



HCI y nuevas interfases aplicadas a bioperformances interactivas en prácticas corporales de inclusión

HCI and new interfaces applied to interactive bioperformances in inclusive bodily practices

 Alejandra Cristina Ceriani

Facultad de Artes, Universidad Nacional de La Plata,
Argentina
aceriani@gmail.com

Recepción: 10 Abril 2024
Aprobación: 19 Abril 2024
Publicación: 01 Agosto 2024

Resumen: El presente texto recoge prácticas tecnológicas que se proponen favorecer la comprensión del uso de instrumentación biomédica orientada hacia sistemas vestibles, es decir, dispositivos que pueden instalarse con facilidad en distintas partes del cuerpo con el fin de capturar los datos de las señales bioeléctricas del cuerpo y así, proponer, nuevas trayectorias a los procesos de percepción de lo corporal. En consecuencia, identificar, estudiar y sistematizar el conocimiento que performers, ingenieros y programadores desarrollan en proyectos de inclusión expresiva; nos permitirá construir un marco conceptual sobre esta práctica artística transdisciplinar, su potencial expresivo para la atención a la diversidad.

Entendemos que, es importante que la comunidad educativa, tome conocimiento de estas prácticas artísticas, se extienda su aplicación y uso progresivo, con el fin de mejorar la calidad de la enseñanza-aprendizaje para el área que tiene como objetivo fundamental a la corporalidad. Se trata de una contribución técnico-expresiva, que pretende destacarse como una propuesta innovadora, de la misma forma, promover reflexiones sobre las concepciones de Educación, Arte y Tecnología Inclusiva.

Una recopilación de experiencias basadas en las TIC en entornos educativos realizadas con personas con discapacidad, recogen las pautas para la creación de recursos educativos digitales accesibles y las herramientas necesarias para su aplicación.

En el proceso educativo, la representación de un entorno digital como base para la observación y el estudio, es una oportunidad metodológica y epistémica, donde el planteamiento de un caso es siempre una oportunidad de aprendizaje significativo y trascendente en la medida en que quienes participan en su análisis logran involucrarse y comprometerse tanto en la exploración como en el proceso grupal para su ejecución. Basado en la anterior ilación se presenta a continuación prácticas relacionadas con la inclusión tecnológica y la accesibilidad educativa con el propósito de garantizar la igualdad de condiciones a todas las personas con o sin discapacidad.



EDICIONES
DE LA FAHCE

Cita sugerida: Ceriani, A. C. (2024). HCI y nuevas interfases aplicadas a bioperformances interactivas en prácticas corporales de inclusión. *Perspectivas de Investigación en Educación Física*, 3(5-6), e032. <https://doi.org/10.24215/29534372e032>



Palabras clave: Performance mediada, Bioperformance Inclusiva, Diversidad, Educación artística, Corporalidad.

Abstract: This text includes technological practices that aim to promote the understanding of the use of biomedical instrumentation oriented towards wearable systems, that is, devices that can be easily installed in different parts of the body in order to capture data from the body's bioelectric signals and thus, proposing new trajectories for the processes of perception of the body. Consequently, identify, study and systematize the knowledge that performers, engineers and programmers develop in expressive inclusion projects; It will allow us to build a conceptual framework about this transdisciplinary artistic practice, its expressive potential for attention to diversity.

We understand that it is important for the educational community to become aware of these artistic practices, to extend their application and progressive use, in order to improve the quality of teaching-learning for the area whose fundamental objective is corporality. It is a technical-expressive contribution, which aims to stand out as an innovative proposal, in the same way, promote reflections on the conceptions of Education, Art and Inclusive Technology. A compilation of experiences based on ICT in educational environments carried out with people with disabilities, includes guidelines for the creation of accessible digital educational resources and the necessary tools for their application.

In the educational process, the representation of a digital environment as a basis for observation and study is a methodological and epistemic opportunity, where the presentation of a case is always an opportunity for significant and transcendent learning to the extent that those who participate in their analysis they manage to get involved and commit both in the exploration and in the group process for its execution. Based on the previous section, practices related to technological inclusion and educational accessibility are presented below with the purpose of guaranteeing equal conditions for all people with or without disabilities.

Keywords: Mediated Performance, Inclusive Bioperformance, Diversity, Artistic Education, Corporality.

La relación es perfectamente recíproca:

el cuerpo y el cerebro existen el uno para el otro.

Sandra Blakeslee

Sinopsis para una propuesta de experimentación

Partimos de una definición que enunciaremos como objetivo de estudio, tras el cual se articulan no solo los conocimientos académicos disciplinares y un entorno interdisciplinar para la experimentación, análisis y producción de nuevas herramientas de creación, sino que se configura un proceso de investigación transdisciplinar entre Bioingeniería y Arte.

La definición en cuestión hace referencia a una de las aplicaciones biomédicas de los sistemas e Interfaces Cerebro-Computadora (ICC) y sostiene que “una ICC es un dispositivo que brinda al cerebro un nuevo canal de comunicación y control sin hacer uso de los músculos”¹.

Desde nuestra práctica disciplinar –la *danza performance interactiva*²–, nos motiva reflexionar sobre estas últimas palabras: “sin hacer uso de los músculos”. Tomamos como punto inicial una concepción de la danza performance que no se limita al cuerpo en movimiento, en cambio considera el fenómeno de la *inmovilidad*³ como “un umbral perceptible que reconfigura la relación entre la dimensión corporal y la subjetividad” (Lepecki, 2011, p. 523).

En este contexto, proponer la inmovilidad y su vinculación ontológica con el tiempo y el espacio conlleva pensarla como una otredad dentro de la selección de gestiones de las que dispone el sujeto “normalizado”, como un problema de correspondencia entre el cuerpo y el yo. Por consiguiente, nos planteamos operar con la inmovilidad no como un recurso, sino como una experiencia dirigida hacia un modo perceptual por explorar; indagando la quietud, habida cuenta de la percepción del micromovimiento, de esas señales más pequeñas o, mejor expresado, de aquellos movimientos imperceptibles –de los que rara vez se tiene conciencia– y que se van ampliando, poco a poco, por medio de los sensores que capturan datos fisiológicos.

En este sentido, poder experimentar tanto la percepción como la producción del movimiento desde la relación cuerpo-cerebro nos permitirá: disponernos favorablemente a estos sistemas de digitalización de la señal de electroencefalograma (EEG) que explican Pablo A. García (2019) y Enrique Spinelli (2000) en sus tesis y artículos de divulgación y, asimismo, comulgar con coreógrafos y teóricos de la danza como Hubert Godard (2007), que identifica el premovimiento como un lenguaje no consciente de la postura, o André Lepecki (2011), cuando reconoce la revolución originada por la concepción de *la pequeña danza*⁴ y sostiene que “no hay inmovilidad, sino capas de movimientos minúsculos y que la inmovilidad está llena de movimientos microscópicos” (2011, p. 535) que revelan sus numerosas capas de intensidades vibrátiles.

Así, en el momento de experimentar desde estas disposiciones corporales, dos entidades se alían para generar un intercambio dialógico a través de la detección de una mínima variación en la parte del cuerpo sensada donde empieza el movimiento, de los flujos de intensidad que lo organizan, de la forma que tiene el performer de anticipar y de visualizar el gesto que realizará. Todo ello conlleva presentar la siguiente propuesta de trabajo.

Las tecnologías de sensado y monitoreo de señales bioeléctricas proponen nuevas trayectorias a los procesos de percepción de lo corporal. A través de una ICC, se posibilitará un nuevo canal de comunicación corporal sin hacer uso de los músculos. En consecuencia, identificar, estudiar y sistematizar el conocimiento que performers, ingenieros y programadores desarrollan cuando están operando con tecnología de sensado de contacto y su entorno nos permitirá construir un marco conceptual sobre esta práctica artística transdisciplinar y su potencial expresivo.

La puesta en valor de estos intercambios implica el ejercicio de una mirada crítica sobre los sistemas y los procesos electrónico-digitales en relación con los sistemas y los procesos corporales, y viceversa; sirve para recuperar el conocimiento empírico generado desde la práctica artística interdisciplinar hacia la configuración de lo transdisciplinar, es decir, ir más allá y superar la fragmentación del conocimiento que manifiestan las disciplinas particulares y su consiguiente hiperespecialización. En suma, se trata de realizar exploraciones de técnicas, dispositivos y sistemas novedosos utilizados en el tratamiento y en la rehabilitación de disfunciones de los sistemas nervioso y muscular con el objetivo de hallar otras poéticas del cuerpo y de la técnica, volviéndolas accesibles a otras comunidades expresivas.

Buscamos respuestas para orientar nuestras prácticas hacia el diseño de otros escenarios conceptuales y experimentales que comuniquen los procesos vinculantes de la danza performance interactiva con las nuevas poéticas tecnológicas de la inclusión a otras corporalidades. Abogamos por una investigación y una producción que excedan las demarcaciones entre ciencia y arte, así como también, por fomentar el intercambio cognitivo y sensorial de los diferentes campos de estudio y aplicación de quienes lo practican.

En consecuencia, otro desafío que involucra la perspectiva disciplinar de los estudios de la ingeniería biomédica es usar estos dispositivos no solo partiendo de las investigaciones biomédicas hacia los distintos campos de aplicación como la medicina, la salud pública, la rehabilitación o la ecología y el medioambiente; sino brindando, por ejemplo, un canal de comunicación expresivo y artístico a personas con movilidad reducida.

Es este un intento por vincular contenidos que nos posibiliten dar cuenta del aprovechamiento del potencial eléctrico en los sistemas biológicos con el objetivo de crear eventos artísticos basados en señales cerebrales. Así, mediante un dispositivo EEG –que permite hacer un registro de la actividad bioeléctrica del cerebro– y la tecnología de software y programación de visuales y sonido, se ubicarán biosensores en la cabeza de los participantes que podrían usar las señales eléctricas de su cerebro para generar eventos multimedia y crear un espacio inmersivo para el público.

Asimismo, sabemos que no es plausible entrar al mundo de la ingeniería en biopotenciales meramente departiendo sobre experiencias vinculantes; hay que compartir un lenguaje específico y tener ciertos saberes particulares para explicar un fenómeno, además de tener un conocimiento básico de las investigaciones que se han realizado sobre el tema en cuestión. Afortunadamente, varios fenómenos entendidos empíricamente por los performers, bailarines o practicantes del movimiento en general están científicamente argumentados hoy en día.

Teniendo en cuenta algunos trabajos que nos anteceden, nos abocaremos a presentar y a reflexionar sobre nuestras indagaciones en las que se utilizó ICC para estudiar los cambios de la actividad cerebral durante la realización de un micromovimiento en ejecución o por ser ejecutado, es decir, un movimiento imaginado.

Antecedentes y estudios específicos

Cuando tomamos como punto de partida la actividad con “profesores de danza, yoga, técnica de Alexander, Feldenkrais, etcétera; estamos trabajando básicamente sobre la conciencia del mapa corporal” (Blakeslee y Blakeslee, 2009, p. 49). Los mapas corporales, también conocidos como cartografías corporales, materializan los discursos y las experiencias que se encarnan en el cuerpo o la corporeidad; es decir, este mapeo es la representación consciente –y en algunos casos inconsciente– del propio yo, del propio cuerpo.

Como bien se conoce, el cerebro dispone de un mapa completo de la extensión del cuerpo –con áreas específicas de cada parte y superficie, como manos, hombros, pies, cejas, etc.–, del mismo modo que del espacio y de las acciones e intenciones de las personas que nos rodean. Estos mapas corporales tienen una actividad constante, fluida e integrada, la cual sucede, mayormente, de manera involuntaria o inconsciente.

Quien estudió por primera vez en seres humanos las representaciones topográficas del cuerpo en el cerebro fue Wilder Penfield –neurocirujano canadiense de mediados del siglo xx–: estimuló el córtex o corteza cerebral de personas conscientes durante intervenciones quirúrgicas, situando allí los movimientos o sensaciones que iban asociados a cada punto incitado eléctricamente. Desde su investigación, surge el significado literal de homúnculo: “hombrecillo en el cerebro”. No obstante, la importancia de los “homúnculos corticales o de Penfield” (Blakeslee y Blakeslee, 2009, p. 28) parece resultar imprecisa y confusa, pues parte de ella nos conduce a una paradoja circular que se va amplificando: ese hombrecillo necesita de otro hombrecillo, y así sucesivamente.

Un equivalente actualizado es la noción de un mapa topográfico o mapa corporal en el cual se registra una organización somatotópica de las áreas motoras de la corteza cerebral. Asimismo, no es la única representación topográfica del cuerpo, ya que este mapa existe también en el tálamo, el cerebelo y la médula espinal. De este modo, se instala la perplejidad sobre si el cerebro –que cartografía la vista, el oído y el tacto– podría traducir con eficacia y en tiempo la información de todos estos diferentes mapas sensoriales.

Antonio Damasio (1999, p. 317) se refiere a la interdependencia cuerpo-cerebro: “las acciones del cerebro sobre la carne [...] la sensación de la carne en el cerebro después de que el cerebro haya actuado sobre ella”. El sistema somatosensorial o sensorial somático se ocupa de acopiar información sensorial a través de las neuronas sensoriales primarias localizadas en la piel y otros tejidos del organismo.

“La palabra somatosensorial, como indica adecuadamente su origen etimológico, describe el sentir del *soma*, palabra griega que quiere decir ‘cuerpo’” (Damasio, 1999, p. 156). Se define, por tanto, que somatosensorial es el sentir del soma, el sentir del cuerpo, y que no es un único sistema, también es una “combinación de diversos subsistemas, cada uno de los cuales transporta señales al cerebro acerca del estado de muy diversos aspectos del cuerpo” (Damasio, 1999, p. 157). Asimismo, se sabe que el sistema somatosensorial reacciona a los estímulos usando diferentes receptores y que no recurre solamente a las neuronas, sino, además, a sustancias químicas que se encuentran en el afluente sanguíneo. Como asegura Damasio, “el cerebro está también informado del estado de su aparato musculoesquelético, el cerebro es auténticamente el público atrapado y cautivo del cerebro” (1999, p. 158) inducido a las diferentes emociones y representaciones en y desde el “teatro del cuerpo” (Damasio, 1999, p. 19).

Cerebro y percepción

Durante mucho tiempo, se especuló con que el cerebro era una computadora que acogía datos y luego proporcionaba órdenes; pero actualmente sabemos que no actúa así, y que tampoco el cerebro es el hardware y la mente, el software. Estas metáforas⁵ que empleamos para referirnos a él cambian. En definitiva, el cerebro funciona más por control e inhibición que por órdenes.

Hay cuantiosos movimientos en el cuerpo, incluso los músculos se mueven antes de estar inervados. Existe lo que se llama contracción miogénica, un movimiento inherente al músculo –entre 8 y 12 hercios–, que se produce aún antes de que este músculo sea afectado por una motoneurona o neurona motora. De modo inmediato, hay una contracción ligada a la inervación, y así de manera sucesiva; es decir, la construcción de un movimiento se realiza por el control de agrupación de unidades motoras y no por la intervención de músculos individuales. El cerebro controla conjuntos de neuronas más o menos estrechamente vinculadas y trabaja en la orquestación de sus funciones. Esta coordinación es temporal dependiendo de un cambio en el contexto, es una estructura procesual que solo puede existir en conjunción con su entorno.

Las neuronas, cuyo comportamiento es rítmico y oscilatorio, pueden impulsar la actividad de otras neuronas mediante potenciales de acción, conformando así grupos neuronales que oscilan en fase, es decir en forma coherente, que es la base de la actividad simultánea (algo así como lo que ocurre en la marcha de los desfiles militares, en el ballet o en la danza de grupo) (Llinás, 2002, p. 14).

Hubert Godard⁶ destaca la importancia del “premovimiento” para el análisis del movimiento, o “microajustes que cada uno hace inconscientemente antes de moverse” y que se basan en el esquema postural, que anticipan acciones, percepciones y afinamientos que hacemos sin darnos cuenta antes de movernos, como un rito. La correspondencia entre la función cerebral y el modo como percibimos, interpretamos o reaccionamos es tan precisa como la que se establece entre las contracciones musculares y los movimientos realizados. De esta manera, nuestros movimientos son previstos en múltiples niveles de la corteza motora antes de que actuemos.

Al respecto, hay que subrayar que “la predicción, función tan radicalmente diferente del reflejo, constituye la verdadera entraña de la función cerebral. La base de la predicción –que es la expectativa de eventos por venir– es la percepción” (Llinás, 2002, p. 4). La percepción y la acción son prospectivas por definición y aquí vale citar –entrando más en detalle sobre los contenidos de nuestra episteme– lo que se denomina *premovimiento*, basado en el esquema postural, en el que se anticipan todas nuestras acciones, nuestras percepciones con relación al entorno.

Llamaremos “premovimiento” a esta actitud hacia el peso, la gravedad, que ya existe antes de que nos movamos, en el simple hecho de estar de pie, y que producirá la carga expresiva del movimiento que ejecutaremos. Una misma forma gestual –por ejemplo, un arabesco– se puede cargar de distintas significaciones según la calidad del premovimiento, que sufre grandes variaciones mientras perdura la forma. Él determina el estado de tensión del cuerpo y define la calidad, el color específico de cada gesto (Godard, 2007, p. 337).

Lo antedicho servirá para señalar el hecho de que nuestras acciones y nuestra habilidad para imaginarlas son guiadas por modelos internos existentes, cargados y a punto de ser utilizados, y en vínculo con el mundo exterior. Mediante cuantiosos estudios se ha demostrado que, durante la evocación mental de un movimiento, en la corteza cerebral motora se origina la activación de circuitos neuronales equivalentes a los que se activan durante la ejecución del movimiento.

Por su parte, la imagen motora o cinestésica es el proceso de imaginar un movimiento: “Somos los actores. Realizamos el movimiento, de forma virtual, en la mente. No usamos tanto el ojo como el cuerpo de la mente” (Blakeslee y Blakeslee, 2009, p. 75). El cerebro debe poder implementar un sistema de coordenadas con las cuales calcule el mundo que lo rodea y pueda ubicarse con relación a ese ambiente.

Mientras transcurren las imágenes motoras, los músculos no recogen señales, sino que estas circulan por el llamado *emulador interior* (Blakeslee y Blakeslee, 2009, p. 76), que imita la acción motora. La razón de que exista un emulador es para predecir, anticiparse a los cambios constantes y fluidos del entorno. Con respecto al movimiento, se activan unos músculos e inhiben otros con el objetivo de lograr una labor motora determinada. A la par, el cerebro ensaya una copia exacta del movimiento: el fenómeno de la *falsa propiocepción* (Blakeslee y Blakeslee, 2009, p. 76), que simula, además, la sensación interna que genera una acción.

De la misma manera, hay pautas motoras fijas o patrones innatos de comportamiento subyacentes a punto para ser utilizados, y “este modo operativo se deriva de la llamada función anticipatoria, prioridad esta que es inherente a los circuitos neuronales” (Llinás, 2002: 30). Al imaginar un movimiento especializado, se activan todas las regiones del cerebro que se mueven durante la ejecución del movimiento real dentro de las áreas de planificación de esas acciones. Ahora, una destreza dentro de esta imaginación motora no puede ser practicada mentalmente si no fue efectivamente afectada con anterioridad en los músculos, ya que estos no reciben señales durante la *imaginación* motora.

Debido al carácter general de este acercamiento al tema, no se abordarán algunas cuestiones elementales del control motor, del nivel celular de las neuronas, la conectividad sináptica interneuronal o química o de la función de control involuntaria autónoma sin la cual la vida misma sería inviable. Entonces nos centramos en que, para poder realizar cualquier movimiento, se necesita la interacción de diversas estructuras del sistema nervioso motor. Estas estructuras están organizadas jerárquicamente: movimientos más complejos y elaborados, actividades musculares elementales, automatismos simples de marcha y movimientos defensivos simples a través de respuestas reflejas.

Es obvio que el control continuo del movimiento exige una altísima sobrecarga de cómputo, independientemente de que el control se efectúe regulando la actividad de cada músculo de manera discreta y paralela, o escogiendo e implementando combinaciones de músculos. Sobra decir que nuestros movimientos, incluso los que parecen muy sencillos, son muy complejos (Llinás, 2002, p. 34).

El propósito de este ensayo no es abordar y sublimar conceptos eruditos o experiencias hipercontroladas científicamente, sino introducirnos en el tema, validar el sistema tecnológico diseñado por los integrantes del GIBIC/LEICI/UNLP⁷ y el Departamento de Multimedia de la Facultad de Artes, de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) para llevar adelante la experiencia y definir los requerimientos que surjan a lo largo del proyecto que estamos iniciando como equipo interdisciplinar de estudiosos y artistas corporales, ingenieros electrónicos y desarrolladores multimedia. Por tanto, “saber cómo leer las señales de los mapas corporales y convertirlas en un lenguaje que un ordenador o un robot puedan comprender” (Blakeslee y Blakeslee, 2009, p. 78) es parte de lo que nos interesa llevar a cabo apropiadamente.

Dispositivos y ritmos cerebrales: tres experiencias

Como bien especifica Enrique Spinelli (2000), coexisten diversos paradigmas en la concepción de estas interfaces que enlazan directamente el cerebro con una máquina, aparato o dispositivo electrónico. En su trabajo, se investigan básicamente aquellas estrategias registradas en el procesamiento de los denominados “ritmos cerebrales”, es decir, aquellas señales electroencefalográficas que se observan en la actividad cerebral bajo condiciones de relajación visual o motora.

De acuerdo a su origen, los potenciales de EEG pueden clasificarse en Potenciales Evocados si se producen como consecuencia de un estímulo externo y Potenciales Espontáneos si se producen espontáneamente, podríamos decir que estos últimos nacen de la “voluntad” del sujeto. Dentro de los Potenciales Espontáneos, podemos diferenciar los Ritmos Cerebrales que se registran en condiciones de reposo, cuando las neuronas no procesan información, y los Potenciales Relacionados (RP: Related Potentials), que se producen como consecuencia de algún evento puntual (Spinelli, 2000, p. 10).

Las neuronas se comunican entre ellas a través de pequeños impulsos eléctricos que se pueden medir, denominados ondas cerebrales. Estas ondas tienen diferentes tipos de frecuencia, unas son más rápidas y otras más pausadas. Si se separan a través de filtros, las podemos observar con más claridad.

La frecuencia de las ondas cerebrales se mide en ciclos por segundo o hercios. Estos impulsos eléctricos rítmicos son de cinco tipos o frecuencias, y se clasifican de la siguiente manera: delta (menos de 4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-13 Hz), betha (13-30 Hz) y gamma (30-100 Hz); cada uno representa una función fisiológica particular. Nuestro dinamismo cerebral y nuestras vivencias o experiencias diarias son inherentes entre sí. Así, pues, si estamos relajados, tranquilos o emocionados tendremos una composición de ondas que probablemente variaría en gran medida si, por el contrario, estamos anhelantes, desanimados, irritables, violentos o con insomnio.

Existen básicamente tres configuraciones típicas para captar los potenciales de acción a partir de electrodos superficiales. Para nuestras pruebas, hemos usado la Monopolar en la que “se registra el potencial de cada electrodo respecto de uno particular utilizado como referencia que usualmente se coloca en la oreja” (Spinelli, 2000, p. 18).

El dispositivo que estamos utilizando es el auricular MindWave Mobile 2⁸ que mide las señales de ondas cerebrales y monitorea los niveles de concentración y de meditación de las personas mientras interactúan. También hemos hecho uso de otros dispositivos con más cantidad de electrodos y en condiciones de recinto óptimas.

El MindWave Mobile 2] utiliza una interface inalámbrica para comunicarse con el computador y adquiere las señales a través de biosensores pasivos conectados a un electrodo que hace contacto con la frente. Además, cuenta con un terminal de referencia que se conecta con el lóbulo de la oreja. Esta característica se utiliza para determinar el origen de una señal. En las interfaces cerebrocomputador, la localización de los electrodos permite obtener diferentes representaciones del EEG. El dispositivo MindWave dispone únicamente de un solo terminal colocado en la frente del sujeto, en lo que se conoce formalmente como zona prefrontal (Torres, Sánchez y Palacio-Baus, 2014, p. 85).

El cerebro compone ritmos todo el tiempo y, de ese modo, organiza un lenguaje de comunicación entre neuronas mientras procesan información. La investigación destinada a entender este lenguaje está transformando tanto las teorías neurocientíficas como las aplicaciones clínicas, tecnológicas y artísticas. En la actualidad, se piensa que los ritmos cerebrales desempeñan un papel trascendental en funciones cognitivas como concentrarse, mantener y distribuir la atención, reconocer (percibir) correctamente el ambiente, entre otras.

Controlar máquinas o interfaces cerebro-computadora con el pensamiento es hoy una alternativa a técnicas invasivas. El diseño de técnicas no invasivas podría aplicarse al control de dispositivos mediante señales cerebrales o musculares, y es en parte lo que hemos estado explorando y a continuación desarrollaremos.

EXPERIENCIA 1. EXPLORACIÓN CON SENSADO EEG Y MICROMOVIMIENTO

LOCALIZADO

Estas pruebas EEG –que fueron las primeras en esta línea de investigación movimiento-cuerpo-cerebro– se fundamentan en los saberes de Oscar Yáñez Suárez, quien se desempeña en el Laboratorio de Investigación en Neuroimagenología (LINI), perteneciente al Área de Procesamiento Digital de Señales e Imágenes Biomédicas, del Departamento de Ingeniería Eléctrica, de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. En la residencia llevada a cabo en el LINI, en el año 2016, hemos logrado sensar y controlar –vía internet– las visuales del software open source Moldeo.org⁹ conectado a un dispositivo periférico llamado Emotiv EPOC¹⁰.

En esa oportunidad, además de observar e iniciarnos en el conocimiento del registro de las ondas cerebrales y su *contenido espectral*¹¹ a través de diferentes gráficas, distinguimos las acciones mentales de los gestos faciales.

Una de las principales interferencias –también conocida como *artefacto*¹²– al adquirir datos es el movimiento involuntario. De acuerdo a la posición del electrodo (zona prefrontal), se halló que la mayor afectación para el dispositivo corresponde al parpadeo, y es comprensible dado el elevado número de músculos y terminaciones nerviosas alrededor de los ojos. Respecto de esta gesticulación ocular, pudimos lograr esta transmisión, gestión de datos y cuantificaciones dentro de ambos sistemas interactivos (software del sensor bioléctrico y de visuales); lo cual representó uno de los primeros problemas a los que dimos solución.

Por tanto, realizar una experimentación con el micromovimiento gestual del rostro conectado a estas interfaces tiene importantes implicaciones y es concerniente al objetivo final: aportar al diseño de un entorno visual y sonoro para que personas con movilidad reducida logren interactuar expresivamente.

Luego de la Residencia en el LINI/UAM, en conexión y transferencia de datos al software open source Moldeo.org., en 2017, continuamos las pruebas con una diadema auricular EEG y ejercicios de autoconciencia del movimiento que, de manera resumida, detallaremos a continuación.

EXPERIENCIA 2. EXPLORACIÓN CON SENSADO EEG/ NEUROSKY MINDWAVE2 Y MÉTODO FELDENKRAIS

Dada la naturaleza encarnada que propone el método Feldenkrais¹³ a través de la interacción entre el potencial neuroplástico, la capacidad de escucha y el procedimiento audioperceptivo, facilita herramientas de análisis y trabajo del micromovimiento en vínculo con una diadema auricular EEG.

De por sí, el método Feldenkrais incide sobre la habilidad de regular y de coordinar los movimientos, es decir, actúa sobre el sistema nervioso. Por consiguiente, el trabajo con las personas consiste en asistirles para que experimenten mediante un proceso voluntario y, utilizando nuevos patrones, resignifiquen y recodifiquen experiencias de concientización sobre el control y el monitoreo de sus músculos.

La estimulación de ciertas células de la corteza motriz del cerebro activa un músculo particular. Hoy se sabe que la correspondencia entre las células de la corteza y los músculos que activan no es absoluta ni exclusiva. Sin embargo, podemos considerar que existe base experimental suficiente para justificar la suposición de que ciertas células específicas activan músculos específicos por lo menos en sus movimientos básicos y elementales (Feldenkrais, 1985, p. 21).

En el desarrollo de sus clases de movimiento, Moshé Feldenkrais pudo distinguir el sentido de la autoimagen establecida por medio de la experiencia de movimiento. “El término ‘imagen corporal’ fue introducido, en 1935, por Paul Schilder, un neurólogo austríaco-estadounidense que sentía que el concepto de esquema corporal no capturaba toda la naturaleza de la experiencia física” (Blakeslee y Blakeslee, 2009, p. 54). En este sentido, el método de Feldenkrais instala la comprensión de cómo nuestro cerebro organiza el movimiento y los mapas corporales en todos los niveles del sistema nervioso. La corteza prefrontal es el centro neurofisiológico para la programación de la conducta corporal.

En las pruebas con el sensor MindWave Mobile 2, iniciamos sesiones individuales llamadas IF (Integración Funcional) guiadas por la profesora Estela Gomez, especializada en el método Bones¹⁴. En estas sesiones, Gomez condujo la secuencia del movimiento –a través de su voz, y con toques y manipulaciones sobre el cuerpo–. Estos encuentros fueron grabados¹⁵, mientras el sensor captaba los valores de alpha y betha asociados con los estados de atención y de meditación que registra el dispositivo.

La guía hablada¹⁶ en estas sesiones opera en la corteza premotora, los ganglios basales y el tálamo. Este último está implicado en el control motor que se halla en una zona profunda dentro del cerebro. Allí se comunica la mayor parte de las señales sensoriales percibidas (auditivas, visuales, táctiles), permitiendo que se procesen, además, en otras áreas. A su vez, la función de los ganglios basales consiste en refinar los movimientos voluntarios. La extensión, el trayecto, la potencia y la celeridad de cada patrón de movimiento se experimentan en una imagen corporal.

La palabra imagen no se refiere solo a imágenes “visuales”, ni tampoco se trata de imágenes estáticas. La palabra también se refiere a imágenes auditivas como las que causan la música y el viento, y a las imágenes somatosensoriales que Einstein utilizaba en la resolución de sus problemas mentales: en su explicación introspectiva, las denominaba imágenes “musculares”. Las imágenes de todas las modalidades “representan” procesos y entidades de todo tipo, tanto concretos como abstractos (Damasio, 1999, p. 322).

Por una parte, escuchar es algo que hacemos de forma natural. Pero es más complicado de lo que pensamos dado que, si bien es cierto que el córtex es la región encargada de interpretar el significado de aquello que leemos y escuchamos, las distintas palabras que distinguimos activan diferentes áreas neuronales dentro de esta compleja estructura. En cada oído, tenemos receptores especiales afinados con la posición de la cabeza respecto a la gravedad, el espacio tridimensional y el movimiento. De esta manera, el cerebro actúa de filtro y se concentra para prestar toda la atención a la voz de la persona con la que estamos conversando o escuchándola, por ejemplo.

Por otra, hablar es un acto motor que tiene por finalidad la producción de sonidos significativos para la transmisión del lenguaje y demanda ambos lados del cerebro¹⁷. El lenguaje se transmite en forma hablada y tiene una vertiente comprensiva y una expresiva.

Desde luego, pensar el movimiento en palabras no ofrece dificultad alguna. Una de las grandes desventajas del lenguaje hablado reside en que nos permite enajenarnos respecto de nuestros seres reales hasta tal punto que, a menudo, creemos erróneamente haber imaginado o pensado algo, cuando en realidad nos hemos limitado a recordar la palabra apropiada. Cuesta muy poco comprobar que cuando imaginamos realmente una acción enfrentamos las mismas dificultades que tendríamos que vencer para ejecutarla. Ejecutar una acción particular puede ser difícil porque las órdenes impartidas por el sistema nervioso a los músculos no se corresponden con la acción (Feldenkrais, 1985, p. 150).

Poniendo el foco de atención en la palabra hablada y su incidencia en las funciones cerebrales durante el procesamiento del lenguaje, se reconoce que estas son complejas, interconectadas y profundas. En consecuencia, se destaca la idea de que tal procesamiento no ocurre en una vía lineal, sino en vías o corrientes que articulan el reconocimiento del habla y la percepción del habla que, en conjunto, dan cuenta del proceso por el que el cerebro hace análogos elementos fonéticos, palabras y frases en correspondencia con oscilaciones gamma y betha, theta y delta.

En una de las sesiones grabadas, se puede observar cómo Gomez utiliza, por lo menos, dos modos de habla: una concreta y otra más abstracta. Podríamos determinar que lo abstracto valdría entenderlo como aquello que es impreciso de percibir; en oposición, lo concreto es lo que fácilmente puede ser distinguido por los cinco sentidos.

La influencia, el efecto o la consecuencia que acontece entre el habla y las ondas cerebrales puede observarse en las imágenes del video de ensayo *Neurosky+Feldenkrais*¹⁸, donde, ante las consignas que iban guiando el recorrido de la sesión, destacamos dos ejemplos de uso del lenguaje concreto y abstracto al que hicimos referencia anteriormente. Las palabras usadas por Gómez para el caso de lenguaje concreto fueron las siguientes: “Observemos los puntos de apoyo... cómo contacta el pie derecho con el suelo... el pie izquierdo... el hombro derecho... cómo apoya el hombro izquierdo... atendes a tu cabeza” (0’10” a 0’47”). Se puede notar –en el visualizador del dispositivo Neurosky MindWave2 que proporciona la información sobre la actividad de las ondas cerebrales– un incremento del estado de “atención” (onda alpha).

Asimismo, transcribimos de la grabación en video lo expresado como ejemplo de lenguaje abstracto: “Donde está el punto... donde decidís entregarle el peso de tu cráneo a la tierra... y desde ese punto seguís trabajando una línea central que recorre toda tu columna” (0’48” a 1’25”), se ve en el visualizador cómo incrementa el estado de “meditación” (onda betha).

Finalmente, podemos señalar que el encuentro entre la corporalidad somática, el sensado con las Interfaces Cerebro-Computadora (ICC) y las señales electroencefalográficas (EEG) destaca la sinergia existente, sobre todo, con la imaginación motora, con los mapas motores del cerebro en relación con el sistema premotor y motor de los músculos y la escucha propiamente dicha. A su vez, el encuentro proporciona comprensión reflexiva de cómo es capaz de moverse nuestro cerebro y qué es capaz de hacer de manera consciente a favor de la elaboración de nuevas epistemologías sobre las cartografías corporales.

EXPERIENCIA 3. EXPLORACIÓN CON SENSADO EEG/NEUROSKY MINDWAVE2 EN UNA INSTITUCIÓN ESCOLAR

En el contexto práctico de un proyecto de extensión universitaria, se realizaron dos encuentros dentro del Taller de Música¹⁹ –turno vespertino– perteneciente a la Escuela de Educación Estética N.º 2, ciudad de La Plata, barrio Villa Elvira, en el mes de octubre del año 2021.

En este caso, el objetivo fue registrar la actividad cerebral en respuesta a los estímulos de oír o de ver, reconociendo la capacidad del dispositivo y de su programación para la creación musical. Las pruebas y las mediciones se desarrollaron –como se dijo– en dos encuentros: uno fue de presentación general del proyecto y de las actividades que compartiríamos; y otro en el que se probó el dispositivo y la programación del diseño multimedia.

En este último, se planteó que cada alumno/a se coloque el dispositivo, mire lo que ocurría con los elementos visuales y escuche las diferentes notas de piano que se sucedían, dependiendo del cambio de estado. La intención inicial fue proponerles vivir la experiencia para luego controlar el sostenimiento –en el transcurrir del tiempo– de una nota aguda o grave, o de un elemento de la gráfica visual. Estas notas y

elementos visuales estaban vinculados a los valores de alpha y betha asociados con los estados de atención y meditación que presenta el propio dispositivo. La programación de las visuales que acompañaba estos dos estados estaba compuesta por la imagen de un sol virtual (en Unity3D) que en el transcurso de su movimiento vertical (arriba-abajo) hacía variar la iluminación del paisaje.

Para el desarrollo de la investigación, el programador multimedia Luciano N. Espinosa utilizó el dispositivo de sensado Neurosky Mindwave Mobile 2 y dispuso un entorno de programación Processing (para obtener los datos del sensor), una conexión Bluetooth (para que el software pueda obtener los datos entre el sensor y la computadora) y, finalmente, usó una librería MindSet Processing, así como una librería oscP5 para enviar datos a otros softwares mediante conexión OSC (Open Sound Control).

Este sensado con Neurosky Mindwave Mobile 2 es una técnica no invasiva, informatizada e interactiva, que consiste en la aplicación de un electrodo seco en la frente y un referencial en el lóbulo de la oreja, que registran la actividad de la corteza cerebral, mientras reciben en la pantalla de la laptop estímulos visuales y auditivos. En esta sesión, se les propuso que se concentraran en intentar sostener el sol arriba con su correlación sonora y visual, alternando con el sol abajo y su correlación sonora y visual.

La integración de las señales sensoriales en una percepción depende de un contexto interno del cerebro, al que hemos dado en llamar atención (una intención funcional momentánea) que se identifica fácilmente si se comparan los estados de vigilia y de sueño (Llinás, 2002, p. 137).

Durante la práctica se observó que, en casi todos los casos, los/as alumnos/as podían cambiar de estados de atención (sol abajo-noche) a meditación (sol arriba-día); sin embargo, no alcanzaron a sostenerlos prolongando el tiempo en relación con su propia voluntad. De los ocho alumnos implicados, solo hubo uno, Máximo²⁰, que pudo mantener los valores de la onda alpha por mucho más tiempo, haciendo que el sol se quede en una posición determinada y que se ejecuten las mismas notas.

Cada tipo de onda cerebral se corresponde con un determinado estado físico y psíquico. Así, una onda alpha tiene mayor actividad en un estado de reposo y de meditación, se origina cuando estamos atentos a estímulos visuales o en movimiento; mientras que una onda betha aumenta su actividad al existir atención asociada con la concentración enfocada, requiriendo permanecer en un cierto estado de alerta y de gestión ágil de la atención. Asimismo, el dispositivo incorpora la funcionalidad de informar estos niveles de atención y de meditación a cada segundo, por lo cual los cambios mencionados se percibían inmediatamente.

Los resultados preliminares obtenidos muestran que es posible usar el dispositivo MindWave2 en tareas de creación sonora, pero dan cuenta también de la necesidad de sostener en el tiempo la práctica para lograr cierto control de los estados de atención y de meditación. No obstante, somos conscientes de que se requiere una investigación más profunda y de mayor tiempo de dedicación que la que hemos podido llevar adelante en esta instancia.

El proyecto de crear un entorno de expresión corporal inclusiva implementando un sistema multimedia interactivo de sensado bioeléctrico para la exploración poética del movimiento propone un procedimiento de comunicación alternativa para que las personas con discapacidad física, psíquica y sensorial encuentren otra alternativa para expresarse. Los dispositivos de captación de señales EEG que hemos utilizado median, traducen y modelizan la información digital registrada a visuales y a sonidos, y así permiten al cuerpo cuasi inmóvil comunicarse sensitivamente con su entorno. El objetivo es fomentar la transversalidad y la multidisciplinariedad en la participación igualitaria de los recursos expresivos de nuestro cuerpo y favorecer las subjetividades de los destinatarios, la proyección perceptiva y la construcción de otras corporalidades.

Con el fin de ratificar los resultados preliminares alcanzados en esta etapa, se espera realizar nuevos ensayos para encontrar tendencias y determinar el mejor procedimiento de registro, transferencia y modelización de las señales adquiridas. Con la presente experiencia se ha demostrado la posibilidad de obtener, de analizar y de aplicar las señales cerebrales a la creación artística y, con ello, las innumerables oportunidades de investigación que se pueden asociar a las Interfaces Cerebro-Computadora (ICC) y el uso de algoritmos para la producción y la composición de visuales y sonidos en personas con discapacidad

Reflexiones finales

Por el momento, hemos podido experimentar con el sistema propioceptivo midiendo nuestras experiencias a través de las Interfaces Cerebro-Computadora (ICC). Un tema que no hemos abordado aquí de lleno y que es de gran importancia e influencia es el de las emociones. Las emociones participan en la toma de decisiones de nuestra vida diaria. Para los neurocientíficos, en general, las emociones surgen motivadas por necesidades del organismo, detonadas interiormente o por sucesos externos, sensando que algo se transformó. Así, aparecen como motivadoras para la acción y la movilización de recursos del individuo.

A partir de preguntarse qué son las emociones, Antonio Damasio (1999, p. 60) demostró que estas son claves para los procesos reguladores de la vida de casi todos los seres vivos. Durante décadas, estudiar la emoción fue algo impensable y tuvo muchos detractores; los biólogos, por ejemplo, excluyeron las emociones y los sentimientos por considerarlos insustanciales. Pero, gracias a los estudios de neuroanatomía, estas investigaciones fueron posibles. En este sentido, el trabajo siempre ha dependido de los avances tecnológicos y el uso de herramientas como el sensado EEG o las resonancias magnéticas funcionales, que miden la relación entre los procesos mentales y la actividad en partes del cerebro.

La idea fundamental es que los sentimientos son experiencias mentales de estados corporales y surgen cuando el cerebro interpreta emociones. La emoción es explicada por la neurociencia como una respuesta orgánica que genera reacciones bioquímicas en el cuerpo excitando el estado físico presente. Las distinciones de cómo aparece la emoción se dan con respecto a qué partes del organismo son las primeramente activadas o movilizadas para producirla. Nuestros sentimientos emocionales son generados por la conducta emocional y el evento autónomo que se inicia en el cerebro y el cuerpo en respuesta a una percepción.

La mente empieza en el nivel del sentimiento, somos conscientes de nuestros sentimientos y conscientes de lo sugestivos o indiferentes que son.

Todas las emociones utilizan al cuerpo como escenario [...]. Detectamos estas emociones de fondo mediante detalles sutiles de posturas corporales, velocidad y destreza de los movimientos, cambios mínimos en la mirada y en la velocidad de los ojos y en el grado de contracción de los músculos faciales (Damasio, 1999, p. 61).

Los sentimientos están igualmente vinculados a una sensación corporal concebida por una activación nerviosa; pero su componente mental, en vez de centrarse en la valoración del estímulo, lo hace en la reelaboración de las imágenes, las prácticas, los hechos y los pensamientos que sustentan una emoción.

No obstante, la tecnología más favorable para comprender las bases biológicas de la consciencia, todavía, hay que inventarla.

Material audiovisual

Sensor EEG+moldeo.org+Método Feldenkrais_ Parte 1: <https://youtu.be/mYX-kIdSa_o>

Sensor EEG+moldeo.org+Método Feldenkrais_ Parte 2: <https://youtu.be/Y7MfP0Mg8_4>

EEG en la investigación artística transdisciplinar: <<https://youtu.be/Wy8Evvh5y1U>>

Neurosky Mindwave Mobile 2 en la escuela: <<https://youtu.be/3AQnblKj8mE>>

Referencias bibliográficas

- Blakeslee, S. y Blakeslee, M. (2009). *El mandala del cuerpo: el cuerpo tiene su propia mente*. Barcelona: La Liebre de Marzo.
- Ceriani, A. (2018). *Génesis y actualidad de la escena tecnológica de Buenos Aires (1996-2016). Estudio de lo analógico a lo digital en la danza performance* (Tesis de doctorado). Recuperada de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66424>
- Damasio, A. (1999). *La sensación de lo que ocurre. Cuerpo y emoción en la construcción de la conciencia*. Buenos Aires: Planeta.
- Feldenkrais, M. (1985). *Autoconciencia por el movimiento*. Barcelona: Paidós.
- García, P. A. (2019). *Sistemas embebidos de tiempo real con aplicaciones en bioingeniería* (Tesis de doctorado). Recuperada de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/74734>
- Godard, H. (2007). El gesto y su percepción. *Estudis Escènics*, 32, 335-343. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/EstudisEscenics/article/viewFile/253945/340731>
- Lepecki, A. (2011). Inmóvil: sobre la vibrante microscopia de la danza. En M. Fuentes y D. Taylor (Comps.), *Estudios Avanzados de Performance*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Llinás, R. (2002). *El cerebro y el mito del yo: el papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humanos*. Bogotá: Norma.
- Spinelli, E. M. (2000). *Interfaces para control cerebral* (Tesis de Magíster). Recuperada de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1361/Documento_completo_.pdf?sequence=33
- Torres, F., Sánchez, C. y Palacio-Baus, K. (2014). Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave. *Revista Maskana*, 5 (Número especial), 83-93. Recuperado de: <http://dSPACE.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21351>

NOTAS

- Definición extraída de la tesis *Sistemas embebidos de tiempo real con aplicaciones en Bioingeniería*, del doctor ingeniero Pablo Andrés García, Facultad de Ingeniería de la UNLP. Entre las muchas definiciones de estos dispositivos, la más clara y citada fue propuesta por un grupo de referentes de distintos países en el año 2002 (Wolpaw et al. en García, 2019): "A direct braincomputer interface is a device that provides the brain with a new, nonmuscular communication and control channel".
- Para ampliar el término, véase Alejandra Ceriani (2018). Génesis y actualidad de la escena tecnológica de Buenos Aires (1996-2016). Estudio de lo analógico a lo digital en la danza performance. Capítulo 2: "Pasaje de lo analógico a lo digital". Parte 2: "Danza performance interactiva". [Tesis de doctorado], p. 127.
- Concepto trabajado por André Lepecki en su texto "Inmóvil: sobre la vibrante microscopia de la danza".
- La idea de *pequeña danza* parte de la conciencia cinestésica, en la cual la atención en el aquí y ahora propone percibir los pequeños movimientos del cuerpo producidos por la gravedad. La tarea es observar los sutiles movimientos de acomodación permanente que efectúa el cuerpo para frenar su caída, desarrollando, además, la velocidad de los reflejos; la identificación de pequeñas sensaciones a través de diferentes imágenes mentales del esqueleto, el flujo de la energía, la expansión de los pulmones, etcétera. Véase: <https://escontactimprovisation.wordpress.com/2017/01/26/la-pequena-danza-el-soporte/>.
- El biólogo de Harvard Richard Lewontin se refirió irónicamente a esta evolución con las siguientes palabras: "Un día el cerebro fue una centralita telefónica, luego un holograma, luego una computadora digital elemental, luego una computadora de procesamiento paralelo y ahora es una computadora de procesamiento distribuido. [...] Y es que, a medida que penetramos en el cerebro, descubrimos que ni funciona como si estuviera provisto de cables y palancas, ni tampoco mediante simples códigos binarios de ordenador. Porque el cerebro no es software ni tampoco hardware. Es wetware". Véase: <https://www.xatakaciencia.com/psicologia/el-cerebro-no-es-hardware-ni-software-es-wetware>.
- Después de los estudios universitarios en química, Hubert Godard ingresó al campo de la danza, donde siguió una carrera como bailarín. Paralelamente, desarrolló investigaciones en técnicas somáticas (Rolfing, FM Alexander, Pilates, etc.), así como en rehabilitación funcional y biomecánica, y en el sistema nervioso de la conducta motriz.

- 7 El Grupo de Instrumentación Biomédica, Industrial y Científica (GIBIC) es una unidad de investigación dentro del Instituto de Investigaciones en Electrónica, Control y Procesamiento de Señales (LEICI), codependientes de UNLP y CONICET. Están ubicados en La Plata (Buenos Aires, Argentina), en la Facultad de Ingeniería de la UNLP.
- 8 Véase: <http://developer.neurosky.com/>
- 9 Para ampliar la información sobre el software Moldeo.org, véase: <https://www.moldeo.org/es/>.
- 10 Este aparato, comparable a una corona, a diferencia del MindWave2, posee 16 electrodos distribuidos en los hemisferios derecho e izquierdo del cerebro. Estos electrodos se adhieren a la piel mediante una solución salina que brinda buen contacto con la superficie. El Emotiv EPOC transmite una señal inalámbrica por radiofrecuencia a un receptor USB en la computadora. La señal emitida es interpretada por el programa del dispositivo con el propósito de configurar el perfil del usuario y encaminar al sistema reconociendo las "acciones" mentales y los gestos faciales. Para ampliar la información, véase: <https://www.pratp.upr.edu/blog/emotiv-epoc-una-alternativa-tipo-201cavatar201d-para-acceder-la-computadora>.
- 11 Se puede acceder a esta explicación en el video Sensor EEG+moldeo.org+Método Feldenkrais_ Parte 2 (desde los 0'28" hasta los 2'55"). Disponible en: https://youtube/Y7MfP0Mg8_4.
- 12 En Bioingeniería, suele utilizarse el término artefacto (artifact) para referirse a perturbaciones cuyo origen es ajeno al fenómeno en estudio y que son factibles de ser consideradas como válidas, es decir, capaces de falsear la señal en estudio. Para ampliar la información, véase pág. 19-20, en:
- 13 Feldenkrais es un método de reeducación del movimiento, así llamado por la persona que lo desarrolló, Moshé Feldenkrais. Es, esencialmente, un sistema de aprendizaje que optimiza nuestra organización interna –muscloesquelética y emocional– para actuar en todos los órdenes de la vida. Nos permite alcanzar un conocimiento más sutil de nosotros mismos y afinar el modo en como interactuamos con nuestro entorno. Su idea principal sostiene que el vínculo entre aprendizaje, la toma de conciencia y el movimiento provee el medio más directo para mejorar el bienestar de una persona. Para ampliar la información, véase: <http://feldenkrais.org.ar>.
- 14 Bones For Life (Huesos para la vida) fue desarrollado por Ruthy Alon a partir de las enseñanzas de Moshé Feldenkrais sobre el aprendizaje somático e integrador a través del movimiento.
- 15 Véase Parte 1 y Parte 2 en: https://youtube/mYX-kIdSa_o.
- 16 Sistema semántico (del griego semantikos, 'lo que tiene significado'): es el componente en el cual están representados los significados de las palabras. Se corresponde con el componente de memoria semántica. De acuerdo con algunos teóricos, el sistema semántico debería dividirse en un sistema semántico verbal, en el que se representan los significados de las palabras, y un sistema semántico no verbal, en el que se almacenaría el conocimiento sobre objetos o sobre las personas. Véase: <https://www.enfermeriaaps.com/portal/wp-content/uploads/2017/05/Cerebro-y-lenguaje.pdf>.
- 17 El área de Broca controla el habla, está en la parte frontal del hemisferio izquierdo y convierte las ideas en palabras habladas, por eso es un área muy activa justo antes de hablar. Además, ayuda a pasar información a la corteza motora, zona en donde se gestionan los movimientos de la boca. El área de Wernicke es la región en la que se procesa el sonido y su comprensión. En ella, un sonido se conecta con un concepto que conozcamos. La explicación más difundida indica que las áreas de Broca y de Wernicke están conectadas por una banda de nervios conocida como fascículo arqueado.
- 18 Publicado en Youtube. Véase: <https://youtube/RdWpPdrPm3g>.
- 19 Los encuentros a los que hacemos referencia corresponden a las actividades 2020/2021 programadas en el marco del Proyecto de Extensión a la Comunidad "Entorno de expresión corporal inclusiva. Implementación de un sistema multimedia interactivo de sentido bioeléctrico para la exploración poética del movimiento con personas con discapacidad". Dpto. Diseño Multimedial, Facultad de Artes, UNLP. Alejandra Ceriani (Directora), Federico Guerrero (Codirector), Tobías Albirosa (Coordinador) y Luciano N. Espinosa (Programador Neurosky Mindwave Mobile 2). Para ampliar la información, véase el video Neurosky Mindwave Mobile 2 en la escuela: <https://www.youtube.com/watch?v=3AQnblKj8mE>.
- 20 Para acceder a la presentación de Máximo, véase: <https://youtube/3AQnblKj8mE> (3'47" a 4'48").