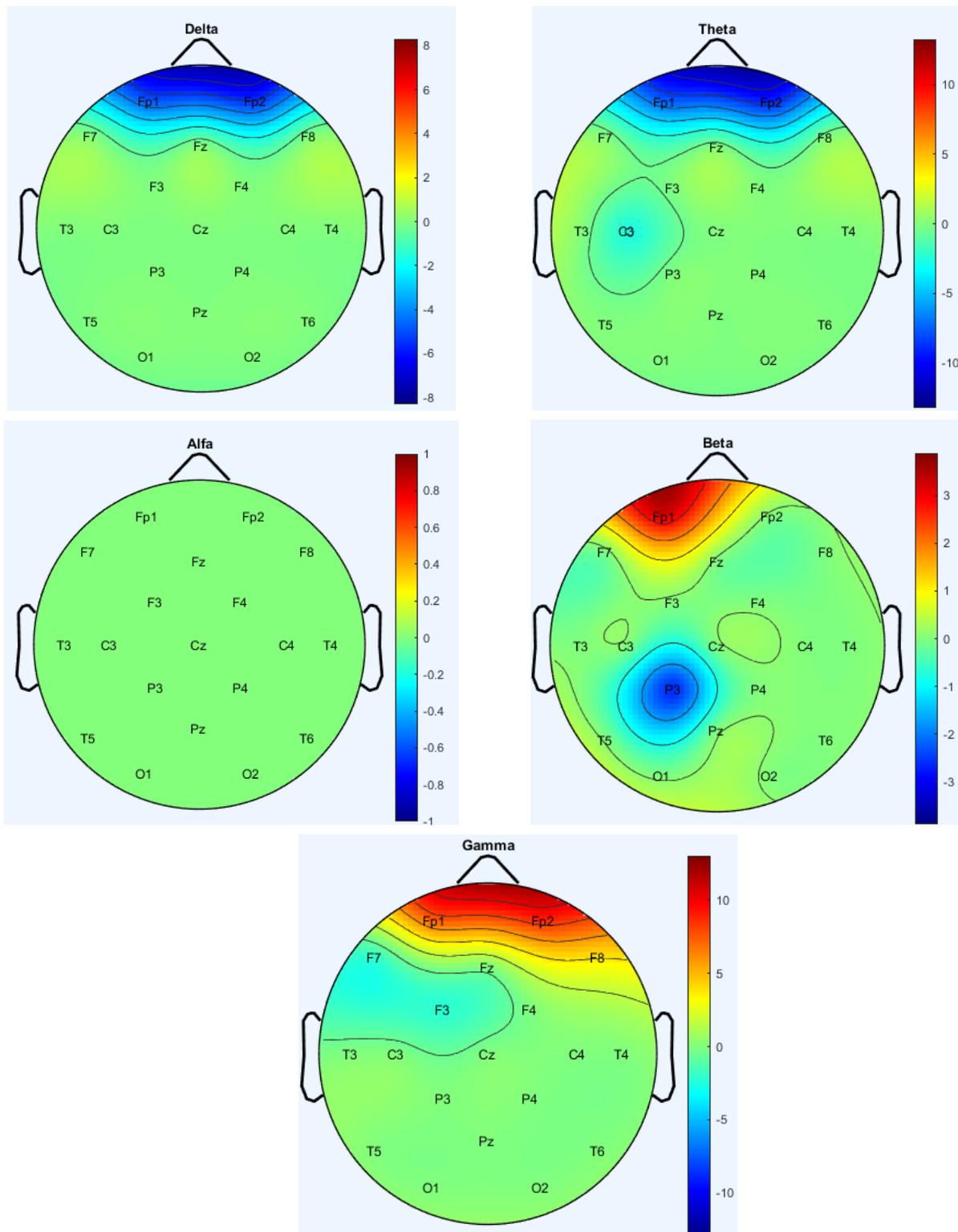
Onda	Media		Desviación estándar		Puntuación Z	Sig.
	1 segundo antes	1 segundo después	1 segundo antes	1 segundo después		
Delta	23.016187	22.041313	5.455871	4.142971	-.560	.575
Theta	14.673138	15.320250	4.058093	4.528957	-.560	.575
Alfa	19.432775	17.588650	3.965044	3.506364	-1.120	.263
Beta	21.024012	20.811375	3.356395	1.924835	-.420	.674
Gamma	21.853875	24.238413	6.078398	3.073119	-1.260	.208

La Tabla 16 contiene los resultados de la prueba Wilcoxon y los estadísticos descriptivos para el electrodo O2, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna onda.

Por último, se modificó un código en *Matlab* que permite visualizar las diferencias estadísticamente significativas encontradas en las ondas para cada uno de los electrodos. Muestra gráficamente la distribución de los electrodos con diferentes colores de acuerdo con la actividad registrada. En este sentido, los tonos azules indican una disminución de la actividad y los colores rojos un incremento (Ver Gráfico 1). Para el desarrollo del código se utilizaron los archivos de acceso libre de Cohen (2014) que se acompañan de su libro *Analyzing Neural Time Series*. Sin embargo, para obtener la figura aún se requiere la modificación de los datos de entrada de manera manual dentro del código.

Gráfico 1

Actividad de las ondas Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma.



Nota: Los tonos rojos denotan un incremento en la actividad, los azules decremento. Se muestra la diferencia de medias un segundo después de la presentación de la imagen con respecto al segundo previo.

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivos, en primer lugar, comprobar el funcionamiento de los softwares para el análisis de los registros de EEG, en segundo lugar, describir los cambios en las ondas Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma en las distintas regiones del cuero cabelludo ante la presentación de una imagen artística. Como se precisó, se comprobó el funcionamiento de los softwares, por lo que, en este apartado se enmarcan las diferencias en las ondas cerebrales en respuesta a las imágenes y se sitúan en relación con análisis realizados por otros grupos de investigación.

Se encontraron diferencias en las ondas Delta de los electrodos Fp1 y Fp2 (zonas frontopolares), en ambos hemisferios se muestra una disminución de la actividad ante la imagen. La actividad delta no es comúnmente asociada a determinadas tareas o procesos cognitivos, sin embargo, autores como Fernández et al. (1993, como se citó en Fernández et al.,1995) han notado un incremento en la actividad delta ante un aumento en la concentración. Valentino et al. (1993, como se citaron en Fernández et al.,1995) hallaron un incremento en delta en regiones anteriores entre el reposo y una condición de ejecución continua. En contraposición con estos hallazgos y, en concordancia con los resultados reportados en la presente investigación, Molnár et al. (2008) encontraron una disminución en la potencia delta que atribuyen a la excitación ocasionada por la tarea en una investigación acerca de memoria de trabajo auditiva.

Las reacciones en las ondas Theta en los electrodos Fp1, Fp2 (zonas frontopolares) y C3 (zona central) difieren de los datos reportados por otros grupos de investigación. Batt et al. (2010) estudiaron la actividad cortical en respuesta a pinturas abstractas y figurativas en artistas y no artistas. Los investigadores concluyeron que las diferencias en las ondas theta y alfa se asociaban al tipo de obra artística presentada, pero no a las características de la muestra, hallaron un incremento en la banda alfa para los no artistas y un incremento en la banda theta para los artistas. Concluyen que, en los artistas, hubo una atención enfocada sostenida y flexibilidad perceptiva, mientras que, en los no artistas, los cambios en las ondas reflejarían motivación y compromiso con la tarea. Asimismo, precisan que el incremento en theta en artistas ocurrió en regiones frontales derechas (electrodos F4 y F8), ante lo cual argumentan que la onda theta en el lóbulo frontal derecho se asocia a la reestructuración perceptual y cognitiva.

Otro texto con resultados que difieren de los aquí reportados fue el realizado por Maglione (2017), quien investigó la actividad cortical en una tarea de percepción artística en

participantes con una educación en dicho ámbito. Para su estudio incluyeron tres categorías de imágenes: pinturas figurativas complejas, el conjunto color, y el conjunto estilo. Dentro de los primeros 10 segundos hubo un incremento cortical de la banda theta en la percepción de las pinturas figurativas. Esto pudo deberse a la ejecución de tareas visocognitivas complejas o al agrado de los estímulos percibidos. Los autores se inclinan por la segunda hipótesis, ya que también encontraron un incremento de la actividad de alfa en el hemisferio izquierdo en zonas frontales, consistente con tareas de apreciación o rechazo. Debido a que encontraron un incremento de alfa en zonas parietales para la tarea de estilo, concluyen que ésta requirió un mayor esfuerzo que la apreciación de pinturas, la investigación arrojó además que la actividad cortical se extendió desde el hemisferio izquierdo hacia el derecho, desde áreas parietales y centrales hacia frontales en la onda theta, asociado a la generación de un juicio en áreas frontales. Los resultados a los 30 segundos dejan entrever que las pinturas ocasionaron una ligera disminución en theta. Además, reportaron un flujo cortical de actividad desde áreas parietales y frontales hacia prefrontales y frontales durante la observación de todas las imágenes. Estos hallazgos no coinciden con los aquí reportados (disminución de theta en Fp1, Fp2 y C3 un segundo después de la presentación del estímulo), que tampoco se acompañaron de cambios en alfa. Por lo tanto, los datos de la presente tesis no podrían atribuirse a un juicio de apreciación o rechazo. Si bien los autores antes citados reportan una disminución en theta, ello ocurrió hasta 30 segundos después de la presentación del estímulo. No debe perderse de vista que su muestra poblacional estuvo conformada por artistas, ello podría brindar una explicación a las diferencias en los resultados de la presente investigación debido a que, si bien la participante había asistido a algunos cursos o talleres relacionados con el arte, no cuenta con una formación formal en el ámbito y, tal como se señaló previamente, tampoco había asistido a ninguna exposición de arte del siglo XX en el último año. Los cambios suscitados en theta en la presente investigación podrían atender más bien a la respuesta emocional, en este sentido Reudrink et al. (2013) encontraron una disminución significativa en theta en regiones frontales asociadas a un incremento en la valencia o placer, todo ello en una tarea de juego.

Con respecto a la disminución de la actividad de la onda theta en el electrodo C3 (zona central), no queda claro a qué aspecto cognitivo puede asociarse el hallazgo en el contexto del arte. Sin embargo, un incremento en la actividad de theta en este electrodo puede vincularse con la dificultad de la tarea, tal como lo reportaron Fuentes et al. (2020) en un estudio de jugadores de ajedrez. Hubo un incremento de la actividad de theta en esta región en los jugadores ganadores cuando se incrementaba la dificultad del oponente. Los autores

concluyen que, este hallazgo junto con cambios en la actividad de las ondas beta y alfa, podrían asociarse a una adaptación a los niveles de dificultad.

En el caso de las ondas Alfa, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, ello no concuerda con lo reportado por Shourie et al., (2015), quienes compararon artistas y no artistas en tareas de percepción visual, imaginación y reposo. En su estudio encontraron una disminución de los valores relativos de la potencia alfa en la tarea de percepción visual para ambos grupos y, en el caso de no artistas, las disminuciones en la potencia alfa fueron más significativas en alfa superior (10-12 Hz), mientras que, para los no artistas, las disminuciones más significativas fueron en alfa baja (8-10 Hz). Tanto los valores absolutos como los relativos de la potencia alfa eran menores en los artistas en las tareas de visualización, con lo cual, los autores concluyen que los esfuerzos mentales en este grupo poblacional fueron menores. En general, las diferencias en la percepción visual del arte entre artistas y no artistas pueden atender a que los no artistas parecen mirar las pinturas de manera más superficial, a comparación de los artistas, quienes prestan atención a algunos detalles que los no artistas pueden no atender.

Otra investigación en la cual se estudió alfa es la realizada por Petsche et al. (1997), quienes investigaron diferencias en alfa 1 (7.5-9 Hz) y 2 (9.5-12.5 Hz) para tareas cognitivas y creativas, incluida la percepción del arte. Para ello emplearon cuatro cuadros de diferentes épocas de la historia de las Bellas Artes: el festival de las judías de Jordaens, el aguafuerte de Rembrandt, una obra de Kandinsky y un retrato de Holbein. Encontraron una disminución en amplitudes en ambas bandas alfa, con una mayor disminución en alfa 2. De manera general, alfa 2 se vio menos afectada por la excitación en los artistas, asimismo, encontraron que en este grupo hay una mayor participación de las zonas de la mitad posterior derecha del cerebro. Los autores atribuyen las diferencias reportadas a que los artistas requieren menos esfuerzos neuronales para llevar a cabo tareas visuales. Además de estas tareas de percepción, estudiaron aspectos emocionales, de los cuales describen un incremento de amplitud en alfa. En este artículo los autores puntualizan haber encontrado diferencias en bandas beta, sin embargo, no ahondan en ello. Asimismo, aclaran que con sus experimentos no es posible obtener conclusiones consistentes con respecto al significado funcional de los dos tipos de bandas alfa.

En las ondas Beta hubo diferencias estadísticamente significativas en el electrodo Fp1 (zona frontopolar) y P3 (área parietal), en el electrodo de la zona frontopolar incrementó la actividad, mientras que, en el electrodo del área parietal, disminuyó. Soltani et al. (2019) estudiaron la actividad beta en una tarea de pintura mental, es decir, se realizó un registro de

EEG mientras los participantes dibujaban mentalmente una imagen. En esta investigación se encontró mayor actividad beta en artistas, los autores atribuyen estas diferencias a que los artistas presentan una atención fortalecida derivada del entrenamiento.

En general, los incrementos en el ritmo beta se han asociado a la excitación emocional y a tareas que requieren un esfuerzo mental (Niedermayer, 1999, como se citó en Wyczesany, 2008). Con respecto a la actividad de beta durante la experiencia emocional, Aftanas et al. (2006), encontraron un incremento en la potencia beta-2 (18–22 Hz) y beta-3 (22–30 Hz) y en gamma al experimentar alegría en todas las derivaciones, con excepción de la frontal y temporal anterior; asimismo, reportaron un incremento de beta en ira, sin embargo, ello se reflejó sólo en áreas frontopolares. Por lo tanto, el incremento encontrado en electrodos frontopolares ante la emoción de alegría reportados por la participante de la presente investigación corresponden con los hallazgos de estos autores.

Con respecto al electrodo de la región parietal (P3), se observó una disminución en la actividad de las ondas beta que podría atribuirse a la naturaleza de la tarea o bien al género, como lo reportaron Corsi et al. (1993), quienes encontraron diferencias por sexo en tareas analíticas, espaciales y mixtas en los electrodos parietales P3 y P4. Un incremento en la actividad de beta en P3 en los hombres fue atribuido al uso de distintas estrategias para realizar la tarea.

En las ondas Gamma hubo diferencias en los electrodos de las zonas frontopolares y frontales Fp1, Fp2 y F8, que registraron un incremento en la actividad un segundo después de la presentación de la imagen, con respecto a un segundo previo. En los electrodos frontales F7 y F3 hubo una disminución estadísticamente significativa en la actividad de esta onda. La actividad gamma se asocia a la integración perceptual. Por ejemplo, Grice et al. (2001) investigaron rostros y rostros invertidos, encontraron un aumento en la actividad gamma frontal durante la presentación de rostros en sentido vertical en comparación con los invertidos.

En cuanto a la relación entre la actividad gamma y el procesamiento emocional, Li y Lu (2009) utilizaron ensayos de tres y un segundos para el análisis de un EEG en la percepción de imágenes de expresiones faciales emocionales. En su investigación las señales de EEG sirvieron para clasificar las emociones de felicidad y tristeza, encontraron que el estudio de la banda gamma es adecuado para la clasificación de emociones, con una precisión del 93.5 y 93% en tres y un segundo, respectivamente, gracias a lo cual se concluyó que los análisis de un segundo son suficientes para la clasificación.

No queda claro a qué se debe la disminución de gamma en los electrodos de las regiones frontales F7 y F3. Estas áreas se han asociado a aspectos memorísticos. Schack et al. (2002) han reportado un incremento en los espectros de potencia en estos electrodos en una tarea de memoria.

Con respecto a producción científica en la cual se haya estudiado tanto la percepción artística como la emoción, la investigación realizada por Maglione et al. (2017) que se citó previamente en donde se estudió la percepción artística mediante tres categorías de imágenes: pinturas figurativas complejas, el conjunto color, y el conjunto estilo, arrojó que las pinturas figurativas indujeron más emoción que los estímulos de los otros dos conjuntos, sin embargo, a pesar de que sí se realizaron registros de EEG a lo largo de las tareas, los autores no correlacionaron el índice emocional con la actividad cerebral.

Por otro lado, Wang et al. (2017) realizaron un estudio en el cual buscaban investigar el procesamiento del humor mediante la manipulación de dibujos artísticos, en específico, retratos de celebridades. Estos autores encontraron, entre otras cosas, diferencias estadísticamente significativas entre la tarea humorística y la no humorística en theta en la corteza cingulada anterior, región parietal y la corteza cingulada posterior, también hallaron diferencias en alfa y beta en áreas motoras. Los autores atribuyen estas diferencias al hecho de que estas ondas se encuentran asociadas al procesamiento emocional, la recuperación de la memoria y la risa.

La participante del presente estudio no solamente respondió experimentar alegría ante las obras de arte, esto también ocurrió en imágenes en las cuales solamente figuran pares de colores (Ver Anexos 1, 2 y 3). Una posible explicación ante este hecho es que haya existido un efecto de *priming* afectivo. El *priming* es un efecto que ocurre cuando la exposición a un estímulo influye en la respuesta a otro que se presentó posteriormente; cabe recalcar que una sola exposición durante unos segundos a un estímulo que puede ser una palabra, una imagen o un sonido, puede suscitar este efecto (García, 2014). En el terreno afectivo, ya algunos autores han encontrado que experiencias previas pueden influir en la conducta emocional (Ballesteros, 1998).

Meilán et al. (2012) señalan que las fotografías de contenido emocional pueden inducir los estados de ánimo ahí presentados. También argumentan que, participantes que no presentan trastornos psicológicos, parten de un ánimo positivo previo que, si bien puede reducirse, sigue siendo prevalente.

El efecto *priming* puede estudiarse como un sesgo o alteración en el comportamiento posterior mediante el tiempo de respuesta, un incremento en la precisión de respuesta o bien

la emisión de una respuesta sesgada al mismo estímulo o a uno similar. En este sentido, Zhang et al. (2006) investigó el efecto *priming* mediante el uso de imágenes que debían evaluarse como “Feliz” o “Triste”, encontró menores tiempos de respuestas en los ensayos afectivamente congruentes.

No se debe perder de vista que el presente estudio se realizó únicamente con el registro de una sola participante, por lo cual, sería un error descartar que los hallazgos reportados en investigaciones previas pudieran encontrarse en los resultados de la muestra.

Conclusiones

Se concluye, en primer lugar, en la experiencia de alegría ocasionada por el arte, hay una disminución de la actividad en las ondas lentas, acompañada por un incremento en la actividad de las ondas rápidas en las zonas frontopolares. En segundo lugar, se concluye que el método desarrollado basado en el uso de SSA permitirá analizar los datos muestrales de EEG, de igual forma, los softwares desarrollados funcionan adecuadamente y, a largo plazo, será posible utilizarlos para el análisis de los registros en diferentes lapsos, con ello, será factible conocer cómo cambian las ondas cerebrales a lo largo del tiempo ante la tarea planteada en las distintas zonas de registro.

Por otro lado, que las diferencias encontradas en las ondas cerebrales no permiten vislumbrar a qué proceso cognitivo se asocian los cambios observados ya que los resultados obtenidos en investigaciones previas exhiben una amplia variedad de aspectos metodológicos y de estímulos visuales empleados, en este sentido, en ningún caso se utiliza el mismo estilo pictórico ni la misma hipótesis de trabajo, debido a ello, tampoco se puede entrever una tendencia clara acerca de las diferencias en las ondas. Dada esta variabilidad en los enfoques de las preguntas de investigación para cada grupo de estudio, no está claro si las diferencias encontradas en los distintos estudios corresponden a procesos propios de la percepción visual, a la focalización de la atención, a diferencias entre los grupos poblacionales o cualquier otro aspecto relacionado.

Hay poca literatura con la cual se podrían contrastar los datos obtenidos, ya que no se han investigado las diferencias en las ondas cerebrales en una tarea de percepción de arte visual junto con el procesamiento y clasificación de la emoción que ésta evoca desde este enfoque.

Se debe ser cauteloso al interpretar los datos reportados en el presente texto, de hecho, sería un error generalizar los hallazgos y enmarcar conclusiones, sin embargo, este estudio da un preámbulo para analizar el resto de los datos recabados en el proyecto Arte y Cerebro del

Museo Mural Diego Rivera; es decir, se trata de un protocolo de pasos a seguir para describir qué ocurre en los distintos electrodos en una tarea de percepción visual asociada a una determinada emoción que se deriva de la experiencia artística.

Este texto representa también un precedente del uso del SSA como método de elección de análisis de una señal de EEG. A pesar de que se ha reportado eficaz en el estudio de series de tiempo en otros ámbitos e incluso se ha utilizado en algunos estudios de EEG, aún se ha limitado a algunas etapas del análisis, como la eliminación de artefactos.

La inspección visual de la señal analizada mediante SSA y su concordancia con la señal original, así como las diferencias encontradas en las distintas ondas para determinados electrodos ante la presentación de la imagen y su correlación con datos reportados por otros grupos de investigación, permiten concluir que el método utilizado es efectivo para el análisis de los datos muestrales recabados a lo largo del experimento en el Museo Mural Diego Rivera.

Referencias

- Aftanas, L., Reva, N., Savotina, L., Makhnev, V. (2006). Neurophysiological Correlates of Induced Discrete Emotions in Humans: An Individually Oriented Analysis. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 36(2).
- Aftanas, L., , Varlámov, A y Pavlov, S. (2001). Affective Picture Processing: Event-Related Synchronization Within Individually Defined Human Theta Band is Modulated by Valence Vimension. *Neuroscience Letters*, 303(2), 115-118. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)01703-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)01703-7)
- Aftanas, L., Varlamov, A., Pavlov, S., Makhnev, V., Reva, N. (2002). Time-dependent cortical asymmetries induced by emotional arousal: EEG analysis of event-related synchronization and desynchronization in individually defined frequency bands. *International Journal of Psychophysiology*, 44(1), 67-82. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00194-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00194-5)
- Aguilar, G. (2018). Desarrollo Humano y Creatividad. Una Aproximación Humanística. *El artista*, (15). <https://www.redalyc.org/journal/874/87457958002/87457958002.pdf>
- Akdemir, S., Kara, S., Letifoglu, F., Bilgic, V. (2015). Investigation of the Noise Effect on Fractal Dimension of EEG in Schizophrenia Patients using Wavelet and SSA-based Approaches. *Biomedical Signal Processing and Control*, 18, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2014.11.004>
- Albusac, M. (2022) Las Prácticas Artísticas: una Visión Neurocientífica. *Tercio Creciente* (21), 95-112. <https://dx.doi.org/10.17561/rtc.21.5765>
- Álvarez, A. y Rey, L. (2012). *La Psicología de Arte en Diálogo con la Obra*. Universidad Nacional de las Plata. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/40931/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Álvarez, L., Elena, D. y Carmona, M. (2012). *Principios de Resonancia Magnética*. [Archivo PDF]

- Aydin, S., Saraoglu, H. y Kara, S. (2011). Singular Spectrum Analysis of Sleep EEG in Insomnia. *Journal of Medical Systems*, 35, 457-461. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-009-9381-7#citeas>
- Ballesteros, S. (1998). ¿Existen Procesos Afectivos no Conscientes? Evidencia a partir del Efecto de la mera Exposición y del Priming Afectivo. *Psicothema*, 10(3), 551-570. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72710303>
- Baos, C. (2019). *Estimación de Niveles de Confianza para Análisis Wavelet de Series Temporales*. [Tesis de Fin de Grado]. Universidad Carlos III de Madrid.
- Barea, R., (s.f). Electroencefalografía. Universidad de Alcalá. Departamento de Electrónica.
- Batt, R., Palmiero, M. y Leeuwen, C. Style and Spectral Power: Processing of Abstract and Representational Art in Artists and Non-Artists. *Perception*, 39(12). <https://doi.org/10.1068/p6747>
- Bhattacharya, J. (2009). Increase of Universality in Human Brain during Mental Imagery from Visual Perception. *Plos One*, 4(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004121>
- Bhattacharya, J. y Petsche. (2002). Shadows of Artistry: Cortical Synchrony during Perception and Imagery of Visual Art. *Cognitive Brain Research*, 13(2), 179-186. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(01\)00110-0](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(01)00110-0)
- Boccia, M., Nemmi, F, Tizzani, E., Guariglia, C., Ferlazzo, F., Galati, G. y Giannini, A. (2015). Do you Like Arcimboldo's? Esthetic Appreciation Modulates Brain Activity in Solving Perceptual Ambiguity. *Behavioural Brain Research*, 278(1), 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.09.041>
- Bolívar, S., Esguerra, K., Fúquene. (2016). *Comprensión del Uso del Arte desde una Perspectiva Humanista Existencial para una Transformación hacia la Construcción de Experiencia de Paz*. [Tesis de Grado]. Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/3281/1/2016simonbolivar.pdf>
- Borrajo, J. y Cabrero, F. (2010). Tomografía por Emisión de Positrones (PET): Fundamentos y Limitaciones Tecnológicas. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*,

85(4).

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912010000400001

Brown, S., Gao, X., Tisdelle, L., Eickhoff, S. y Liotti, M. (2011). Naturalizing Aesthetics: Brain Areas for Aesthetic Appraisal Across Sensory Modalities. *NeuroImage*, 58(1), 250-258. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.012>

Bueno, D. (2019). Estudio de Nuevas Aproximaciones Metodológicas para Identificar de Forma Precisa la Activación de Fuentes Cerebrales mediante LORETA. [Tesis de Fin de Máster]. Universidad de Valladolid.

Calderon, D., Gustems, J., Martín, C., Fuentes, C., Portela, A. (2019). Emociones en la Experiencia Artística: Claves para el Desarrollo Educativo y Social. *Educación y Pedagogía*, 25(5), 85-101. <http://dx.doi.org/10.6035/Artseduca.2020.25.5>

Carrillo, J. (2003). *Fundamentos del Análisis de Fourier*. Universidad de Vigo. http://grupo_ene.webs.uvigo.es/wordpress/publicaciones/Apuntes_Fourier.pdf

Cela, C., Marty, G., Maestú, F., Ortiz, T., Munar, E., Fernández, A., Roca, M., Roselló, J. y Quesney, F. (2004). Activation of the Prefrontal Cortex in the Human Visual Aesthetic Perception. *PNAS*, 101(16), 6321-6325. doi: 10.1073/pnas.0401427101

Cevat, U., Welcome, M., Salako, M., Abdullahi, F., Abubakar, N., Pereverzev, V., Hartiningsih, S. y Dane, S. (2018). The Effect of Foot Reflexotherapy on the Dynamics of Cortical Oscillatory Waves in Healthy Humans: An EEG Study. *Complementary Therapies in Medicine*, 38, 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.03.006>

Chacón, Y. (2005). Una Revisión Crítica del Concepto de Creatividad. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 5(1). <https://www.redalyc.org/pdf/447/44750106.pdf>

Cheung, M., Lw, D., Yip, J. y Wong, C. (2019). Emotional Responses to Visual Art and Commercial Stimuli: Implications for Creativity and Aesthetics. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00014>

Cohen, M (2014). *Analyzing Neural Time Series Data. Theory and Practice*. MIT Press.

- Cohen, M. (2014). *sampleEEGdata.mat*. Matlab. www.mikexcohen.com/book
- Corsi, M., Ramos, J., Guevara, M., Arce, C. y Gutiérrez, S. (1993). Gender Differences in the EEG During Cognitive Activity. *International Journal of Neuroscience*, 72, 257-264. DOI: 10.3109/00207459309024114
- Cortés, J., Medina, F., Chaves, J. (2007). Del Análisis de Fourier a las Wavelets Análisis de Fourier. *Scientia Et Technica*, 13(34), 151-156. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84934026.pdf>
- Costa, J. y Soria, J. (2021). *Resonancia Magnética Dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico*. Elsevier.
- Costa, T., Rognoni, E., y Galati, D. (2006). EEG Phase Synchronization During Emotional Response to Positive and Negative Film Stimuli. *Neuroscience Letters*, 406(3), 159-164. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.06.039>
- Dawson, J. (2016). *Visceral and Behavioural Responses to Modern Art: Influence of Expertise, Type of Art and Context*. [Doctoral Thesis]. Northumbria University. https://nrl.northumbria.ac.uk/id/eprint/30240/1/dawson.jane_phd.pdf
- De Bueno, O. y Parafioriti, J. (2012). *Simposio Latinoamericano de Escultura a Cielo Abierto en Lanús*. [Simposio]. Córdoba. http://conti.derhuman.jus.gov.ar/2012/10/6_seminario/mesa_38/debueno_y_parafioriti_mesa_38.pdf
- De La Cuetara, I. (2017). *Kandinsky y Mondrian: ¿Dos estilos una misma emoción? Estudio y Significación de las Emociones en las Primeras Vanguardias*. [Tesis doctoral]. UNED. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:GeoHis-Icuetara/DE_LA_CUETARA_SAN_LUIS_Isabel_tesis.pdf
- Del Carmen, P. (2019). Las artes visuales y su acercamiento transversal en el campo de la comunicación. *Tsantsa. Revista de Investigaciones Artísticas*, 7.
- Díaz, P. (2008). Implicancias de las Técnicas de Medición de la Actividad Cerebral en la Cognición: ¿El tiempo o el Espacio?. *Psicología*, 17(1), 87-100. <https://www.redalyc.org/pdf/264/26412982004.pdf>

- Duoandikoetxea, J. (2003). *Series y Transformadas de Fourier*. UNAN-Managua. <https://www.ugr.es/~acanada/docencia/matematicas/analisisdefourier/Duoandikoetxeafourier.pdf>
- Entenza, A. (2008). *Elementos Básicos de las Representaciones visuales funcionales. Análisis crítico de las Aportaciones Realizadas desde Diversas Disciplinas* [Tesis de doctorado]. Universitat Autònoma de Barcelona. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/299367/aier1de1.pdf>
- Eskine, K., Kacinik, N. y Prinz, J. (2012). Stirring Images: Fear, not Happiness or Arousal, makes art more sublime. *Emotion*, 12(5), 1071-1074. <https://doi.org/10.1037/a0027200>
- Farga, M. (2012). *Historia del arte* (2.^a ed.). Pearson. <https://clasesdefilosofiyarte.files.wordpress.com/2017/02/historia-del-arte-bachillerato-pearson.pdf>
- Fernández, T., Harmony, T., Rodríguez, M., Bernal, JJ., Silva, J., Reyes, A. y Marosi, E. (1995). EEG Activation Patterns during the Performance of Tasks involving different Components of Mental Calculation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 94(3), 175-182. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(94\)00262-J](https://doi.org/10.1016/0013-4694(94)00262-J)
- Freeman, W., Quian, R. (2013). *Imaging Brain Function with EEG. Advanced Temporal and Spatial Analysis of Electroencephalographic Signals*. Springer
- Fuentes, J., Villafaina, S., Collado, D., Cano, R. y Gusi, N. (2020). Chess Players Increase the Theta Power Spectrum when the Difficulty of the Opponent Increases: An EEG Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(1), 46. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010046>
- Furnham, A. y Walker, J. (2001). Personality and Judgements of Abstract, Pop Art, and Representational Paintings. *European Journal of Personality*, 15(1), 57-72. <https://doi.org/10.1002/per.340>
- García, L. (2014). Priming Inverso: Efectos Contrarios en el Comportamiento del Consumidor. *Pensar la Publicidad*, 8(1), 25-37. https://doi.org/10.5209/rev_PEPU.2014.v8.n1.48385

- Golyandina, N., Zhigljavsky, A. (2020). *Singular Spectrum Analysis for Time Series* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62436-4>
- Gómez, S. (2021). *Clasificación de Señales EEG de la Imaginación Motora para la Rehabilitación de la Marcha*. [Tesis de Fin de Máster]. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/68633/1/TFM_SANDRA_GOMEZ_GALVEZ.pdf
- Gómez, W. (2020). *Introducción al Análisis de Fourier*. CINVESTAV. https://www.tamps.cinvestav.mx/~wgomez/documentos/analisis_de_fourier.pdf
- González, M. (1983). *Primeras Jornadas de Comunicación y Creatividad*. Barcelona. [Archivo PDF].
- Grice, S., Spratling, M., Karmiloff, A., Halit, H., Csibra, G., De Hann, M., Johnson, M. (2001). Disordered visual processing and oscillatory brain activity in autism and Williams Syndrome. *Neuroreport*, 12(12), 1697-2700. Doi: 10.1097/00001756-200108280-00021
- Guevara, M., Hernández, M. y Sanz, A. (2010). *Programas Computacionales para Análisis de Señales Bioeléctricas y Evaluación Cognoscitiva*. Universidad de Guadalajara.
- Hagerhall, C., Laike, T. y Martin, T. (2008). Investigations of Human EEG Response to Viewing Fractal Patterns. *Perception*, 37(10), 1488-1494. <https://doi.org/10.1068/p5918>
- Han, H., Cid, A., Cárdenas, C., Villalobos, D. (2022). Evaluación de Calidad de Imagen en Resonancia Magnética Mediante la Técnica Compressed Sensing con Bobinas de Cerebro de 20 Canales. *Revista Confluencia*, 5(2), 35-38
- Hassani, H. y Mahmoudvand, R. (2018). *Singular Spectrum Analysis Using R*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/978-1-137-40951-5>
- Helfrich, R., Huang, M., Wilson, G. y Knight, R. (2017). Prefrontal Cortex Modulates Posterior Alpha Oscillations During Top-down Guided Visual Perception. *PNAS*, 114(35). <https://doi.org/10.1073/pnas.1705965114>
- Hsu, H. (2013). *Señales y Sistemas* (2ª ed.). McGrawHill.

- Hu, L., Zhang, Z. (2019). *EEG Signal Processing and Feature Extraction*. Springer.
- Husselman (2020). *Psychophysiological Markers of Flow-Feeling in Artistic Appreciation*. [Thesis for MSc]. University of Central Lancashire. http://clock.uclan.ac.uk/38706/1/38706%20Tammy-Ann_Husselman_MSc_Thesis_November2020_FINAL.pdf?fbclid=IwAR2yLnJt6-2qSCLagloVe7-A13uq2JBZfrhZvFMd6hFp2axK6nvhr5clUv8
- Kanda, P., Oliveira, E. y Fraga, F. (2017). EEG Epochs with less Alpha Rhythm Improve Discrimination of mild Alzheimer's. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 138, 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.09.023>
- Kumar, A., y Veluvolu, K. (2021). Eye-blink Artifact Removal from Single Channel EEG with k-means and SSA. *Scientific Reports*, 11(11043). <https://www.nature.com/articles/s41598-021-90437-7>
- Labbé, T., Ciampi, E., Cruz, J., Uribe, S., Cárcamo, C. (2018). Resonancia Magnética Funcional: Principios Básicos y Aplicaciones en Neurociencias. *Radiología (English Edition)*, 60(5), 368-377. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2017.12.007>
- Leder, H., Goller, J., Rigotti, T., Foster, M. (2016). Private and Shared Taste in Art and Face Appreciation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00155>
- Li, M. y Lu, B. (2009). Emotion Classification Based on Gamma-band EEG. *Annual International Conference of The IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. Doi: 10.1109/IEMBS.2009.5334139
- Lindell, A. y Mueller, J. (2011). Can Science Account for Taste? Psychological insights into Art Appreciation. *Journal of Cognitive Psychology*, 23(4), 453-475. <http://dx.doi.org/10.1080/20445911.2011.539556>
- Locher, P. (2003). An Empirical Investigation of the Visual Rightness Theory of Picture Perception. *Acta Psychologica*, 114, (2), 147-164. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.07.001>

- Longan, S. (2011). Sobre la Definición del Arte y otras Disquisiciones. *Revista Comunicación*, 20(1), 75-79. <https://www.redalyc.org/pdf/166/16620943011.pdf>
- López, R. (2016). *Análisis de las Leyes de la Gestalt y su Aplicación en Materiales Didácticos para Niños de Educación Inicial II*. [Tesis de Grado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/905/1/LOPEZ%20ORTIZ%20%20RONALD%20HERNAN.pdf>
- Lorenzo, M., (2022). El Arte como Generador de Emociones: Estudio de ocho Narrativas de Estudiantes de Posgrado. *Revista Humanidades*, 12(2). <https://doi.org/10.15517/h.v12i2.50893>
- Luna, M. (2021). *Procesamiento Digital de Señales de EEG para Clasificación de Trastornos Psicóticos mediante Aprendizaje de Máquinas*. [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil Eléctrico]. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/180551/Procesamiento-digital-de-se%C3%B1ales-de-EEG-para-clasificacion-de-trastornos-psicoticos-mediante-aprendizaje-de-maquinas.pdf?sequence=1>
- Maestu, F., González, J., Marty, G., Nadal, M., Cela, J., Ortiz, T. (2005). La Magnetoencefalografía: Una Nueva Herramienta de los Procesos Cognitivos Básicos. *Psicothema* 17(3), 459-464. <https://www.psicothema.com/pdf/3129.pdf>
- Maglione, A., Brizi, A., Vecchiato, G., Rossi, D., Trettel, A., Modica, E. y Babiloni, F. A. (2017). Neuroelectrical Brain Imaging Study on the Perception of Figurative Paintings against Only their Color or Shape Contents. *Sensory Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00378>
- Marosi, E. (2008). *Electroencefalografía de la A a la Z*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Massó, F. (2007). P.A.N y Pintura. *Revista de Análisis Transaccional y Psicología Humanista*, (56), 3-14. http://com.aespat.es/Revista/Revista_ATyPH_56.pdf
- Mata, G., Sánchez, V. y Gómez, J. (2017). *Análisis de Sistemas y Señales con Cómputo Avanzado*. DGAPA, UNAM.

<http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/293/Libro%20Coord%20GLORIA%20MATA-SyS.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Meilán, J., Carro, J., Guerrero, C., Carpi, A., Gómez, A., Gómez, C. y Palmero, F. (2012). El Efecto de Memoria Congruente con el Estado Afectivo: Reconocimiento Diferencial de Palabras de Tristeza y Alegría. *Anales de Psicología*, 28(1), 266-273. <https://revistas.um.es/analesps/article/view/140742/126822>
- Modroño, C. (2012). *Teoría de la Mente y Neuronas Espejo en Entornos Complejos: Estudio Mediante Resonancia Magnética Funcional*. [Tesis Doctoral]. Universidad de la Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/48/Cristi%C3%A1n%20Modro%C3%B1o%20Pascual.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Molnár, M., Csuhaj, R., Gaál, Z., Czigler, B., Ulbert, I., Boha, R., Kondákor, I. (2008). Spectral Characteristics and Linear–nonlinear Synchronization Changes of Different EEG Frequency Bands during the CNV. *Psychophysiology*, 45(3), 412-419. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00648.x>
- Mudar, E., Nadal, M., Castellanos, N., Flexas, A., Maestú, F., Mirasso, C. y Cela, C. (2011). Aesthetic Appreciation: Event-Related Field and Time-frequency Analyses. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00185>
- Mulet, C. y LeMieux, L. (2010). *EEG-fMRI. Pshysiological Basis, Technique and Applications* (2.^a ed.). Springer.
- O’Neil, P. (2015). *Matemáticas Avanzadas para Ingeniería* (7^a ed.). Cengage Learning Editores.
- Ocampo, A. (2020). Neurociencia, psicopatología y creatividad. En Ocampo, A. (Ed.), *Neurociencia, mente e innovación. Una aproximación desde el desarrollo, el aprendizaje y la cognición creativa* (249-275). Editorial Universidad Santiago de Cali
- Pang, C., Nadal, M.m Müller, J., Rosenberg, R., Klein. (2013). Electrophysiological Correlates of Looking at Paintings and its Association with Art Expertise. *Biological Psychology*, 93(1), 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.10.013>

- Pazos, Á. (2014). Mente, Cultura y Teoría: Aproximaciones a la Psicología del Arte. *Acción Psicológica*, 11(2). 127-140. <https://dx.doi.org/10.5944/ap.11.2.14214>
- Peirotén, N. (2018). *Diseño de una Red Neuronal en Matlab para Análisis de Señales de Electroencefalograma*. Universidad de Sevilla. [Tesis de fin de grado. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/91997/fichero/TFG-1997-PEIROTEN.pdf>]
- Pérez, S. (2018). *Las Emociones a través del Arte en Educación Infantil: Cuestionario CAE para el Profesorado*. [Tesis de Grado]. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/34138/TFG-G3486.pdf?sequence=1>
- Petsche, H., Kaplan, S., Von Stein, A. (1997). The Possible Meaning of the Upper and Lower Alpha Frequency Ranges for Cognitive and Creative Tasks. *International Journal of Psychophysiology*, 26, 77-97. doi:10.1016/s0167-8760(97)00757-5
- Poikonen, H., Toiviainen, P. y Tervaniemi M. (2018). Naturalistic music and dance: Cortical phase synchrony in musicians and dancers. *Plos One*, 13(4). 10.1371/journal.pone.0196065. PMID: 29672597; PMCID: PMC5908167.
- Poikonen, H., Toiviainen, P. y Tervaniemi, M. (2018). Dance on Cortex: Enhanced Theta Synchrony in Experts when Watching a Dance Piece. *European Journal of Neuroscience*, 47(5), 433-445. <https://doi.org/10.1111/ejn.13838>
- Porres, J. (2020). *Psicología del Arte. Crear y Cambiar*. Editorial Brujas.
- Preminger, S. (2012). Transformative Art: Art as Means for Long-term Neurocognitive Change. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(96). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3334843/>
- Ramachandran, V. y Hirstein, W (1999). The Science of Art. A Neurological Theory of Aesthetic Experience. *Journal of Consciousness Studies*, 6(6-7), 15-51. http://www.dgp.toronto.edu/~hertzman/courses/csc2521/fall_2007/ramachandran-science-art.pdf
- Ramos, F., Morales, G., Egozcue, S., Pabón, R. y Alonso, M. (2009). Técnicas Básicas de Electroencefalografía: Principios y Aplicaciones Clínicas. *Anales del Sistema*

Sanitario de Navarra, 32(3) 69-82.
<https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s3/original6.pdf>

- Restrepo, M. (2005). La definición Clásica del Arte. *Revista de Estudios Jurídicos, Económicos y Sociales*, (3).
<https://revistas.uax.es/index.php/saberes/article/viewFile/769/725>
- Reudrink, B., Mühl, C. y Poel, M. (2013). Valence, Arousal and Dominance in the EEG During Game Play. *International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems*, 6(1), 45-62. <https://doi.org/10.1504/IJAACS.2013.050691>
- Ríos, A. y Jiménez, P. (2015). Activación de las Redes Neuronales del Arte y la Creatividad en la Rehabilitación Neuropsicológica. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología*, 15(2).
<https://docplayer.es/51603713-Activacion-de-las-redes-neuronales-del-arte-y-la-creatividad-en-la-rehabilitacion-neuropsicologica.html>
- Rivera, F. (2016). Sistema Clasificador para Ondas Cerebrales de Acciones Simples para la Interacción con Robots. [Tesis de Maestría]. Universidad Veracruzana.
- Sánchez, J. (2020). *Interfaz Cerebro-Máquina basada en Imaginación Motora de Miembro Inferior*. [Tesis de fin de grado]. Escuela Politécnica Superior de Elche.
<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/7858/1/TFG-S%C3%A1nchez%20Mart%C3%AD%2C%20Joaquin.pdf>
- Sanei, S. y Hassani, H. (2016). *Singular Spectrum Analysis of Biomedical Signals*. CRC Press.
- Sbriscia, B., Berchio, C., Freedberg, D., Gallese, V. y Umiltà, M. (2013). ERP Modulation During Observation of Abstract Paintings by Franz Kline. *Plos One*, 8(10).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075241>
- Schack, B., Vathb, N., Petsch, H., Geissler, H., Möller, E. (2002). Phase-coupling of theta-gamma EEG rhythms during short-term memory processing. *International Journal of Psychophysiology*, 44(2), 143-163.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00199-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00199-4)

- Schlegel, A., Alexander, P., Fogelson, S., Li, X., Lu, Z., Kohler, P., Riley, E., Tse, P. y Meng, M. (2015). The Artist Emerges: Visual Art Learning Alters Neural Structure and Function. *NeuroImage*, 105(15), 440-451. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.11.014>
- Shourie, N., Firoozabadi, M. y Badie, K. (2015). Investigation of EEG Alpha Rhythm of Artists and Nonartists During Visual Perception, Mental Imagery, and Rest. *Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation, Neurofeedback and Applied Neuroscience*, 17(3), 37-41. <http://dx.doi.org/10.1080/10874208.2013.813180>
- Siddharth, T., Kumar, R. y Bilas, R. (2019). Discrimination of Focal and Non-Focal Seizures From EEG Signals Using Sliding Mode Singular Spectrum Analysis. *IEEE Sensors Journal*, 19(24). DOI: 10.1109/JSEN.2019.2939908
- Simon, O. (1983). *Electroencefalografía. Introducción y Atlas*. Salvat Editores.
- Simon, O. (1983). Orden de Electrodo según el sistema 10-20. [Figura]. *Electroencefalografía. Introducción y Atlas*
- Soltani, A., Mohammad, A., Sho'ouri, N. (2019). Beta Wave Activity Analysis Of EEG During Mental Painting Reflects Influence Of Artistic Expertise. *National and 4th International Iranian Conference on Biomedical Engineering (ICBME)*, Tehran, Iran, 2019. doi: 10.1109/ICBME49163.2019.9030399
- Sorin, M. (1988). Arte y Psicología: Algunas Reflexiones y Experiencias. *Revista Cubana de Psicología*, 5(2), 5-9. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rcp/v5n2/02.pdf>
- Stern, J. (2013). *Atlas of EEG Patterns*. Wolters Kluwer.
- Tallon, C. (2009). The Roles of Gamma-Band Oscillatory Synchrony in Human Visual Cognition. *Frontiers in Bioscience*, 14. 321-332. doi:10.2741/3246
- Tocavén, Z. (1992). *Expresión Plástica*. Limusa. Grupo Noriega Editores.
- Torres, A. (2016). *Análisis y Clasificación de Electroencefalogramas (EEG) registradas durante el Habla Imaginada*. [Tesis de doctorado]. INAOE. [Archivo de PDF]

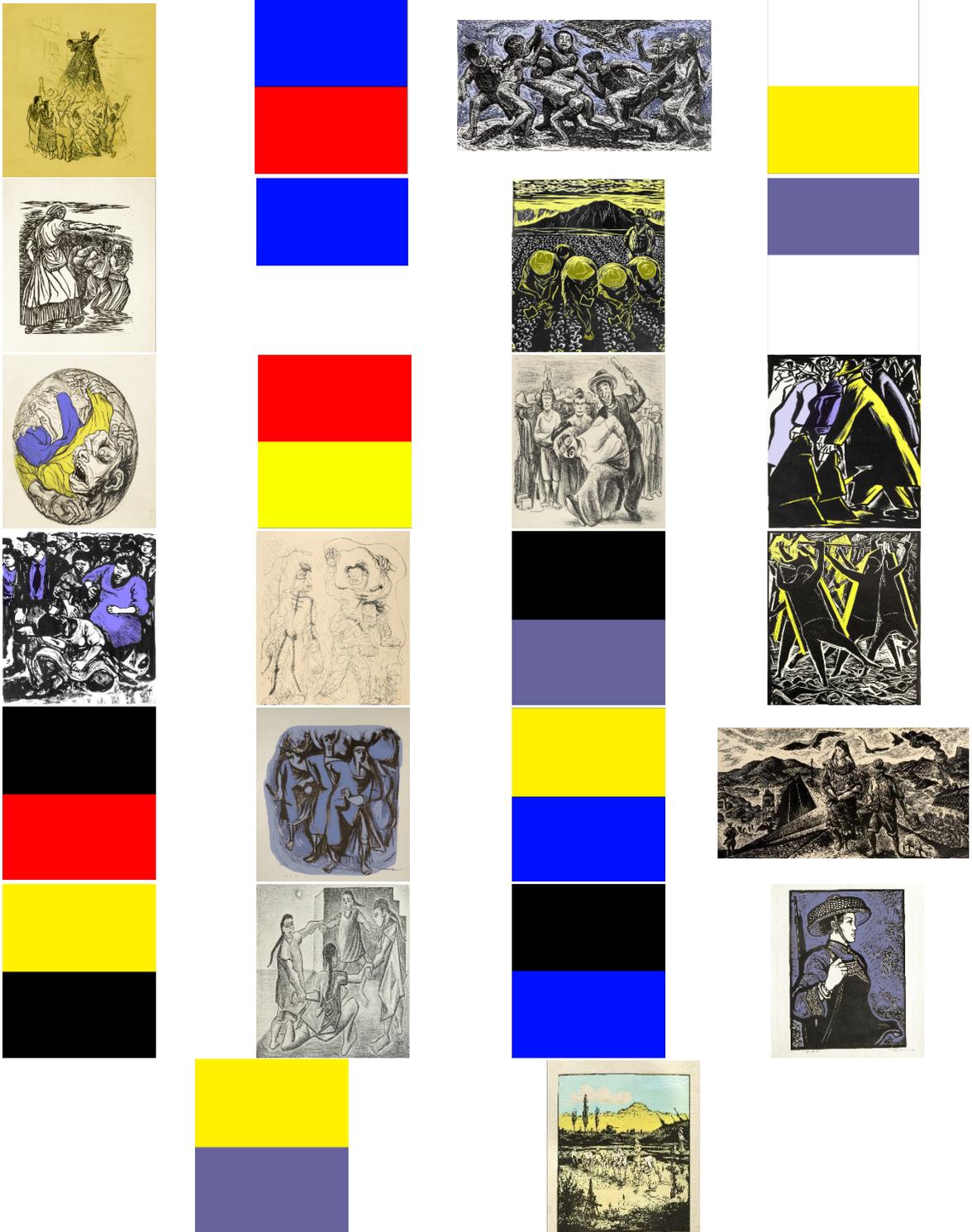
- Umilta, A., Bercio, C., Sestito, M., Freedberg, D. y Gallese, V. (2012). Abstract Art and Cortical Motor Activation: an EEG study, *Frontiers in Human Neuroscience*, 16(6). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00311>
- Urakami, Y., Kawamura, K., Washizawa, Y., Cichocki, A. (2013). Electroencephalographic Gamma-band Activity and Music Perception in Musicians and non-musicians. *Activitas Nervosa Superior Rediviva*, 55(4), 12-28. <http://www.rediviva.sav.sk/55i4/149.pdf>
- Urgilés, D. y Vásquez, G. (2017). *Implementación de un Sistema BCI para el Análisis del Comportamiento de Bioseñales Neurológicas*. [Tesis de licenciatura]. Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7306/1/13249.pdf>
- Vendrell, P., Junqué, C. y Pujol, J. (1995). La Resonancia Magnética Funcional: Una Nueva Técnica para el Estudio de las Bases Cerebrales de los Procesos Cognitivos. *Psicothema*, 7(1), 51-60. <https://www.psicothema.com/pi?pii=956>
- Vessel, E., Stahl, J., Maurer, N., Denker, A. y Gabrielle, S. (2014). Personalized Visual Aesthetics. *SPIE*, 19. <https://doi.org/10.1117/12.2043126>
- Vilchez, J., Ávila, M., Moreno, M. y Reyes, M. (2018). Arte y Psicología. *Estudios Sobre Actual*, (6), 60-62
- Villanueva, L. (2018). La Neurociencia y el Aprendizaje de la Pintura Artística. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 5(9). <https://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/741/1045>
- Wang, R., Kuo, H. y Chuang, S. (2017). Humor Drawings Evoked Temporal and Spectral EEG Processes. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12 (8), 1359-1376. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx054>
- Winner, E. (2019). *Emotions in the Art Museum*. *Studi di estetica*. 47(1). Doi: 10.7413/18258646070
- Wyczesany, M., Kaiser, J. y Coenen, A. (2008). Subjective Mood Estimation co-varies with Spectral Power EEG Characteristics. *Acta Neurobiologia Experimentalis*, 68, 180-192. <https://ojs.nencki.edu.pl/index.php/test/article/view/1687/1687>

- Zazio, A., Schreiber, M., Miniussi, C. y Bortoletto. (2020). Modelling the Effects of Ongoing Alpha Activity on Visual Perception: The Oscillation-Based Probability of Response. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *112*, 242-253. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.037>
- Zhang, Q., Guo, C., Lawson, A. y Jiang, Y. (2006). Electrophysiological Correlates of Visual Affective Priming. *Brain Res Bull*, *11(71)*, 316-323. doi: 10.1016/j.brainresbull.2006.09.023

Anexos

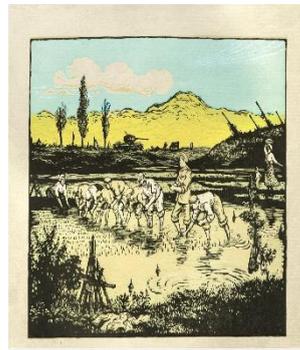
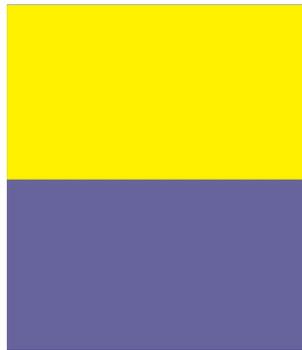
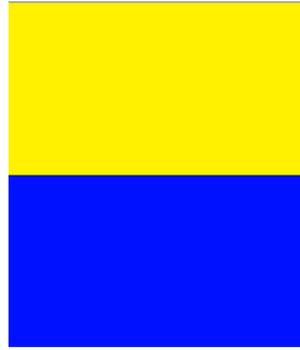
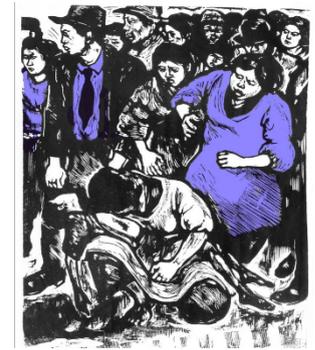
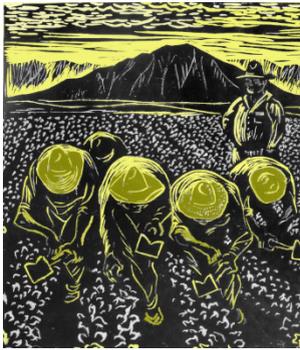
Anexo 1

Imágenes empleadas en el experimento



Anexo 2

Imágenes en las que la participante reportó experimentar alegría



Anexo 3

Imágenes en las que la participante reportó experimentar alegría, elegibles a análisis

