

ANEXO VI

Universidad de Zaragoza
Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Terapia Ocupacional

Curso Académico 2018 / 2019

EL ROL DEL TERAPEUTA OCUPACIONAL EN EL USO DE LA INTERFAZ
CEREBRO-COMPUTADORA PARA EL MANEJO DE DISPOSITIVOS
ELECTRÓNICOS Y ORTOPROTÉSICOS

The role of the occupational therapist in the use of the Brain-Computer
Interface for the handling of electronic and orthoprotetic devices

Autora: Isabel Gil Montañés

Directora: Carmen Marco Sanz

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción.....	3
Objetivos.....	8
Metodología.....	9
Desarrollo.....	13
Resultados	13
Discusión.....	29
Conclusiones	33
Bibliografía.....	34

RESUMEN

Los sistemas de Interfaz Cerebro-Computadora (Brain-Computer Interfaces-BCI), son una tecnología en auge y pleno desarrollo, que pretende traducir y convertir los pensamientos del usuario, a través de señales cerebrales, en acciones y comandos, lo que permitiría a los usuarios comunicarse, manejar el entorno y otros dispositivos que le facilitarían el desempeño en su vida diaria.

Objetivos: comprobar si hay evidencia científica acerca de mejoras y beneficios del uso de los sistemas BCI en pacientes con lesión medular y amputaciones, introduciéndolos en el campo de la rehabilitación desde Terapia Ocupacional.

Metodología: se realizaron diferentes búsquedas de artículos en las bases de datos, seleccionando los que trataban acerca de las patologías del trabajo así como con la Terapia Ocupacional.

Discusión: tras el análisis de 17 artículos incluidos en esta revisión apenas hay referencia hacia la Terapia Ocupacional en la rehabilitación con esta tecnología.

Conclusiones: A través del uso de estos sistemas se evidencian resultados positivos en la rehabilitación de la funcionalidad y mejora del desempeño de las actividades de la vida diaria de las personas con lesión medular o amputación, permitiéndoles conseguir un grado de autonomía mayor. Es por ello por lo que la Terapia Ocupacional debe estar presente en este proceso de rehabilitación.

Palabras clave: Interfaz Cerebro-Computadora, Rehabilitación, Calidad de vida, Actividades de la Vida Diaria, Terapia Ocupacional.

ABSTRACT

The Brain-Computer Interfaces-BCI systems are a booming and full-fledged technology that aims to translate and convert the user's thoughts, through brain signals, into actions and commands, which would allow Users communicate, manage the environment and other devices that will facilitate the performance in their daily lives.

Objectives: to verify if there is scientific evidence about improvements and benefits of the use of BCI systems in patients with spinal cord injury and amputations, introducing them in the field of rehabilitation from Occupational Therapy.

Methodology: different searches of articles were made in the databases, selecting those that dealt with the pathologies of work as well as with Occupational Therapy.

Discussion: after the analysis of 17 articles included in this review there is hardly any reference to Occupational Therapy in rehabilitation with this technology.

Conclusions: Through the use of these systems positive results are shown in the rehabilitation of the functionality and improvement of the performance of the activities of daily life of people with spinal cord injury or amputation, allowing them to achieve a greater degree of autonomy. That is why Occupational Therapy must be present in this rehabilitation process.

Key words: Brain-Computer Interface, Rehabilitation, Quality of life, Activies of Daily Life, Occupational Therapy.

INTRODUCCIÓN

El término interfaz cerebro-computadora (ICC o sistemas BCI por su nombre en inglés Brain-Computer Interface) fue introducido por Vidal en los años 70 para hacer referencia a cualquier sistema computarizado que involucra información obtenida a partir del funcionamiento del cerebro (1, 2).

Este término se unió a la publicación de Hans Berger en 1970 acerca del electroencefalograma; y en los últimos años, se ha aumentado su visibilidad en la sociedad y en numerosas investigaciones, centrándose principalmente en el campo de la medicina para la realización de distintas prótesis; y más tarde en el campo de los videojuegos.

Actualmente, la electroencefalografía y la electrocorticografía, son las dos técnicas que extraen información del cerebro de una forma rápida y simple, y presentan las características necesarias para el desarrollo de una Interfaz Cerebro-Computadora, a costos razonables (1, 3).

La tecnología Brain-Computer Interface (BCI) son sistemas de comunicación, y hacen referencia a una tecnología basada en la adquisición de ondas y señales provenientes del cerebro, en el análisis y procesamiento de las mismas, y su posterior traducción en comandos que se trasladan hasta los dispositivos de salida, que serán los responsables de realizar las acciones reales deseadas por los usuarios, que puedan presentar algún déficit sensoriomotor, enriqueciéndoles de una mayor autonomía (4-6).

Estos dispositivos no usan las vías de salida neuromusculares normales, por tanto, queda limitado el término a los sistemas que miden y usan las señales producidas por el sistema nervioso central (SNC); y excluyendo a los que son activados por voz o a través de los músculos (5). Estas señales, las electroencefalográficas, pueden ser modificadas y emitidas por el usuario, por lo que es preciso un entrenamiento previo. Este entrenamiento debe ir encaminado a manejar y emitir el mismo patrón electroencefalográfico dependiendo de las órdenes que quiera expresar. Pero este aprendizaje no es fácil, requiere mucha concentración, por lo que puede producir en el usuario ciertos sentimientos de

frustración, cansancio o distracción, por ello es conveniente motivarle y acompañarle en este proceso (4).

TIPOS DE SISTEMAS BCI

Hay dos tipos de interfaces cerebro-computadoras dependiendo del tipo de electrodos de registro: [(1), (7-10)]

- Interfaz cerebro-computadora Invasiva:

Se registra la información intracraneal o intracorticalmente, por lo que se puede afirmar que estas señales ofrecen información de forma más rápida, con gran contenido y buena relación señal-ruido debido a la situación de los electrodos, presentes directamente en el cerebro.

Pero, por otro lado, es preciso una cirugía previa para instaurar los electrodos, lo cual puede ser un factor inconveniente.

- Interfaz cerebro computadora No Invasiva:

A diferencia de las invasivas, utilizan electrodos de superficie registrados en el Electroencefalograma (EEG), es decir, miden la actividad cerebral sin necesidad de penetrar en la corteza. El EEG es el método de adquisición más conocido y utilizado, caracterizado por su sencillez y su resolución temporal.

- Interfaces semi-invasivas:

Consisten en la implantación de electrodos directamente sobre la superficie cerebral, sin penetrar en el cerebro; por un lado, expone al usuario, como en el caso de las invasivas, a los riesgos de la intervención, pero, por otro lado, la señal es un poco más débil que en sistemas invasivos.

PARTES DE LOS SISTEMAS BCI

Estos sistemas BCI presentan tres partes fundamentales: (11)

1. **Sensor:** la actividad cerebral es recogida a través de este sensor.
2. **Motor de procesamiento de la señal:** una vez recogida la actividad cerebral, este dispositivo recoge la señal y decodifica la información para entender la intención que el usuario pretende expresar.

3. **Aplicación:** hace referencia a la aplicación de esta intención. Parte en la que el usuario interacciona con el entorno.

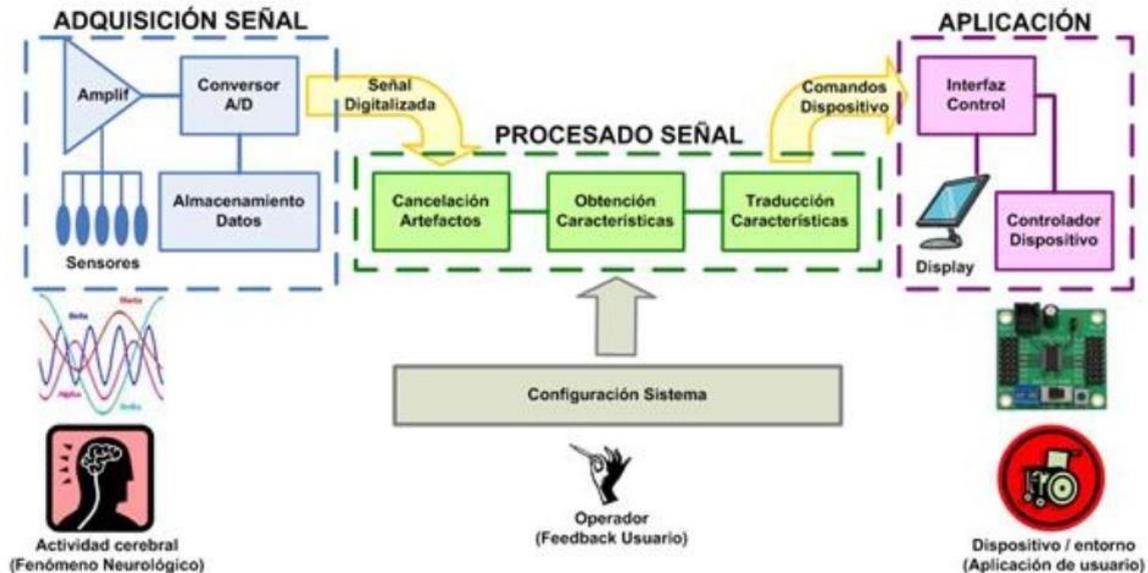


Figura 1. Pasos del proceso de funcionamiento de los sistemas BCI (12).

APLICACIÓN DESDE TERAPIA OCUPACIONAL PARA EL MANEJO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y ORTOPROTÉSICOS

La Terapia Ocupacional es una disciplina que trabaja junto con las personas, con o sin discapacidad, y con sus ambientes social y físico, facilitando su autodeterminación y competencia en la participación y desempeño en diferentes roles y actividades significativas del día a día, con el fin de que logren reafirmar, incrementar, mantener, reorganizar o reconstruir sus vidas ocupacionales satisfactorias en forma digna, potenciando así su bienestar y calidad de vida, al proporcionarles un mayor grado de autonomía e independencia (13).

Mediante el uso de sistemas BCI, se pretende conseguir el aumento en la calidad de vida de los usuarios, recuperando autonomía e independencia en su vida diaria gracias a la posibilidad y alternativa que les brinda esta tecnología para recuperar o ampliar las capacidades de interacción con el ambiente (2, 14).

El Terapeuta Ocupacional intervendría en el proceso de reeducación de las Actividades de la Vida Diaria (AVD), para brindarle estrategias de manejo, cuidado, entrenamiento y control de los dispositivos y acompañarle durante todo el proceso, favoreciendo su desempeño en la vida cotidiana.

Es un campo en el cual la investigación científica junto con la tecnología y las profesiones de la salud, como es la Terapia Ocupacional, podría favorecer la rehabilitación o la mejora de la calidad de vida de los usuarios, permitiéndoles desde manejar sistemas domóticos en el hogar (luces, temperatura, electrodomésticos, persianas...), sillas de ruedas, hasta prótesis con las cuales las actividades las realizan de la forma más eficaz y cómoda posible para el usuario (15, 16).

Generalmente y, el campo que más estudiado está en cuanto a la aplicación de sistemas BCI es en amputaciones, más frecuentemente de miembros superiores, donde se prescribirían las llamadas prótesis biónicas.

Hay diferentes tipos de prótesis, según su función; las prótesis biónicas, son las más recientes.

La Ingeniería Biónica está especializada en la producción de herramientas tecnológicas que simulan el funcionamiento o modelo de los seres vivos, tales como las prótesis biónicas, controladas a través del cerebro humano. El objetivo de estos dispositivos es combinar los sistemas electrónicos y los biológicos, potenciando las mejoras en las Actividades de la Vida Diaria y facilitando el desempeño en las mismas, proporcionándoles un grado mayor de autonomía e independencia (17).

Por otro lado, también hay estudios y evidencia acerca de la aplicación de los sistemas BCI en exoesqueletos y control de sistemas domóticos y eléctricos tales como luces, electrodomésticos e incluso sillas de ruedas. Estos últimos suelen verse más en pacientes con enfermedades neurodegenerativas tales como la parálisis cerebral, lesión medular o enfermedades musculares degenerativas.

Esta revisión pretende documentar la efectividad de la tecnología Interfaz Cerebro-Computadora (ICC) o, más comúnmente llamados sistemas Brain-Computer Interface (BCI) en distintos tipos de patologías y el papel del

Terapeuta Ocupacional en su aplicación para el manejo de dispositivos domóticos, electrónicos y ortoprotésicos, dado el gran desarrollo que está experimentando dicha tecnología en las últimas décadas, gracias a la investigación llevada a cabo por ingenieros, científicos, investigadores y profesionales de la salud, para mejorar la calidad de vida de los usuarios, mediante la traducción de los pensamientos en órdenes que controlan diversos dispositivos. En este trabajo nos hemos centrado en demostrar la evidencia científica en la eficiencia del abordaje de amputaciones y exoesqueletos mediante el uso de los sistemas BCI, ámbitos en los que la Terapia Ocupacional debería estar presente en el proceso tanto de rehabilitación convencional, como del manejo de estos sistemas.

OBJETIVOS

- **OBJETIVO PRINCIPAL:** Comprobar si hay evidencia científica de mejoría en la capacidad funcional en el desempeño de AVD de los usuarios que usan los sistemas BCI, en el manejo de dispositivos eléctricos y ortoprotésicos en la rehabilitación de patologías reductoras de la capacidad motora, tales como las amputaciones y la lesión medular.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**
 - Justificar la importancia de la figura del Terapeuta Ocupacional en el uso de dichos sistemas durante todo el proceso.
 - Evidenciar la satisfacción y apoyo al desarrollo de estas tecnologías por parte de los usuarios, debido a un aumento en la calidad de vida.

METODOLOGÍA

En un principio, se realizó una primera búsqueda con las palabras clave "Interfaz Cerebro-Computadora", "Brain Computer Interface", "BCI", "Occupational Therapy" y "Terapia Ocupacional" en Google Académico, para documentar acerca de estos sistemas y poder tener una idea general para poder introducir estos dispositivos en la práctica de Terapia Ocupacional.

Posteriormente, se realizó una búsqueda en distintas bases de datos para seleccionar los artículos a analizar: OTSeeker, Dialnet, PubMed, AOTA, AJOT, BUZ, Google Académico, Cochrane Library Plus, Trip Database, Science Direct.

Se realizó una primera búsqueda general, y, posteriormente, una más selectiva incluyendo palabras clave referentes a lo que se pretende demostrar en el trabajo; "prótesis", "calidad de vida", "rehabilitación", "actividades de la vida diaria", "AVD" y sus respectivos en inglés.

La búsqueda se realizó en inglés y español, puesto que había evidencia científica en ambos idiomas, encontrándose un mayor número de artículos relacionados con los sistemas BCI y su aplicación en inglés.

- Criterios de inclusión y exclusión

Para realizar la selección de los artículos, se establecieron y se tuvieron en cuenta estos criterios de inclusión y exclusión:

- CRITERIOS DE INCLUSIÓN
 - Artículos en inglés y español.
 - Año de publicación del 2010 en adelante.
 - Población adulta que requiera el uso de estos sistemas.

- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
 - Artículos que se repiten en otras bases de datos.
 - Artículos en los cuales no estén especificados los objetivos, metodología y resultados.

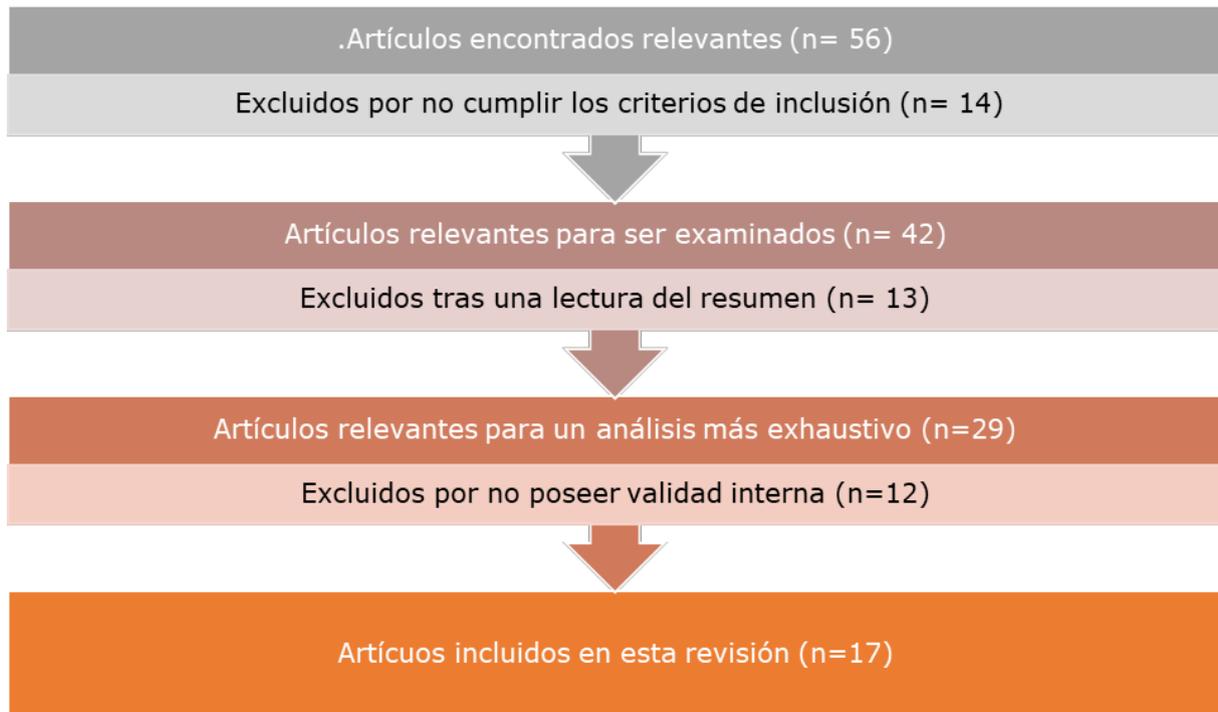


Diagrama de flujo del proceso de selección de artículos.

Plan de trabajo

1. Búsqueda de información general con los descriptores principales, tanto en inglés como en español, para orientar el trabajo y abordar los temas principales a estudiar.
2. Búsqueda más selectiva con descriptores más específicos.
3. Selección de artículos a estudiar y análisis de los mismos.
4. Interpretación de los resultados, derivados de la comparación entre los artículos.
5. Conclusiones.

Tabla 1: selección de artículos de las diferentes bases de datos.

BASE DE DATOS	PALABRAS CLAVE	ARTÍCULOS ENCONTRADOS	ARTÍCULOS SELECCIONADOS	ARTÍCULOS EMPLEADOS
Dialnet	Prótesis AND sistemas BCI	3	2	1
	Brain computer interface	90	9	2
	Bionic prosthesis	3	1	1
Pubmed	BCI AND Occupational Therapy	14	3	1
	BCI systems AND activities of daily life	12	4	4
	Activities of daily living AND rehabilitation prosthesis	2057	7	1
Science Direct	BCI prosthesis	334	5	1
	Occupational Therapy AND prosthesis	2252	10	1

Google Scholar	Prótesis biónicas AND Terapia Ocupacional AND Calidad de vida	60	5	2
	Bionic prosthesis AND Occupational Therapy	1330	1	1
	Terapia ocupacional AND prótesis biónicas	57	2	1
Cochrane Library Plus	Prosthesis AND Rehabilitation	7	2	0
Trip Database	Bionic Prosthesis	43	5	1

DESARROLLO

RESULTADOS

Los artículos seleccionados para analizar se han organizado en dos tablas.

En la Tabla 1, se recoge información relevante acerca de los diferentes artículos, el año de publicación, los autores y tipo de estudio que se realiza en cada artículo.

En la Tabla 2, se describe el tipo de sistema BCI usado o analizado en el artículo, la patología en la cual se aplican, el objetivo principal, y la relación entre la información relevante y las conclusiones, así como con los objetivos planteados.

Tabla 2: Características principales de los artículos en los que se han realizado estudios.

<u>TÍTULO</u>	<u>AUTORES</u>	<u>AÑO</u>	<u>TIPO DE ESTUDIO</u>	<u>INFORMACIÓN RELEVANTE</u>
Neural interface technology for rehabilitation: exploiting and promoting neuroplascity (18)	Wang W et al.	2010	Revisión sistemática	Destaca la relación entre la neuroplasticidad y el uso de sistemas BCI, especificando los beneficios que aportan en la vida de los usuarios.
Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema brain computer interface (BCI) aplicado al control de dispositivos domóticos para mejorar la calidad de vida de las personas con grave discapacidad (19)	Hornero R et al.	2013	Estudio experimental	Población de estudio, 9 usuarios del Centro de Referencia Estatal (CRE) de Discapacidad y Dependencia de León, mayores de 18 años que presenten una discapacidad física, en mayor o menor grado. Edad media de los usuarios 46 años, sin patología cognitiva.
Adaptación de unos dedos biónicos en una paciente con doble amputación de extremidades superiores (20)	Rotllant R et al.	2010	Caso clínico	Paciente de 42 años con amputación de las 4 extremidades. Se pretende aumentar su nivel de independencia y autonomía a través de la protetización de dedos biónicos.

Prótesis de mano virtual movida por señales encefalográficas-EEG (21)	Correa K, Vivas A	2016	Caso clínico	4 pacientes con amputación total o parcial. Se realizan 5 pruebas de desempeño de actividades.
Usabilidad y aceptabilidad de exoesqueletos portables para el entrenamiento de la marcha en sujetos con lesión medular (22)	Mardomingo H et al.	2018	Revisión sistemática	8 trabajos, 45 pacientes con lesión medular. Se evalúan los parámetros cardiovasculares, dolor, esfuerzo y fatiga, marcha, satisfacción y calidad de vida.
Contralesional brain-computer interface control of a powered exoskeleton for motor recovery in chronic stroke survivors (23)	Bundy et al.	2017	Estudio de viabilidad. Autocontrol	10 pacientes con hemiparesia moderada-grave debida a un Accidente Cerebro Vascular (ACV) después de 6 meses mínimo del mismo. Utilizan un exoesqueleto durante 12 semanas en casa. En este estudio se menciona a la plasticidad cerebral como elemento principal de la rehabilitación.
Bionic prosthetic hands: a review of present technology and future aspirations (24)	Clement R et al.	2011	Revisión sistemática	Revisión de la literatura de 39 artículos para explicar los avances y desarrollo de la tecnología biónica.
Los sistemas interfaz cerebro-computadora: una herramienta para apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad motora(25)	Gutiérrez J et al.	2013	Revisión bibliográfica	Revisión en la cual se introducen los sistemas BCI, entrenamiento, funciones conservadas y no del usuario y uso de sistemas BCI para conseguir adaptación y desempeño de los usuarios en su entorno.

<p>Cognitive performance and brain dynamics during walking with a novel bionic foot: a pilot study (26)</p>	<p>De Pauw K et al.</p>	<p>2019</p>	<p>Estudio experimental</p>	<p>El gasto energético en personas con discapacidad motora o amputación no es el mismo que en personas con una buena capacidad física.</p> <p>Este artículo analiza la actividad neuronal durante la marcha, en 6 individuos sanos, 6 individuos con amputación transtibial y 6 con amputación transfemoral.</p>
<p>Progress in eeg-based brain robot interaction systems (27)</p>	<p>Xiaoqian Mao et al.</p>	<p>2017</p>	<p>Revisión sistemática.</p>	<p>Se probó un BCI en un mono macaco, para probar el control motor; pudo controlar los movimientos de un robot, una pantalla y un objeto con un cursor mediante retroalimentación visual.</p> <p>Posteriormente se realizó el estudio en humanos en una población de edad adulta para control de silla de ruedas y manipulación de elementos.</p>
<p>Non invasive brain-computer interface system: towards its application as assistive technology (28)</p>	<p>Cincotti et al.</p>	<p>2010</p>	<p>Estudio piloto</p>	<p>14 pacientes sanos y 14 con discapacidades motoras graves (Atrofia Muscular Espinal tipo II o Distrofia Muscular de Duchenne). Todos utilizaron controles de asistencia regulares; 4 de los individuos sanos aprendieron a operar a través de sistema BCI no invasivo basado en EEG. Pudieron modular y controlar estos movimientos a pesar de no haber tenido el control sobre sus extremidades durante mucho tiempo.</p>

<p>Functional priorities, assistive technology, and brain-computer interfaces after spinal cord injury (29)</p>	<p>Collinger et al.</p>	<p>2013</p>	<p>Estudio de encuesta</p>	<p>Lesiones medulares y otras neuropatías que afectan a la capacidad motora de las personas de cara a realizar actividades de la vida diaria, son las dificultades que se quieren solventar introduciendo las tecnologías en el mundo de la rehabilitación para aumentar la independencia de los usuarios.</p> <p>Se les hizo preguntas acerca de las aplicaciones y de los sistemas BCI.</p> <p>Los participantes fueron todos los voluntarios que eran miembros de los Juegos Nacionales en silla de ruedas (500 aproximadamente).</p>
<p>Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control (30)</p>	<p>Birbaumer N</p>	<p>2005</p>	<p>Revisión bibliográfica.</p>	<p>Se aplican los sistemas BCI en personas (no invasivos) y animales (invasivos), para evidenciar su utilidad en comunicación, control motor y cerebral y restauración del movimiento sensoriomotor. Se afirma que para utilizar un BCI se necesita un previo entrenamiento de más de 20 sesiones, dependiendo del nivel y de la patología.</p>
<p>Time and effort required by persons with spinal cord injury to learn to use a powered exoskeleton for assisted walking (31)</p>	<p>Kozlowski A et al.</p>	<p>2015</p>	<p>Estudio de cohortes longitudinal con una muestra de conveniencia</p>	<p>22 participantes varones; 24 sesiones de 2 horas. Estudio para aprender a usar el exoesqueleto de Ekso para caminar. Se recopiló información acerca de nivel de asistencia, distancia, velocidad, frecuencia cardíaca, esfuerzo y efectos adversos.</p>

Feasibility of using combined emg and kinematic signals for prosthesis control: a simulation study using a virtual reality environment (32)	Blana et al.	2015	Estudio experimental	<p>10 sujetos sanos (7 hombres, 3 mujeres) de entre 22-35 años.</p> <p>Se registró la actividad del músculo, y se instauraron 6 electrodos alrededor del húmero para medir la actividad neuronal, y un casco de realidad virtual. Manejan el entorno de manera virtual.</p>
Towards independence: a BCI telepresence robot for people with severe motor disabilities (33)	Leeb R et al.	2015	Estudio experimental	<p>10 voluntarios sanos; 9 con discapacidad motora seleccionados de entre 24 voluntarios. Máximo de 10 sesiones, entrenando 1-2 días a la semana hasta 3 horas.</p>
Diseño e implementación de un sistema de control de entorno para usuarios con parálisis cerebral (34)	Velasco MA et al.	2014	Estudio experimental	<p>Pacientes de ASPACE Cantabria, junto con Terapeutas Ocupacionales y cuidadores de los usuarios se involucraron en un proyecto para evidenciar que la tecnología BCI era eficaz en pacientes con gran discapacidad motora como es la parálisis cerebral.</p>

Tabla 3: Análisis de los artículos seleccionados.

<u>TÍTULO</u>	<u>TIPO DE SISTEMA BCI</u>	<u>PATOLOGÍA</u>	<u>OBJETIVO DEL ARTÍCULO</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>RELACIÓN CON OBJETIVOS</u>
Neural interface technology for rehabilitation: exploiting and promoting neuroplascity (18)	Invasivo	Lesión medular, amputaciones, ACV	Demostrar la importancia de la neuroplasticidad en el uso de sistemas BCI, y sus beneficios.	Se habla del control y modulación de la actividad cerebral de forma voluntaria, para que el usuario a través del biofeedback, en el cual se ve involucrada la neuroplasticidad pueda desenvolverse en su vida cotidiana.	Se pueden manejar dispositivos domóticos, prótesis, o recuperar funcionalidad en los miembros paralizados que facilitarán el desempeño de las actividades de la vida diaria. (Objetivo principal)
Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema brain computer interface (BCI) aplicado al control de dispositivos domóticos para mejorar la calidad de vida de las personas con grave discapacidad (19)	No invasivo	Malformación de Arnold Chiari, ataxia degenerativa del adulto, TCE, lesión medular, neurofibromatosis.	Introducir los sistemas BCI, señales recogidas, tipos y beneficios en los usuarios.	Aplicación de los sistemas BCI en control domótico, a través de un entrenamiento previo.	Se consigue precisión en el uso de sistemas BCI aumentando la calidad de vida y facilitando las actividades realizadas libremente por los usuarios. (Objetivo principal y específico 2)

<p>Adaptación de unos dedos biónicos en una paciente con doble amputación de extremidades superiores (20)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Amputaciones</p>	<p>Se pretende demostrar si hay grado de mejora en la realización de las actividades de la vida diaria tras protetización.</p>	<p>A través de la tecnología BCI utilizada para manejar una prótesis biónica de dedos, y de la realización de diversos test y reentrenamientos en las AVDs, se demuestra la mejora de la funcionalidad de la paciente en la realización de tareas bimanuales, así como incrementar la independencia en su vida diaria.</p>	<p>En el proceso de rehabilitación y protetización es imprescindible la figura del Terapeuta Ocupacional. (Objetivo específico 1)</p> <p>A través de la adaptación de los dedos biónicos, la paciente, mejora la funcionalidad y el grado de independencia en las actividades de la vida diaria, aumentando su calidad de vida. (Objetivo principal y específico 2)</p>
<p>Prótesis de mano virtual movida por señales encefalográficas-EEG (21)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Amputaciones.</p>	<p>Estudiar la efectividad del manejo de una prótesis a través de un sistema BCI no invasivo que consiste en un casco con electrodos y un programa virtual</p>	<p>Se concluye con que esta tecnología podría ser buen método de rehabilitación y sobre todo un tema a investigar, puesto que no está del todo desarrollada; y por otro lado, que el sistema que usan en estas pruebas, no es recomendable puesto que en las pruebas 3, 4 y 5 no se obtienen resultados satisfactorios en todos los pacientes.</p>	<p>Se consiguen distintos tipos de agarre, y se aproxima a la funcionalidad real de la mano, manteniendo control motor por parte del usuario, para solventar sus necesidades y realizar las actividades deseadas.</p> <p>(Objetivo principal)</p>

<p>Usabilidad y aceptabilidad de exoesqueletos portables para el entrenamiento de la marcha en sujetos con lesión medular (22)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Lesión medular</p>	<p>Se plantea la usabilidad y aceptabilidad en la rehabilitación de la marcha a través de la ayuda de exoesqueletos portables.</p>	<p>Se llegó a la conclusión de que estos dispositivos brindan mayor satisfacción, comodidad y seguridad y una mejor percepción de la calidad de vida debido al fácil manejo de los dispositivos y la participación de los usuarios.</p>	<p>Permiten tanto al terapeuta como al usuario con lesión medular disminuir el esfuerzo físico realizado. (Objetivo específico 1)</p> <p>Se evaluó la calidad de vida de los usuarios tras la intervención a través de la escala SF-36, consiguiendo resultados positivos. (Objetivo específico2)</p>
<p>Contralesional brain-computer interface control of a powered exoskeleton for motor recovery in chronic stroke survivors (23)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>ACV</p>	<p>Se estudia la función motora antes y después de la intervención para establecer la viabilidad de las interfaces cerebro-computadoras.</p>	<p>Mejoría notable en la capacidad motora y funcional de los pacientes con hemiplejía derivada de un ACV tras el uso de un exoesqueleto controlado por un sistema BCI, pudiendo realizar movimientos de agarre y cambios y mejoras en la movilidad del brazo facilitando la realización de ciertas actividades cotidianas. Propone el desarrollo de esta tecnología BCI y la realización de ensayos controlados.</p>	<p>Esta evolución y mejora en la realización de estas actividades de la vida diaria se miden a través de la Medica Canadiense de Rendimiento Ocupacional (COPM, propia de Terapia Ocupacional. (Objetivo específico 1)</p> <p>Mayor funcionalidad y capacidad motora de los usuarios. (Objetivo principal)</p>

<p>Bionic prosthetic hands: a review of present technology and future aspirations (24)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Amputaciones</p>	<p>Se pretende demostrar la importancia de la continuidad de la investigación en este campo, a través de investigaciones y casos reales de control de manos biónicas, las cuales pretenden conseguir aproximarse a la mano real, en forma y función, percepción y propiocepción.</p>	<p>Las prótesis biónicas de mano están hechas para suplir la función de la mano así como e facilitar a los usuarios la realización de ciertas actividades. En un futuro, se pretende continuar con las investigaciones en este campo, ya que es una tecnología en pleno auge, y mejorar las aplicaciones de estos sistemas.</p>	<p>Los usuarios consiguen realizar actividades tales como escribir o abrir puertas. (Objetivo principal)</p>
---	--------------------	---------------------	--	---	--

<p>Los sistemas interfaz cerebro-computadora: una herramienta para apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad motora (25)</p>	<p>Invasivo y no invasivo</p>	<p>Amputaciones y discapacidad motora</p>	<p>Introducir los sistemas BCI como tecnología novedosa y facilitadora para personas con discapacidad motora.</p>	<p>Se describe su función y los tipos, así como las diferentes señales que pueden registrarse. Para posteriormente, explicar aplicación en diferentes casos.</p>	<p>Permite el control domótico, control de silla de ruedas, manejo de prótesis y órtesis y explica su utilidad en rehabilitación neurológica, lo que permite a los usuarios con discapacidad motora o amputación, interactuar con el entorno y les provee de mayor nivel de autonomía en su vida diaria. (Objetivo principal y objetivo específico 2)</p>
<p>Cognitive performance and brain dynamics during walking with a novel bionic foot: a pilot study (26)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Amputaciones</p>	<p>Analizar la actividad neuronal durante la marcha para ver diferencias en la marcha entre una prótesis tradicional y una biónica.</p>	<p>El sistema nervioso está involucrado en la marcha humana y en la realización de las AVD, que requieren de atención continua y una participación de las funciones ejecutivas, por lo que las prótesis controladas por el cerebro sería un desafío mediante el cual se conseguiría la optimización del movimiento de las extremidades afectadas.</p>	<p>El resultado es que los individuos amputados necesitan mayor nivel de atención y concentración durante la marcha que los individuos sanos. Sin embargo, mediante la prototización biónica, se reduce este nivel de esfuerzo, mejorando el desempeño en las actividades. (Objetivo principal)</p>

<p>Progress in eeg-based brain robot interaction systems (27)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Discapacidad motora en edades avanzadas</p>	<p>El registro de ondas cerebrales a través de EEG para el control de sillas de ruedas, drones y otros dispositivos eléctricos.</p>	<p>Aplicaciones de los BCI para la facilitación de las actividades de la vida diaria, y futuras técnicas de investigación para el desarrollo de los mismos.</p>	<p>Demostración del control de brazos biónicos y realizar los movimientos tridimensionales, de alcance y comprensión; y de la interacción con el entorno en tiempo real. (Objetivo principal)</p>
<p>Non invasive brain-computer interface system: towards its application as assistive technology (28)</p>	<p>No invasivo.</p>	<p>Discapacidad motoras severas, Atrofia Muscular Espinal tipo II y Distrofia muscular de Duchenne</p>	<p>Se pretende demostrar el beneficio e interacción de los sistemas BCI en neurorrehabilitación.</p>	<p>Este estudio se añade a la evidencia de otros para demostrar que pacientes con incapacidades motoras graves, pueden adquirir y mantener el control para interactuar con el entorno.</p>	<p>Mayor autonomía para los usuarios de cara a desempeñar las actividades de la vida diaria, mejorando su comunicación, gestión del entorno doméstico y movilidad; teniendo en cuenta aspectos tales como la motivación, satisfacción estado de ánimo, etc para alcanzar el éxito en esta interacción. (Objetivo principal)</p>

<p>Functional priorities, assistive technology, and brain-computer interfaces after spinal cord injury (29)</p>	<p>Invasivos y no invasivos.</p>	<p>Lesión medular y otras neuropatías que afectan a la capacidad motora</p>	<p>Pretende demostrar la disposición de pacientes con lesión medular a contribuir en el diseño e implementación de estos sistemas teniendo en cuenta sus prioridades, situación social y laboral.</p> <p>Se quieren solventar las dificultades de los usuarios introduciendo las tecnologías en el mundo de la rehabilitación para aumentar la independencia de los usuarios.</p>	<p>Se estableció una gran preferencia por parte de los usuarios a los sistemas BCI no invasivos, aunque una parte de los participantes afirmaron que se someterían a la cirugía para instaurar los electrodos.</p>	<p>Mejora de funcionalidad, todos estuvieron de acuerdo en que esta tecnología podría ser un gran beneficio para aportarles calidad de vida e independencia, pues serían capaces de realizar tareas cotidianas básicas, que en este momento no son capaces de realizar, por lo que precisan de asistencia. Se pidió a los participantes que evaluaran su capacidad funcional a través de la Medida de la Independencia Funcional (FIM), de las actividades básicas de la vida diaria. (Objetivo principal, objetivos específicos 1 y 2)</p>
--	----------------------------------	---	---	--	---

<p>Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control (30)</p>	<p>Invasivos y no invasivos.</p>	<p>ELA, lesión medular, ACV.</p>	<p>Aumentar la interacción con pacientes en situación muy grave, en cuanto, a la comunicación, respiración y movimiento.</p>	<p>En conjunto con otras técnicas como la estimulación eléctrica del músculo, se puede reconstruir el movimiento.</p> <p>Se puede producir una acción motora controlada en pacientes con espasticidad o movimientos involuntarios.</p>	<p>La importancia de realizar múltiples sesiones de entrenamiento para el correcto uso de los sistemas BCI.</p> <p>Esta tecnología permite a los usuarios comunicarse con su entorno y desenvolverse a pesar de su discapacidad motora. (Objetivo principal)</p>
<p>Time and effort required by persons with spinal cord injury to learn to use a powered exoskeleton for assisted walking (31)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Lesión medular</p>	<p>Se propone un estudio para cuantificar el tiempo y esfuerzo necesarios por los usuarios para aprender a manejar un exoesqueleto que les podría permitir caminar de forma independiente.</p>	<p>6 de ellos consiguen andar con mínima ayuda, otros necesitan supervisión, y otros presentan mejor adaptación, aumentan su nivel de satisfacción y autoconocimiento personal.</p> <p>No recomendado para tetraplejia.</p>	<p>Utilizando la Medida de la Independencia Funcional (FIM) propia de Terapia Ocupacional, que valora el estado funcional del paciente, recogiendo información acerca de las actividades de la vida diaria, en las cuales aumenta su autonomía. (Objetivo principal y objetivo específico 1)</p>

<p>Feasibility of using combined emg and kinematic signals for prosthesis control: a simulation study using a virtual reality environment (32)</p>	<p>No invasivo.</p>	<p>Amputaciones</p>	<p>Las amputaciones repercuten en la independencia y calidad de vida de los usuarios influyendo en su capacidad de desempeño en las actividades. Este estudio pretende encontrar a partir de los sistemas BCI, una solución a esta nueva situación clínica de los usuarios aportándoles mayor nivel de autonomía.</p>	<p>Este fue el primer estudio que recogió información acerca de las prioridades de sistemas BCI en individuos con lesión medular, los cuales la consideraron muy útil para restaurar funciones motoras importantes.</p>	<p>Los resultados afirman que no se produjeron efectos negativos en ningún usuario y que se pudieron alcanzar los objetivos establecidos, al aprender a completar la tarea.</p> <p>Se seleccionó la actividad de alimentación, en la cual desempeñaría un papel fundamental el Terapeuta Ocupacional, ya que los usuarios que utilizan prótesis presentan gran interés en realizarla de forma independiente. (Objetivo principal y objetivo específico 1)</p>
---	---------------------	---------------------	---	---	---

<p>Towards independence: a BCI telepresence robot for people with severe motor disabilities (33)</p>	<p>No invasivo</p>	<p>Lesión medular, amputaciones, tetraplejia y Esclerosis Múltiple</p>	<p>Se pretende evidenciar que las personas con discapacidad motora grave, mediante el uso de los sistemas BCI aumentan su nivel de independencia permitiéndoles realizar tareas reduciendo el esfuerzo necesario para ello.</p>	<p>Se relaciona con otros trabajos en las cuales aplican el sistema BCI para controlar sillas de ruedas, órtesis de extremidades superiores y exoesqueletos para ampliar el desarrollo. Se necesita cierto grado de cognición para usarlos.</p>	<p>Se consigue el control de exoesqueletos, sillas de ruedas, control domótico y del entorno, a través de los sistemas BCI, potenciando la calidad de vida de los usuarios. (Objetivo principal y objetivo específico 2)</p>
<p>Diseño e implementación de un sistema de control de entorno para usuarios con parálisis cerebral (34)</p>	<p>No invasivo.</p>	<p>Parálisis cerebral</p>	<p>Evidenciar que la tecnología BCI era eficaz en pacientes con gran discapacidad motora</p>	<p>Se entrenó el control del entorno; persianas, ventanas, electrodomésticos, aire acondicionado, alarma, etc</p>	<p>Se pudieron afirmar resultados de cara a mayor descarga de cuidadores al aumentar el grado de independencia de los usuarios. Se entrenó el control del entorno; persianas, ventanas, electrodomésticos, aire acondicionado, alarma, etc.(Objetivo principal)</p>

DISCUSIÓN

La revisión de los artículos seleccionados y analizados evidencia la eficacia del uso de los Sistemas Cerebro-Computadora como nueva tecnología de tratamiento, que conlleva un proceso de adaptación y entrenamiento por parte del usuario (30, 33).

Esto se consigue a través de varias sesiones donde se abordan diferentes actividades de la vida diaria, teniendo como referencia sus prioridades y preferencias únicamente mencionadas en los artículos de Collinger et al. y Blana et al. (29, 32), lo cual se considera que como Terapeutas Ocupacionales se debería tener en cuenta desde el principio en todos los casos. Todo ello puede ser evaluado a través de las diferentes escalas y evaluaciones propias de Terapia Ocupacional (23, 29) como la COPM mencionada en el artículo de Bundy et al., o la FIM mencionada en los artículos de Kozlowski A et al. y Collinger et al. (29, 31).

Sin embargo, únicamente 3 (20, 22, 34) de los 17 artículos analizados, hablan de la Terapia Ocupacional y su relación con la aplicación de los sistemas BCI, como un elemento imprescindible en este proceso.

A través del uso de esta tecnología, conseguimos aportar al usuario un nivel mayor de autonomía e independencia en su vida cotidiana, facilitando la descarga de cuidadores (34), aportando a los usuarios técnicas de ahorro de energía y haciéndoles ver que son capaces de realizar ciertas tareas por ellos mismos, teniendo en cuenta el esfuerzo y la constancia (22, 26, 31, 33).

Todos los estudios revisados muestran efectos positivos sobre la tecnología BCI, mediante la cual se pueden realizar diversos productos de apoyo para las diferentes patologías que dificultan la funcionalidad y capacidad motora.

Aunque no existen apenas estudios publicados desde Terapia Ocupacional, todos hacen referencia en sus artículos a la importancia de trabajar las actividades de la vida diaria, la marcha, psicomotricidad fina, adaptación y manejo del entorno, proceso de prototización, etc para lograr una mejora de las funciones deterioradas, o en su defecto, compensar el déficit de éstas, realizando la función que se ha perdido (control motor, comunicación, respiración...); únicamente

autores como Rotllant R et al. y Blana et al., hablan de todo esto introduciendo esta disciplina (20, 32).

Asimismo, Velasco et al. (34), ponen de manifiesto la importancia de la figura del Terapeuta Ocupacional durante todo el proceso rehabilitador, para aportar estrategias de manejo y autocuidado, brindándole al usuario mayor independencia en su día a día y posibilitando adaptaciones del entorno, como podría ser el hogar domótico para así mejorar su calidad de vida, todo ello a través de los sistemas BCI (22, 23, 31, 34, 36).

En base a los resultados de esta revisión, se comprueba que los estudios sobre el tema son escasos y con una metodología muy diversa, por lo que es difícil evidenciar resultados homogéneos en patologías concretas, por ello sería deseable realizar más investigación en este campo con mayor número de casos, puesto que en artículos como el de Rotllant et al. Y Correa K, Vivas A., son casos clínicos enfocados a una persona o un grupo pequeño en concreto. Por eso, se considera que deberían realizarse más investigaciones con un grupo control mayor para poder verse aplicados estos resultados a una población real (20, 21).

Es una tecnología que está todavía en desarrollo, pues hace apenas unas décadas en las que se comenzó a investigar aplicada a varias patologías. Cabe destacar que, en cuanto a España se refiere, no hay casi estudios aplicados referentes a estos sistemas, pero es un tema que ha llamado la atención de muchos investigadores, y se espera que, de aquí a unos años, estas tecnologías sean más conocidas y se usen en el ámbito sanitario para facilitar la rehabilitación y adaptación de los usuarios (21, 23, 24, 27, 32, 36).

Hay muchos campos donde investigar, y varias patologías a las cuales se puede aplicar esta tecnología, aunque en este trabajo nos hemos centrado especialmente en la lesión medular y las amputaciones. En estas últimas, hay mucha más información acerca de prótesis de miembros superiores, pues los investigadores pretenden buscar unas prótesis que sean tan útiles como las propias manos de los seres humanos, pudiendo realizar todos los movimientos funcionales de la mano (agarres, pinzas...) (18, 19, 30, 31, 33, 37, 38).

Es importante destacar que, para aplicar estos sistemas, los usuarios deben poseer cierta actividad mental, para ser capaces de producir las señales necesarias para su funcionamiento, tal y como afirman la mayoría de los artículos, entre ellos el de Leeb R et al. (33).

Al analizar la bibliografía, se confirma una clara preferencia hacia las Interfaces Cerebro-Computadora no invasivas, que facilitan al usuario su desempeño en las actividades de la vida cotidiana, aunque ciertos usuarios afirman que se someterían al método invasivo, tal y como se describe en el artículo de Collinger et al. (29), puesto que han comprobado que es una tecnología eficaz la cual aumenta su calidad y grado de satisfacción en su vida (20).

Cabe destacar que no es un proceso fácil, dependiendo de la situación personal, laboral y social (29), pues puede resultar difícil concienciar sobre el uso de la prótesis o dispositivo y demostrar que no va a obtener efectos negativos. Podemos encontrarnos con situaciones en las que el usuario vea este sistema como algo innecesario para su vida (32).

Por ello es necesaria una motivación y una disposición, así como una facilitación de información acerca de los mismos, beneficios y aplicaciones para la realización de actividades y el uso de los sistemas BCI (28).

Otro aspecto a tener en cuenta será la capacidad física ya que existe un gasto energético superior, y el proceso de entrenamiento y adaptación, como hemos citado anteriormente, es difícil y costoso (26, 32).

Asimismo, otro tema que puede dificultar la elección de un sistema BCI como producto de apoyo puede ser el tema económico, aunque se están realizando investigaciones que buscan la elaboración de estos productos de apoyo combinados con esta tecnología que sean de menos coste y más accesibles para las personas con limitaciones económicas (35).

Finalmente, tendremos en cuenta la situación laboral pasada, actual y futura del usuario, para poder adaptar y facilitar una ayuda técnica útil de cara a su vida laboral (29).

Centrándonos en la patología principal de este trabajo que son las amputaciones y la lesión medular, con su respectivo manejo de dispositivos ortoprotésicos y exoesqueletos, y observando su relevancia socio-sanitaria que presenta en nuestra sociedad, se considera que, desde Terapia Ocupacional, se podría plantear un método de intervención a través de este tipo de tecnologías biónicas, lo que podría contribuir a aumentar la satisfacción personal y calidad de vida de las personas así como la mejora de su bienestar y salud.

El inconveniente es que hay un gran desconocimiento acerca de nuestra disciplina y los distintos abordajes que se podrían hacer; por ello es necesario dar a conocer la Terapia Ocupacional e indagar e innovar en diferentes campos, puesto que nuestra profesión se ve referenciada en el día a día, en las actividades cotidianas de las personas.

CONCLUSIONES

Tras la revisión de la literatura actual sobre el tema estudiado, se evidencia que existen escasas publicaciones que relacionen la Terapia Ocupacional con en el manejo de exoesqueletos y dispositivos protésicos controlados por interfaz cerebro-computadora.

La introducción de la tecnología al mundo de la rehabilitación, en este caso de los sistemas BCI, en combinación con otras o en solitario, muestra una evidencia positiva sobre un aumento de la independencia, calidad de vida, y la capacidad de realizar ciertas actividades.

A través del uso de estos sistemas se evidencian resultados positivos en la rehabilitación de la funcionalidad y mejora del desempeño de las actividades de la vida diaria de las personas con lesión medular o amputación, permitiéndoles conseguir un grado de autonomía mayor. Es por ello por lo que la Terapia Ocupacional puede jugar un gran papel en este proceso de rehabilitación.

Asimismo, hay un gran camino de investigación y desarrollo de estas tecnologías para mejorar su uso y fiabilidad. Por ello, es importante revisar constantemente la literatura científica, para conocer los nuevos avances en la interfaz mente-máquina y aplicarlo para mejorar la calidad de vida de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gentiletti G, Tabernig C, Acevedo R. Interfaces Cerebro Computadora: Definición, Tipos y Estado Actual. IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health. 2007;18:1117-1121.
2. Santana D, Ramírez M, Ostrosky-Solís F. Novedades en tecnología de la rehabilitación: una revisión acerca de interfaz cerebro-computadora. Revista de neurología. 2004;(5):447-450.
3. Arboleda C, García E, Posada A, Torres R. Diseño y construcción de un prototipo de interfaz cerebro-computador para facilitar la comunicación de personas con discapacidad motora. Revista Escuela Ingeniería de Antioquia (EIA). 2009;(11):105-115.
4. Ron Angevin R. Retroalimentación en el entrenamiento de una interfaz cerebro computadora usando técnicas basadas en realidad virtual [Tesis Doctoral]. Universidad de Málaga; Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación; 2005.
5. Shih JJ, Krusienski DJ, Wolpaw JR. Brain-computer interfaces in medicine. Mayo Clinic Proceedings. 2012;87(3):268-79.
6. Escolano C, Minguez J. Sistema de Teleoperación Multi-Robot basado en Interfaz Cerebro-Computador. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI. 2011;8(2):16-23.
7. Arcos-Argoty, J., Garcia-Cossio, E. y Torres-Villa, R. Evaluación experimental y estadística de un prototipo de interfaz cerebro-computador (ICC), Revista Ingeniería Biomédica, 4 (8), 22-33. doi: <http://repository.eia.edu.co/handle/11190/488>
8. Nuwer M R. Electrocorticography and intraoperative electroencephalography, Intraoperative Neurophysiologic Monitoring, p.77, 2010.
9. Crone N E, Sinai A, Korzeniewska A. High-frequency gamma oscillations and human brain mapping with electrocorticography, Progress in Brain Research, vol. 159, p. 275-295, 2006.
10. Anupama H, Cauvery N, Lingaraju G. Brain Computer Interface and its Types – A study. International Journal of Advances in Engineering and Technology. Mayo 2012; 3(2): p. 739-745.

11. Mínguez J. Tecnología de Interfaz Cerebro-Computador. Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas; 2008.
12. Introducción a los sistemas Brain Computer Interface | La Cofa - Blog de los empleados de Telefónica I+D [Internet]. [citado 2019 Jun 7]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20110925040808/http://www.lacofa.es/index.php/general/introduccion-a-los-sistemas-brain-computer-interface>
13. Reboredo Rodríguez J, Novoa Fente M, Blanco Pereira M, Montes Bernardo S. Terapia Ocupacional y ocupación: de la definición a la praxis profesional. [Internet]. TOG (A Coruña); 2015 [citado 2019 May 3]. Disponible en: <http://www.revistatog.com/mono/num7/mono7.pdf>
14. Ortner R, Allison B, Gaggi H, Pfurtscheller G. An SSVEP BCI to Control a Hand Orthosis for Persons With Tetraplegia. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 2011; 19(1): 1-5.
15. Gutiérrez-Martínez J, Núñez-Gaona M, Carrillo-Mora P. Avances tecnológicos en neurorrehabilitación. Revista de Investigación Clínica (RIC). 2014; 66 (Supl. 1): 8-23.
16. Lau C, O'Leary S. Comparison of Computer Interface Devices for Persons With Severe Physical Disabilities. American Journal of Occupational Therapy. 1993;47(11):1022-1030.
17. Sánchez Navarro I. Prótesis biónicas, biología y tecnología. Panorama Actual Med 2018; 42(411): 256-259.
18. Wang W, Collinger J, Perez M, Tyler-Kabara E, Cohen L, Birbaumer N, Brose S, Schwartz A, Boninger M, Weber D. Neural Interface Technology for Rehabilitation: Exploiting and Promoting Neuroplasticity. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America. 2010;21(1):157-178.
19. Hornero R, Corralejo R, Álvarez D, Martín L. Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema Brain Computer Interface (BCI) aplicado al control de dispositivos domóticos para mejorar la calidad de vida de las personas con grave discapacidad. Trauma [Internet]. 2013 [citado

- 2019 Mayo 6];24(2):117–25. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4395960>
- 20.Solà RR, Correal CN, Batalla GS, Red MC de la, Arias FN, Cuba MG. Adaptación de unos dedos biónicos en una paciente con doble amputación de extremidades superiores. *Rehabilitación: Revista de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física* [Internet]. 2010 [citado 2019 Mayo 12];44(4):376–80. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3326201>
- 21.Correa-Arana K, Vivas-Albán A. Prótesis de mano virtual movida por señales encefalograficas - EEG. *Prospectiva* [Internet]. 2016 [citado 2019 Mayo 12];14(2):99–110. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-82612016000200099&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- 22.Mardomingo Medialdea H, Fernández González P, Molina Rueda F. Usabilidad y aceptabilidad de los exoesqueletos portables para el entrenamiento de la marcha en sujetos con lesión medular: revisión sistemática. *Revista de Neurología* [Internet]. 2018 [citado 2019 Mayo 12];66(2):35–44. Disponible en:
<https://medes.com/publication/134789>
- 23.Bundy DT, Souders L, Baranyai K, Leonard L, Schalk G, Coker R, et al. Contralesional Brain-Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors. *Stroke*. 2017;48(7):1908–15.
- 24.Clement RGE, Bugler KE, Oliver CW. Bionic prosthetic hands: A review of present technology and future aspirations. *Surgeon*. 2011 Dec;9(6):336–40.
- 25.Gutiérrez-Martínez J, Cantillo-Negrete J, Cariño-Escobar RI, Elías-Viñas D. Los sistemas de interfaz cerebro-computadora: una herramienta para apoyar la rehabilitación de pacientes con discapacidad motora. *Investigación en Discapacidad* [Internet]. 2013 [citado 2019 Abril 25];2(2):62–9. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=44426>
- 26.De Pauw K, Cherelle P, Tassignon B, Van Cutsem J, Roelands B, Marulanda FG, et al. Cognitive performance and brain dynamics during

- walking with a novel bionic foot: A pilot study. PLoS ONE. 2019;14(4):e0214711.
27. Mao X, Li M, Li W, Niu L, Xian B, Zeng M, et al. Progress in EEG-Based Brain Robot Interaction Systems. *Comput Intell Neurosci*. 2017;2017:1742862.
28. Cincotti F, Mattia D, Aloise F, Bufalari S, Schalk G, Oriolo G, et al. Non-invasive brain-computer interface system: towards its application as assistive technology. *Brain Res Bull*. 2008 Apr 15;75(6):796–803.
29. Collinger JL, Boninger ML, Bruns TM, Curley K, Wang W, Weber DJ. Functional priorities, assistive technology, and brain-computer interfaces after spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*. 2013;50(2):145–60.
30. Birbaumer N. Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control. *Psychophysiology*. 2006 Nov;43(6):517–32.
31. Kozlowski AJ, Bryce TN, Dijkers MP. Time and Effort Required by Persons with Spinal Cord Injury to Learn to Use a Powered Exoskeleton for Assisted Walking. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2015;21(2):110–21.
32. Blana D, Kyriacou T, Lambrecht JM, Chadwick EK. Feasibility of using combined EMG and kinematic signals for prosthesis control: A simulation study using a virtual reality environment. *J Electromyogr Kinesiol*. 2016 Agosto;29:21–7.
33. Leeb R, Tonin L, Rohm M, Desideri L, Carlson T, Millan J del R. Towards Independence: A BCI Telepresence Robot for People With Severe Motor Disabilities. *Proc IEEE [Internet]*. 2015 [citado 2019 Mayo 3 6];103(6):969–82. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7109829/>
34. Velasco MA, Clemotte A, Raya R, Ceres Ruiz R. Diseño e implementación de un sistema de control de entorno para usuarios con parálisis cerebral [Internet]. *Comité Español de Automática*; 2014 [citado 2019 Mayo 6]. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/130398>
35. Diseño de una interfaz neuronal para personas con discapacidad motora | *Redes de Ingeniería [Internet]*. [citado 2019 Mayo 22].

Disponible en:

<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/article/view/124>

36. Ma H, Trombly CA. A synthesis of the effects of occupational therapy for persons with stroke, Part II: Remediation of impairments. *Am J Occup Ther.* 2002 Jun;56(3):260–74.
37. Sakurada T, Kawase T, Takano K, Komatsu T, Kansaku K. A BMI-based occupational therapy assist suit: asynchronous control by SSVEP. *Front Neurosci.* 2013;7:172.
38. Ingeniería de Rehabilitación [Internet]. National Institute of biomedical Imaging and bioengineering. 2014 [citado 2019 Mayo 20]. Disponible en: <http://www.nibib.nih.gov/espanol/temascientificos/ingenier%C3%ADa-de-rehabilitaci%C3%B3n>