

Tecnologías emergentes aplicadas a mejorar tratamientos en pacientes con adicción a las drogas: estado del arte

Emerging technologies applied to improve treatments in patients with drug addiction: state of the art

Tecnologie emergenti applicate al miglioramento dei trattamenti nei pazienti con dipendenza da droghe: stato dell'arte

Cecilia Elizabeth Cabanilla Burgos ^I
cecilia.cabanillac@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-9360-8451>

Fabián Andrés Espinoza Bazán ^{II}
fabian.espinozab@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4487-0548>

Francisco Gerardo Palacios Ortiz ^{III}
francisco.palacios@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3705-3862>

Correspondencia: cecilia.cabanillac@unemi.edu.ec

Artículo de Investigación

*** Recibido:** 29 de abril de 2026 *** Aceptado:** 31 de mayo de 2026 *** Publicado:** 11 de junio de 2026

- I. Universidad de Guayaquil Ecuador.
- II. Universidad de Guayaquil Ecuador.
- III. Universidad de Guayaquil Ecuador.

RESUMEN

Este estudio explora el potencial de las tecnologías emergentes en el tratamiento de la adicción a las drogas, incluyendo la aplicación de interfaces cerebro-computadora (BCI). La investigación analiza el uso de alternativas basadas en registros electroencefalográficos (EEG) para identificar patrones neuronales característicos en pacientes en proceso de rehabilitación, con el fin de diseñar intervenciones personalizadas y adaptadas a la dependencia de sustancias psicoactivas. Aunque algunos de estos procesos y tecnologías han tenido diferentes enfoques, como las BCI, utilizadas principalmente para restaurar funciones motoras en patologías como la esclerosis lateral amiotrófica o lesiones de la médula espinal que afectan el movimiento, su aplicación en contextos neuropsiquiátricos permite obtener mayores detalles que contribuyen a la detección temprana de recaídas o mejoras en el tratamiento y rehabilitación de pacientes con esta enfermedad crónica. Esto se logra mediante resultados preliminares del análisis de señales EEG, los cuales permiten determinar el grado de adicción a través del marcador de craving o deseo de consumo. Este artículo busca aportar un marco técnico para el descubrimiento de soluciones integrales que amplíen el uso de las BCI en el campo de las adicciones, así como proponer una ruta hacia terapias más efectivas y personalizadas.

Palabras clave: BCI, tratamiento, EEG, cerebro, adicción.

ABSTRACT

This study explores the potential of emerging technologies in the treatment of drug addiction, including the application of brain-computer interfaces (BCIs). This research analyzes the use of alternatives based on electroencephalographic (EEG) recordings to identify characteristic neuronal patterns in patients undergoing rehabilitation, in order to design personalized interventions adapted to psychoactive substances. Although some of the processes and technologies have had different approaches, such as BCI, which is primarily used to restore motor functions in pathologies such as amyotrophic lateral sclerosis or spinal cord injuries that impair movement, its application in neuropsychiatric contexts allows for obtaining greater details that contribute to the early detection of relapses or improvements in the treatment and rehabilitation of patients with this chronic disease, by obtaining preliminary results from EEG signal analysis, which determine the degree of addiction through the craving marker. This article seeks to contribute a technical framework to the discovery of comprehensive solutions to expand the use of BCI in addictions, as well as provide a path to more effective and personalized therapies.

Keywords: BCI, treatment, EEG, brain, addiction.

RIASSUNTO

Questo studio esplora il potenziale delle tecnologie emergenti nel trattamento della dipendenza da droghe, includendo l'applicazione delle interfacce cervello-computer (BCI). La ricerca analizza l'uso di alternative basate su registrazioni elettroencefalografiche (EEG) per identificare pattern neuronali caratteristici nei pazienti sottoposti a processi di riabilitazione, con l'obiettivo di progettare interventi personalizzati e adattati alla dipendenza da sostanze psicoattive. Sebbene alcuni di questi processi e tecnologie abbiano avuto approcci diversi, come le BCI, utilizzate principalmente per ripristinare le funzioni motorie in patologie quali la sclerosi laterale amiotrofica o le lesioni del midollo spinale che compromettono il movimento, la loro applicazione in contesti neuropsichiatrici consente di ottenere maggiori dettagli che

contribuiscono alla rilevazione precoce delle ricadute o al miglioramento del trattamento e della riabilitazione dei pazienti affetti da questa malattia cronica. Ciò avviene attraverso risultati preliminari dell'analisi dei segnali EEG, che permettono di determinare il grado di dipendenza mediante il marker del craving o desiderio di consumo. Questo articolo mira a fornire un quadro tecnico per la scoperta di soluzioni integrali che amplino l'uso delle BCI nel campo delle dipendenze, nonché a proporre un percorso verso terapie più efficaci e personalizzate.

Parole chiave: BCI, trattamento, EEG, cervello, dipendenza.

Introducción

La salud pública enfrenta grandes desafíos en la era digital, especialmente aquellos relacionados con el consumo de sustancias ilícitas y sus efectos sobre la salud física, mental y social de la población. Según el Informe Mundial sobre Drogas 2023 de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, el número de personas que consumieron drogas aumentó en un 23 %, lo que representa aproximadamente 56 millones de personas más en comparación con el año 2021, dentro de un rango etario comprendido entre los 15 y 64 años, en correspondencia con el crecimiento de la población mundial (UNODC, 2023). De manera general, el consumo de drogas se ha convertido en una problemática crítica en un mundo globalizado e hiperconectado, donde las adicciones son cada vez más frecuentes y pueden derivar en consecuencias graves, e incluso fatales.

En este contexto, las adicciones representan uno de los problemas más complejos de abordar en el presente siglo, debido a que provocan alteraciones severas en la salud de quienes las padecen y pueden generar secuelas permanentes asociadas a daños neurobiológicos, afectando tanto el desarrollo cerebral como la estabilidad psicosocial del paciente (Fundación Kronos, 2020). La adicción, entendida como una enfermedad crónica, afecta directamente el funcionamiento cerebral, alterando procesos vinculados con la neurogénesis, la plasticidad sináptica y los circuitos de recompensa. Durante el consumo de sustancias psicoactivas se produce un desequilibrio en la liberación de dopamina, neurotransmisor asociado al placer, la

motivación y la recompensa, lo que refuerza la conducta de consumo y favorece la consolidación de patrones de dependencia.

Desde una perspectiva neurobiológica, el uso reiterado de drogas no solo altera los circuitos de recompensa y motivación, sino que también refuerza conductas compulsivas mediante mecanismos de memoria que registran estas experiencias como gratificantes, aunque sus consecuencias sean negativas. De acuerdo con Volkow, Koob y McLellan (2016), los avances neurobiológicos en el modelo de la adicción como enfermedad cerebral evidencian la desensibilización de los circuitos de recompensa, lo cual reduce la capacidad del individuo para experimentar placer y motivación en actividades cotidianas. Asimismo, estos procesos debilitan regiones cerebrales fundamentales para la toma de decisiones, la atención y la autorregulación, incrementando el riesgo de recaídas y la vulnerabilidad frente a trastornos psiquiátricos.

Ante este panorama, resulta necesario explorar enfoques interdisciplinarios que integren tecnologías emergentes para mejorar los procesos de diagnóstico, rehabilitación y tratamiento de pacientes con trastornos por consumo de drogas. Entre estas alternativas se destacan las interfaces cerebro-computadora, los registros electroencefalográficos, la inteligencia artificial y otras herramientas tecnológicas que permiten identificar patrones neurológicos asociados al consumo, el craving o deseo de consumo, el estrés y la posibilidad de recaída. Estas tecnologías pueden aportar información relevante para intervenir sobre circuitos cerebrales disfuncionales, fortalecer los tratamientos actuales y diseñar estrategias terapéuticas más personalizadas, oportunas y sostenibles, de acuerdo con las características del paciente y el tipo de sustancia consumida; por ello, este estudio se orienta a responder la siguiente pregunta: ¿cómo pueden las tecnologías emergentes aportar activamente a la identificación de nuevas oportunidades que mejoren la calidad de los procesos de diagnóstico, rehabilitación y tratamiento en pacientes con trastornos por consumo de drogas?

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de revisión bibliográfica, orientado al análisis de investigaciones relacionadas con el uso de tecnologías emergentes en los procesos de tratamiento, rehabilitación y reinserción de pacientes con adicción a las drogas. Se consideraron principalmente publicaciones científicas comprendidas entre los años 2018 y 2024, además de referencias fundacionales de alta relevancia que aportan bases conceptuales para comprender la integración de herramientas tecnológicas en intervenciones clínicas y terapéuticas.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas e indexadas como Scopus, Web of Science, Latindex 2.0, Dialnet, entre otras. Para ello, se emplearon palabras clave en español e inglés relacionadas con rehabilitación, neurotecnología, interfaces cerebro-computadora, brain-computer interface, BCI, realidad virtual, virtual reality, VR, estimulación cerebral no invasiva, neurofeedback, adicción y reinserción social. Esta estrategia permitió identificar estudios vinculados con la aplicación clínica de tecnologías emergentes en contextos de rehabilitación neurológica, neuropsicológica y de tratamiento de adicciones.

Como criterios de inclusión, se seleccionaron estudios experimentales, cuasi-experimentales, revisiones sistemáticas y artículos científicos validados o indexados que abordaran intervenciones basadas en tecnologías emergentes con aplicación clínica documentada. Asimismo, se consideraron investigaciones relacionadas con poblaciones que presentaran trastornos neurológicos, lesiones cerebrales o problemas de adicción. Por otra parte, se excluyeron reportes anecdóticos, publicaciones sin validación científica, estudios sin medición objetiva de resultados y documentos que no guardaran relación directa con el tema de análisis.

El análisis crítico de la literatura permitió identificar que tecnologías como las interfaces cerebro-computadora, la realidad virtual, el neurofeedback y la estimulación cerebral no invasiva presentan un alto potencial para personalizar los tratamientos, monitorear la evolución de los pacientes, fortalecer la adherencia terapéutica y reducir el riesgo de recaídas. No obstante, también se evidencian limitaciones importantes, como el reducido tamaño de las muestras en varios estudios, la escasa estandarización de protocolos y la falta de seguimiento a largo plazo. En este sentido, la revisión busca aportar una sistematización de la evidencia disponible, identificar brechas investigativas y proponer nuevas oportunidades para mejorar la implementación clínica de tratamientos tecnológicos en pacientes con dependencia a las drogas.

Resultados

Los resultados de la revisión evidencian que el consumo problemático de drogas produce alteraciones significativas en la estructura y funcionamiento cerebral, especialmente en los circuitos asociados con la recompensa, el estrés, la motivación, la memoria y el autocontrol. Según NIDA (2020), la adicción constituye un trastorno crónico y recurrente que genera cambios funcionales en regiones cerebrales vinculadas con la toma de decisiones, el aprendizaje y la regulación de la conducta. Estos cambios pueden mantenerse incluso después de largos periodos de abstinencia, lo que explica la persistencia del deseo de consumo, la dificultad para sostener la rehabilitación y la probabilidad de recaídas.

Desde la perspectiva neurobiológica, los hallazgos revisados muestran que las drogas modifican la actividad dopaminérgica y afectan la sensibilidad de los circuitos de recompensa. Volkow, Koob y McLellan (2016) señalan que la adicción reduce progresivamente la capacidad del individuo para experimentar placer ante estímulos naturales, debido a la desensibilización de los sistemas de recompensa. Esta condición debilita funciones ejecutivas como la toma de

decisiones, la atención y la autorregulación, incrementando la vulnerabilidad frente a recaídas y trastornos psiquiátricos. De igual manera, Hyman, Malenka y Nestler (2006) explican que los procesos de aprendizaje y memoria relacionados con la recompensa fortalecen conexiones sinápticas asociadas al consumo, consolidando patrones compulsivos difíciles de revertir.

La revisión también permitió identificar que el impacto del consumo varía según el tipo de sustancia. Los estimulantes, depresores, opioides, alucinógenos, cannabinoides, drogas de diseño e inhalantes generan afectaciones diferenciadas en la salud física, mental y conductual. Entre las consecuencias más relevantes se encuentran alteraciones cardiovasculares, daño hepático, deterioro cognitivo, ansiedad, paranoia, episodios psicóticos, desinhibición, agresividad, aislamiento, conductas erráticas y dependencia extrema. Durante la abstinencia se observan manifestaciones como craving, depresión, irritabilidad, insomnio, ansiedad, temblores, agotamiento y dificultad para regular las emociones, lo que demuestra la necesidad de tratamientos personalizados según la sustancia consumida y el perfil clínico del paciente.

Otro resultado relevante es la alta probabilidad de recaídas en los procesos de rehabilitación. NIDA (2023) plantea que las recaídas pueden oscilar entre el 40 % y el 60 %, lo que evidencia que los tratamientos tradicionales, aunque necesarios, requieren fortalecerse mediante estrategias de seguimiento, prevención y personalización. En este sentido, la recaída no debe interpretarse únicamente como fracaso terapéutico, sino como parte de un proceso crónico que demanda intervención continua, monitoreo clínico y acompañamiento sostenido. Esta perspectiva coincide con los enfoques de cambio conductual que reconocen la recaída como una etapa posible dentro del proceso de recuperación.

En relación con las tecnologías emergentes, los resultados muestran que las interfaces cerebro-computadora, los registros electroencefalográficos, el neurofeedback, la realidad virtual, la inteligencia artificial, la estimulación magnética transcraneal repetitiva y las aplicaciones

móviles representan alternativas con alto potencial para mejorar los procesos de diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. Young, Lin y Hochberg (2021) destacan que las BCI han mostrado avances importantes en neurorecuperación y neurorrehabilitación, especialmente por su capacidad para captar, procesar e interpretar señales cerebrales. Aunque su aplicación ha sido más frecuente en trastornos motores y neurológicos, su uso en adicciones puede contribuir a identificar patrones cerebrales asociados al craving, al estrés y al riesgo de recaída.

Tabla 1.

Estrategias tecnológicas emergentes aplicadas al tratamiento de pacientes con adicción a las drogas

Tecnología emergente	Estrategia de aplicación	Aporte al tratamiento	Autores de respaldo
Interfaces cerebro-computadora (BCI)	Registro e interpretación de señales cerebrales para identificar patrones asociados al craving, estrés o riesgo de recaída.	Permite obtener información neurofisiológica del paciente y orientar intervenciones más personalizadas.	Young, Lin y Hochberg (2021); Ay et al. (2024).
Electroencefalografía (EEG)	Monitoreo de la actividad cerebral mediante sensores no invasivos durante estímulos relacionados con el consumo o la abstinencia.	Facilita la detección de respuestas cerebrales vinculadas con deseo de consumo, ansiedad o control inhibitorio.	Ay et al. (2024); Kober et al. (2013).
Neurofeedback	Entrenamiento del paciente para reconocer y modificar patrones de actividad cerebral mediante retroalimentación visual o auditiva.	Contribuye a mejorar la autorregulación, la atención, el control emocional y la reducción de respuestas compulsivas.	Hammond (2008, 2011); Gruzelier (2014).
Realidad virtual (VR)	Exposición controlada a escenarios simulados relacionados con situaciones de riesgo o consumo.	Permite entrenar habilidades de afrontamiento en ambientes seguros y supervisados.	Segawa et al. (2020); Taubin et al. (2022).

Realidad virtual con neurofeedback	Uso de entornos inmersivos que responden a la actividad cerebral del paciente mediante estímulos visuales asociados a la modulación de ondas cerebrales.	Favorece la motivación terapéutica y el entrenamiento de parámetros EEG en contextos más interactivos.	Davelaar et al. (2018); Kober et al. (2013); Wimmer et al. (2023); Kober, Wood y Berger (2024).
Inteligencia artificial	Análisis de datos clínicos, conductuales y neurofisiológicos para identificar patrones de riesgo.	Apoya la predicción de recaídas y la toma de decisiones clínicas basadas en datos.	Observatorio de Inteligencia Artificial (2024); Rocheplus (2021).
Aplicaciones móviles y asistentes virtuales	Seguimiento remoto del estado emocional, adherencia terapéutica, hábitos y factores desencadenantes.	Fortalece el acompañamiento continuo y permite mantener contacto terapéutico fuera del centro de rehabilitación.	López (2024); Rocheplus (2021).
Estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr)	Aplicación de pulsos magnéticos sobre regiones cerebrales vinculadas con recompensa, craving y control inhibitorio.	Puede contribuir a reducir el deseo de consumo y modular circuitos cerebrales asociados a la dependencia.	Fundación Cromos (2019); HelpGuide.org (2024).

Fuente: Elaboración propia a partir de Young, Lin y Hochberg (2021), Ay et al. (2024), Hammond (2008, 2011), Gruzelier (2014), Davelaar et al. (2018), Kober et al. (2013), Wimmer et al. (2023), Kober, Wood y Berger (2024), Segawa et al. (2020), Taubin et al. (2022), López (2024), Rocheplus (2021), Observatorio de Inteligencia Artificial (2024), Fundación Cromos (2019) y HelpGuide.org (2024).

Los sistemas BCI basados en EEG permiten registrar la actividad cerebral en tiempo real mediante sensores no invasivos ubicados sobre el cuero cabelludo. Estos sistemas pueden clasificarse en endógenos y exógenos, según el origen de la señal y el tipo de estímulo utilizado. De acuerdo con Ay et al. (2024), la estructura de un sistema BCI incluye cuatro fases: adquisición de señales, procesamiento, salida y retroalimentación. Esta arquitectura resulta pertinente para el tratamiento de adicciones, ya que facilita el monitoreo de respuestas cerebrales ante estímulos positivos, negativos o asociados al consumo, aportando información útil para diseñar intervenciones más precisas.

Asimismo, el neurofeedback aparece como una herramienta terapéutica relevante, debido a que permite entrenar al paciente para reconocer y modificar determinados patrones de actividad

cerebral. Hammond (2008, 2011) sostiene que el neurofeedback puede contribuir a mejorar procesos de autorregulación, atención y control emocional. En el contexto de las adicciones, esta técnica puede emplearse como complemento para reducir patrones disfuncionales relacionados con ansiedad, estrés y deseo compulsivo de consumo. Sin embargo, su efectividad depende de la continuidad del entrenamiento, la preparación del personal clínico y la disponibilidad de equipos adecuados.

La realidad virtual y la realidad aumentada también se identifican como tecnologías prometedoras para terapias de exposición controlada. Segawa et al. (2020) señalan que la realidad virtual puede ser útil en la evaluación y tratamiento de trastornos adictivos, al permitir que el paciente enfrente situaciones simuladas de riesgo en ambientes seguros y supervisados. De igual forma, Taubin et al. (2022) destacan que las terapias de realidad virtual pueden influir en resultados secundarios del tratamiento, como el manejo de ansiedad, la motivación terapéutica y la exposición progresiva a estímulos desencadenantes. Estas herramientas permiten recrear escenarios asociados al consumo, entrenar respuestas de afrontamiento y preparar al paciente para situaciones reales posteriores a la rehabilitación.

Por otra parte, la inteligencia artificial y los modelos predictivos ofrecen posibilidades importantes para anticipar episodios de recaída mediante el análisis de datos conductuales, clínicos y neurológicos. La IA puede integrarse con registros EEG, historiales clínicos, estados emocionales y variables ambientales para identificar patrones de riesgo. Además, los asistentes virtuales, aplicaciones móviles y chatbots pueden fortalecer el acompañamiento terapéutico mediante recordatorios, orientación básica, registro de emociones y apoyo psicoeducativo. Rocheplus (2021), López (2024) y el Observatorio de Inteligencia Artificial (2024) destacan el uso de herramientas digitales en salud mental y en el acompañamiento de procesos vinculados con adicciones, lo cual puede favorecer la continuidad del seguimiento fuera del espacio clínico.

Finalmente, la estimulación magnética transcraneal repetitiva se presenta como una alternativa no invasiva con potencial para intervenir en circuitos cerebrales relacionados con la adicción. Fundación Cromos (2019) describe esta técnica como un procedimiento que utiliza pulsos magnéticos dirigidos a zonas cerebrales específicas, como la ínsula bilateral y la corteza prefrontal, con el propósito de modular la actividad neuronal y reducir el deseo intenso de consumo. Su aplicación en adicciones a sustancias como alcohol, tabaco, cocaína y metanfetaminas sugiere efectos positivos en la reducción del craving y la dependencia. No

obstante, al igual que ocurre con otras tecnologías emergentes, se requiere mayor evidencia empírica, protocolos estandarizados y seguimiento longitudinal para consolidar su implementación clínica.

Como síntesis de los hallazgos, las tecnologías emergentes pueden organizarse según la fase del proceso de rehabilitación en la que resultan más pertinentes. Esta clasificación permite comprender que su utilidad no se limita al diagnóstico, sino que también puede fortalecer la intervención activa, la prevención de recaídas, el seguimiento posterior al tratamiento y la reinserción social del paciente.

Tabla 3.

Estrategias de intervención tecnológica según la fase del proceso de rehabilitación

Fase del proceso	Necesidad clínica identificada	Estrategia tecnológica sugerida	Resultado esperado
Diagnóstico inicial	Identificar el nivel de afectación cerebral, emocional y conductual del paciente.	Aplicación de EEG, BCI y análisis de datos clínicos mediante inteligencia artificial.	Caracterización del perfil del paciente y reconocimiento de patrones asociados al tipo de sustancia consumida.
Planificación del tratamiento	Diseñar intervenciones ajustadas a las necesidades individuales del paciente.	Integración de información clínica, neurofisiológica y conductual para definir rutas terapéuticas personalizadas.	Tratamientos más precisos según el grado de dependencia, historial clínico y respuesta cerebral.
Rehabilitación activa	Mejorar la autorregulación, la motivación y el control del deseo de consumo.	Uso de neurofeedback, realidad virtual, realidad aumentada y ejercicios cognitivos apoyados en entornos tecnológicos.	Fortalecimiento del autocontrol, reducción de respuestas impulsivas y mayor adherencia terapéutica.
Prevención de recaídas	Detectar señales tempranas de craving, estrés o exposición a factores de riesgo.	Monitoreo con aplicaciones móviles, asistentes virtuales, IA predictiva y registros periódicos de síntomas.	Identificación oportuna de alertas y activación de estrategias de apoyo antes de una recaída.
Seguimiento posterior al tratamiento	Mantener el acompañamiento fuera del centro de rehabilitación.	Plataformas digitales, aplicaciones móviles y registros de evolución conductual y emocional.	Continuidad terapéutica, mayor adherencia y reducción del abandono del tratamiento.

Reinserción social y laboral	Favorecer la adaptación del paciente a su entorno familiar, social y productivo.	Uso de herramientas digitales para seguimiento psicosocial, orientación y acompañamiento progresivo.	Mejora de la autonomía, estabilidad emocional y reintegración funcional del paciente.
-------------------------------------	--	--	---

Fuente: Elaboración propia a partir de NIDA (2020, 2023), Volkow, Koob y McLellan (2016), Young, Lin y Hochberg (2021), Ay et al. (2024), Hammond (2011), Segawa et al. (2020), Taubin et al. (2022), López (2024), Rocheplus (2021), Observatorio de Inteligencia Artificial (2024), Fundación Cromos (2019) y HelpGuide.org (2024).

Discusión

Los hallazgos de la revisión permiten afirmar que las tecnologías emergentes no deben entenderse como sustitutos de los tratamientos tradicionales, sino como recursos complementarios que pueden fortalecer los procesos de diagnóstico, rehabilitación y seguimiento de pacientes con trastornos por consumo de drogas. La complejidad neurobiológica de la adicción exige intervenciones integrales, ya que el consumo reiterado afecta simultáneamente los circuitos de recompensa, los mecanismos de memoria, la motivación, el autocontrol y la toma de decisiones. En este sentido, los aportes de Volkow, Koob y McLellan (2016), NIDA (2020) y Hyman, Malenka y Nestler (2006) permiten comprender que la adicción no puede abordarse únicamente desde la conducta observable, sino también desde los cambios cerebrales que sostienen la dependencia.

En este contexto, las BCI y los registros EEG representan una oportunidad para avanzar hacia tratamientos más personalizados. Su principal aporte consiste en permitir la lectura de señales cerebrales asociadas a estímulos, emociones, estrés o craving, lo cual puede facilitar la detección temprana de patrones de riesgo. Young, Lin y Hochberg (2021) destacan el valor de las BCI en procesos de neurorecuperación y neurorrehabilitación, mientras que Ay et al. (2024) señalan que la adquisición y procesamiento de señales cerebrales constituye una base técnica para diseñar sistemas de retroalimentación aplicables a diferentes contextos clínicos. En el caso

de las adicciones, esta posibilidad resulta especialmente relevante porque permitiría adaptar los tratamientos según el tipo de sustancia, el grado de dependencia y la respuesta neurofisiológica del paciente.

Sin embargo, la incorporación de BCI y EEG en el tratamiento de adicciones todavía presenta limitaciones importantes. La calidad de la señal puede verse afectada por interferencias bioeléctricas, condiciones del equipo, ubicación de electrodos y variaciones individuales. Además, muchos estudios aún se encuentran en fases exploratorias o con muestras reducidas, lo que limita la generalización de los resultados. Por ello, aunque el potencial clínico es alto, su aplicación debe avanzar mediante estudios experimentales más robustos, protocolos comparables y validaciones en entornos reales de rehabilitación.

La realidad virtual y la realidad aumentada aportan una dimensión distinta al tratamiento, ya que permiten trabajar con escenarios simulados que reproducen situaciones de riesgo sin exponer al paciente a contextos reales de consumo. Segawa et al. (2020) y Taubin et al. (2022) coinciden en que la realidad virtual puede contribuir a la evaluación y tratamiento de trastornos adictivos mediante terapias de exposición, entrenamiento emocional y desarrollo de habilidades de afrontamiento. Esta tecnología resulta especialmente útil porque permite observar las respuestas cognitivas, emocionales y conductuales del paciente ante estímulos desencadenantes, pero dentro de un ambiente controlado y supervisado.

No obstante, la implementación de realidad virtual también enfrenta desafíos. Entre ellos se encuentran los costos de equipamiento, la necesidad de personal especializado, la adaptación de contenidos terapéuticos a distintos tipos de adicción y la evaluación de efectos a largo plazo. Además, su efectividad puede variar según la edad, el grado de dependencia, la alfabetización digital y la disposición del paciente a participar en experiencias inmersivas. Por esta razón, la

realidad virtual debe incorporarse como parte de un plan terapéutico más amplio, articulado con psicoterapia, seguimiento clínico, apoyo familiar y estrategias de reinserción social.

La inteligencia artificial, las aplicaciones móviles y los asistentes virtuales amplían las posibilidades de monitoreo continuo. Estas herramientas permiten registrar hábitos, estados de ánimo, factores desencadenantes, cumplimiento de metas, adherencia al tratamiento y señales de alerta temprana. En este punto, las tecnologías digitales pueden contribuir a reducir la distancia entre el centro de rehabilitación y la vida cotidiana del paciente. Rocheplus (2021), López (2024) y el Observatorio de Inteligencia Artificial (2024) muestran que los recursos digitales pueden apoyar procesos de orientación, recordatorio y acompañamiento en salud mental. Sin embargo, también es necesario considerar riesgos éticos asociados con la privacidad, la protección de datos sensibles y la dependencia tecnológica, especialmente cuando se trabaja con información cerebral, emocional y clínica.

La estimulación magnética transcraneal repetitiva se presenta como una estrategia de neuromodulación que puede complementar otros tratamientos al intervenir directamente sobre circuitos cerebrales vinculados con el craving y el control inhibitorio. Fundación Cromos (2019) destaca su carácter no invasivo y su potencial para reducir el deseo intenso de consumo mediante la estimulación de regiones cerebrales específicas. En adicciones, su mayor aporte se relaciona con la posibilidad de modular zonas cerebrales implicadas en la compulsión, la recompensa y la toma de decisiones. Sin embargo, la discusión científica exige prudencia, ya que todavía se requieren estudios longitudinales que determinen la duración de sus efectos, los perfiles de pacientes que más se benefician y los protocolos de aplicación más adecuados.

En conjunto, los resultados permiten responder a la pregunta de investigación al evidenciar que las tecnologías emergentes pueden aportar a la identificación de nuevas oportunidades para

mejorar el diagnóstico, la rehabilitación y el tratamiento de pacientes con trastornos por consumo de drogas. Su valor principal radica en tres aspectos: la posibilidad de identificar patrones cerebrales y conductuales, la capacidad de personalizar intervenciones y la oportunidad de realizar seguimiento continuo para prevenir recaídas. No obstante, su incorporación debe realizarse con criterios clínicos, éticos y metodológicos, evitando presentar estas herramientas como soluciones definitivas cuando todavía requieren mayor validación empírica.

Conclusiones

Las tecnologías emergentes constituyen una alternativa prometedora para fortalecer los tratamientos dirigidos a pacientes con adicción a las drogas, especialmente porque permiten integrar información neurobiológica, conductual y clínica en los procesos de rehabilitación. La evidencia revisada muestra que la adicción genera alteraciones significativas en los circuitos de recompensa, estrés y autocontrol, lo que afecta la toma de decisiones, la memoria, la motivación y la autorregulación del paciente. En este sentido, comprender la adicción como una enfermedad cerebral crónica permite justificar la necesidad de tratamientos personalizados y sostenidos en el tiempo (NIDA, 2020; Volkow et al., 2016).

Los resultados permiten concluir que las BCI, los registros EEG y el neurofeedback ofrecen una vía relevante para identificar patrones neurológicos asociados al craving, el estrés y el riesgo de recaída. Estas tecnologías pueden aportar información objetiva sobre la actividad cerebral del paciente y facilitar intervenciones más ajustadas a sus necesidades específicas. Sin embargo, su aplicación en el campo de las adicciones todavía requiere mayor desarrollo experimental, estandarización de protocolos y validación clínica en poblaciones amplias y diversas (Young et al., 2021; Ay et al., 2024; Hammond, 2011).

La realidad virtual, la realidad aumentada, la inteligencia artificial, los asistentes virtuales y las aplicaciones móviles también representan recursos valiosos para complementar los tratamientos tradicionales. Estas herramientas permiten crear entornos seguros de exposición, monitorear factores de riesgo, fortalecer la adherencia, ofrecer apoyo remoto y generar estrategias de afrontamiento ante situaciones asociadas al consumo. No obstante, su implementación debe considerar aspectos como accesibilidad, costos, conectividad, privacidad de datos y capacitación del personal clínico (Segawa et al., 2020; Taubin et al., 2022; Rocheplus, 2021; López, 2024).

La estimulación magnética transcraneal repetitiva se identifica como una técnica no invasiva con potencial para modular circuitos cerebrales vinculados con la dependencia, el deseo de consumo y la regulación conductual. Aunque los resultados revisados sugieren beneficios en pacientes con adicciones a sustancias como alcohol, tabaco, cocaína y metanfetaminas, es necesario fortalecer la evidencia mediante estudios longitudinales que permitan determinar su efectividad, duración de efectos y condiciones óptimas de aplicación (Fundación Cromos, 2019; HelpGuide.org, 2024).

En síntesis, las tecnologías emergentes pueden aportar activamente a la mejora de los procesos de diagnóstico, rehabilitación y tratamiento en pacientes con trastornos por consumo de drogas, siempre que se integren como complemento de intervenciones clínicas, psicológicas y sociales. Su mayor contribución se encuentra en la personalización del tratamiento, la detección temprana de recaídas, el monitoreo continuo y el fortalecimiento de la reinserción social. Para futuras investigaciones, se recomienda desarrollar estudios empíricos con muestras más amplias, protocolos estandarizados, seguimiento a largo plazo y evaluación ética del uso de datos cerebrales y conductuales.

Referencias

- Abdessalem, H. B., Boukadida, M., & Frasson, C. (2018). Virtual reality game adaptation using neurofeedback. The Florida AI Research Society. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10484-024-09677-8>
- Adictalía. (2022). Síndrome de abstinencia de la heroína. <https://www.adictalia.es/noticias/sindrome-de-abstinencia-de-la-heroina/>
- Ay, S., Xiaogang, C., Bingchuan, L., Liyang, L., Yijun, W., Shangkai, G., & Xiaorong, G. (2024). Adquisición de señales de interfaces cerebro-ordenador: una revisión de la perspectiva cruzada entre la medicina y la ingeniería. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667325824001559>
- C2Addict. (2024). La adictología y la TERV: Desde el punto de vista científico. <https://www.c2.care/es/c2-addict/>
- Fajardo, A., & Guzmán, A. (2016). Neurofeedback, aplicaciones y eficacia. <https://informe-alcohol.blogspot.com/2011/06/porcentaje-de-recaidas.html>
- Forbes Staff. (2024). ¿Puede la realidad virtual usarse para combatir adicciones? <https://forbes.com.mx/puede-la-realidad-virtual-usarse-para-combatir-adicciones/>
- Fundación Cronos. (2024). Innovación: Estimulación Magnética Transcraneal Repetitiva para una Recuperación Neurológica Excepcional. <https://www.fundacioncromos.org/estimulacion-magnetica-transcraneal/>
- Hammond, C. (2008). What is neurofeedback? Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation, Neurofeedback and Applied Neuroscience, 10(4), 25–36. http://dx.doi.org/10.1300/J184v10n04_04
- Hammond, C. (2011). What is neurofeedback: An update. Journal of Neurotherapy, 15(4), 305–336. <http://dx.doi.org/10.1080/10874208.2011.623090>
- Hartch, C. E., Dietrich, M. S., & Stollendorf, D. P. (2023). Effect of a medication adherence mobile phone app on medically underserved patients with chronic illness: Preliminary efficacy study. JMIR Formative Research, 7, e50579. <https://doi.org/10.2196/50579>
- Hyman, S. E., Malenka, R. C., & Nestler, E. J. (2006). Neural mechanisms of addiction: The role of reward-related learning and memory. Annual Review of Neuroscience, 29, 565–598. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.113009>
- Jóvenes TEPA. (2012). Las drogas, el cerebro y el comportamiento: La ciencia de la adicción. <https://jovenestepa.wordpress.com/2012/12/21/las-drogas-el-cerebro-y-el-comportamiento-la-ciencia-de-la-adiccion/>
- Jóvenes TEPA. (2015). El proceso de recaída. <https://jovenestepa.wordpress.com/2015/08/24/el-proceso-de-recaida/>
- López, G. (2024). ¿Qué dice la ciencia sobre el uso de intervenciones basadas en aplicaciones móviles en salud mental? <https://cipsico.org/ponencia/que-dice-la-ciencia-sobre-el-uso-de-intervenciones-basadas-en-aplicaciones-moviles-en-salud->

mental/

- Marques, A. (2023). El cerebro triuno, tres en uno. <https://psicologiaviva.com/blog/el-cerebro-triuno-tres-en-uno/>
- Méndez, M. (2010). El cerebro y las drogas, sus mecanismos neurobiológicos. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252010000500009
- NIDA. (2020a, agosto 31). Las drogas y el cerebro. <https://nida.nih.gov/es/publicaciones/las-drogas-el-cerebro-y-la-conducta-la-ciencia-de-la-adiccion/las-drogas-y-el-cerebro>
- NIDA. (2020b). El uso indebido de drogas y la adicción. <https://nida.nih.gov/es/publicaciones/las-drogas-el-cerebro-y-la-conducta-la-ciencia-de-la-adiccion/abuso-y-adiccion-las-drogas>
- NIDA. (2023, marzo 23). Tratamiento y recuperación. <https://nida.nih.gov/es/publicaciones/las-drogas-el-cerebro-y-la-conducta-la-ciencia-de-la-adiccion/tratamiento-y-recuperacion>
- Observatorio de Inteligencia Artificial. (2024). La IA: Una nueva esperanza en la lucha contra las adicciones. <https://observatorio-ia.com/la-ia-una-nueva-esperanza-en-la-lucha-contra-las-adicciones>
- Ortiz, F., González, J. G., Montes, A., González, N., & Peña, A. M. (2016). Induction of emotional states in people with disabilities through film clips using brain computer interfaces. *IEEE Latin America Transactions*, 14(2), 563–568. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7437193>
- Peksa, J., & Mamchur, D. (2023). State-of-the-art on brain-computer interface technology. *Sensors*, 23(13), 6001. <https://doi.org/10.3390/s23136001>
- Radiologyinfo. (2024). Magnetoencefalografía. <https://www.radiologyinfo.org/es/info/meg>
- Rocheplus. (2021). Asistentes de voz: la revolución virtual llega al ámbito de la salud. <https://www.rocheplus.es/innovacion/tecnologia/asistentes-de-voz.html>
- Rocheplus. (2022). Asistentes virtuales para dejar las adicciones y cuidar la salud mental. <https://www.rocheplus.es/innovacion/inteligencia-artificial/florence-pahola.html>
- Rojas, M. (2012). Trabajar con drogadictos en Barcelona. <https://marianrojas.com/trabajar-con-drogadictos-en-barcelona/>
- Segawa, T., Baudry, T., Bourla, A., Blanc, J., Siegfried, C., Mouchabac, S., & Ferreri, F. (2020). Realidad virtual (RV) en la evaluación y el tratamiento de los trastornos adictivos: Una revisión sistemática. *Frontiers in Neuroscience*. <https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2019.01409/full>
- Taubin, D., Berger, A., Greenwald, D., Colin, B., Gongora, D., & Wilens, T. (2022). Una

revisión sistemática de las terapias de realidad virtual para los trastornos por consumo de sustancias: Impacto en los resultados del tratamiento secundario.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10557052/#R29>

Tena, J. (2021). El modelo del cerebro triúnico de MacLean, la teoría de los dos hemisferios cerebrales y su relación con las adicciones.
<https://orbiumadicciones.com/tratamientos-adicciones/>

Universidad Politécnica de Madrid. (2024). Registro de magnetoencefalografía (MEG).
<https://www.upm.es/recursosidi/offers-resources/servicios-cientifico-tecnologico/servicios-servicios-cientifico-tecnologico/servicio-de-magnetoencefalografia-meg/>

Villegas, B., & Rojas, M. (2019). Interfaz cerebro ordenador BCI mediante el uso de Emotiv Insight. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892019000100002

Volkow, N. D., Koob, G. F., & McLellan, A. T. (2016). Neurobiologic advances from the brain disease model of addiction. The New England Journal of Medicine.
<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1511480>

© 2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).