

Neurociencia en artes mediales: la conexión entre el cerebro humano y la experiencia artística

Neuroscience in media arts: the connection between the human brain and the art experience

✉ Diego Bernaschina^{1*}



Resumen

El presente ensayo se indaga en el campo interdisciplinario que combina la neurotecnología y la investigación artística para incorporar las obras actuales de la última generación. El objetivo general es indagar la conexión entre el cerebro y la experiencia humana a través de un análisis comparativo de obras de arte contemporáneo en diverso ámbito de neurotecnología, neuroarte y artes mediales. La metodología utilizada en este estudio consiste, tanto en la revisión documental como en la revisión autoral para generar una serie de análisis comparativa. La relación entre la obra de arte y el cerebro humano se basó en algunos resultados de obras de arte de Dikker y Oostrik, y Lieberman. La neurotecnología, la neuroarte y las artes mediales son campos que han generado diversas discusiones y debates en los últimos años. En conclusión, es fundamental para mejorar la creación y la colaboración interdisciplinaria a través de la investigación de neurocientífica.

Palabras clave: neurociencia, artes mediales, artista contemporánea, tecnología, cerebro.

Abstract

This essay investigates in the interdisciplinary field that combines neurotechnology and artistic research to incorporate the current works of the latest generation. The overall goal is to investigate the connection between the brain and the human experience through a comparative analysis of contemporary works of art in various fields of neurotechnology, neuroart, and media arts. The methodology used in this study consists of both documentary and authorial review to generate a series of comparative analyses. The relationship between the artwork and the human brain was based on some results from the works of Dikker and Oostrik, and Lieberman. Neurotechnology, neuroart, and media arts are fields that have generated various discussions and debates in recent years. In conclusion, it is crucial to enhance interdisciplinary creation and collaboration through neuroscientific research.

Keywords: neuroscience, media arts, contemporary artist, technology, brain.

¹Investigador independiente, Chile.

* Autor de correspondencia.

Citación de este artículo: Bernaschina, D. (2024). Neurociencia en artes mediales: la conexión entre el cerebro humano y la experiencia artística. *ReHuSo*, 9(1), 109-108. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v9i1.5685>

Recepción: 9 de Abril del 2023

Aceptación: 9 de Octubre del 2023

Publicación: 19 de enero de 2024

Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional



Introducción

Muchos científicos y profesionales han sido ampliamente estudiados, comentados y difundidos desde las nuevas estrategias interdisciplinarias a través de la máquina (codificación) para poder desarrollar, tanto en la actividad cerebral como en la actividad física, así la relación más conocida de neurociencia cognitiva (Alcívar-Alcívar y Moya-Martínez, 2020; Ebitz & Hayden, 2021; Lazar 2018; Pinti et al., 2020). Existe la conexión de arte y ciencia para transformar la neurotecnología y la neurociencia, así como la relación compleja que involucra a profesionales artistas y científicos que juegan los distintos papeles de la creatividad y la actividad de percepción sensorial (Cinel, et al, 2019; Cometa, et al., 2022; Muntané & Moros, 2020; Vázquez-Guardado et al., 2020). Mientras que las artes mediales son un campo interdisciplinario que combinan el arte, la ciencia y la tecnología para crear experiencias artísticas que involucran el uso de medios electrónicos, digitales y sonoros (Bernaschina, 2021a; Botella, 2020; Cuesta et al, 2021; Li, 2022; Llamas, 2020; Marcos, 2007; Saquib & Habib., 2019; Singh, 2005; Trimarchi, et al, 2019). No toda la neurociencia se ha sido utilizada en el campo de las artes mediales, sino que el cerebro humano responde a diferentes estímulos artísticos y tecnológicos. Así las artes mediales se utilizan los medios electrónicos como parte integral del proceso creativo, incluyendo videoarte, instalaciones interactivas, performance digital, realidad virtual, etc., y se enfocan en la exploración de la relación entre la tecnología y la sociedad.

Es posible comprender la conexión entre el cerebro humano y la experiencia artística a través de las obras de neuroarte, profundizando con la revisión autoral en artes mediales, es decir, cada persona artista tiene su propia técnica de medición cerebral, y puede crear obras interactivas que respondan a la actividad cerebral de la persona espectadora. A diferencia de la neuroestética, la neurocultura se ocupa de todas las formas de arte (no solo de artes visuales) y no busca comprender el arte de manera neurocientífica (Frazzetto & Anker, 2009, p. 815). La neuroestética se centra específicamente en la relación entre la estética y el cerebro, y busca comprender cómo el cerebro procesa y experimenta la percepción de la belleza y el arte (Dietrich & Knieper, 2021; Iigaya, et al, 2020; Jokeit & Blochwitz, 2020; Pepperell, 2018; Siler, 2015; Skov, 2019; Wolf, 2020; Zeki, et al, 2020).

Sin embargo, es importante señalar que la neurotecnología es un campo interdisciplinario que combina la neurociencia y la tecnología para desarrollar en diversas herramientas y dispositivos que permiten la medición, manipulación y análisis de la actividad cerebral (Cinel, et al, 2019; de León Barrios, 2022; Roberts, 2019; Vázquez-Guardado et al., 2020). La neurotecnología también se utiliza en una variedad de campos, incluyendo la medicina, la psicología, la educación y la industria del entretenimiento. Por ejemplo, algunas aplicaciones de la neurotecnología educativa incluyen el desarrollo de programas de enseñanza personalizados que se adaptan a las necesidades individuales de estudiantes, el uso de la neuroimagen para estudiar la actividad cerebral durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, la implementación de juegos educativos basados en la neurociencia para mejorar la motivación de estudiantes, y la aplicación de la realidad virtual y realidad aumentada para crear nuevas experiencias de aprendizaje escolar (Casanova-Borjas, 2021, 2022; Meza & Moya, 2020). La neurotecnología educativa puede ser una herramienta necesaria para mejorar la calidad y la eficacia de la educación en diferentes contextos y niveles educativos.

La mayoría de artistas trabajan en un producto de la creatividad humana mediante el estudio, la práctica y la observación para investigar los procesos de apreciación artística en un cerebro sano por medio de técnicas modernas como la neuroimagen y la neuropsicología (Demarin et al., 2016; Frazzetto & Anker, 2009; Nadal, 2013). Sin embargo, es posible conocer la neurotecnología de medios digitales y artes mediales para proporcionar nuevas perspectivas sobre la experiencia humana y la interacción con el arte multimedial, tales como los instrumentos tecnológicos de investigación en neurociencia. Algunas técnicas de diagnóstico modernas como PET (tomografía por emisión de positrones), MRI (imagen por resonancia magnética), fTCD (ultrasonido Doppler transcraneal funcional) y fMRI (imagen por resonancia magnética funcional) han permitido identificar la observación en diferentes tipos de composiciones y artísticos, así como la interacción de la actividad motora, sensorial, cognitiva y emocional para dominar el hemisferio cerebral, lo que ha llevado a posibilidades de utilizar la música, la pintura y la danza como ayuda en el tratamiento de trastornos somáticos, neurológicos o psiquiátricos (Bosnar-Puretić, et al., 2009; Chatterjee, 2011; Dale, et al., 2007; Horváth, 2018; Lundy, et al, 2022; Sagar et al., 2021). Esto se transforma el neuroarte.



El neuroarte es un campo interdisciplinario de investigación que combina la neurociencia, la tecnología y las artes visuales para explorar la relación entre el cerebro humano y la experiencia artística (Gingrich & Rahman 2022; Karpov & Syrotynska, 2018; Ursu et al., 2022). Las personas neuroartistas emplean tecnologías de medición y estimulación cerebral para investigar la relación entre los procesos neuronales, la percepción estética, la creatividad y la emoción en respuesta a la obra de arte. No todas las obras de neuroarte se facilitan las piezas artísticas a partir de datos obtenidos por la actividad cerebral, sino que existe una comprensión profunda sobre la reacción del cerebro humano ante de percibir los estímulos visuales y auditivos que contribuyen al entendimiento artístico, y al mejoramiento de la salud mental, el aprendizaje y la creatividad.

El objetivo general es indagar la conexión entre el cerebro y la experiencia humana a través de un análisis comparativo de obras de arte contemporáneo en diverso ámbito de neurotecnología, neuroarte y artes mediales. Los objetivos específicos son: i) identificar las principales teorías y conceptos relacionados con el neuroarte y las artes mediales, así como su relación con la neurociencia y la experiencia artística; ii) comparar las herramientas de neuroarte para profundizar la observación de obras de arte contemporáneo, con el fin de identificar patrones de activación cerebral asociados a la experiencia innovadora, y a la comprensión de las obras de arte de los nuevos medios; y iii) involucrar tanto la interactividad como la tecnología para crear nuevas formas de arte que intervienen directamente a la persona espectadora en la experiencia de neuroarte. Para ello, es importante profundizar en el conocimiento de los procesos sensoriales y neurales asociados a la experiencia artística en obras de arte contemporáneo, especialmente en el contexto de las nuevas tecnologías digitales y multimediales; asimismo, se pretende explorar la aplicación de la neurociencia para comprender su impacto en la percepción humana.

Metodología

La metodología utilizada en este estudio consiste, tanto en la revisión documental como en la revisión autoral de obras de artes mediales, neurotecnología y neuroarte para analizar y comparar las características de estas obras en relación con el cerebro y la tecnología en la experiencia artística. Existe una mayor búsqueda en fuentes como bases de datos científicas y de arte contemporáneo, publicaciones especializadas y artículos relevantes. Asimismo, se ha aplicado un enfoque riguroso y sistemático para seleccionar los documentos, asegurando su calidad y relevancia. Una vez seleccionados a estos documentos pertinentes para llevar a cabo un análisis crítico y detallado de cada obra de arte, prestando atención a aspectos como la forma, el contenido, el contexto y la respuesta de la investigación de neuroarte. Es posible otorgar en especial con la relación entre la obra de arte y el cerebro, y tal como la neurotecnología en artes mediales que se influye en la experiencia artística a través de las nuevas tecnologías.

Esta característica clave de la neurotecnología en artes mediales se explora el potencial de la decodificación neuronal y las interfaces cerebro-computadora en el dominio del arte (Bernaschina, 2019; Bojić, 2022; Rowland, 2021). Esta combinación de la tecnología y la neurociencia permite a las personas artistas explorar nuevas formas de expresión y crear experiencias de artes mediales para el espectador que involucren la actividad cerebral en tiempo real. La neurotecnología también puede ayudar a los artistas a entender mejor el cerebro humano que procesa la información y responde a estímulos visuales, sonoros y sensoriales, lo que puede informar su trabajo y proporcionar nuevas perspectivas sobre la experiencia humana. Además, la neurotecnología y las artes mediales a menudo se enfocan en la interactividad y la participación del espectador. Así como los dispositivos y sensores utilizados en estas obras de arte a menudo responden a la actividad cerebral y otros datos fisiológicos del espectador, lo que permite una experiencia más personalizada y participativa. En este sentido, la neurotecnología busca obtener información valiosa para producir obras de arte, tanto en el cerebro como en la mente humana, con aplicaciones en la investigación médica y el tratamiento de trastornos mentales, mientras que las artes mediales buscan crear obras de arte y experiencias innovadoras para el público en general. Por ejemplo, la tabla comparativa entre neurotecnología (artística), neuroarte y artes mediales (Tabla 1).

Tabla 1

Comparativa de neurotecnología, neuroarte y artes mediales

Características	Neurotecnología (artística)	Neuroarte	Artes mediales
Objetivo	Integrar la tecnología y la neurociencia en la creación artística para mejorar la comprensión y experiencia del arte.	Comprender la percepción y creación artística, así como mejorar la terapia de diversas afecciones médicas mediante la aplicación de los hallazgos neurocientíficos.	Explorar las relaciones entre arte, tecnología y sociedad, y experimentar con medios electrónicos y digitales para producir obras de arte interactivas y multisensoriales.
Técnicas principales	EEG, MRI, tDCS, BCI, etc.	EEG, MRI, MEG, fMRI, psicofísica, análisis estadísticos, computacionales, etc.	VR, AR, AI, tecnología de sensores, impresión 2D/3D, robótica, programación, multimedia, tecnologías de interconexión, etc.
Aplicaciones principales	Tratamiento de enfermedades neurológicas, rehabilitación, mejora del rendimiento cognitivo, diagnóstico de enfermedades neurológicas, interfaces cerebro-computadora para personas con discapacidad.	Comprensión de la percepción y creación artística, terapia de diversas afecciones médicas, diseño de experiencias interactivas, investigación en neurociencia, exploración de la relación entre arte y ciencia.	Producción de obras de arte interactivas y multisensoriales, desarrollo de nuevas formas de expresión artística, experimentación con tecnologías emergentes, exploración de las intersecciones entre arte y tecnología.
Público objetivo	Pacientes, investigadores, profesionales de la salud y de las artes.	Artistas, educadores, terapeutas, investigadores y público general.	Artistas, diseñadores, investigadores, profesionales y público general.
Resultados principales	Mejora de la calidad de vida de los pacientes, rehabilitación y recuperación de funciones cognitivas y motoras, diagnóstico y tratamiento de trastornos neurológicos y psiquiátricos, avances en la investigación y comprensión de la neurociencia, desarrollo de nuevas tecnologías médicas y de rehabilitación.	Mejora de la creatividad y la percepción artística, exploración de la relación entre el cerebro y el arte, uso terapéutico en el tratamiento de trastornos neurológicos y psiquiátricos, desarrollo de nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje.	Exploración de la relación entre la tecnología y la creatividad, innovación y experimentación en el campo del arte y el diseño, desarrollo de nuevas formas de comunicación y expresión artística, avances en la investigación y comprensión de la relación entre la tecnología y la cultura.
Referencias recomendadas por PubMed (Sólo en inglés)	Cinel, Valeriani & Poli (2019); Vázquez-Guardado <i>et al.</i> (2020).	Bosnar-Puretić, Roje-Bedeković & Demarin (2009); Demarin <i>et al.</i> (2016); Lundy, James & Reybrouck (2022); Nadal (2013); Pepperell (2018); Siler (2015); Zeki, Bao & Pöppel (2020).	Li (2022); Marcos (2007); Singh (2005); Trimarchi, Martino & Bartalena (2019).

Nota: EEG = electroencefalografía; MRI = imágenes de resonancia magnética; TMS = estimulación magnética transcraneal; tDCS = estimulación transcraneal de corriente directa; BCI = interfaces cerebro-computadora; MEG = magnetoencefalografía; fMRI = resonancia magnética funcional; VR = realidad virtual; AR = realidad aumentada; AI = inteligencia artificial.

Resultados

La neurotecnología se utiliza en las artes mediales para estudiar y modificar la actividad cerebral en respuesta a las obras de arte que involucran medios tecnológicos como la realidad virtual, la realidad aumentada, el videoarte y la instalación interactiva. En las artes mediales, se utiliza la neurotecnología para comprender la experiencia estética del espectador,



y para medir la actividad cerebral de las personas mientras que se experimentan una obra de arte. Esto proporciona información sobre cómo el cerebro procesa y responde a los estímulos visuales y auditivos. Además, la neurotecnología también se ha utilizado para crear obras de arte interactivas que responden a la actividad cerebral del espectador en tiempo real. Se han desarrollado instalaciones que varían según el grado de atención o relajación del espectador, o que reaccionan a los patrones de ondas cerebrales de las personas. Este enfoque posibilita a los neuroartistas diseñar obras de arte que se ajustan a la experiencia individual de las personas y puede utilizarse para desarrollar nuevas formas de arte interactivas y personalizadas.

La neurotecnología en las artes mediales es un campo innovador que explora la conexión entre el cerebro humano y la experiencia artística. Al utilizar técnicas de neurociencia, se puede comprender cómo el cerebro responde al arte, lo que permite a los artistas crear obras que sean especialmente significativas y conmovedoras. Algunos de los resultados más interesantes de artes mediales, neurotecnología y neuroarte que se incluyen:

1. Creación de obras de arte que estimulan la actividad cerebral: al entender cómo el cerebro responde al color, la forma y otros elementos artísticos, las y los artistas pueden producir obras de arte que activan áreas concretas del cerebro. Dichas obras pueden generar un impacto significativo en las personas, estimulando la emoción, la creatividad y la reflexión.
2. Desarrollo de técnicas de neurofeedback para mejorar la experiencia artística: neurofeedback (Hampson, et al, 2020; Kovacevic et al., 2015) es una técnica que permite a los individuos ver en tiempo real su cerebro responde a diferentes estímulos. Los y las artistas pueden emplear esta técnica para ayudar a las personas a entender cómo su obra de arte activa el cerebro, lo que puede mejorar la experiencia artística y la comprensión en sí misma.
3. Investigación sobre el impacto del arte en el cerebro humano: la neuroarte puede ayudar a quienes se dedican a la ciencia a comprender mejor el arte afecta al cerebro humano. Esto puede tener implicaciones importantes para la salud mental y emocional, ya que se ha demostrado que la exposición al arte puede reducir el estrés y mejorar el bienestar.
4. Colaboración interdisciplinaria: la neuroarte es un campo que fomenta la colaboración entre artistas, científicos, terapeutas y otros profesionales. Al trabajar juntos, estos profesionales pueden crear obras de arte que sean más efectivas para la terapia, la educación y la investigación.

Esta conexión entre el cerebro humano y la experiencia artística es un tema complejo que ha sido investigado en neurociencia y neurotecnología en los últimos años. El neurofeedback que se mide la actividad cerebral en tiempo real, y se proporciona la retroalimentación visual o auditiva para ayudar a las personas a regular su actividad cerebral. En este contexto del arte, el neurofeedback se puede utilizar la experiencia artística quien afecta la actividad cerebral. Esto puede tener implicaciones en diversos campos de las artes mediales, la neurociencia cognitiva y la tecnología (Tabla 2).

Tabla 2

Comparativa de artes mediales, neurotecnología y neuroarte

Conexión entre el cerebro humano y la experiencia artística	Arte y Neurofeedback
<ul style="list-style-type: none"> - Investigación en neurociencia y neurotecnología - Técnica para medir la actividad cerebral en tiempo real (neurofeedback) - Proporciona retroalimentación visual o auditiva - Ayuda a regular la actividad cerebral 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploración de la experiencia artística afecta la actividad cerebral - Regulación de la actividad cerebral puede afectar la experiencia artística - Implicaciones para el campo de neuroarte y neurotecnología (intersección entre las artes mediales, la neurociencia cognitiva y la tecnología)



Para propiciar las nuevas formas de artes mediales, neurotecnología y neuroarte a través de la percepción sensorial, dependiendo de la examinación entre el cerebro humano y la vivencia artística —parte de la experiencia individual que se experimenta al interactuar con una obra de arte, y se puede incluir emociones, reflexiones o pensamientos, y sensaciones físicas mediante la obra producida en el observador—, a través de técnicas de neurociencia para transformar la comprensión y experiencia del arte de los nuevos medios. Sin embargo, existe la obra de arte contemporáneo de neuroarte de Harmonic Dissonance Quartet [Cuarteto de Disonancia Armónica] fue creado por la artista, neurocientífica cognitiva neerlandesa, Suzanne Dikker junto con el artista y diseñador interactivo neerlandés, Matthias Oostrik, el compositor neerlandés, Than van Nispen y músico neerlandés, Ivo van Dijk, para explorar la interacción entre el cerebro y la música, utilizando técnicas de neurociencia para investigar la comunicación entre músicos durante una presentación en vivo (Figura 1).

Figura 1

*Capturas de “Harmonic Dissonance Quartet” (2022) de Suzanne Dikker y Matthias Oostrik. Instalación de audiovisuales (4 canales de video, 4 canales de audio, 4 canales de cámara infrarroja, materiales de acero y madera, footprinting W*D*H 12x7x3 metros, software de C++, openpose, openFrameworks, FMOD). Duración infinita*



Nota. Oostrik (n.d., 2022).

Esta obra de neuroarte de Dikker y Oostrik es una instalación lúdica que fusiona arte y ciencia, donde el público baila y se mueve frente a grandes instrumentos audiovisuales que, tocados colectivamente, desbloquean nuevos niveles de juego y evolucionan la instalación, creando composiciones en constante cambio que oscilan entre armonía y disonancia, mientras se traducen datos objetivos en narrativas intuitivas para participantes y espectadores gracias a la colaboración entre científicos y artistas.

Otro proyecto de Dikker y Oostrik, NeuroTango es un experimento en vivo que utiliza auriculares inalámbricos para detectar las ondas cerebrales de los bailarines de tango en sincronía; la obra ha demostrado que los bailarines experimentan una alta sincronización cerebral durante la danza y que esta puede ser reforzada mediante el entrenamiento en tango, y los resultados se visualizan en tiempo real a través de proyecciones dinámicas en las paredes (Dikker, n.d.). Se realizó un experimento en vivo en Cantina Royal, un lugar ubicado en el barrio Williamsburg de Brooklyn en Nueva York de 2014 (Figura 2).

Figura 2

Capturas de “NeuroTango” (2014) de Suzanne Dikker y Matthias Oostrik.



Nota. The Daily Dot. (2014a, 2014b).

No son solo proyectos únicos de Dikker y Oostrik, sino que hay muchas obras de neuroarte que han surgido de los experimentos de neurociencia del Mutual Brainwaves Lab, utilizando el neurofeedback interactivo para rastrear y visualizar la sincronización de las ondas cerebrales en tiempo real, como si dos cabezas se fusionaran dentro y fuera de la otra. (Dikker, n.d.).

Ha creado obras de arte interactivas que utilizan tecnologías de detección y visualización, incluyendo la neurotecnología, para explorar temas relacionados con la percepción y la cognición. Por ejemplo, un proyecto “EyeWriter” fue iniciado en 2009 por un grupo de artistas y diseñadores, incluyendo a Zachary Lieberman, como una respuesta a la esclerosis lateral amiotrófica (ELA) que sufría el artista callejero neoyorquino Tempt One (EyeWriter, n.d.). La enfermedad lo dejó paralizado, incapaz de mover su cuerpo, con excepción de sus ojos. Lieberman y su equipo diseñaron un sistema que utiliza una cámara infrarroja y un software de seguimiento de ojos para capturar el movimiento ocular y traducirlo en líneas y formas en una pantalla o superficie (Figura 3). La tecnología se ha utilizado para crear obras de arte expresivas y para ayudar a las personas con discapacidad física a comunicarse y expresarse creativamente, permitiéndoles dibujar en tiempo real usando sus ojos en una pantalla o superficie.

Figura 3

Capturas de proyecto de prueba



Discusión

La neurotecnología, la neuroarte y las artes mediales son campos que han generado diversas discusiones y debates en los últimos años. No obstante, algunos críticos han sido cuestionados por la ética de la neurotecnología en el arte, argumentando que la medición y la manipulación de la actividad cerebral pueden ser invasivas, o incluso se puede violar la privacidad y el consentimiento de espectadores. También han expresado su preocupación sobre el uso potencialmente manipulativo de la neurotecnología en publicidad, política y otras áreas. Por otro lado, los defensores de la neurotecnología y las artes mediales que se han sido argumentados a estos campos mediante el uso de las nuevas formas de expresión creativa, y por supuesto, al proporcionar una mejor comprensión de la experiencia humana y la interacción con el arte. También, se han destacado el potencial de la neurotecnología para mejorar la educación, el tratamiento de enfermedades mentales y otros campos relacionado con la medicina y la terapia.

Sin embargo, esta integración de las artes mediales en diverso campo de neuroarte y neurotecnología se puede tener un impacto significativo en la percepción sensorial, tanto para el cerebro humano como para el cuerpo. Al incorporar las artes mediales a través del rango de herramientas y técnicas disponibles para el estudio de estos instrumentos tecnológicos-artísticos, y podría resultar en nuevos experimentos y avances creativos (Bernaschina, 2019, 2021b, 2022; Graham, 2016; Jones & Muller, 2008; McCarthy & Ondaatje, 2002; Pérez, 2012). Además, las artes mediales ofrecen nuevas formas de comunicar información compleja sobre el cerebro y la mente al público en general, por ejemplo, mediante el uso de realidad virtual, realidad aumentada o videojuegos. Es importante fomentar la colaboración interdisciplinaria entre artistas, científicos y profesionales de la salud mental o de la educación, lo que puede llevar a una comprensión más completa y holística del cerebro y la mente humana. Esto, a su vez, podría mejorar la atención médica y el bienestar mental, por supuesto, el aprendizaje escolar de las personas.

Conclusiones

En conclusión, la neurotecnología artística, el neuroarte y las artes mediales son campos interdisciplinarios que combinan la tecnología y la neurociencia cognitiva con la creación de obras de arte de Dikker y Oostrik, y Lieberman, ofreciendo nuevas posibilidades creativas y exploratorias para todos los y todas las artistas y una mayor interactividad, y por supuesto con la participación de la persona que experimenta la obra de arte. Si bien estos campos han generado diversas discusiones y debates sobre la ética, su potencial y sus limitaciones. Es importante explorar su uso y aplicación en el arte y otras áreas. La neurotecnología en artes mediales también tiene el potencial de mejorar la educación, la medicina y otras disciplinas, y se espera que siga siendo un área de investigación y desarrollo en el futuro artístico-tecnológico.

La inclusión de las artes mediales en el campo de la neuroarte y la neurotecnología es fundamental para avanzar en la comprensión de temas complejos relacionados con el cerebro y la mente, y por supuesto, el cuerpo para mejorar la creatividad y la colaboración interdisciplinaria a través de la investigación de neurocientífica. Además, la interactividad y la participación del espectador en el arte pueden considerarse como una oportunidad para democratizar la experiencia artística y tecnológica, y fomentando una conexión emocional y cognitiva más profunda con la obra de neuroarte.

Referencias bibliográficas

- Alcívar-Alcívar, D., y Moya-Martínez, M. (2020). La neurociencia y los procesos que intervienen en el aprendizaje y la generación de nuevos conocimientos. *Polo del Conocimiento*, 5(8), 510-529. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1607>
- Bernaschina, D. (2019). Las TIC y Artes mediales: La nueva era digital en la escuela inclusiva. *Alteridad*, 14(1), 40-52. <https://doi.org/10.17163/alt.v14n1.2019.03>
- Bernaschina, D. (2021a). ¿Dónde está el concepto del lenguaje de artes mediales?. *Revista Actos*, 3(6), 119-131. <http://doi.org/10.25074/actos.v3i6.2056>
- Bernaschina, D. (2021b). Interacción pedagógica en las TIC: Mediación inclusiva en el aula virtual. *Etic@net: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 21(1), 171-192. <http://doi.org/10.30827/eticanet.v21i1.15978>
- Bernaschina. (2022). GIF y net.art en las TIC: nueva aplicación educativa para la escuela inclusiva. *Revista Avenir*, 6(1), 7-15. https://www.academia.edu/99774730/GIF_y_net_art_en_las_TIC_nueva_aplicacion_educativa_para_la_escuela_inclusiva
- Bojić, L. (2022). Culture organism or techno-feudalism: how growing addictions and artificial intelligence shape contemporary society. Institute for Philosophy and Social Theory, University of Belgrade. https://hdl.handle.net/21.15107/rcub_rifdt_2633
- Bosnar-Puretić, M., Roje-Bedeković, M., & Demarin, V. (2009). The art: neuroscientific approach. *Acta clinica Croatica*, 48(3), 367-370. <https://acortar.link/0Hsi5D>

- Botella Nicolás, A. M. (2020). El paisaje sonoro como arte sonoro. Cuadernos de música, artes visuales y artes escénicas, 15(1), p. 112-125. <https://doi.org/10.11144/javeriana.mavae15-1.epsc>
- Casanova-Borjas, L. (2021). Incorporación de la neurotecnología educativa en los procesos de enseñanza y aprendizaje. REDIELUZ, 11(1), 135-139. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/redieluz/article/view/36944>
- Casanova-Borjas, L. (2022). Neuroeducación y neurotecnología. Saberes Andantes, 4(Especial), 87-96. <https://saberesandantes.org/index.php/sa/article/view/155>
- Chatterjee, A. (2011). Visual Art. In J. A. Gottfried (Ed.), *Neurobiology of Sensation and Reward* (pp. 391-404). CRC Press/Taylor & Francis.
- Cinel, C., Valeriani, D., & Poli, R. (2019). Neurotechnologies for Human Cognitive Augmentation: Current State of the Art and Future Prospects. *Frontiers in human neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00013>
- Cometa, A., et al. (2022). Clinical neuroscience and neurotechnology: An amazing symbiosis. *iScience*, 25(10), 105124. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105124>
- Cuesta Valera, S., Fernández Valdés, P., & Muñoz Viñas, S. (2021). NFT y arte digital: nuevas posibilidades para el consumo, la difusión y preservación de obras de arte contemporáneo. *Artnodes*, (28), 1-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8397105>
- Dale, J. A., Hyatt, J., & Hollerman, J. (2007). The neuroscience of dance and the dance of neuroscience: Defining a path of inquiry. *Journal of Aesthetic Education*, 41(3), 89-110. <https://www.jstor.org/stable/25160240>
- de León Barrios, V. H. (2022). Neurotecnología: el futuro. *Revista Académica CUNZAC*, 5(2), 107-113. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v5i2.77>
- Demarin, V. Roje, M., Bosnar, M. & Bošnjak, M. (2016). Arts, Brain and Cognition. *Psychiatria Danubina*, 28(4), 343-348. https://www.psychiatria-danubina.com/UserDocsImages/pdf/dnb_vol28_no4/dnb_vol28_no4_343.pdf
- Dietrich, P., & Knieper, T. (2021). (Neuro)Aesthetics: Beauty, ugliness, and ethics. *PsyCh Journal*, 11(5), 619-627. <https://doi.org/10.1002/pchj.478>
- Dikker, S. (n.d.). Science + art + education. [suzannedikker.net](http://www.suzannedikker.net/art-science-education). <http://www.suzannedikker.net/art-science-education>
- Ebitz, R. B., & Hayden, B. Y. (2021). The population doctrine in cognitive neuroscience. *Neuron*, 109(19), 3055-3068. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.07.011>
- EyeWriter. (n.d.). <https://eyewriter.org>
- Frazzetto, G., & Anker, S. (2009). Neuroculture. *Nature reviews. Neuroscience*, 10(11), 815-821. <https://doi.org/10.1038/nrn2736>
- Gingrich, O., & Rahman, S. (2022, July 4-8). Neuro Art: liminal reflection, introspection, and participatory art. *Electronic Workshops in Computing. Proceedings of EVA London 2022*, London, UK. <https://doi.org/10.14236/ewic/eva2022.27>
- Graham, B. (Ed.). (2016). *New collecting: exhibiting and audiences after new media art*. Routledge.
- Hampson, M., Ruiz, S., & Ushiba, J. (2020). Neurofeedback. *NeuroImage*, 218, 116473. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116473>



- Horváth, G. (2018). Visual imagination and the narrative image. Parallelisms between art history and neuroscience. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 105, 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.06.007>
- Iigaya, K., O'Doherty, J. P., & Starr, G. G. (2020). Progress and promise in neuroaesthetics. *Neuron*, 108(4), 594-596. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.10.022>
- Jokeit, H., & Blochwitz, D. (2020). Neuro-aesthetics and the iconography in photography. *PsyCh Journal*, 9(4), 444-457. <https://doi.org/10.1002/pchj.379>
- Jones, C., & Muller, L. (2008). Between real and ideal: Documenting media art. *Leonardo*, 41(4), 418-419. <https://doi.org/10.1162/leon.2008.41.4.418>
- Karpov, V., & Syrotynska, N. (2018). Neuro-art in the context of creativity. *National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts Herald*, (1), 110-115. <http://journals.uran.ua/visnyknakkkim/article/view/160039>
- Kovacevic, N., Petra Ritter, W., Sylvain, A. (2015). My Virtual Dream: Collective Neurofeedback in an Immersive Art Environment. *PloS one*, 10(7), e0130129. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130129>
- Lazar, L. (2018). The Cognitive Neuroscience of Design Creativity. *Journal of experimental neuroscience*, 12, <https://doi.org/10.1177/1179069518809664>
- Llamas Ubieta, M. (2020). Postdigital ahora. *E-Prints Complutense*. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/61054/>
- Lundy, T., James, C., & Reybrouck, M. (2022). Editorial: Neuroscience and new music: Assessing behavioral and cerebral aspects of its perception, cognition, induction, and entrainment. *Frontiers in psychology*, 13, 979570. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.979570>
- Marcos, A. F. (2007). Digital art: when artistic and cultural muse merges with computer technology. *IEEE computer graphics and applications*, 27(5), 98-103. <https://doi.org/10.1109/mcg.2007.123>
- McCarthy, K. F., & Ondaatje, E. H. (2002). *From celluloid to cyberspace: The media arts and the changing arts world*. Rand Corporation.
- Meza Mendoza, L. R., & Moya Martínez, M. E. (2020). TIC y neuroeducación como recurso de innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 5(2), 85-96. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v5i2.2397>
- Muntané Sánchez, A., & Moros Claramunt, E. R. (2020). ¿La neurociencia puede explicar el funcionamiento global del cerebro?. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 14(1), 103-111. <https://cnps.cl/index.php/cnps/article/view/404>
- Nadal, M. (2013). The experience of art: insights from neuroimaging. *Progress in brain research*, 204, 135-158. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63287-6.00007-5>
- Oostrik, M. (n.d.). About: Harmonic Dissonance Quartet. [Video]. [oostrik.net](https://www.oostrik.net/projects/hdq/index.html). <https://www.oostrik.net/projects/hdq/index.html>
- Oostrik, M. (2022, April 8). Harmonic Dissonance Quartet [Video]. [Vimeo](https://vimeo.com/697313465). <https://vimeo.com/697313465>
- Pepperell, R. (2018). Art, energy, and the brain. *Progress in Brain Research*, 237, 417-435. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.03.022>
- Pérez Tort, S. (2012). Arte medial: complejidad, mediación y sociedad. *Iconofacto*, 8(11), 61-76. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/7326>

- Pinti, P. et al. (2020). The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1464(1), 5-29. <https://doi.org/10.1111/nyas.13948>
- Roberts, R. (2019, 15 de mayo). *Neurotecnologías: los desafíos de conectar el cerebro humano y computadores*. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria. <https://acortar.link/rWYKqA>
- Rowland, J. (2021). Perception as Media: Reconsidering the Arts and Neurotechnology. *Leonardo*, 54(4), 406-411. https://doi.org/10.1162/leon_a_01886
- Sagar, M., Volle, E., Uddin, L., Chrysikou, E. & Green, A. (2021). Creativity and the brain: An editorial introduction to the special issue on the neuroscience of creativity. *NeuroImage*, 231, 117836. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.117836>
- Saquib, N. & Habib, R. (2019). (2019, May). Interactive body-driven graphics for augmented video performance. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-12). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300852>
- Siler, T. (2015). Neuroart: picturing the neuroscience of intentional actions in art and science. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00410>
- Singh, G. (2005). Digital art revolution. *IEEE computer graphics and applications*, 25(2), 4-5. <https://doi.org/10.1109/mcg.2005.39>
- Skov, M. (2019). Aesthetic appreciation: The view from neuroimaging. *Empirical Studies of the Arts*, 37(2), 220-248. <https://doi.org/10.1177/0276237419839257>
- The Daily Dot. (2014a, 27 de marzo). NeuroTango Experiment: Brainwaves in Sync pt. 1. [Video]. YouTube. https://youtu.be/2h8jyqYN_Rc
- The Daily Dot. (2014b, 27 de marzo). NeuroTango Experiment: Brainwaves in Sync pt. 2. [Video]. YouTube. <https://youtu.be/DHzBeD2kDLw>
- Trimarchi, F., Martino, E., & Bartalena, L. (2019). Acromegaly in digital art. *Journal of endocrinological investigation*, 42(11), 1387-1388. <https://doi.org/10.1007/s40618-019-01049-y>
- Ursu, N., Hutysul, I., Paur, I., Pidhurnyi, I. y Takirov, T. (2022). Neuro Art as an Incorporation of the Conscious and the Unconscious in the Modern Exposition of Art Objects. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 13(3), 277-287. <https://doi.org/10.18662/brain/13.3/367>
- Vázquez-Guardado, A., Andodkar, A. y Rogers, J. (2020). Recent advances in neurotechnologies with broad potential for neuroscience research. *Nature neuroscience*, 23(12), 1522-1536. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-00739-8>
- Wolf, J. (2020). Predictive coding: Neuroscience and art. *Progress in brain research*, 253, 139-167. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2020.06.018>
- Zeki, S., Bao, Y., & Pöppel, E. (2020). Neuroaesthetics: The art, science, and brain triptych. *PsyCh journal*, 9(4), 427-428. <https://doi.org/10.1002/pchj.383>