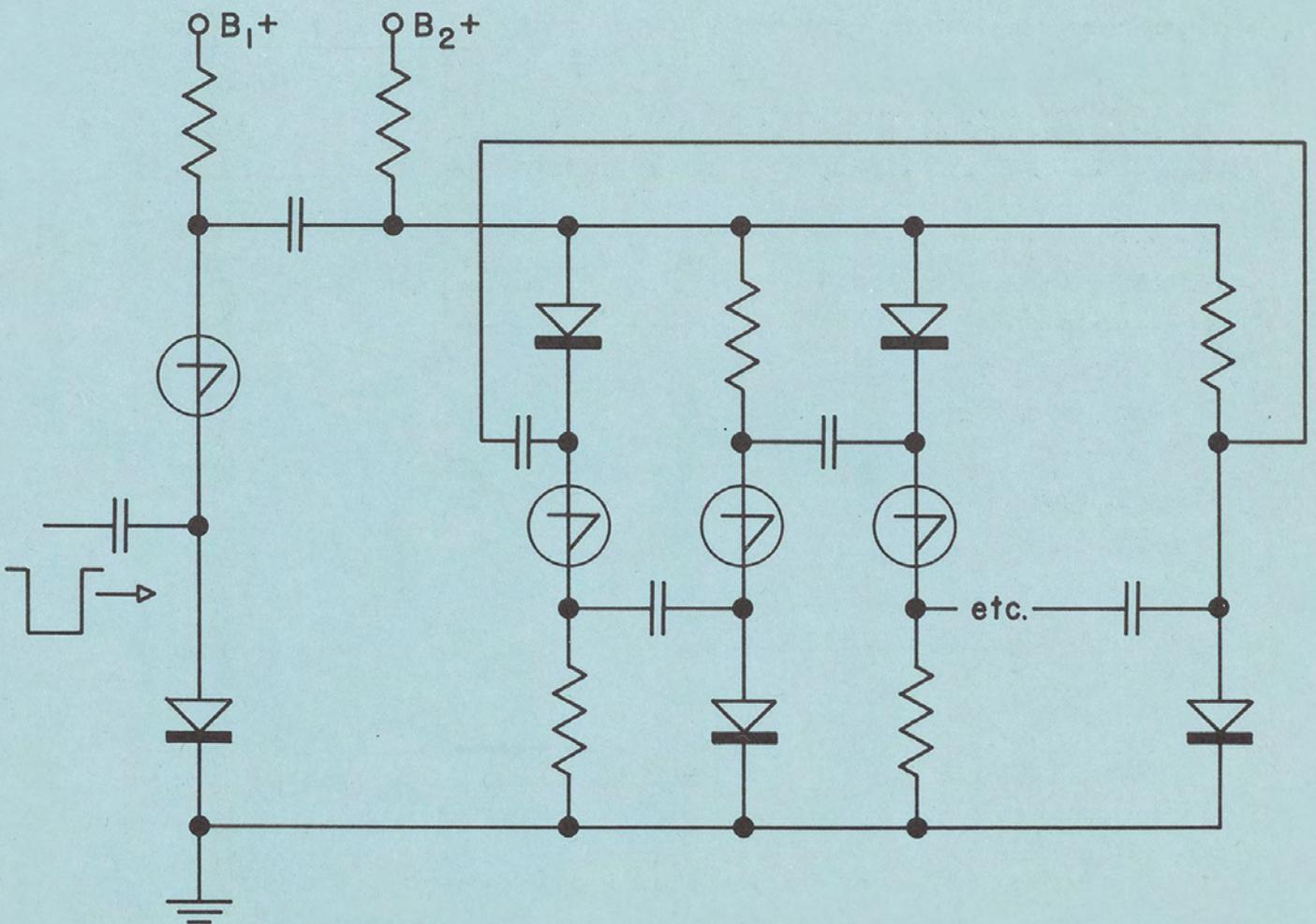


# Brains

Business, Research, Ageing, Innovation,  
Neurosciences & Social journal

Año 0  
Volumen 1 número 3  
Julio de 2021



**Nuevas estrategias terapéuticas: tecnología**



# Sumario

- 1. Créditos**

---

>> pág. 02
- 2. Colaboradores**

---

>> pág. 03
- 3. Editorial**

---

Theo Kastanos Coll >> pág. 05
- 4. Business**

---

**Impresión 3D de alimentos para personas con disfagia**  
Dr. Bartomeu Ayala >> pág. 11
- 5. Research**

---

**Aplicación de la estimulación cerebral profunda en esquizofrenia resistente o refractaria**  
Dra. Iluminada Corripio >> pág. 19
- 6. Ageing**

---

**Tecnologías de Experiencia Inmersiva en Geriatría**  
Ignasi Capellà >> pág. 25
- 7. Innovation**

---

**Estado del arte de las tecnologías EEG y TES para el tratamiento de trastornos del SNC**  
Aureli Soria-Frisch >> pág. 33
- 8. Neurosciences**

---

**La Realidad Virtual aplicada a la salud mental: los trastornos de ansiedad**  
Joan Miquel Gelabert Mir >> pág. 41
- 9. Social**

---

**El uso terapéutico de la tecnología para la construcción de la subjetividad**  
Profesionales de la Institució Balmes >> pág. 49

# Créditos

Gracias por confiar en nosotros y apostar por la salud mental y las neurociencias desde otro punto de vista. Una mirada variada y distinta de la científica que promueve la creación, la innovación y la colaboración del sector.

Este número ha sido posible gracias a la generosidad y el apoyo de los profesionales que reflejamos en la página de Colaboradores.

La revista es una obra original del **Clúster Salut Mental Catalunya**, con el apoyo de la Junta Directiva, y producida y coordinada por el **Dr. Pere Bonet i Dalmau**, Editor en Jefe; **Marta Sánchez Bret**, Clúster Manager; **Barbara Eisele**, Project Manager, **M<sup>a</sup> José Martín**, Secretaría Técnica, **Andrea Galván Graf**, Comunicación Interna, y **Elena Rodríguez**, Técnica de Comunicación.

Consejo editorial:

**Bussiness:** Dani Roca; **Research:** Elisabeth Vilella; **Ageing:** Miquel Tiffon y Silvia Garcia; **Innovation:** Hans Supèr; **Neurosciences:** Joan de Pablo y Jorge Cuevas; y **Social:** Victòria Monell.

Equipo editorial: **Dandelion Contents, SL**



ACCIÓ



Generalitat  
de Catalunya



Portada:

*Ring Counter (circa 1959)*

Esquema eléctrico de una de las típicas aplicaciones de los diodos de Shockley, conmutadores biestables, consistentes en un diodo semiconductor de cuatro capas. Fue uno de los primeros dispositivos semiconductores fabricados. Se trata de un diodo con capas alternas tipo P y tipo N. Su símbolo es el 4 en referencia a sus cuatro capas. William Shockley, su creador, fue uno de los artífices del transistor, elemento que le permitió desarrollar nuevos elementos electrónicos.

Como nota histórica cabe destacar que el transistor es el avance científico que revolucionó la electrónica y que a día de hoy aún forma parte de la gran mayoría de dispositivos electrónicos. Es tal su importancia que Silicon Valley tomó el nombre del elemento semiconductor por excelencia, el silicio.

Fuente: Beckman Instruments. "Shockley 4-Layer Diode," circa 1959. Beckman Historical Collection, Box 97, Folder 23. Science History Institute. Philadelphia. <https://digital.sciencehistory.org/works/2v23vv34q>.

# Colaboradores

## Theo Kastanos Coll

Director, Dandelion Contents  
Editor ejecutivo de BRAINS



## Joan Miquel Gelabert Mir

Psicólogo General Sanitario en el Hospital Quirón Salud Palmaplanas  
Profesor Asociado de la Facultat de Psicologia de la Universitat de les Illes Balears (UIB)  
Profesor Tutor de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)  
Senior Clinical Officer de Psious



## Dr. Bartomeu Ayala

Jefe de formación y desarrollo profesional, responsable de la unidad 3D de Althaia, Investigador principal del proyecto Nutrialth3D e impulsor del proyecto MAP +



Marta Boladeras



Gemma Campos

## Dra. Iluminada Corripio

Psiquiatra del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Coordinadora de la línea de investigación en esquizofrenia, CIBERSAM grupo 21



Mari Carmen Corbalán



Marc Martí

## Ignasi Capellà

Sociólogo, cofundador y CMO de Broomx



Victoria Pachón



Samuel Rodríguez

## Aureli Soria-Frisch

Director de Neurociencias de Starlab



Profesionales  
de la Institució Balmes





### Theo Kastanos Coll

Director, Dandelion Contents  
Editor ejecutivo de BRAINS

El tema de este número, la tecnología como herramienta terapéutica, es uno de los más candentes en nuestro sector, por las novedades y las posibilidades que abre para mejorar la calidad de vida y de la atención que damos a nuestras poblaciones. Con todo, incluso los líderes en nuevas tecnologías nos recuerdan constantemente que, especialmente en lo referente a la salud, la tecnología está y debe estar siempre subordinada a las necesidades de las personas y usada en combinación con todo el conocimiento que la ciencia y la ética exigen. Por este motivo también, particularmente en cuanto a la salud mental y las neurociencias se refiere, son tantos los debates que suscita.

Uno de los más polémicos es el originado por el proyecto Neuralink, de Elon Musk, que pretende generar, según el propio Musk, “una simbiosis entre el ser humano y la inteligencia artificial” mediante un dispositivo que, implantado en el cerebro, daría “capacidades sobrehumanas” como la capacidad de grabar la memoria en una unidad externa, aumentar la percepción o revertir los efectos de traumas cerebrales o condiciones médicas como el Alzheimer o la depresión mayor.

Precisamente fue Elon Musk, aunque con otro proyecto distinto, uno de los protagonistas del Mobile World Congress (MWC) que la empresa GSMA organizó recientemente en Barcelona.

Este año, el MWC se ofreció en un formato mixto virtual-presencial, con una asistencia de aproximadamente un 25% respecto a años anteriores, pero con la novedad de que muchos de los contenidos ofrecidos

en el congreso pueden aún consultarse virtualmente, ahora, sin coste<sup>1</sup>. El salón asociado a las Start-Ups en tecnología móvil del MWC, el 4 Years From Now (4YFN), en el que nuestro tejido empresarial y sobre todo de innovación en Salud siempre ha estado bien representado (Cataluña es una de las principales regiones con Start-Ups relacionadas con salud<sup>2</sup>), estuvo, en esta ocasión, en el corazón del “Mobile”, y fue tal vez el pabellón más transitado del evento. El Clúster de Salud Mental y Acció tuvo una representación importante en el 4YFN, con presentaciones de varios de nuestros socios en sus eventos y en la zona de exposición<sup>3</sup>. Destacamos la presentación de nuestro presidente Xavier Arrufat<sup>4</sup> al lado de Anna Maiques, de Neuroelectrics, empresa asociada a Starlab, miembro de nuestro Clúster, así como la de Ignasi Capellà, de Broomx<sup>5</sup>, también miembro de nuestro Clúster, y os aconsejamos leer los artículos de las secciones Innovation y Ageing de este número, en los que conoceréis más en profundidad sus aportaciones.

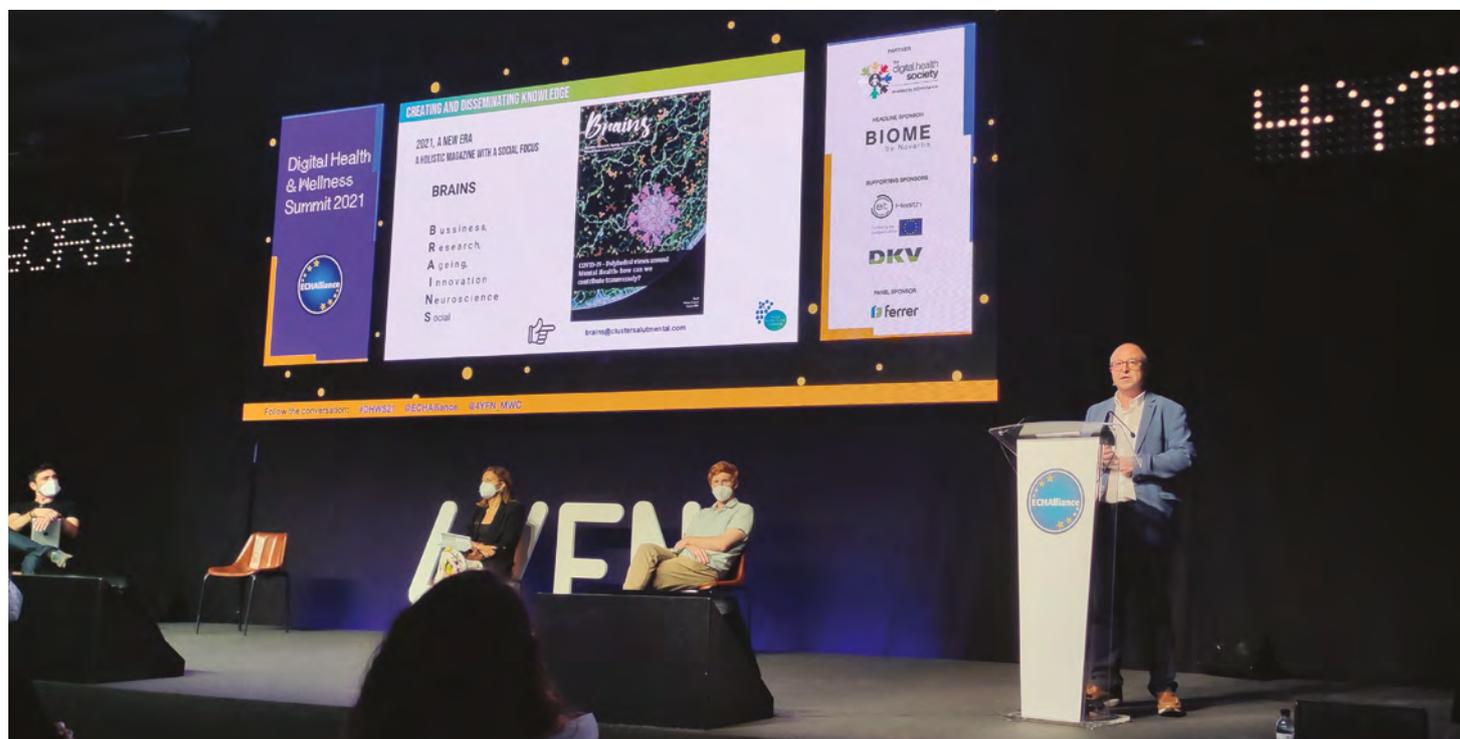
<sup>1</sup> Para hacerlo, basta registrarse en su página e introducir el código FD-VCHJKWUD, proporcionado por la propia empresa, en el momento del registro.

<sup>2</sup> <https://www.biocat.cat/ca/nota-de-premsa/barcelona-cinquena-ciutat-europea-inversio-digital-health>

<sup>3</sup> Al final de este artículo encontraréis una lista de los miembros de nuestro Clúster que tuvieron representación en el Mobile.

<sup>4</sup> <https://www.mwcbarcelona.com/agenda/session/digital-health-wellness-summit---tech4care>

<sup>5</sup> <https://www.mwcbarcelona.com/agenda/session/how-immersive-technology-is-used-to-promote-emotional-wellness-in-health-professionals-during-the-covid-19-pandemic>



Dr. Francesc X. Arrufat, presidente del CSMC, en la sesión 'Digital&Brain', de DHWS2021.

También se contó con la [presentación](#) del proyecto [Care & Autonomy Living Lab \(CALL\)](#) en el 4YFN a cargo de Marta Sánchez-Bret (manager del Clúster Salut Mental Catalunya) y de Joan Moyà-Köhler (project manager del proyecto).



El MWC dio de nuevo la bienvenida a los operadores y emprendedores en telecomunicaciones y movilidad de todo el mundo con las palabras “*Back to business, back to Barcelona, back together*”, después de un año de latencia cuando la pasada edición, la de 2020, se canceló en el último momento a causa de la entonces emergente pandemia de COVID-19. Pero lo cierto es que la COVID-19 tuvo un papel preponderante en este congreso por muchas más razones que la de su cancelación. Por un lado, la industria de la conectividad, como todos sabemos, ha tenido un papel protagonista durante estos casi dos años desde que a finales de diciembre de 2019 se comunicaran desde la provincia de Wuhan en China los primeros casos de pacientes en estado crítico con “neumonía de causa desconocida” y la noticia se hiciera rápidamente global<sup>6</sup>. En el MWC se ha hablado mucho de la pandemia y los profundos cambios sociales y políticos a los que ha dado lugar, en casi todos de los cuales la tecnología móvil ha estado involucrada.

Tal vez uno de los más relevantes y con mayores implicaciones futuras sea el relacionado con el tratamiento de datos –especialmente, en el caso de nuestro sector, los datos sanitarios. En este sentido, varias de las empresas e instituciones representadas en el Mobile tuvieron algo que decir, desde el Institut Català de la Salut, que presentó su estrategia de construir su arquitectura de datos (en particular, los registros de la historia clínica electrónica) según el modelo abierto internacional OpenEHR<sup>7</sup>, o el National Health Service británico o el European Institute of Innovation and Technology, que compartieron su experiencia en la transformación digital de los profesionales de la salud con respecto a los sistemas de inteligencia artificial y el Big Data<sup>8</sup>. La Inteligencia Artificial, defienden estos protagonistas, lejos de eliminar puestos de trabajo en nuestro sector, lo que hará es transformarlos, y es necesaria una labor de educación y formación tanto en tecnología de la información para nuestros profesionales como en biomedicina para los profesionales de la información dedicados a nuestro sector, así como en los principios éticos y reguladores de la información para ambos. No cualquier proveedor de sistemas de información sirve,

<sup>6</sup> Os invitamos a consultar nuestro número de BRAINS de enero de 2021 dedicado al impacto de la COVID-19 en la salud mental y las neurociencias.

<sup>7</sup> <https://catsalut.gencat.cat/ca/detalls/articles/2021-05-13-nou-historial-electronic-salut-openEHR-article>, página actualizada el 14 de mayo de 2021 y consultada el 7 de julio de 2021.

<sup>8</sup> <https://www.mwcbarcelona.com/agenda/session/digital-health-wellness-summit---tech4care>



Equipo Revista Brains y CSMC.

defienden todos ellos: es importante contar con personas y equipos especializados en salud, que comprendan bien las particularidades de nuestro sector.

En nuestro campo, además, el Mobile presentaba algunos proyectos ya consolidados y otros emergentes en dispositivos interconectados, como los cascos de Neuroelectrics para la estimulación transcraneal o la estimulación cerebral profunda, a los que dedicamos dos artículos de este número, los de Iluminada Corripio y Aureli Soria, y el uso de Realidad Virtual y Realidad Aumentada para el tratamiento de fobias o la generación de experiencias inmersivas, que veréis representados en los artículos de Ignasi Capellà y Joan Miquel Gelabert.

Ambos tipos de tecnologías permiten acceder a nuestras poblaciones de formas innovadoras y facilitan un tratamiento no invasivo y a menudo complementario a los estándares, con resultados espectaculares. En este mismo sentido, en el Mobile se han visto otros usos de estas mismas tecnologías, como, por el lado de los dispositivos, la electroencefalografía para la predicción de crisis epilépticas (algunos desarrollados por empresas de nuestro territorio como mjn-neuro) o uso del *neurofeedback* para regular los estados de ánimo o, por el lado de la Realidad Virtual, el proyecto de la Start-Up Virtual BodyWorks, que colabora con el Hospital Clínic de Barcelona para aplicar esta tecnología a la rehabilitación de pacien-

tes con dolor, ictus o personas víctimas de violencia doméstica, entre otros.

También la educación y el mundo de la salud mental y emocional en la escuela, aunque tengan menor impacto mediático, no podrían faltar en este Congreso. En este campo, las soluciones tienden a utilizar de forma innovadora tecnologías más frecuentes, en forma de aplicaciones móviles, como la b-resol de la empresa BCN-Resol, premiada en varias ocasiones, que obtiene resultados sorprendentes implicando al alumnado de un centro educativo para ayudar a los compañeros a luchar contra el *bullying*, los trastornos alimentarios y otros conflictos, u otras dedicadas a la generación de contenidos de alta calidad para la formación de profesionales de la salud. Con todo, en este campo, la innovación proviene no tanto de la tecnología como de la capacidad de los profesionales de observar, escuchar y responder a las necesidades de las personas a las que sirven. Veremos varios ejemplos excelentes de esta filosofía en el artículo de la Institució Balmes en este mismo número.

Y, por último, también encontraremos entre estas páginas un artículo del Dr. Bartomeu Ayala sobre la tecnología de la impresión 3D de alimentos para personas con disfagia. Una tecnología que no solo permite preparar platos con una textura segura y apetitosa para los comensales con problemas de deglución, sino que también ofrecerá en futuras versiones la posibilidad hacer seguimiento y asistir a distancia a estos pacientes.



Sala Àgora, del 4YFN.



Stand Aimentia, socios del CSMC.



Stand Brommx, socios del CSMC.



Stand Psicoterapia VR, socios del CSMC.



Stand Starlab, socios del CSMC.



Equipo Clúster Salut Mental Catalunya.



Stand del Clúster Salut Mental Catalunya.



Equipo Clúster Salut Mental Catalunya.



Anna Maiques, CEO de Neuroelectrics y Charlie Pearmund, director general de Virtual Bodywork, durante la Sesión 'Digital&Brain'.

La tecnología es, con mucho, uno de los campos más mediáticos y de rápido desarrollo de la actualidad en casi cualquier disciplina, y nadie pone en duda ya el rol que la tecnología móvil ha desempeñado en transformar nuestra sociedad en muchos sentidos en los últimos tiempos, y del que potencialmente puede desempeñar en el futuro. Con todo, especialmente en nuestra área, son muchas las incógnitas que tenemos, y muchas las áreas en las que es necesario un debate y una reflexión profunda sobre cómo hacer un uso responsable de ella. Es importante que los profesionales tengamos una visión clara del aspecto ético y clínico de su aplicación, y que, colaborando con los profesionales de la información, de la tecnología y también de las ciencias de la sociedad, seamos líderes del cambio desde nuestra condición de profesionales y científicos para aprovechar al máximo esta oportunidad de ofrecer la mejor atención a nuestros pacientes.

Desde la revista *BRAINS*, queremos agradecer a todos los contribuyentes a este número que se han prestado generosamente a compartir su experiencia y conocimiento, y os invitamos a todos a disfrutar, aprender y, sobre todo, a reflexionar y debatir sobre lo que vais a leer en las páginas que siguen. Os escuchamos.

Contacta con nosotros para cualquier pregunta:

**brains@clustersalutmental.com**

Para contactar con el autor:

**Theo Kastanos Coll - theo@dandelioncontents.com**

## EMPRESAS DEL CLÚSTER QUE ASISTIERON AL MOBILE WORLD CONGRESS DE BARCELONA:

**Aimentia:**

<https://clustersalutmental.com/soci/aimentia/>

**Amalgama7:**

<https://www.amalgama7.com>

**Badalona Serveis Assistencials:**

<https://bsa.cat>

**Broomx:**

<https://clustersalutmental.com/soci/broomx/>

**Starlab:**

<https://clustersalutmental.com/soci/starlab/>

**TIC Salut:**

<https://clustersalutmental.com/soci/ticsalut/>

**Psicoterapia VR:**

<https://clustersalutmental.com/soci/psicoterapia-vr-s-l/>

**Fundació TIC Salut Social, UPC i Fundació Althaia (Mobile Week 2021)**

<https://mweek.com/ca/agenda/la-intel%C2%B7ligencia-artificial-al-sector-de-la-salut/>

## MI SELECCIÓN PERSONAL DE INICIATIVAS EN SALUD MENTAL EN EL MOBILE WORLD CONGRESS DE BARCELONA:

**Amalfi Analytics**

<https://amalfianalytics.com>

**BCN-Resol**

<https://www.bcnresol.com>

**EIT Health**

<https://eithealth.eu>

**Eticas Consulting**

<https://www.eticasconsulting.com>

**Genom Sys**

<https://genomsys.com>

**Lilo Health**

<https://lilo.one/doctors>

**Match Trial**

<https://matchtrial.health>

**Mental XR**

<https://thecollider.tech/es/organization/mental-xr/>

**mjn-neuro**

<https://mjn.cat>

**Qualud**

<https://qualud.com>

**3D Tech Omega Zeta**

<https://3dtechomegazeta.com>

**Virtual Bodyworks**

<https://www.virtualbodyworks.com>

**Xartec Salut**

<https://creb.upc.edu/xartec-salut/>



# Impresión 3D de alimentos para personas con disfagia



**Dr. Bartomeu Ayala**

Jefe de formación y desarrollo profesional,  
responsable de la unidad 3D de Althaia,  
Investigador principal del proyecto Nutrialth3D  
e impulsor del proyecto MAP +

El impacto de la disfagia en la sociedad actual es sin duda un buen indicador para poder prever su creciente tendencia y las consecuentes problemáticas que se agudizarán en el futuro. A pesar de no haber estudios estadísticos completos sobre la disfagia, por su compleja naturaleza, los datos sobre su incidencia en la población mayor de 60 años ya permiten atisbar la magnitud de su impacto y alentar su investigación para poder ofrecer soluciones.

Según la última estadística de población del Eurostat, se prevé que la población de más edad aumente hasta duplicar en 2100 el número de personas mayores de 80 años del año 2019<sup>1</sup>. En un artículo de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 2018 se indicaba que el número de mayores de 60 años en 2020 debería ser mayor que el número de niños menores de cinco años, una condición que en Cataluña se observa desde 2014<sup>2</sup>. El aumento de la población mayor de 60 años, por un lado, es indicativo de una mejora en la calidad de vida y una disminución de la mortalidad y la natalidad, mientras que, por otro, conlleva una mayor probabilidad de enfermar y, en consecuencia, de desarrollar problemas de deglución.

El 36% de la población mayor de 65 años tiene problemas de disfagia, y se estima que hacia el año 2025 este porcentaje se incremente hasta el 40%<sup>3,4</sup>. Se considera que una de cada 17 personas puede desarrollar problemas de deglución y, según la Fundació de Recerca en Gastroenterologia (FUREGA), se estima que la disfagia afecta a entre 30 y 40 millones de europeos<sup>5,6</sup>. Estos datos de una incidencia masiva que va en aumento conllevan un impacto económico de igual proporción, ya que comprometen también al gasto sanitario y social. Un paciente con disfagia y que desarrolla una malnutrición está de media de 2,7 a 5,7 días más en el hospital que un paciente con disfagia bien nutrido. Esta estancia más larga en el centro sanitario supone un coste económico adicional de 1.037-3.335 euros por paciente y estancia<sup>7</sup>. Hay que contemplar el aumento del coste por el tipo de dieta y el del tratamiento de neumonías y problemas derivados, complementos vitamínicos, sondas, tratamientos psicológicos, etc.

Este artículo presenta la tecnología de la impresión 3D (I3D) de alimentos como una alternativa para el tra-

tamiento de la disfagia y expone la mecánica para lograr imprimir alimentos texturizados que permitan devolver el placer de comer a las personas con disfagia y problemas de deglución, al mismo tiempo que devolverles la calidad de vida y su normalidad.

## Cuando ingerir es un trauma

La deglución es un proceso fisiológico básico y complejo del organismo que permite transportar el bolo alimentario de la boca hasta el estómago. Este proceso se produce gracias a la coordinación de distintas estructuras en un lapso de tiempo muy corto y requiere la integración sensorial y motora, así como la regulación y el control cerebral de múltiples estructuras anatómicas (músculos, nervios) y la coordinación del sistema respiratorio y el sistema nervioso central<sup>8</sup>. Cuando la deglución sufre una alteración del proceso normal y se vuelve difícil, se denomina disfagia.

Los cambios de dieta que se prescriben en la actualidad como tratamiento de la disfagia no permiten a

las personas afectadas disfrutar de las diferentes dimensiones que engloba el acto de comer, lo que suele provocar un empeoramiento del cuadro clínico de estos pacientes. Si al comer no tienen la seguridad de que el bolo alimenticio seguirá su proceso normal de deglución y temen que se desvíe a la tráquea y sufran una situación de ahogo, el acto se convierte en una experiencia traumática, por lo que tienden a perder las ganas de comer. Al no querer ingerir, su estado nutricional se vuelve insuficiente y, en consecuencia, se ven expuestas a otras patologías, como anemias, malnutrición, deshidratación, alteraciones de la función renal y cardiovascular, entre otras (Figura 1)<sup>9</sup>.

Aparte de la falta de seguridad, también suma en contra, incluso en caso de no ser una experiencia tan displacentera, que necesiten más tiempo para comer que los demás y que no dispongan de comida apetecible que les abra el apetito. Y ello a pesar del añadido de suplementos y complementos alimentarios en los productos triturados, pues no resultan sabrosos y no invitan a querer volver a comer.

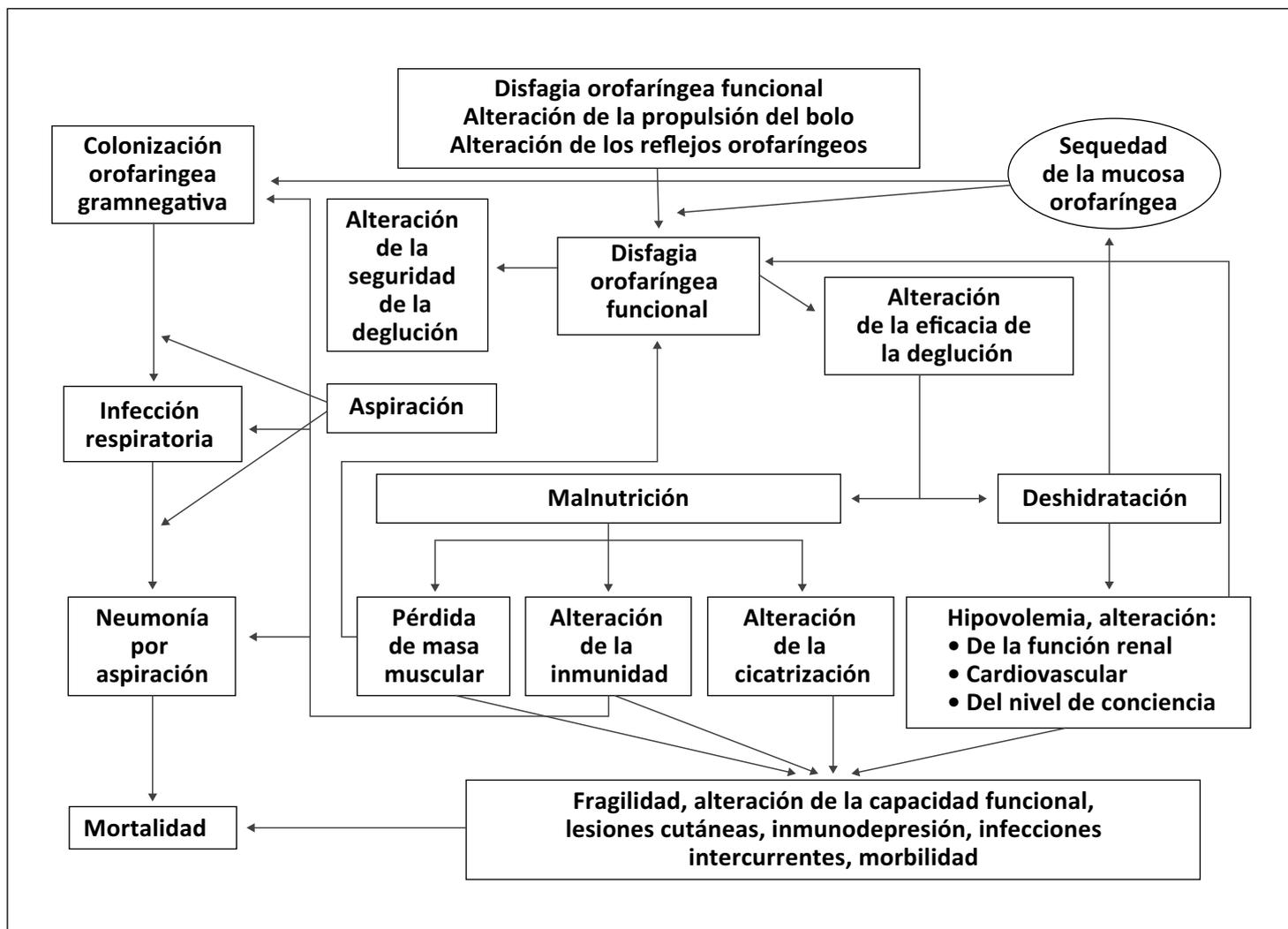


Figura 1. Fisiopatología de las complicaciones asociadas a la disfagia orofaríngea funcional. Modificado de Clavé, et al., y adaptado por Fundación Althaia.



Impresión 3D de una galleta tipo María.

A su vez, la disfagia provoca ansiedad, vergüenza y aislamiento durante los períodos de alimentación. El 36% de los pacientes hospitalizados con disfagia afirman que han sufrido ansiedad y pánico por el problema con la seguridad que sienten al comer. Muchas veces, al comer diferente y en formato de papilla, quieren comer solos, por el simple hecho de temer ser juzgados por los demás<sup>7</sup>. De hecho, también el 36% de los afectados evitan estar acompañados debido sus problemas de deglución, ya que han de comer de una manera particular, muchas veces el acto les provoca tos y no pueden evitar hacer ruidos característicos de su peculiar forma de deglutir. Esto provoca pérdida de autoestima y de socialización.

Es por eso tan importante centrar también las nuevas alternativas de tratamiento en resolver estas problemáticas. Comer seguro y de forma placentera puede incluso estimular el desarrollo personal, ya que, si se come bien, el ánimo acompaña y propicia tener una mejor calidad de vida.

### Texturas

El hecho de homogeneizar la textura de los alimentos permite adecuar la comida mucho más a la persona para que no le provoque tanta tos ni peligro de atragantarse, lo que comporta, a su vez, que no sienta vergüenza al comer con otras personas. Es importante poder comer un alimento de textura segura, que pase bien y disminuya la sensación de ahogo.

La textura debe permitir que el bolo alimenticio se degluta con más facilidad, evitando el babeo y los problemas de masticación, así como que no queden restos de comida. Y, si hubiese algún problema de aspiración por atragantamiento, la textura homogénea (ni líquida, ni sólida) permitirá expulsar el alimento con mayor facilidad.

### Vida social

El hecho de mejorar el acto de deglución, de poder disfrutar los platos de un menú y de notar que se recupera calidad de vida anima a ampliar la vida social, a ir a un



Fotografía de una residente de Althia con disfagia, probando por primera vez un plato elaborado y cocinado con la impresora 3D.



Fotografía de cómo imprime la comida la impresora Foodini de la empresa Natural Machines.

restaurante con familia, amigos, compañeros, etc., y comer vuelve a ser placentero.

No solo las instituciones sanitarias, residencias y domicilios de los pacientes, los restaurantes también podrán disponer de esta tecnología para servir a las personas con problemas de deglución una experiencia gastronómica segura, placentera y de calidad

## **Terapias y alimentación para personas con disfagia**

---

Actualmente, los tratamientos principales son la terapia deglutoria y la modificación de la dieta, pero también se cuenta con otras alternativas como son las terapias de biofeedback, las inyecciones de toxina botulínica, la estimulación eléctrica funcional, la alimentación no oral con sonda nasogástrica o tubo de gastrotomía endoscópica percutánea (PEG, por sus siglas en inglés) y el tratamiento quirúrgico.

Por otra parte, se instruye a los cuidadores y familiares sobre cómo actuar durante la alimentación para evitar la broncoaspiración y para que vigilen al paciente durante la ingesta. También se proporcionan recomendaciones sobre los utensilios apropiados y su empleo, como el uso de vasos de boca ancha de forma arqueada, comer con cuchara, usar pajitas, etc.

La dieta se basa principalmente en triturados, purés y complementos vitamínicos, que, si bien permiten el aporte de nutrientes, hacen muy poco apetecible la ingesta y, en consecuencia, fomentan la baja adherencia al seguimiento terapéutico.

### **La importancia de las texturas homogeneizadas**

En el proceso fisiológico de la ingesta, la glotis requiere cerrarse al tragar para que el alimento no vaya al pul-

món; este proceso en las personas con disfagia se vuelve más lento y provoca serios problemas. Por ejemplo, un alimento de textura sólida o un gajo de naranja (textura mixta) es fácil que se queden “pegados” durante el trayecto y provoquen una broncoaspiración.

Es por eso que se preparan purés y triturados, y también se buscan texturas homogeneizadas que sean similares a la miel, ya que es una textura adecuada, se deshace en la boca y no se queda pegada, patina bien y no es ni líquido ni sólido. No obstante, los purés presentan también un problema: no permiten diferenciar los alimentos que se están comiendo.

## **La impresión 3D de alimentos**

---

La impresión 3D (I3D) de alimentos es una gran alternativa para el tratamiento de la disfagia. El hecho de poder servir alimentos seguros y mucho más apetitosos de los que actualmente disponen, sin duda alguna facilitará el día a día de las personas afectadas y de sus cuidadores.

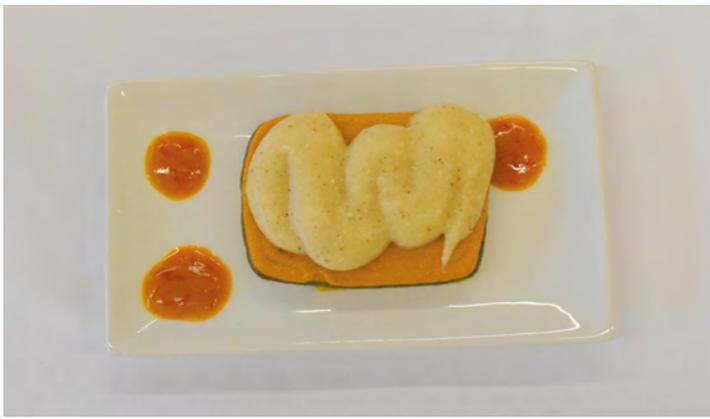
---

La impresión 3D (I3D)  
de alimentos es una  
gran alternativa para el  
tratamiento de la disfagia.  
El hecho de poder servir  
alimentos seguros y  
mucho más apetitosos  
de los que actualmente  
disponen, sin duda alguna  
facilitará el día a día de las  
personas afectadas y de sus  
cuidadores.

---

### **Mecánica y tecnología**

La tecnología de la I3D de alimentos comparte una tecnología muy similar a la de las impresoras 3D de filamentos, permite separar los alimentos y distribuirlos tridimensionalmente. Con esta tecnología se construyen piezas/objetos sólidos capa por capa a partir de un modelo digital en 3D. Su mecánica consiste en un extrusor, un pistón y un tubo que la máquina aprieta y



Fotografía de una lasaña de verduras cocinada con la impresora 3D.

que dispensa el alimento. Cada uno de los alimentos puede ir en un cartucho y es posible programar las características de cada alimento (temperatura, consistencia, diámetro de forma...). Al contar con un ordenador y disponer de chips que permiten saber las cantidades exactas que se han dado, puede determinarse la composición e incluso la forma que se ha de dar al alimento. Este último es un detalle muy importante, ya que también es deseable comer el alimento con la forma más parecida a la realidad.

---

Si la persona está en su domicilio y depende de un cuidador, podrá pedir sus menús como una empresa de catering: la comida le llegará impresa y tan solo necesitará calentarla.

---

Por ejemplo, para preparar un *suquet de peix*, por un lado se dispone el pescado cocinado y por otro la salsa, y se ordena a la máquina de I3D la cantidad y la temperatura. El primer pistón de la máquina, para poder dar forma al alimento lo primero que hace es asegurarse de que tenga la textura homogénea; es decir, se cerciora de que no haya grumos, aire o filamentos. Solo si la máquina verifica que el alimento es seguro procederá a hacer la forma. Y una vez que finaliza la impresión, se monitoriza a través de una interfaz toda la información

de nutrientes y propiedades alimentarias, con lo cual el personal sanitario podrá hacer el oportuno seguimiento y proceder a la reposición de la dieta.

Cada alimento tiene unas características de temperatura y de textura distintas una vez se ha triturado. Para poder imprimir el material con la densidad que necesita el paciente se trata con texturizantes y espesantes que no alteran ni el gusto, ni los nutrientes, ni las proteínas.

### Beneficios

Los beneficios de la I3D de alimentos como tratamiento de la disfagia son múltiples y abarcan distintas dimensiones del ser humano. Al servir un alimento más seguro, y con menos propensión a provocar atragantamiento, la ansiedad y la preocupación por parte del paciente, de los familiares y de los cuidadores disminuirán. También el comensal podrá comer más rápido y adaptarse mejor al ritmo de los comensales sin disfagia, no necesitará adoptar posturas acondicionadas para mejorar la deglución, no sufrirá el déficit cognitivo que implica comer siempre a la misma hora en el mismo sitio, e incluso no será necesario estimular las degluciones secas.

Otro beneficio muy importante es la posibilidad de que el propio usuario pueda elegir, cocinar y calentar el plato. Si la persona está en su domicilio y depende de un cuidador, podrá pedir sus menús como una empresa de catering: la comida le llegará impresa y tan solo necesitará calentarla. Otro escenario posible es que la persona disponga de una I3D de alimentos en casa, en cuyo caso podrá comprar los componentes de menús y hacer las comidas según le apetezca, sin necesidad de seguir un orden concreto. Incluso, los que quieran cocinar podrán hacerlo siguiendo unas pautas para lograr la textura segura, con unos parámetros personalizados introducidos previamente en la impresora, controlados por los especialistas y que tengan en cuenta las patologías del comensal.

### Coste

A diferencia de lo que se cree, el coste de la I3D de alimentos no resulta caro si se tiene en cuenta el coste de un plato que se cocina normal. Hay poca diferencia de precio, ya que lo que hace encarecer más la comida son las horas de manipulación. Es cierto que ahora se necesita más tiempo de manipulación en 3D porque aún hay un cierto desconocimiento del proceso, pero poco a poco se irá perfeccionando.

## Panorama actual de la I3D de alimentos

---

Actualmente se cuenta con diferentes proyectos de I3D de alimentos para el tratamiento de la disfagia, entre ellos el PERFORMANCE Project, Nutri + (Navarra), Create it REAL (Dinamarca) y NutriAlth3D (Fundación Althaia, Manresa). A diferencia de NutriAlth3D, los demás proyectos se limitan a ofrecer complementos y suplementos alimentarios.

### NutriAlth3D

El proyecto NutriAlth3D surgió para poder ofrecer una alternativa al problema de la disfagia y que al mismo tiempo contemplase a la persona con problemas de deglución como un comensal más y no solo ofreciera suplementos o complementos alimenticios. La necesidad de disponer de una máquina de I3D de alimentos que se pudiera manipular generó la sinergia con Natural Machines, que se encargó también de formar y dar a conocer la tecnología 3D a los participantes del proyecto. Por otro lado, se necesitaba un fabricante de texturizantes y espesantes, y SOSA Ingredients demostró ser un buen proveedor. Aparte, se buscó un perfil de gente que tuviera tiempo para cocinar, que pudiera hacer pruebas de ensayo-error y con capacidad creativa elevada, y se encontró al aliado perfecto en la escuela de hostelería JOVIAT.

---

Es importante añadir especialidades en los proyectos de I3D no solo ayudando a difundir la tecnología, sino animando a los profesionales a realizar sus propios estudios.

---

Los platos resultantes fueron valorados positivamente por los profesionales, garantizando que eran seguros, comestibles y conservaban todos los nutrientes y características originales. Y no se tardó en hacer la primera prueba con pacientes de la Residencia de disminuidos físicos de la Fundación Althaia de la red de Manresa. El ensayo resultó emocionante, ya que los participantes en el proyecto volvían a comer, incluso

algunos de ellos comían por primera vez algunos de los alimentos ofrecidos, nuevos sabores... querían comer así cada día.

NutriAlth3D es la única alternativa de I3D de alimentos para la disfagia que ofrece platos elaborados y que dispone de los expertos (científicos que velan por la seguridad de los alimentos y de los nutrientes), de la tecnología (la impresora 3D de alimentos) y de las empresas que producen los texturizantes y los espesantes (para la homogeneización del alimento) y que cuenta con mayor proyección de futuro.

Un proyecto como NutriAlth3D precisa equipos profesionales multidisciplinares. El equipo experto en salud está formado por endocrinos, nutricionistas, médicos rehabilitadores, logopedas, internistas, dietistas, médicos de atención primaria y personal de enfermería, que se encarga de hacer todo el seguimiento a domicilio. También es de destacar el equipo de cocina y cuidados, en el que se incluye a los cocineros, cuidadores y expertos en el cuidado de las personas con disfagia, y el experto en 3D, que se encarga de la consistencia de los productos y el envoltorio.

### Solo es el principio

---

La tecnología 3D nos puede proporcionar un recurso que ahora no tenemos; no obstante, en tema de alimentos se está mejorando y perfeccionando mucho. Se trata de una tecnología muy disruptiva que ahora no se utiliza. Al ser los primeros que la utilizamos, es necesario comunicar y divulgar su utilidad y capacidad de proyección. Hay empresas que nos han manifestado que esta tecnología nos permitirá ser más seguros con la comida para las personas con disfagia, pero al mismo tiempo, a nivel general, al igual que una cafetera de cápsulas Nespresso, podremos hacer un mousse, una tortilla... Este hecho también hará que se pueda abaratar el coste del proceso. Podremos ofrecer servicio a empresas de catering, fabricantes de yogur, etc. que están tratando de otra manera el mismo producto, y al mismo tiempo llegar a un volumen de gente cada vez mayor (actualmente se estima en el 35% de la población<sup>7</sup>).

Otra cuestión muy importante son los datos, la monitorización individualizada, ya que la comida personalizada también es posible con esta tecnología. Es alentador saber que mediante métodos de inteligencia artificial (IA) es posible anticipar y saber cuántos pacientes con disfagia hay ingresados en una institución,

como se está demostrando en el proyecto de investigación encabezado por Alberto Martín, del Hospital de Mataró<sup>10</sup>. Anticiparse para poder personalizar la comida para devolver el placer de comer y la calidad de vida a estas personas con estas tecnologías supone un potencial muy grande que sin duda hará ahorrar en salud. También, el hecho de poder monitorizar en domicilio y no solo a los ingresados o en residencias hará que podamos hacer un paso de gigante.

Es importante añadir especialidades en los proyectos de I3D no solo ayudando a difundir la tecnología, sino animando a los profesionales a realizar sus propios estudios. Por ejemplo, sería muy interesante y práctico que se pudiera realizar un estudio de psiquiatría para medir el nivel de ansiedad y de cambios conductuales, por citar algunos, de las personas que puedan tener acceso a la I3D. Se trata de ir sumando, y para aquellos que estén interesados en participar y sugerir, nos ponemos a su disposición.

## Referencias bibliográficas:

1. Eurostat Statistics Explained. (2020). Population projection in the EU. Consulta: noviembre de 2020. Disponible en: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main\\_Page](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main_Page).
2. Idescat. Institut d'Estadística de Catalunya. Consulta: noviembre de 2020. Disponible en: <https://www.idescat.cat/>.
3. Veitia, G. (2009). Disfagia orofaríngea. Gen [online], 63(4), 302-307. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0016-35032009000400014&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-35032009000400014&lng=es&nrm=iso).
4. Ariza-Galindo, C.J., & Rojas Aguilar, D.M. (2020). Disfagia en el adulto mayor. Universitas Medica, 6(4). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.umed61-4.disf>.
5. FUREGA. ¿Qué es la disfagia? (2021). [Internet] Disponible en: <https://furega.com/disfagia/que-es-la-disfagia/?lang=es>.
6. Malagelada, J., et al. (2014). Dysphagia - Global Guidelines & Cascades. World Gastroenterology Organisation. Disponible en: <https://www.worldgastroenterology.org/guidelines/global-guidelines/dysphagia/dysphagia-english>.
7. Alcalde Muñoz, S., & Rodríguez Rodríguez, R. (2020). Guía de Disfagia. Manejo de la disfagia en AP. Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria (SEMERGEN). Disponible en: <https://www.semergen.es/files/docs/grupos/digestivo/manejo-disfagia-ap.pdf>.
8. Ticó Falguera, N., & Deola, M.D. (2013). Unitat de Disfagia Orofaringia Althaia. Resposta a Una Necessitat/Demanda Sanitaria i Social.
9. Clavé Civit, P., & García Peris, Pilar. (2015). Guía de diagnóstico y de tratamiento nutricional y rehabilitador de la disfagia orofaríngea. 3ª Edición. Nestlé Health Science. Editorial Glosa, S.L.
10. La Vanguardia. Consultado: 27/06/2021. <https://www.lavanguardia.com/ciencia/20210614/7465236/inteligencia-artificial-mejorar-diagnostico-disfagia.html>.

Contacta con nosotros para cualquier pregunta:  
**brains@clustersalutmental.com**  
Para contactar con el autor:  
**Dr. Bartomeu Ayala - bayala@althaia.cat**



# Aplicación de la estimulación cerebral profunda en esquizofrenia resistente o refractaria



**Dra. Iluminada Corripio**

Psiquiatra del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau,  
Coordinadora de la línea de investigación  
en esquizofrenia, CIBERSAM grupo 21

## Introducción

Lejos del imaginario colectivo, la neurocirugía se ha desarrollado mucho más allá de sus primeras décadas de vida, entre la de 1930 y la de 1950, cuando a los pacientes con patologías psiquiátricas que presentaban graves alteraciones de conducta se les practicaba lobotomías o se aplicaba la terapia electroconvulsiva sin anestesia, de una forma muy poco específica y realmente traumática<sup>1</sup>, si bien hay referencias que sugieren que esta técnica se habría utilizado siglos antes con la misma indicación. Imágenes que los medios de comunicación y el cine dejaron inmortalizadas (como, por ejemplo, en las películas *Frances* y *Alguien voló sobre el nido del cuco*), dando lugar a una conceptualización asincrónica colectiva de dicha tecnología. Ciertamente se trató de una época controvertida, pero gracias al avance de la tecnología y al continuum científico se ha logrado convertir este tipo de terapias en tecnología punta, con procedimientos que ahora son reversibles y que se aplican de forma segura en el tratamiento de enfermedades como el Parkinson y otros trastornos del movimiento

como la distonía, así como en la depresión, el trastorno obsesivo-compulsivo, la mitigación del dolor y, aunque en fase muy preliminar aún, la esquizofrenia resistente.

Tras la cirugía, las personas permanecían apáticas y abúlicas, siendo este uno de los motivos por los que, con el progreso de la psicofarmacología, las técnicas quirúrgicas que se venían utilizando se fueron abandonando. No obstante, en los últimos años se ha vuelto a plantear la neurocirugía con el uso de la neuroestimulación, al observar neurólogos y psiquiatras que los fármacos disponibles no daban respuesta a todos sus pacientes. Esta evolución ha tenido lugar gracias al avance de las técnicas de neuroimagen y los procedimientos neuroquirúrgicos que permiten realizar estas intervenciones con seguridad.

En la actualidad hay distintas terapias de neuroestimulación, como la terapia electroconvulsiva (TEC)<sup>2,3</sup>, la estimulación magnética transcraneal (EMT)<sup>4</sup> y la estimulación cerebral profunda (ECP). A esta última se dedicarán las siguientes páginas, concretamente a su



Foto de JC Gellidon en Unsplash.

aplicación en la esquizofrenia que no responde al tratamiento, que a día de hoy representa el 30% de la población con esquizofrenia, exponiendo un proyecto realizado con tal propósito.

### **Antecedentes**

En los hospitales se practica una psiquiatría terciaria, tratando a los pacientes con más complejidad. En el caso de la esquizofrenia suelen ser pacientes que abandonan el tratamiento, con las alteraciones de conducta derivadas, que no pueden controlarse en un entorno ambulatorio. Pero también ingresan pacientes más graves que no responden adecuadamente a los tratamientos habituales, es decir, resistentes o refractarios al tratamiento. El manejo terapéutico en estos casos se basa en el uso de clozapina, sola o en combinación con otros antipsicóticos, junto a un tratamiento psicológico como la terapia cognitivo-conductual para la psicosis (TCCp) o una terapia en el entorno comunitario, dependiendo de las características de cada paciente.

Ante esta situación, y teniendo en cuenta el gran sufrimiento de estos pacientes y de sus familiares, nos planteamos que la búsqueda de otras alternativas terapéuticas estaría justificada. Y en el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (HSCSP) se contaba ya con un grupo pionero, liderado por el Dr. Enric Álvarez, el Dr. Víctor Pérez y la Dra. Dolors Puigdemont,

que empezó con la aplicación de la ECP en casos de pacientes con depresión, siguiendo los trabajos del equipo del Western Hospital de Toronto, con la neuróloga Helen S. Mayberg y el neurocirujano Andrés Lozano, que comenzaron a tratar a pacientes con depresión que no respondían a otros tratamientos<sup>5</sup>. Tomando como punto de partida la experiencia de los equipos de neurocirugía y psiquiatría, se realizó una reunión multidisciplinaria en la que participó el equipo de FIDMAG y en la cual, tras revisar los diferentes modelos neurobiológicos de la esquizofrenia, se llegó a la conclusión de que la ECP podría ser también una buena estrategia para la esquizofrenia. Hecho que acabó generando el proyecto de la aplicación de la ECP en esquizofrenia resistente o refractaria.

---

Hoy en día, con los avances en el campo de la neuroimagen y de la ECP, se ha podido ver que con una mejor planificación del área de estimulación se pueden mejorar los resultados de la técnica.

---

### **El primer proyecto**

El punto de partida del primer proyecto fue la necesidad de poder dar respuesta a pacientes que sufren mucho como consecuencia de la persistencia de sus síntomas de esquizofrenia. Conocer a personas que escuchan voces todo el día, o que sienten que son perseguidas y eso las lleva a estar todos los días encerradas, y que por más medicación que se les ofrezca no mejoran su sufrimiento, sin duda alguna activó el motor de la investigación.

### **Criterios de selección**

Los criterios de selección para la inclusión de un paciente en el proyecto fueron, por un lado, que se tratara de una persona absolutamente resistente al tratamiento –es decir, un caso muy extremo– y, por otro, al tratarse de un proyecto pionero con una serie

de limitaciones éticas y legales, que el paciente debía entender lo que se le explicaba y firmar un consentimiento para su participación. El candidato ideal fue en su mayoría el paciente con esquizofrenia resistente ya bien conocido por el equipo, con quien se hubiera hecho toda la trayectoria de lucha para intentar mejorar su calidad de vida y con el que no se hubiera logrado el objetivo.

El proyecto se pudo desarrollar dentro del programa Ama Dablam, un programa del HSCSP de atención a los trastornos psicóticos en esquizofrenia resistente, subvencionado gracias a la aportación de un mecenas (Ona Corporation). Todo paciente que entra en este programa es seguido para corroborar que realmente padece una esquizofrenia resistente, porque muchas veces la situación no es tal y se da porque no se sigue un buen cumplimiento terapéutico, porque concurre un consumo de drogas o porque existe un entorno marginal que no ayuda a que esta persona pueda enfrentarse a sus dificultades. Solo cuando se está seguro de que el paciente no responde al tratamiento entra en el protocolo de ECP.



Foto de Sofia Alejandra en Pexels.

---

Ante esta situación,  
y teniendo en cuenta  
el gran sufrimiento  
de estos pacientes  
y de sus familiares,  
nos planteamos que  
la búsqueda de otras  
alternativas terapéuticas  
estaría justificada.

---

El estudio, que ha sido publicado en *eBioMedicine* con el título *Deep brain stimulation in treatment resistant schizophrenia: A pilot randomized cross-over clinical trial*, fue realizado gracias a una beca del Fondo de Investigaciones Sanitarias de la Fundación Carlos III (PI12/00042), que permitió poner en marcha un estudio coordinado con el grupo FIDMAG Germanes Hospitalàries, liderado por la Dra. Edith Pomarol-Clotet y el Dr. P. McKenna, todos adscritos al grupo nacional CIBERSAM (Centro de Investigación Biomédica en Red en Salud Mental).

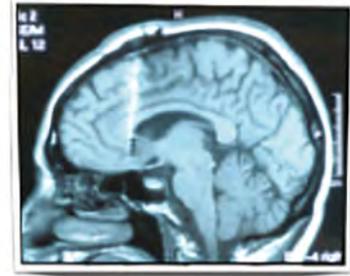
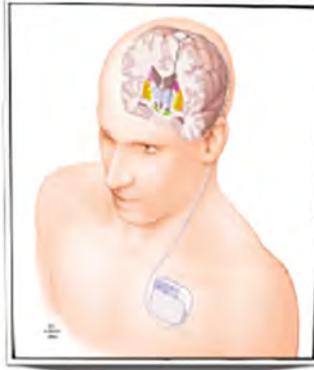
### Técnica

La ECP es una técnica que se realiza mediante un electrodo bilateral implantado en un área que estaría implicada en los síntomas del paciente. En este caso, al explicarse los síntomas psiquiátricos porque hay una zona del cerebro que está hiperfuncionando, con dicho electrodo es posible inhibir esa actividad. Evidentemente, el mecanismo es mucho más complejo, pero el punto de partida es este.

Para la implantación del electrodo, se realizan dos pequeños agujeros de trepanación en el cráneo y mediante cirugía estereotáxica, que permite una localización de coordenadas por imagen muy exacta, se logra su colocación en la zona diana indicada. En los casos de esquizofrenia, se ha valorado que es mejor practicar el procedimiento con el paciente dormido, para evitar que se ponga nervioso. No se sabe si al realizarlo así se pierde información, pero sin duda es más seguro para el paciente. A diferencia de otros pacientes tratados con ECP, que reciben el alta a las 24 horas, los diagnosticados de esquizofrenia suelen permanecer unos días en el hospital para evitar que eventualmente se presenten alteraciones de conducta o complicaciones en el domicilio.

Los pacientes llevan un dispositivo para lograr la estimulación eléctrica constante y necesitan un sistema

# TÉCNICA



- ✓ Colocación guía estereotáxica
  - ✓ Cálculo coordenadas target TC, RM y neuronavegador
  - ✓ Implante electrodo con anestesia local
- Esquizofrenia: Anestesia general!!**

- ✓ Microrregistro actividad neuronal
- ✓ Estimulación intraoperatoria
- ✓ Implante del generador (anestesia general)
- ✓ RMN cerebral post-operatoria

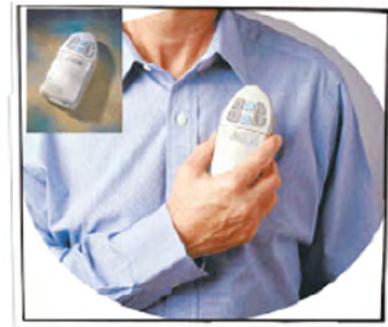
Técnica de la ECP.



INTERNOS

EXTERNOS

C  
O  
M  
P  
O  
N  
E  
N  
T  
E  
S



Componentes que intervienen en la ECP.

que administre esa energía. El sistema consiste en un pequeño dispositivo que se conecta a otro que hace la función de una batería y que en este estudio se coloca a nivel abdominal dentro de una pequeña bolsa. La gestión del dispositivo se realiza programando cada uno de los electrodos a través de una tablet, lo que permite que sea más sencillo de usar que el dispositivo prototipo, algo más aparatoso.

Es importante destacar que para poder hacer la primera programación se debe esperar un mes desde la intervención quirúrgica, para no confundir el efecto de la estimulación con los efectos descritos del proceso inflamatorio cerebral posquirúrgico. Este efecto, conocido en el entorno clínico como *luna de miel*, consiste en que el paciente suele sentirse bien al despertarse y con una disminución significativa de la intensidad de la clínica



Foto de Arseny Togulev en Unsplash.

psicótica. Por este motivo, a fin de poder evaluar mejor el punto de partida, antes de realizar la programación se debe dejar pasar un mes.

### **Riesgos y efectos secundarios de la cirugía y de la programación**

Los riesgos más importantes en esta cirugía son la hemorragia cerebral y la posibilidad de infección tanto en el electrodo como en todo el equipo que el paciente lleva implantado en la zona abdominal.

Por otro lado, los posibles efectos secundarios de la cirugía son dolor de cabeza y cuadros de epilepsia, esto último en el caso de una hemorragia cerebral. También se han reportado como efecto adverso de la programación sensaciones eléctricas en el abdomen. Cabe indicar, no obstante, que suelen ser efectos pasajeros y reversibles.

### **Mecanismos de acción de la ECP en esquizofrenia resistente**

En el estudio Sant Pau-FIDMAG se hicieron servir dos paradigmas:

- **Paradigma 1.** En los pacientes con esquizofrenia, o cualquier paciente que presenta clínica psicótica, el hallazgo más replicado es que existe un aumento de la elaboración y liberación de dopamina a nivel mesolímbico. Por lo tanto, se escogió una diana que tenía participación en este circuito implicado en el aumento de la dopamina. En este programa, concretamente, fue el núcleo accumbens, pero se podría haber escogido otra diana, como el hipocampo o el área ventro- tegmental.

- **Paradigma 2.** Se partió del trabajo de la Dra. Mayberg, que observó que los pacientes con una persistencia de los síntomas depresivos tenían un área del cerebro que estaba especialmente estimulada. El grupo de FIDMAG, entre otros, había reportado que los pacientes con esquizofrenia no desactivaban una parte del cerebro que debería desactivarse para realizar unas tareas determinadas. En concreto, esta parte del cerebro está integrada dentro de la red neuronal de reposo o por defecto, una red que cuando una persona no piensa en nada o está distraída está activada y que se desactiva cuando la persona está realizando alguna tarea cognitiva. Esta área, que los pacientes tienen activada de manera aberrante, está situada en el córtex prefrontal medial. Se escogió específicamente el área CG25 del córtex cingulado, que es la que se utiliza también en intervenciones en pacientes con depresión y otras patologías.

### **Resultados del estudio**

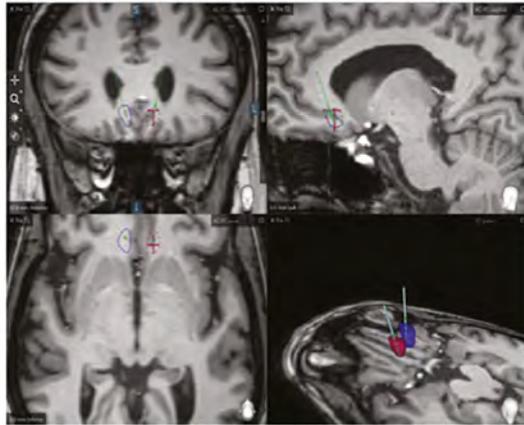
En el primer proyecto<sup>6</sup>, la ECP funcionó en cuatro de los ocho pacientes que fueron intervenidos. Ha habido diferentes respuestas, en un caso una respuesta tardía y en otro una de las pacientes no experimentó respuesta alguna al tratamiento, desafortunadamente.

### **Nuevos proyectos**

Hoy en día, con los avances en el campo de la neuroimagen y de la ECP, se ha podido ver que con una mejor planificación del área de estimulación se pueden mejorar los resultados de la técnica.

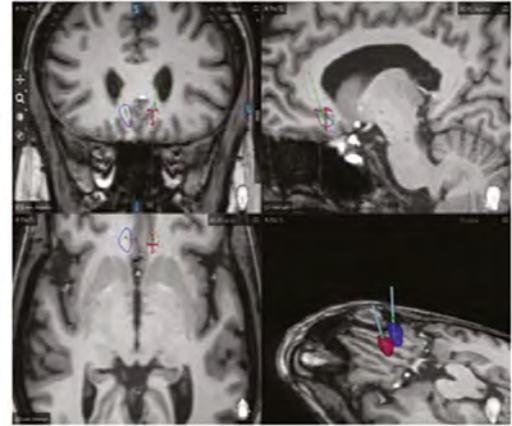
Se han publicado también artículos que reportan la aplicación de la ECP en esquizofrénicos en Estados Unidos (un caso, no publicado) y en China<sup>7</sup> (dos casos), que sin

# Electrode placement and programming



Nucleus accumbens (Nacc)

- Every 2 wks visits
- Start UNIPOLAR
- Progressive increase in energy (0.5 v)
- Non-responders: BIPOLAR
- No use of algorithms and virtual programs



Subgenual anterior cingulate cortex (ACC)

Colocación del electrodo y programación.

duda ayudarán a aportar más datos contrastados al conocimiento general de la ECP en esquizofrenia resistente.

## Futuro

Sin duda alguna, la colaboración entre profesionales de diferentes disciplinas y la coalición entre profesionales y tecnología son vitales para no detener el continuum científico que se está logrando entre todos. Ciencia y tecnología han de ir de la mano, junto al entusiasmo profesional, para mejorar la asistencia en el día a día. Los avances en genética, modelos animales de ECP y neuroimagen permiten que progresemos y nos propongamos nuevos retos. También el soporte de becas estatales, la implicación de instituciones como el HSCSP y el mecenazgo, como ha sido en nuestro caso concreto, han sido claves para la evolución del proyecto.

Por otro lado, es necesario que la comunicación de estos hallazgos se realice de una forma muy exacta y muy concreta, ya que las expectativas de los pacientes están comprometidas directamente. No dejan de ser proyectos que se encuentran en fases muy preliminares y que, de momento, están lejos de poderse implementar como en la enfermedad de Parkinson o como en los casos de depresión en que ya se han aprobado.

Actualmente el HSCSP está en contacto con grupos internacionales de referencia en el campo de la neuromodulación y está iniciando un segundo proyecto de ECP en esquizofrenia resistente gracias a una nueva beca FIS.

## Referencias bibliográficas:

1. Gildenberg, P.L. (2001). Spiegel and Wycis - the early years. *Stereotact Funct Neurosurg*, 77(1-4):11-16. doi: 10.1159/000064587.
2. Sinclair, D.J.M., Zhao, S., Qi, F., Nyakyoma, K., Kwong, J.S.W. & Adams C.E. (2019). Electroconvulsive Therapy for Treatment-Resistant Schizophrenia. *Schizophr Bull*, 45(4):730-732.
3. Hermida, A.P., Glass, O.M., Shafi, H. & McDonald, W.M. (2018). Electroconvulsive Therapy in Depression: Current Practice and Future Direction. *Psychiatr Clin North Am*, 41(3):341-353.
4. Lefaucheur, J.P., Aleman, A., Baeken, C., et al. (2020). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014-2018). *Clin Neurophysiol*, 131(2):474-528.
5. Mayberg, H. S., Lozano, A. M., Voon, V., McNeely, H. E., Seminowicz, D., Hamani, C., Schwalb, J. M. & Kennedy, S. H. (2005). Deep brain stimulation for treatment-resistant depression. *Neuron*, 45(5):651-660. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.02.014>.
6. Corripio, I., Roldán, A., Sarró, S., McKenna, P., Alonso-Solís, A., Rabella, M. et al. (2020). Deep brain stimulation in treatment resistant schizophrenia: A pilot randomized crossover clinical trial. *Ebiomedicine*, 51:102568. doi: 10.1016/j.ebiom.2019.11.029.
7. Wang, Y., Zhang, C., Zhang, Y., Gong, H., Li, J., et al. (2020). Habenula deep brain stimulation for intractable schizophrenia: a pilot study. *Neurosurg Focus*;49(1):E9.

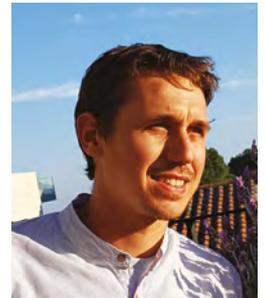
Contacta con nosotros para cualquier pregunta:

**brains@clustersalutmental.com**

Para contactar directamente con el autor:

**Dra. Iluminada Corripio - icorripio@santpau.cat**

# Tecnologías de Experiencia Inmersiva en Geriatria



**Ignasi Capellà**

Sociólogo, cofundador y CMO de Broomx

En la actualidad ya se cuenta con exoesqueletos, Inteligencia Artificial (IA), sensores para controlar las constantes vitales, atención domiciliar a distancia, por citar unas pocas tecnologías dedicadas al soporte y tratamiento terapéutico en Geriatria. Aunque solo sea la punta del iceberg del potencial que tiene la gerontecnología, sin duda alguna le espera un futuro prometedor. Y en el caso concreto de la Realidad Virtual (RV) y de las Experiencias Inmersivas (EI), las evidencias que van surgiendo de proyectos que utilizan estas tecnologías<sup>1-3</sup> demuestran que la gran mayoría se están consolidando, y la tendencia apunta también hacia su crecimiento exponencial.

Siguiendo el contexto social de envejecimiento de la población, y de contar ya con generaciones envejecidas que cada vez usan más tecnología, se puede prever que la tendencia del uso tecnológico en las terapias geriátricas irá a más. Es fácil, entonces, vaticinar que la tecnología será un complemento importante que, lejos de sustituir el trabajo de los profesionales, ofrecerá a estos nuevas herramientas con las que poder mejorar el cuidado, tratamiento y atención de sus pacientes.

En este artículo se muestra la aplicación actual de las terapias de EI en gerontología, especialmente en las esferas de psicogeriatría, de deterioro cognitivo, fisioterapéutica y de neurorrehabilitación, así como la importancia de procurar equipos multidisciplinares y humanistas que puedan aportar la visión holística necesaria para ofrecer una tecnología que se adapte realmente a las personas.

## La realidad de las tecnologías de EI aplicadas a la terapéutica gerontológica

Hoy en día los gerontólogos ya disponen de muchas aplicaciones con las que poder auxiliar y dar soporte a las terapias que prescriben, siendo este uno de los campos más fructíferos en este sentido. En Estados Unidos hay mucha actividad en este tipo de proyectos, y merece la pena destacar entre ellos Rendever<sup>a</sup>, la plataforma de RV líder diseñada específicamente para comunidades de personas mayores y organizaciones de atención médica para ofrecer una programación grupal atrac-

<sup>a</sup> <https://www.rendever.com/>



Sesión de El enfocada a reducir el dolor.

tiva que se enfoca en construir una comunidad próspera. Rendever tiene mucho bagaje clínico y muchos estudios realizados<sup>4,5</sup>.

En España, por ejemplo, se encuentra Oroí Wellbeing<sup>b</sup> una *startup* del País Vasco del *Venture Builder* de realidad virtual y aumentada Eywa Space<sup>c</sup>. Oroí es un canal de RV con experiencias para la estimulación cognitiva y el entretenimiento dirigidas a trabajar las emociones en las personas mayores, centradas en despertar las emociones y trabajar la memoria a través de la RV para lograr el equilibrio y bienestar emocional. El equipo responsable está formado por creadores de contenido, creativos, psicólogos y expertos en las diferentes disciplinas relacionadas con las áreas que se implican en proyectos como este, y con mucho campo recorrido. La empresa está muy bien implementada a nivel nacional y ahora empieza también a destacar a nivel internacional. También cabe mencionar a Broomx<sup>d</sup>, que ofrece una tecnología a medio camino entre el video mapping (VM) y la RV, permitiendo la interacción con el entorno virtual sin necesidad de utilizar un *hardware* (gafas o casco de RV) y ofreciendo una serie de ventajas que se expondrán en este mismo artículo.

<sup>b</sup> <https://www.oroí.info/>

<sup>c</sup> <https://www.eywa.space/>

<sup>d</sup> <https://broomx.com/es>

## Salas de estimulación sensorial o Snoezelen

Las salas de estimulación sensorial, conocidas como Snoezelen, son espacios que cuentan con estímulos controlados que favorecen el despertar sensorial de niños, personas con discapacidad y personas mayores a través de la experimentación y de la acción. Su objetivo es promover el desarrollo, la comunicación y la interacción, así como mejorar la calidad de vida y el bienestar.

Algunas investigaciones neurológicas evidencian que hay un mayor desarrollo neurológico cuando es posible controlar y adaptar a cada persona los estímulos para conservar una actividad mental alta<sup>6-8</sup>.

---

Algunas  
investigaciones  
neurológicas  
evidencian que hay  
un mayor desarrollo  
neurológico cuando  
es posible controlar  
y adaptar a cada  
persona los estímulos  
para conservar una  
actividad mental alta.

---

## Realidad Virtual

La RV se puede definir como un entorno generado por tecnología informática que permite al usuario interactuar y sentir la sensación de que está inmerso en él a través de un dispositivo como las gafas de RV u otros.

Un magnífico ejemplo de dicha tecnología aplicada a la gerontología sería la anteriormente citada de Oroí Wellbeing.

## Video mapping

Entendemos el VM como espacios inmersivos donde diferentes elementos técnicos proyectan en distintos puntos de una habitación o en la fachada de un edificio unos contenidos tratados con las técnicas llamadas *stitching* y *blending*. Básicamente, estas téc-

nicas consisten en poner la imagen de un proyector al otro, atarlas y hacer que todo tenga continuidad, que donde acaba la imagen de un proyector empiece la de otro. El VM permite que todo esté perfectamente unido para que la imagen pueda recorrer toda el área de proyección.

---

## Las instalaciones de VM son complicadas, costosas, requieren mucho mantenimiento y dependen también de grandes espacios

---

Las instalaciones de VM son complicadas, costosas, requieren mucho mantenimiento y dependen también de grandes espacios. Normalmente, como mínimo se precisan cuatro proyectores, pero pueden llegar a usarse 27 o 50. También cabe atender las exigencias del equipo de audio, que deberá cubrir las dimensiones y características espaciales y acústicas de cada proyecto.

### Sistema de creación de espacios inmersivos

---

Las tecnologías mencionadas empezaron a generar el interés de especialistas en audiovisuales, de modo que se dedicaron a realizar muchos contenidos (sobre todo en el ámbito de la salud) y comenzaron a publicarse muchos estudios, la mayoría de ellos muy avanzados<sup>9-11</sup>. No obstante, los formatos no eran compatibles unos con otros, hecho que limitaba el uso de dichos contenidos a una tecnología concreta. Esta necesidad de poder usar un solo sistema para poder generar espacios inmersivos que fueran compatibles con estos formatos dio pie a que Broomx diseñara un sistema con un ecosistema abierto.

Empresas que realizan contenidos para el tratamiento del ictus y otras centradas en la gerontología<sup>e</sup> generan material cerrado en un solo formato<sup>12</sup>, y era necesario aprovechar todo este magnífico conocimiento previo y

<sup>e</sup> <https://www.mindmaze.com/>



Profesionales sanitarios en una sesión de EI con el proyector MK360.

ofrecer un sistema que permitiera realizar la EI sin necesidad de utilizar las gafas de RV ni otros dispositivos que encarecieran aún más el producto o lo limitara a espacios grandes y de características muy concretas.

### MK360

El sistema de creación de EI MK360 de Broomx está a caballo entre el VM y la RV. Se trata de una tecnología compleja que podría definirse como un proyector inmersivo que a su vez es un sistema completo. Este sistema es característico por ser un “todo en uno” y permitir generar con un único proyector EI en cualquier tipo de sala. También el hecho de no mediar con el entorno virtual a través de unas gafas de RV permite poder utilizar la tecnología durante más tiempo y realizar sesiones más largas (los fabricantes de sistemas de RV recomiendan no pasar los 30 minutos por sesión), así como evitar efectos adversos, como mareos, náuseas, etc., al usarse prolongadamente<sup>13</sup>.

El MK360 incorpora el proyector, un ordenador, el gestor de contenidos, los players específicos que corrigen las deformaciones para poder adaptar y así poder visualizarse bien en cualquier habitación, y un



Sesión EI.

equipo de audio con altavoz incorporado; también soporta una aplicación de móvil que permite la conexión con el proyector para poder controlarlo por dispositivo móvil. Aparte se da acceso a una plataforma en la nube de gestión de contenidos, donde se van actualizando y generando nuevos contenidos, y donde se da servicio al banco de vídeos. El banco es generado por Broomx y también por profesionales del sector y colaboradores de la empresa, aunque también se ofrece la opción de que los usuarios generen sus propios vídeos.

---

Entre las principales ventajas de la EI encontramos su capacidad de proporcionar una mejora del bienestar emocional, un hecho transversal, ya que no solo atañe al ámbito de la Geriatria.

---

Este sistema cuenta con un ojo de pez que permite proyectar en paredes y techo e incluye unas herramientas de *software* que permiten aplicar y adaptar la EI en multitud de espacios distintos. Estas herramientas de *software* son vitales para poder adaptar las imágenes al espacio, ya que las lentes ojo de pez que se usan, al

ser curvas, deforman mucho las imágenes, y así como en cúpulas como las de los planetarios funcionan muy bien, no responden igual en habitaciones normales. El MK360 genera estas adaptaciones de forma semiautomática, permitiendo a los usuarios disfrutar de la experiencia y despreocuparse de toda la técnica, o de tener que pagar licencias de *software* para hacer las adaptaciones necesarias.

### Ventajas

Entre las principales ventajas de la EI encontramos su capacidad de proporcionar una mejora del bienestar emocional, un hecho transversal, ya que no solo atañe al ámbito de la Geriatria. Actualmente se aplica en hospitales, para trabajadores de hospitales, y está funcionando.

En psicogeriatría, con su uso se ha reportado en los residentes sensación de libertad, eliminación del nerviosismo y aumento de la socialización y de las emociones, así como una mayor vinculación con los otros residentes y con el personal que los asiste<sup>14</sup>.

En otra esfera más cognitiva (sobre todo en personas con deterioro cognitivo)<sup>3,15</sup>, esta tecnología ha permitido que se aplique también en ejercicios de memoria, de orientación, trabajo de la reminiscencia, percepción, identificación de formas, objetos, colores... Cabe indicar que la terapia es adaptada a cada caso particular dependiendo de los diferentes estados de deterioro cognitivo.

A nivel fisioterapéutico se ha reportado una respuesta tipo *pain relief through distraction*, logrando una mayor motivación y reacción al conseguir distraer al usuario.



Grup Arrels.

Por ejemplo, mediante una EI que sigue a un ciclista por una montaña se ha logrado que residentes geriátricos interactúen más con los pedaleros. También se estimula a realizar movimientos de tronco superior a través de una EI que lleva a los usuarios a una montaña rusa virtual y propicia que, con la guía de la fisioterapeuta, levanten los brazos. Otra EI que también funciona bien para ejercitar el tronco superior es la que permite interactuar con un kayak y con un objeto como un palo de escoba para hacer de remo. El ingenio de cada fisioterapeuta también cuenta mucho para sacar el máximo provecho a estas tecnologías creativas. De hecho, es la inventiva y la imaginación de los prescriptores y usuarios de esta tecnología las que van a generar las nuevas experiencias. La creatividad de estas personas sin duda hará que estas tecnologías vayan mucho más allá que las aplicaciones que se les ha otorgado por defecto. Los profesionales suelen agradecer que ellos mismos puedan experimentar con los contenidos.

También hemos de contemplar una última área: la neurorrehabilitación. Hay distintos proyectos, como el del Instituto Guttmann, que están utilizando esta tecnología para la rehabilitación de algunas enfermedades neurodegenerativas y demencias, como los típicos casos de heminegligencia izquierda tras sufrir un ictus<sup>16,17</sup>. Este trastorno neurocognitivo, que omite los *inputs* visuales de la mitad izquierda del campo visual, es buen candidato a ser tratado con EI, ya que hay buena respuesta a poder readaptarse para volver a reconocer estos estímulos. A diferencia de los medios rudimentarios usados hasta ahora, con la tecnología de EI y la interacción de los dispositivos móviles hoy es posible ir mucho más allá en las sesiones de rehabilitación.

El sistema permite al terapeuta dibujar en su dispositivo y el paciente puede seguir el trazado del dibujo resultante proyectado por toda la habitación, de modo que a base de repeticiones e insistencia se logra la recuperación. Aparte, parece que la EI permite que la recuperación sea mucho más rápida que en el formato tradicional, llegando a poder avanzar en solo 10 minutos de sesión lo que ha costado semanas por método tradicional<sup>f</sup>.

### Grup Arrels

El proyecto que Broomx compartió con Grup Arrels representa un buen ejemplo de la aplicabilidad de la EI como herramienta terapéutica gerontológica. Todo surgió de la convicción de saber que el sistema de creación de espacios inmersivos podría hacer mejorar la motivación de los residentes geriátricos y ser un coadyuvante terapéutico de primer nivel en distintas esferas. Además, también se necesitaba (y se sigue necesitando) tener más conocimiento de campo, conocer más casos, tener más ejemplos de usabilidad. Se contactó con Grup Arrels (también se buscaba a personas que fueran más próximas a Broomx) y nos abrieron sus puertas de par en par.

La experiencia fue muy positiva y aportó a nivel general mucho conocimiento. Tan solo se tardó una mañana en explicar al centro la técnica de la EI, pero los profesionales de Grup Arrels estuvieron meses reportando nuevas usabilidades. Aparte, a nivel emocional conllevó momentos extraordinarios, como una de las experiencias que generó el propio Grup Arrels autorrealizando

<sup>f</sup> Broomx tiene pendiente de validación este estudio.

un vídeo de los lugares cercanos del barrio, como el parque del Clot, el mercado, la Sagrada Familia... y proyectando la EI a residentes que llevaban 15-16 meses confinados en el geriátrico.

Para poder realizar un proyecto así fue necesario cubrir unos perfiles profesionales multidisciplinares y a la vez trabajar transversalmente. El equipo se formó con ingenieros e informáticos que ocuparon el perfil más técnico; también se contó con sociólogos, terapeutas ocupacionales, psicólogos, neuropsicólogos, fisioterapeutas, educadores sociales. Pero cabe indicar que cada caso precisa la configuración de un equipo diferente: por ejemplo, en hospitales también se suele trabajar con los departamentos de recursos humanos y de prevención de riesgos.

Una de las mayores cuestiones que se planteó Broomx fue si las generaciones no nativas digitales que residían en el centro se adaptarían, empatizarían y conectarían con la tecnología que se ofrecía, pero la respuesta fue tan positiva que incluso se encontró un mayor nexo con las generaciones de las décadas de 1920 y 1930. En un informe técnico que se hizo en Grup Arrels<sup>14</sup>, su coordinadora, Nuria Piquer, indicó que las nuevas generaciones más exigentes precisarán instrumentos cada vez más tecnológicos. Esto sería indicativo de que las tecnologías seguirán siendo útiles. Si el avance tecnológico está a la altura y evoluciona para la aplicación tecnológica de las EI en este campo resultará más fácil y masivo.

## No solo es tecnología, también cuentan las humanidades

Ciertamente, el trabajo de los ingenieros es vital para que la tecnología avance, pero si en los equipos no se cuenta con perfiles humanistas (filósofos, sociólogos, antropólogos, etc.), la tecnología no se adaptará de por sí a las personas. La tecnología ha de servir para dar soluciones a las necesidades de las personas. Si, como muchas veces pasa, se presenta al revés y solo se cuenta con los perfiles técnicos, no se suele pensar para qué sirve o cómo se lleva la adaptación de estas tecnologías a las necesidades, acaban en desuso, sin llegar a penetrar en el mercado. Sin duda alguna debería acontecer un nuevo renacimiento, donde el ser humano fuera de nuevo el centro de todo y no la tecnología o la economía.

Por eso es interesante alentar a que estos proyectos no sean solo cosa de “los de innovación” e intentar hacer más desde abajo y también desde arriba. La apertura de mente es vital para entender que todo esto es un proceso muy rápido y que o te adaptas o te quedas fuera. Las grandes organizaciones tienen tendencia a conformarse, y empresas tecnológicas que hace unos años estaban bien posicionadas hoy han perdido su liderazgo, como es el caso de Skype, que se ha visto desbancada por Zoom. En este caso concreto, Zoom ha sabido explotar los perfiles humanistas y ha conseguido entender mejor las necesidades de los usuarios, y ha logrado adaptar su plataforma haciéndola más amable.

Si aplicamos este modelo al ámbito gerontológico y de salud en general, debería funcionar igual. Pero hay miedos infundados para apostar por estas tecnologías y por estos equipos. No habría que quedarse solo con los discursos de motivación de ciertas conferencias, sino apostar realmente por ellas. Si, además, también se dispone de un *pool* de conocimiento, de *startups* con un nivel muy alto, la apuesta aún es más segura.

Confiamos en que durante los próximos años veremos una mayor conexión entre grandes organizaciones y pequeñas compañías innovadoras que favorezca sinergias positivas para ambas. Ciertamente disponemos del ecosistema adecuado y del talento tecnológico, pero también del conocimiento antropológico, para llegar a este punto. Ojalá estas especialidades no acaben sufriendo también su fuga de cerebros y sepamos contener el talento en el país.

## Referencias bibliográficas:

1. Xueyang Lin, C., Lee, C., Lally, D., & Coughlin, J. (2018). Impact of Virtual Reality (VR) Experience on Older Adults' Well-Being. Recuperado el 13 de julio de 2021 de: [https://agelab.mit.edu/sites/default/files/lin\\_lee\\_lally\\_coughlin\\_2018.pdf](https://agelab.mit.edu/sites/default/files/lin_lee_lally_coughlin_2018.pdf).
2. Joy, K. (2020). How to Launch a Strong VR Program in Senior Care. Recuperado el 13 de julio de 2021 de: <https://healthtechmagazine.net/article/2020/12/how-launch-strong-vr-program-senior-care-perfcon>.
3. Sultana, M., Campbell, K., Jennings, M., Montero-Odasso, M., et al. (2020). Virtual Reality Experience In Long Term Care Resident Older Adults With Dementia: A Case Series. Research Square, 24 Jun 2020; preprint (Version 2) disponible en: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-16210/v2>.
4. Appel, L., Kisonas, E., Appel, E., et al. (2020). Introducing virtual reality therapy for inpatients with dementia admitted to an acute care hospital: learnings from a pilot to pave the way to a randomized controlled trial. Pilot Feasibility Stud 6, 166.
5. Rendevar. Recent Highlights. <https://doi.org/10.1186/s40814-020-00708-9>.

6. van Weert, J. C., Kerkstra, A., van Dulmen, A. M., Bensing, J. M., Peter, J. G., & Ribbe, M. W. (2004). The implementation of snoezelen in psychogeriatric care: an evaluation through the eyes of caregivers. *International journal of nursing studies*, 41(4), 397-409. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2003.10.011>.
7. Kolanowski, A., & Buettner, L. (2008). Prescribing activities that engage passive residents. An innovative method. *Journal of gerontological nursing*, 34(1), 13-18. <https://doi.org/10.3928/00989134-20080101-08>.
8. Klages, K., Zecevic, A., Orange, J. B., & Hobson, S. (2011). Potential of Snoezelen room multisensory stimulation to improve balance in individuals with dementia: a feasibility randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 25(7), 607-616. <https://doi.org/10.1177/0269215510394221>.
9. Ohly, H., White, M. P., Wheeler, B. W., Bethel, A. Ukoumunne, O. C., Nikolaou, V., & Garside, R. (2016). Attention Restoration Theory: A Systematic Review of the Attention Restoration Potential of Exposure to Natural Environments. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*, 19(7), 305-343. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10937404.2016.1196155>.
10. Snoswell, A., & Snoswell, C. (2019). Immersive Virtual Reality in Health Care: Systematic Review of Technology and Disease States. *JMIR Biomed Eng*, 4(1), 15025. <https://biomedeng.jmir.org/2019/1/e15025> DOI: 10.2196/15025.
11. Kyaw, B., Saxena, N., Posadzki, P., Vseteckova, J., Nikolaou, C., et al. (2019). Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res*, 21(1), e12959. <https://www.jmir.org/2019/1/e12959> Doi: 10.2196/12959.
12. Rogers, S. (2021). Five Companies Using Virtual Reality To Improve The Lives Of Senior Citizens. Recuperado el 13 de julio de 2021 de: <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/08/21/five-companies-using-virtual-reality-to-improve-the-lives-of-senior-citizens/?sh=1630331e4279>.
13. Oculus. Advertencias de salud y seguridad. <https://www.oculus.com/legal/health-and-safety-warnings/>.
14. Grup Arrels. Realidad inmersiva – Residència Parc del Clot y Broomx. <https://docsend.com/view/6z3q8x5ymt3zht2w>.
15. Centre for Aging + Brain Health Innovation (CABHI). Picture This: How Virtual Reality is Shaping the Future of Dementia Care. <https://www.cabhi.com/blog/picture-this-how-virtual-reality-is-shaping-the-future-of-dementia-care/>.
16. Revista Trail Run. [https://www.trailrun.es/actualidad/salomon-acerca-el-pedraforca-a-los-pacientes-del-institut-guttman-con-una-proyeccion-inmersiva\\_235490\\_102.html](https://www.trailrun.es/actualidad/salomon-acerca-el-pedraforca-a-los-pacientes-del-institut-guttman-con-una-proyeccion-inmersiva_235490_102.html).
17. YouTube. Salomon 360° mountains en el Institut Guttmann. <https://www.youtube.com/watch?v=kfQBVvYUAW4>.

Contacta con nosotros para cualquier pregunta:

**brains@clustersalutmental.com**

Para contactar directamente con el autor:

**Ignasi Capellà - ignasi@broomx.com**



# Estado del arte de las tecnologías EEG y TES para el tratamiento de trastornos del SNC



**Aureli Soria-Frisch**

Director de Neurociencias de Starlab

## Introducción

La electroencefalografía (EEG) y la estimulación transcraneal eléctrica (TES, por sus siglas en inglés), son dos técnicas actualmente en expansión en el campo de las enfermedades del sistema nervioso central (SNC) no solo para su diagnóstico, sino también en sus aplicaciones terapéuticas. Su principal ventaja respecto a otras técnicas de neurotecnología son su portabilidad, su facilidad de uso y su coste. Ambas tecnologías se fundamentan en la naturaleza eléctrica de la actividad cerebral y permiten tanto su medida como su modulación mediante electrodos no invasivos.

Si bien el uso de la EEG es de relativa antigüedad, hoy en día sigue siendo una herramienta de gran efectividad para el diagnóstico y seguimiento de diversas pa-

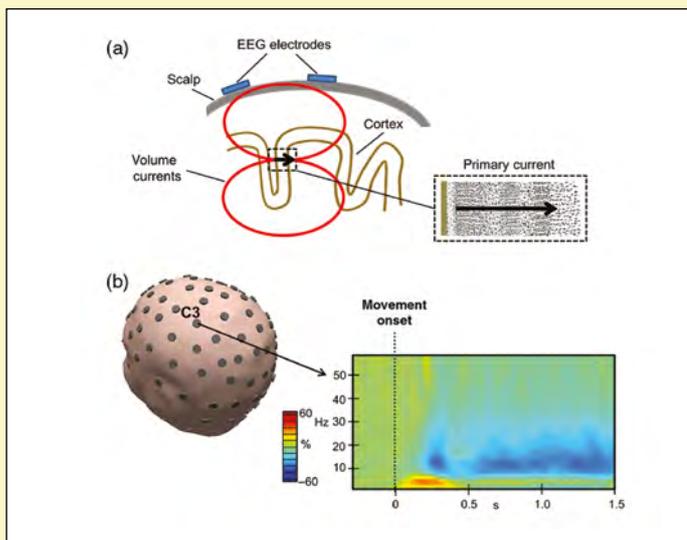
tologías del SNC, como la epilepsia, o relacionadas con alteraciones del sueño, por citar las aplicaciones más comunes en el ámbito clínico. Por su lado, la TES se ha convertido en la última década en una técnica muy utilizada para la estimulación cerebral no invasiva. Su aplicación terapéutica es creciente en los campos de la neuropsicología clínica y la neurología, siendo su uso en neurociencia cognitiva un campo de gran interés.

En este artículo exploraremos las características básicas de estas dos tecnologías y sus mecanismos de acción. Describiremos sus aplicaciones actuales en el campo diagnóstico y terapéutico, las diversas investigaciones que se están realizando, así como el amplio espectro de posibilidades futuras e innovadoras que ofrecen para el tratamiento de diversas enfermedades y trastornos.

## EEG y TES: marco teórico

La EEG y la TES permiten, respectivamente, monitorizar y modular la actividad eléctrica cerebral.

La EEG es una técnica de exploración del SNC mediante la que se obtiene el registro de la actividad eléctrica del cerebro en tiempo real. Si bien es una tecnología de uso mayormente diagnóstico, sus aplicaciones se pueden encontrar también en el campo terapéutico. Históricamente, los primeros estudios de esta técnica datan de 1929, cuando el neurólogo alemán Hans Berger acuñó el término “electroencefalograma” para describir el registro de las fluctuaciones eléctricas en el cerebro captadas por unos electrodos fijados en el cuero cabelludo<sup>1</sup>. Berger analizó las corrientes eléctricas registradas mediante estos electrodos colocados sobre el cuero cabelludo para modelar la actividad en la corteza cerebral. Los electrodos captan la actividad eléctrica de las neuronas cercanas a los electrodos, la integran y representan su evolución temporal con una alta resolución (Figura 1), siendo esta su principal ventaja respecto a otras técnicas de monitorización cerebral.



En el caso de la TES, la actividad cerebral se modula mediante la aplicación de corrientes eléctricas de baja intensidad que pueden producir efectos tanto inmediatos como duraderos en las funciones del cerebro. Como hemos señalado en la introducción de este artículo, su aplicación y sus usos están en plena expansión, especialmente en combinación con otras técnicas de neurorehabilitación. La TES modifica la actividad cerebral aplicando una corriente eléctrica de baja intensidad mediante electrodos de contacto también colocados sobre el cuero cabelludo. En este caso, los electrodos no son pasivos, como en la EEG, sino utilizados para inyectar una corriente que genera un campo eléctrico en la corteza cerebral. Este campo eléctrico hace que el umbral de disparo de las neuronas existentes en la zona donde se aplica la corriente aumente o disminuya, con lo que, respectivamente, se inhiben o se facilitan sus potenciales de acción. Gracias a este mecanismo, se consigue que toda una zona del cerebro tenga mayor o menor facilidad para activarse. Este efecto depende de la polaridad de los electrodos por donde circula la corriente: uno de ellos actúa como polo positivo, donde se produce una activación del área cortical subyacente, y el otro como polo negativo, donde se produce, por el contrario, una inhibición.

Figura 1. (a) Los electrodos de EEG captan la actividad de una neurona cercana, cuya actividad eléctrica está representada por un dipolo. (b) Evolución temporal (eje X) de la señal de EEG para diferentes frecuencias (eje Y) de un movimiento de la mano derecha captada por un electrodo C3 sobre la corteza motora del hemisferio izquierdo. Figura reproducida de Chiarelli et al<sup>2</sup>.

En el caso de la TES, la actividad cerebral se modula mediante la aplicación de corrientes eléctricas de baja intensidad que pueden producir efectos tanto inmediatos como duraderos en las funciones del cerebro. Como hemos señalado en la introducción de este artículo, su aplicación y sus usos están en plena expansión, especialmente en combinación con otras técnicas de neurorehabilitación. La TES modifica la actividad cerebral aplicando una corriente eléctrica de baja intensidad mediante electrodos de contacto también colocados sobre el cuero cabelludo. En este caso, los electrodos no son pasivos, como en la EEG, sino utilizados para inyectar

una corriente que genera un campo eléctrico en la corteza cerebral. Este campo eléctrico hace que el umbral de disparo de las neuronas existentes en la zona donde se aplica la corriente aumente o disminuya, con lo que, respectivamente, se inhiben o se facilitan sus potenciales de acción. Gracias a este mecanismo, se consigue que toda una zona del cerebro tenga mayor o menor facilidad para activarse. Este efecto depende de la polaridad de los electrodos por donde circula la corriente: uno de ellos actúa como polo positivo, donde se produce una activación del área cortical subyacente, y el otro como polo negativo, donde se produce, por el contrario, una inhibición.

Uno de los estudios seminales sobre el uso moderno de la TES fue el llevado a cabo por Nitsche y Paulus<sup>3</sup> en el año 2000. En ese trabajo se investigó la posibilidad de modular de forma no invasiva y controlada la excitabilidad de la corteza motora mediante la aplicación transcraneal de una corriente continua débil, demostrando su eficacia para modificar esa excitabilidad. Su uso repetido actúa sobre la plasticidad cerebral. La TES la potencia, siendo capaz, por sí sola o en combinación con otro tipo de terapias (como podrían ser terapias de rehabilitación física, terapia cognitiva o tratamientos farmacológicos), de generar efectos beneficiosos a largo plazo en un número limitado de sesiones para diferentes afectaciones del SNC.

## Aplicaciones y usos

### Electroencefalografía

Tradicionalmente, los usos más clásicos de la EEG han sido la detección de crisis epilépticas y la localización de fuentes epilépticas en determinadas zonas del cerebro. Otros usos comunes son la determinación de las fases del sueño y la experimentación en psicología cognitiva, donde se explota la alta resolución temporal que presenta con respecto a otras técnicas de neuroimagen.

El uso diagnóstico de la EEG está en plena expansión. Especialmente, se han validado marcadores para depresión<sup>4,5</sup> y deterioro cognitivo<sup>6-8</sup>. Cabe mencionar que en Estados Unidos la técnica de EEG está certificada para el diagnóstico del trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH)<sup>9,10</sup>. Su uso diagnóstico se ve potenciado por la enorme usabilidad de los dispositivos de EEG de última generación. Estos dispositivos de EEG portátiles e inalámbricos pueden utilizarse incluso con electrodos secos. Si bien la técnica de EEG se realiza

tradicionalmente aplicando un gel conductor entre el electrodo y el cuero cabelludo para asegurar una buena conectividad, en los dispositivos más modernos los mencionados electrodos secos permiten establecer un contacto directo entre el electrodo y el cuero cabelludo sin la necesidad de aplicar gel. Otros electrodos de última generación utilizan geles sólidos, que permiten obtener señales de la actividad cerebral de gran calidad sin que sea necesario limpiar el cabello como en el caso de los geles conductivos líquidos. En este sentido, estos nuevos dispositivos y técnicas aceleran enormemente la toma de datos por la facilidad y practicidad de su uso.

### Neurofeedback

La EEG se utiliza también en aplicaciones terapéuticas. El llamado *neurofeedback* permite conectar un sistema de monitorización por EEG a un sencillo juego de ordenador con que el paciente aprende a automodular su actividad cerebral (Figura 2).

La utilización de este sistema más extendida permite el tratamiento del TDAH<sup>12</sup>. El *neurofeedback* ayuda a los pacientes a automodular su actividad cerebral desarrollando la capacidad de focalizar y centrar la atención, y favoreciendo esta dinámica cognitiva. En este sentido, el *neurofeedback* parece un método efectivo para el tratamiento de problemas relacionados con dificultades de aprendizaje y concentración. Una de sus principales ventajas es que se trata de una técnica carente de efectos secundarios. Esta técnica ya se está desarrollando actualmente en algunas clínicas de Barcelona, como el Institut de Neurometria Aplicada (<https://www.inneainstitut.com/>) o el Bio-Neurofeedback Institute (<http://drfaustininstitute.com/el-instituto.php>), para el tratamiento de la mencionada patología.

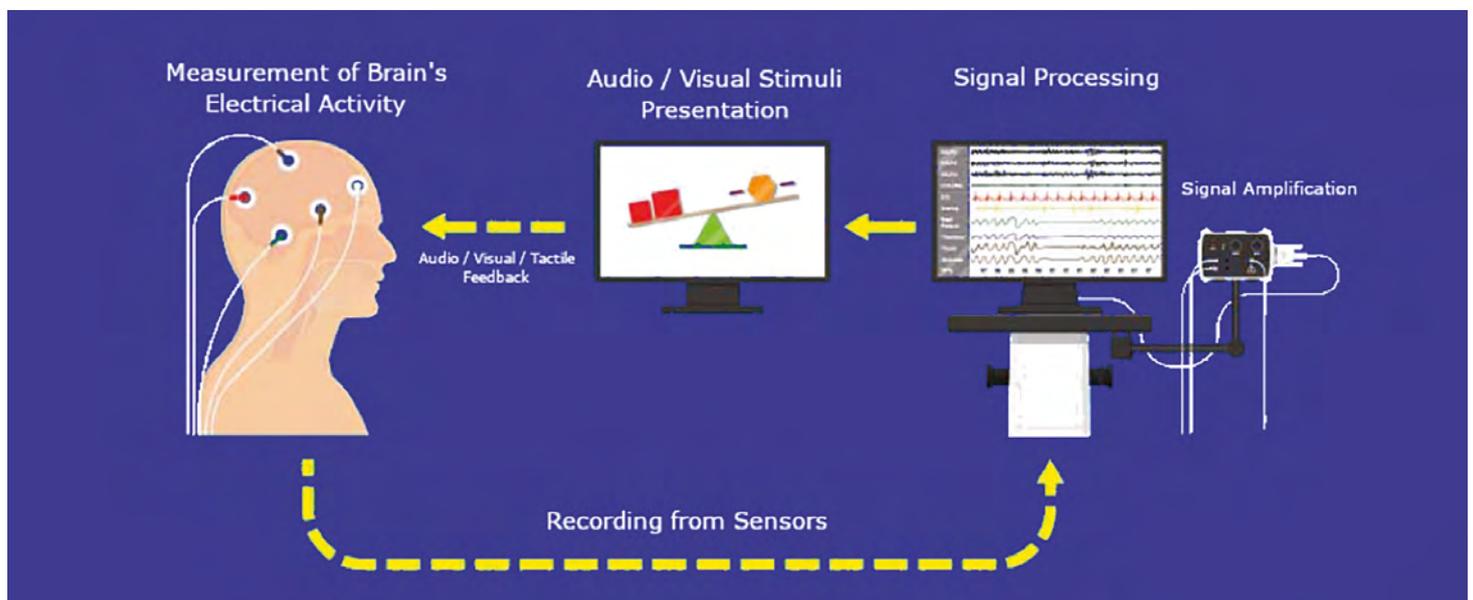


Figura 2. Diagrama de bloques de un sistema de *neurofeedback*<sup>11</sup>.

## Estimulación transcraneal eléctrica

Hoy en día, la TES se está utilizando mayormente para la rehabilitación de las secuelas de ictus, tanto en problemas motores como del habla, la llamada afasia, y para el tratamiento de dolor neuropático. Poco a poco, sin embargo, las aplicaciones de esta tecnología de estimulación cerebral no invasiva se están extendiendo e investigando en distintos campos, como serían el tratamiento de la depresión y de la epilepsia.

En la rehabilitación de ictus, su uso está sustancialmente extendido en combinación con terapias tradicionales de rehabilitación física. Esta forma combinada de la TES es la recomendada debido al efecto potenciador de la plasticidad mencionado anteriormente. Actualmente, existe una nueva tendencia de utilizar la TES en combinación con la estimulación cognitiva a través de otras aplicaciones tecnológicas, como juegos de ordenador diseñados para tal efecto o *software* de realidad aumentada. Este tipo de combinación se está utilizando para tratar, por ejemplo, el dolor neuropático<sup>14</sup>.

Otras aplicaciones terapéuticas de la TES se están desarrollando para el tratamiento de enfermedades como la depresión, la epilepsia, la fibromialgia, la migraña, la enfermedad de Parkinson o la enfermedad de Alzheimer, entre otras (Figura 3). El tratamiento de la depresión o la epilepsia, especialmente en casos refractarios al tratamiento con fármacos, es un campo en el que se están llevando a cabo diversas investigaciones. La utilidad de estas tecnologías para aquellas patologías en las que en un elevado porcentaje de pacientes no observan efectos beneficiosos con la intervención farmacológica permite abrir nuevos horizontes en el tratamiento de estas enfermedades.

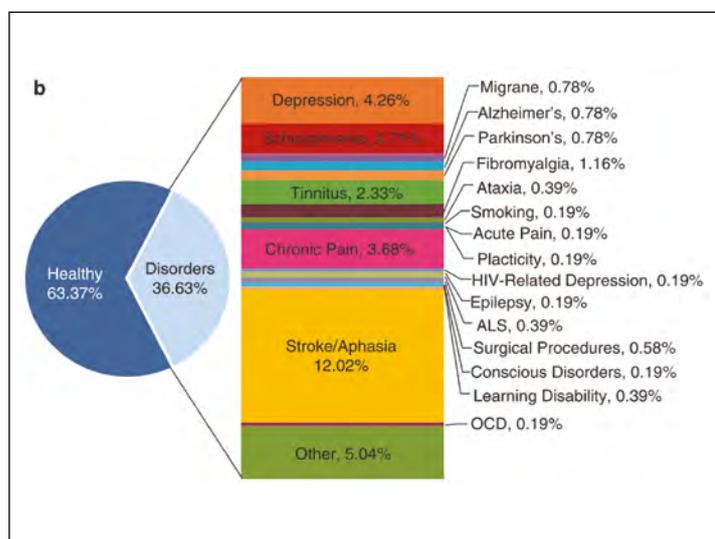


Figura 3. Distribución de usos terapéuticos de la TES<sup>13</sup>.

Actualmente, se están realizando más de 1.200 ensayos clínicos en todo el mundo para la aplicación de esta técnica en el tratamiento de diferentes patologías del SNC<sup>15</sup>. Cabe destacar, por la enorme prevalencia de las patologías, los estudios para la rehabilitación de estados de deterioro cognitivo leve (*minimal cognitive impairment*), un estadio precoz de diferentes enfermedades neurodegenerativas.

---

Hoy en día, la TES se está utilizando mayormente para la rehabilitación de las secuelas de ictus, tanto en problemas motores como del habla, la llamada afasia, y para el tratamiento de dolor neuropático.

---

## Seguridad y estudios de investigación

Una de las ventajas que presentan la EEG y la TES es, respectivamente, la ausencia y el bajo índice de efectos adversos. En el caso de la EEG, es una técnica completamente pasiva, no invasiva y sin ningún tipo de efecto secundario. Por su lado, los efectos secundarios más comunes de la TES son leves cosquilleos o irritaciones en la piel, no habiéndose publicado a día de hoy ningún tipo de efecto adverso grave en ausencia de patologías previas. Se han reportado algunos casos de epilepsia, pero siempre en pacientes que ya tenían una marcada tendencia a esta enfermedad o con un diagnóstico preexistente de la misma.

Así, hablamos de técnicas no invasivas que, por su efectividad, practicidad y comodidad para los pacientes, están extendiendo su uso en diversos ámbitos clínicos. A la vez, se están realizando varios ensayos clínicos e investigaciones sobre estas tecnologías y sus aplicaciones futuras.

Desde el punto de vista regulatorio, la TES ha recibido recientemente la aprobación para su uso terapéutico en rehabilitación de ictus, tratamiento de dolor neuropático y fibromialgia. Por otro lado, se están realizando dos

estudios en Estados Unidos con el objetivo de obtener la aprobación de la Food and Drug Administration (FDA). El primero es un estudio pivotal dedicado al tratamiento pediátrico de epilepsia refractaria a fármacos<sup>16</sup>, y el segundo, en fase inicial, está orientado al tratamiento domiciliario de la depresión con este tipo de tecnología<sup>17</sup>. En este último caso, los resultados pueden representar una gran novedad para que los pacientes puedan llevar a cabo el tratamiento de forma cómoda.

En Europa se están llevando a cabo nuevos ensayos clínicos en fases más iniciales para el tratamiento del TDAH y de autismo con TES<sup>18</sup>. El estudio tiene el objetivo adicional de poder utilizar el tratamiento también en un entorno domiciliario<sup>19</sup>. Estos estudios se realizan en el marco del proyecto europeo de investigación STIPED<sup>20</sup>.

Asimismo, dentro del proyecto europeo LUMINOUS<sup>21</sup> se realizó un estudio con pacientes en estado de mínima consciencia asociado al coma. Se trata de pacientes que son conscientes de su entorno pero que no tienen capacidad de comunicación. Un estudio con la Universidad de Liège<sup>22</sup> ha estado probando la aplicación de TES para la recuperación de consciencia en pacientes diagnosticados con esta patología, logrando en 6 de 46 pacientes recuperar algún signo de consciencia. Estos datos abren la puerta al desarrollo de tratamientos futuros con dicha técnica para los llamados Desórdenes de Consciencia (DOC).

### Fenotipos digitales

Los fenotipos digitales (*digital phenotypes*) constituyen un uso novedoso de diversas tecnologías. En este contexto, la EEG puede proporcionar medidas de la actividad cerebral del sujeto que complementen datos comportamentales obtenidos en tiempo real a través de teléfonos inteligentes u otros dispositivos portátiles<sup>23,24</sup>. Este conjunto de datos puede ser utilizado para diagnóstico o para el reclutamiento de pacientes o su estratificación en ensayos clínico. Este conjunto de fenotipos digitales son sustancialmente más económicos que las técnicas clásicas de neuroimagen como la tomografía computarizada o la resonancia magnética. Por este motivo y su facilidad de uso, el fenotipado digital ha surgido como una herramienta prometedora, siempre que se asegure la privacidad de los datos obtenidos, para mejorar la atención de personas con trastornos mentales<sup>25</sup> como, por ejemplo, esquizofrenia, trastorno bipolar y enfermedades relacionadas.

### Nuevas tecnologías y aplicaciones futuras

Una de las principales ventajas que presentan las tecnologías EEG y TES es su aplicación en el entorno

domiciliario, como ya se mencionó con anterioridad. La enorme usabilidad de los dispositivos permite el uso por parte de personal sin conocimientos técnicos previos. En este sentido, la tecnología TES ya se está comercializando para este tipo de uso y, en el caso de la EEG, se está trabajando en su desarrollo. Cabe destacar que los dispositivos son relativamente asequibles y su coste no es elevado. Este factor, unido a la comodidad de la realización del tratamiento o monitorización del paciente en su entorno diario, permite predecir la extensión futura del uso de ambas tecnologías.

---

Desde el punto de vista regulatorio, la TES ha recibido recientemente la aprobación para su uso terapéutico en rehabilitación de ictus, tratamiento de dolor neuropático y fibromialgia.

---

Otro desarrollo interesante en el campo de la neurotecnología eléctrica está relacionado con las áreas dianas de la TES. En su aplicación regular, la TES modula la actividad cerebral que se produce en las áreas de la superficie cortical. Mediante la tecnología actual es todavía difícil alcanzar áreas profundas del cerebro. En este sentido, uno de los campos de investigación tecnológica en la TES se centra en el desarrollo de diferentes técnicas que permitan estimular áreas profundas del cerebro, ya sea utilizando la conectividad cerebral o bien utilizando interferencias entre ondas. Esta línea de investigación puede ser beneficiosa, por ejemplo, para permitir el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, donde hoy en día se utilizan técnicas de estimulación cerebral profunda (*deep brain stimulation*), pero con electrodos invasivos que requieren de intervención quirúrgica para su implantación. El objetivo

de la mencionada investigación en el campo de la TES es poder estimular esas mismas áreas pero de forma no invasiva.

Esta tecnología sería también útil, por ejemplo, para estimular algunas áreas profundas del cerebro que han sido asociadas a la depresión (Figura 4). Hoy en día, se tratan algunos casos de depresión refractaria a intervención farmacológica con la estimulación invasiva profunda. Con una TES capaz de alcanzar áreas profundas del cerebro sería posible tratar la depresión eliminando los efectos secundarios que se derivan del tratamiento con estimulación cerebral profunda o farmacología.

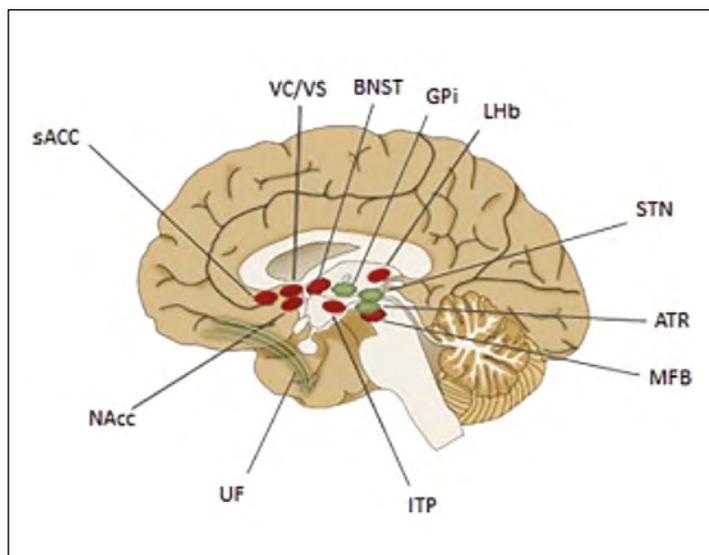


Figura 4. Dianas terapéuticas para el tratamiento de la depresión mediante la estimulación cerebral profunda<sup>26</sup>. sACC: subgenual anterior cingulate cortex; VC/VS: ventral capsule/ventral striatum; BNST: bed nucleus of the stria terminalis; GPi: globus pallidus pars interna; Lhb: lateral habenula; STN: subthalamic nucleus; ATR: anterior thalamic radiation; MFB: medial forebrain bundle; ITP: inferior thalamic peduncle; UF: uncinata fasciculus; NAcc: nucleus accumbens.

Por otro lado, se está trabajando en una aproximación terapéutica que integre ambas tecnologías, EEG y TES, especialmente para la personalización de terapias. En esta aproximación se utilizan modelos computacionales del cerebro para estudiar los mecanismos implicados en la enfermedad de un individuo en concreto y determinar la estimulación óptima a aplicar en cada paciente. Con ello se podrían personalizar los montajes y el tipo de intervención necesaria para obtener una intervención exitosa. En este campo podemos destacar el trabajo pionero de Merlet y colaboradores<sup>27</sup>, que propusieron un modelo de generación de EEG que integra el efecto TES sobre la actividad cerebral. El desarrollo de este campo ha sido extendido recientemente al caso de la intervención terapéutica<sup>28</sup>.

Otra posibilidad futura de la combinación de ambas tecnologías es la realización de intervenciones en estados cerebrales particulares. La EEG en este caso se utilizaría para detectar un estado cerebral concreto en el cual se aplicaría la TES. En un trabajo pionero de 2006<sup>29</sup> se estudió la estimulación cerebral en una fase del sueño para la potenciación de la memoria. En concreto, se monitorizaban las fases del sueño mediante técnicas de electroencefalografía. La aplicación de TES en las fases más profundas producía una mejora de la memoria en sujetos sanos. Esta misma aproximación sería aplicable también al dolor neuropático<sup>30</sup>, ya que se podrían detectar estados cerebrales asociados a una mayor sensibilidad y aplicar en ellos la estimulación eléctrica. Cabe mencionar que estas aplicaciones se encuentran en fase preclínica y necesitan todavía de mayor estudio para poder ser ampliamente utilizadas.

---

Con una TES capaz de alcanzar áreas profundas del cerebro sería posible tratar la depresión eliminando los efectos secundarios que se derivan del tratamiento con estimulación cerebral profunda o farmacología.

---

## Conclusión

Este artículo ha ofrecido una perspectiva unificada de dos técnicas relacionadas con el estudio de la naturaleza eléctrica de la actividad cerebral. Mientras que la EEG, una técnica con más casi 100 años de existencia, permite la monitorización de esta actividad, la TES se utiliza para modularla y permitir el desarrollo de intervenciones terapéuticas. El uso clínico de ambas va en aumento y algunas de sus características permiten predecir su uso extensivo en los próximos años. Es-

pecialmente, la portabilidad y facilidad de uso de la neurotecnología eléctrica moderna puede facilitar su uso domiciliario, lo que representa una enorme ventaja respecto a otras técnicas similares. Finalmente, la investigación en el campo de la neurotecnología está en pleno desarrollo para aumentar las capacidades y campos de aplicación terapéutica, lo que permite augurar una aplicación exitosa en diferentes ámbitos clínicos en un futuro cercano. Junto a las ya desarrolladas aplicaciones en el diagnóstico del TDAH, la epilepsia y los trastornos del sueño, así como en el tratamiento del ictus y el dolor neuropático, nuevas aplicaciones están surgiendo a día de hoy en el campo de las enfermedades neurodegenerativas, el autismo y la depresión.

## Referencias bibliográficas:

- Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. *Archiv Für Psychiatrie Und Nervenkrankheiten*, 87(1), 527-570. doi: 10.1007/bf01797193.
- Chiarelli, A. M., Zappasodi, F., Di Pompeo, F., & Merla, A. (2017). Simultaneous functional near-infrared spectroscopy and electroencephalography for monitoring of human brain activity and oxygenation: a review. *Neurophotonics*, 4(4), 041411.
- Nitsche, M., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol*, 527(3), 633-639. doi: 10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x.
- Steiger, A., & Kimura, M. (2010). Wake and sleep EEG provide biomarkers in depression. *J Psychiatr Res*, 44(4), 242-252. doi.org/10.1016/j.jpsychires.2009.08.013.
- Kołodziej, A., Magnuski, M., Ruban, A., & Brzezicka, A. (2021). No relationship between frontal alpha asymmetry and depressive disorders in a multiverse analysis of five studies. *Elife*, 10. doi: 10.7554/elife.60595.
- Meghdadi, A., Stevanović Karić, M., McConnell, M., Rupp, G., Richard, C., Hamilton, J., et al. (2021). Resting state EEG biomarkers of cognitive decline associated with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *PLoS One*, 16(2), e0244180. doi: 10.1371/journal.pone.0244180.
- Garn, H., Waser, M., Deistler, M., Benke, T., Dal-Bianco, P., Ransmayr, G., Schmidt, H., Sanin, G., Santer, P., Caravias, G., Seiler, S., Grossegger, D., Fruehwirt, W., & Schmidt, R. (2015). Quantitative EEG markers relate to Alzheimer's disease severity in the Prospective Dementia Registry Austria (PRODEM). *Clin Neurophysiol*, 126(3), 505-513. doi.org/10.1016/j.clinph.2014.07.005.
- Babiloni, C., Lizio, R., Marzano, N., Capotosto, P., Soricelli, A., Triggiani, A. I., Cordone, S., Gesualdo, L., & Del Percio, C. (2016). Brain neural synchronization and functional coupling in Alzheimer's disease as revealed by resting state EEG rhythms. *Int J Psychophysiol*, 103, 88-102. doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.02.008.
- Arns, M., Conners, C., & Kraemer, H. (2012). A decade of EEG Theta/Beta Ratio Research in ADHD. *J Atten Disord*, 17(5), 374-383. doi: 10.1177/1087054712460087.
- De Novo Classification Request For Neuropsychiatric EEG-Based Assessment Aid for ADHD (NEBA) System. Consultado el 06 de julio de 2021 en: [https://www.accessdata.fda.gov/cdrh\\_docs/reviews/K112711.pdf](https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/reviews/K112711.pdf).
- <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=106733491>.
- Aggensteiner, P. M., Brandeis, D., Millenet, S., Hohmann, S., Ruckes, C., Beuth, S., & Holtmann, M. (2019). Slow cortical potentials neurofeedback in children with ADHD: comorbidity, self-regulation and clinical outcomes 6 months after treatment in a multicenter randomized controlled trial. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 28(8), 1087-1095.
- Knotkova, H., Nitsche, M., Bikson, M., & Woods, A. (2019). *Practical Guide to Transcranial Direct Current Stimulation*. Springer International Publishing AG.
- Soler, M.D., Kumru, H., Pelayo, R., Vidal, J., Tormos, J.M., Fregni, F., Navarro, X., & Pascual-Leone A. Effectiveness of transcranial direct current stimulation and visual illusion on neuropathic pain in spinal cord injury. (2010). *Brain*, 133 (9), 2565-2577.
- Resultado de una búsqueda en <https://clinicaltrials.gov/> con los términos "transcranial direct current stimulation".
- San-Juan, D., Morales Báez, J.A., Farías Fernández, L.D., López, N.G., Segovia, D.R., Pesqueira, G.Q., Vázquez, M.L., Ruffini, G., & Rotenberg, A. (2021) In-session seizures during transcranial direct current stimulation in patients with epilepsy. *Brain Stimul*, 14(1), 152-153. doi: 10.1016/j.brs.2020.12.006.
- Neuroelectrics Blog. Consultado en: <https://www.neuroelectrics.com/blog/2020/05/15/fda-greenlights-neuroelectrics-to-treat-patients-with-major-depression-at-home/>.
- Luckhardt, C., Schütz, M., Mühlherr, A., Mössinger, H., Boxhoorn, S., & Dempfle, A. et al. (2021). Phase-IIa randomized, double-blind, sham-controlled, parallel group trial on anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) over the left and right tempo-parietal junction in autism spectrum disorder—StimAT: study protocol for a clinical trial. *Trials*, 22(1). doi: 10.1186/s13063-021-05172-1.
- Breitling, C., Zaehle, T., Dannhauer, M., Tegelbeckers, J., Flechtner, H., & Krauel, K. (2020). Comparison between conventional and HD-tDCS of the right inferior frontal gyrus in children and adolescents with ADHD. *Clin Neurophysiol*, 131(5), 1146-1154. doi: 10.1016/j.clinph.2019.12.412.
- <https://www.stiped.eu/project/>.
- <http://www.luminous-project.eu/>.
- Martens, G., Kroupi, E., Bodien, Y., Frasso, G., Annen, J., Casol, H., Barra, A., Martial, C., Gosseries, O., Lejeune, N., Soria-Frisch, A., Ruffini, G., Laureys, S., & Thibaut, A. (2020).

- Behavioral and electrophysiological effects of network-based frontoparietal tDCS in patients with severe brain injury: A randomized controlled trial. *Neuroimage Clin*, 28, 102426. doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102426.
23. Torous, J., Kiang, M..V., Lorme, J., Onnela, J-P. (2016). New Tools for New Research in Psychiatry: A Scalable and Customizable Platform to Empower Data Driven Smartphone Research. *JMIR Mental Health*, 3(2), e16. doi:10.2196/mental.516517.
  24. Huckvale, K., Venkatesh, S., & Christensen, H. (2019). Toward clinical digital phenotyping: a timely opportunity to consider purpose, quality, and safety. *NPJ Digit Med*, 2(1), 88. doi: 10.1038/s41746-019-0166-1.
  25. Torous, J., Onnela, J. P., & Keshavan, M. (2017). New dimensions and new tools to realize the potential of RDoC: digital phenotyping via smartphones and connected devices. *Transl Psychiatry*, 7(3), e1053. doi: 10.1038/tp.2017.25.
  26. Drobisz, D., & Damborská, A. (2019). Deep brain stimulation targets for treating depression. *Behavioural Brain Research*, 359, 266-273. doi: 10.1016/j.bbr.2018.11.004
  27. Merlet, I., Birot, G., Salvador, R., Molaee-Ardekani, B., Mekonnen, A., & Soria-Frisc, A. et al. (2013). From Oscillatory Transcranial Current Stimulation to Scalp EEG Changes: A Biophysical and Physiological Modeling Study. *PLoS One*, 8(2), e57330. doi: 10.1371/journal.pone.0057330.
  28. <https://www.neuroelectrics.com/blog/2019/10/08/hybrid-brain-models-towards-personalized-models/>.
  29. Marshall, L., Helgadóttir, H., Mölle, M., & Born, J. (2006). Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature*, 444(7119), 610-613.
  30. Gan, Z., Li, H., Naser, P.V., et al. (2021). Suppression of neuropathic pain and comorbidities by recurrent cycles of repetitive transcranial direct current motor cortex stimulation in mice. *Sci Rep*, 11, 9735. doi.org/10.1038/s41598-021-89122-6.

Contacta con nosotros para cualquier pregunta:

**brains@clustersalutmental.com**

Para contactar directamente con el autor:

**Aureli Soria-Frisc - aureli.soria-frisch@starlab.es**

# La Realidad Virtual aplicada a la salud mental: los trastornos de ansiedad



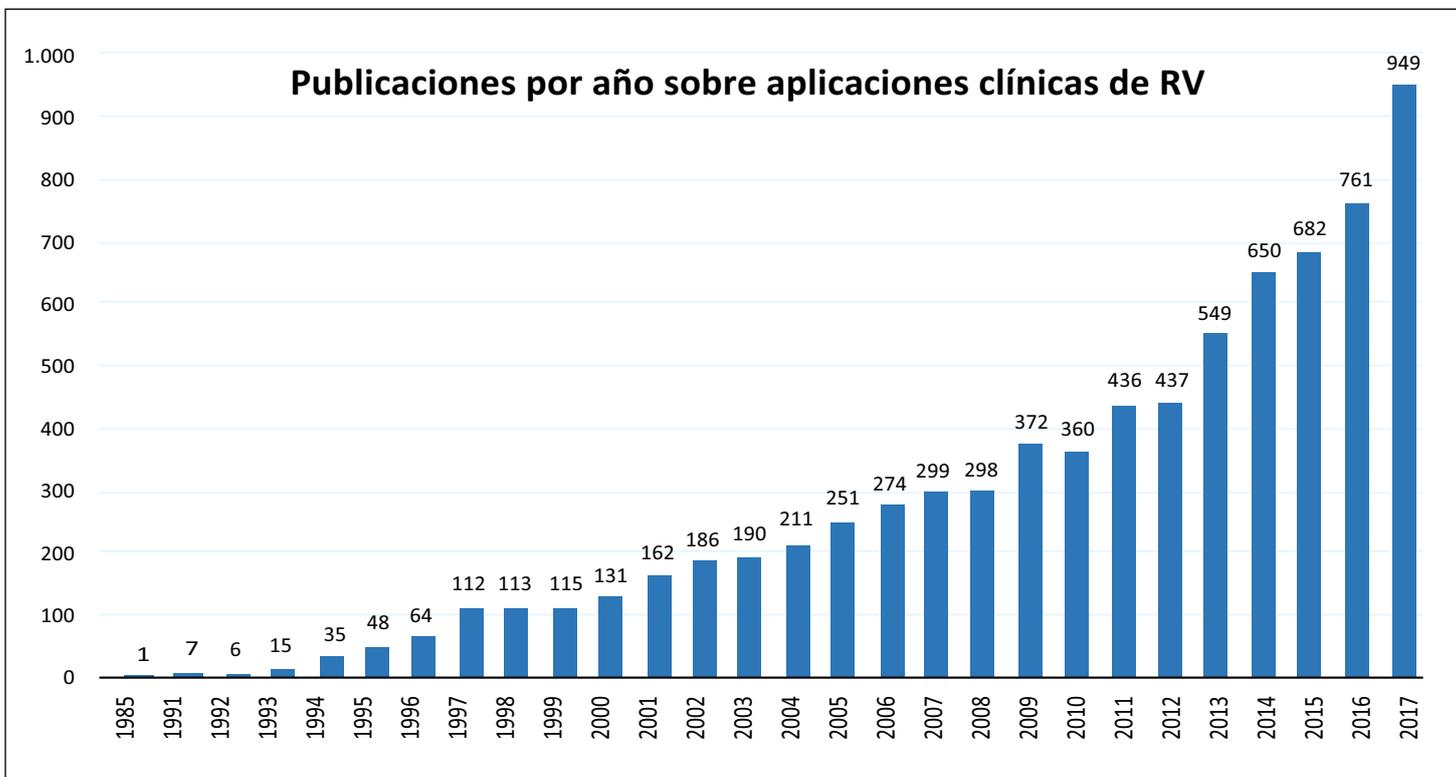
## Las tecnologías de la comunicación de la Tercera Revolución Industrial aplicadas a la salud mental

No estamos viviendo una época de cambios, estamos en un cambio de época: la revolución tecnológica. En la Primera Revolución Industrial de la era moderna, a finales del siglo XVII, aparecieron las primeras máquinas (industria textil, carbón y máquina de vapor). De forma similar, durante la Segunda Revolución Industrial, de mediados del siglo XIX y principios del XX, la irrupción de las nuevas fuentes de energía (gas, electricidad y petróleo) así como el descubrimiento de nuevos materiales como el acero sustentaron la creación de las grandes máquinas (eléctricas y de combustión interna) y los nuevos sistemas de transporte (automóvil y avión) y de comunicación (radio y teléfono).

Esta Tercera Revolución Industrial es la que estamos en la denominada Revolución Científico-Tecnológica<sup>1</sup> y se caracteriza por las tecnologías de la comunicación (digitalización e internet) y la creación de un régimen de energías renovables.

Las tecnologías de la comunicación también han llegado, cómo no, al ámbito sanitario. Si nos centramos en la Realidad Virtual (RV), vemos como su desarrollo tecnológico y de investigación han ido de la mano<sup>2,3</sup>. Dispositivos como el *Sensorama*<sup>4</sup> o *The Sword of Damocles*<sup>5</sup> son buenos ejemplos para ilustrar los inicios de esta tecnología. No obstante, consideramos que el momento disruptivo de esta tecnología ocurre en 1985 con el *Data Glove* de la compañía VPL Research (Zimmerman, Lanier<sup>6</sup>). Esta empresa creó los primeros dispositivos comerciales de RV y, de hecho, dio nombre y popularizó el término “Realidad Virtual”<sup>7</sup>. En ese mismo año se inició la investigación mediante RV<sup>8</sup> en el ámbito sanitario.

La democratización de esta metodología continuó con empresas como Nintendo y Sega, y más recientemente se ha consolidado con el *hardware* de Oculus VR adquirida por Facebook en 2014, HTC<sup>9</sup>, Pico VR y otra multitud de opciones comerciales que hacen accesible la RV tanto a nivel usuario como profesional. Así mismo, la investigación ha ido aportando evidencia empírica, en la que profundizaremos en la parte central de este artículo sobre los usos y las ventajas de la RV aplicada a la salud.

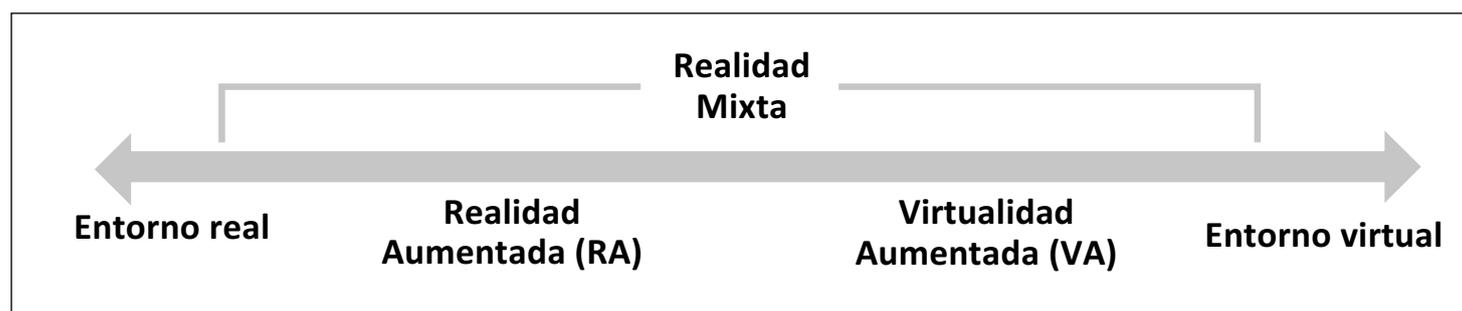


Fuente: Garrett, B., Taverner, T., Gromala, D., Tao, G., Cordingley, E., & Sun, C. (2018). Virtual Reality Clinical Research: Promises and Challenges. *JMIR Serious Games*, 6(4), e10839. <https://doi.org/10.2196/10839>.

## ¿Qué es la RV?

Según Paul Milgram y Fumio Kishino<sup>10</sup> “... es una subclase particular de tecnologías relacionadas con la realidad mixta que involucra la fusión de mundos reales y virtuales”. En otras palabras, la RV está incluida en el concepto Realidad Mixta (RM) e implica la combinación de mundos reales y virtuales en algún lugar a lo largo del continuo

“realidad-virtualidad” que conecta entornos completamente reales a entornos completamente virtuales: la Realidad Aumentada (RA) superpone imágenes virtuales sobre la visión de un usuario del mundo real, la Virtualidad Aumentada (VA) es un mundo virtual con elementos del mundo real introducidos en él y, finalmente, la RV utiliza la tecnología para sumergir a una persona en un mundo completamente generado por computadora.



Continuum de virtualidad. Fuente: Traducción de Milgram y Kishino (1994).



Imágenes: Ejemplo de realidad aumentada, ejemplo de virtualidad aumentada, ejemplo de realidad virtual.

En resumen, y como se puede intuir de la breve descripción de la evolución y definición de la RV hecha hasta ahora, se trata de una combinación de *hardware* y *software* (de un equipo físico y programas informáticos) que permite una interacción manipulada con un entorno físico (RA), mixto (VA) o virtual (RV).

## La RV aplicada a la salud mental

---

Como ya se ha comentado, la RV cuenta con más de 20 años de investigación aplicada a la salud. Durante este período, la evidencia empírica ha crecido sustancialmente y se ha experimentado en gran diversidad de trastornos relacionados con la ansiedad, por ejemplo, miedo a las alturas<sup>11</sup>, miedo a volar<sup>12</sup>, miedo a los insectos<sup>13</sup>, estrés postraumático<sup>14</sup>. La eficacia de la Terapia de Exposición, técnica central en el tratamiento de los trastornos de ansiedad, aplicada mediante Realidad Virtual (TERV) está muy bien establecida: metaanálisis independientes han concluido que dichas intervenciones conducen a disminuciones significativas en los síntomas relacionados con la ansiedad<sup>15-24</sup>. Además, la TERV mejora la exposición en imaginación al agregar mayor sentido de presencia (SP: la sensación psicológica de “estar allí” que los individuos pueden experimentar en entornos inmersivos de RV)<sup>20,25</sup> e iguala los resultados de la exposición en vivo<sup>19</sup>. Más aún, los datos demuestran que la RV puede producir un cambio de comportamiento significativo más allá de la intervención en consulta, es decir, que los cambios que produce su aplicación se generalizan a la vida del paciente, lo cual respalda su aplicación en el tratamiento de problemas de ansiedad<sup>21</sup>.

Más allá de los tratamientos de los problemas de ansiedad también encontramos evidencia empírica del uso de la RV: en depresión<sup>13</sup>, trastornos de la ingesta y alimentación<sup>26</sup>, problemas relacionados con sustancias<sup>27</sup>, esquizofrenia<sup>28</sup>, trastornos de desarrollo neurológico<sup>29</sup>, neurorrehabilitación<sup>30</sup>, manejo del dolor crónico<sup>31</sup>, reducción del estrés intrahospitalario (tanto en jóvenes<sup>32</sup>, como en adultos<sup>33</sup>)... Existe, por tanto, un amplio espectro de aplicaciones terapéuticas en las que la RV permite al profesional de la salud aproximarse a las dificultades del paciente desde una nueva perspectiva y afrontar retos que las herramientas tradicionales no permitían plantearse. Como ejemplos de esto podemos citar la posibilidad de trabajar con la tristeza clínica como un espectador, mediante el *embodiment* (se define como la sensación de tener un cuerpo virtual, y el cuerpo puede considerarse tanto el sujeto como el objeto de la ciencia y la práctica médicas)<sup>34</sup> en la depresión; ver la distorsión de tu imagen corporal o afrontar el manejo de la ingesta

de alimentos prohibidos virtualmente en la anorexia y la bulimia; afrontar el *craving* de forma segura en el abuso y dependencia de sustancias; hacer más atractivas, prácticas y reales las actividades de rehabilitación cognitiva y física después de una enfermedad cerebrovascular; hablar con tu alucinación una vez le has dado forma virtual para reducir su capacidad de desestabilización en la esquizofrenia; entrenar la detección de aspectos de la comunicación no verbal de forma repetida en el autismo, o el manejo del dolor, por ejemplo, durante un procedimiento médico estresante... En definitiva, la RV aporta una serie de beneficios y ventajas terapéuticas que permiten mejorar la eficacia y eficiencia de las intervenciones<sup>19</sup>.

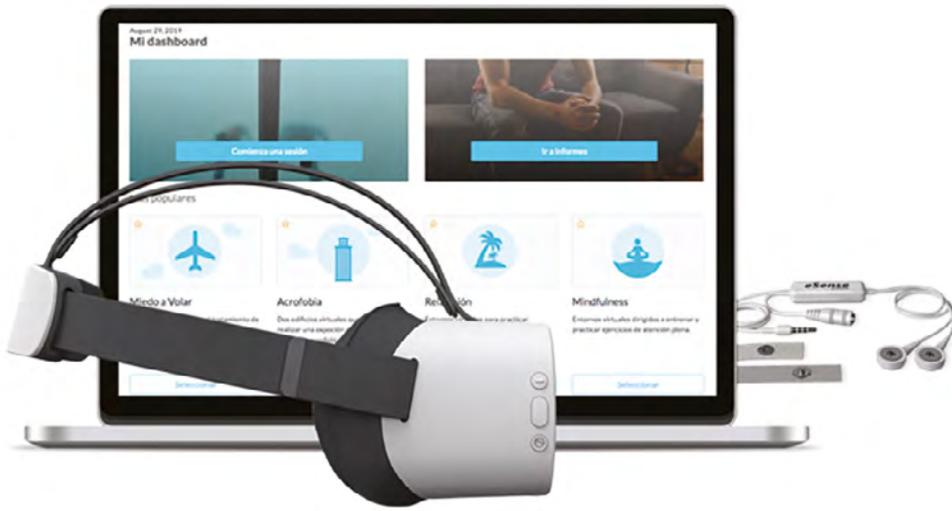
---

Existe, por tanto, un amplio espectro de aplicaciones terapéuticas en las que la RV permite al profesional de la salud aproximarse a las dificultades del paciente desde una nueva perspectiva y afrontar retos que las herramientas tradicionales no permitían plantearse.

---

### Ventajas

La RV en psicoterapia ofrece una serie de claras ventajas respecto a aplicaciones tradicionales. Estas incluyen la posibilidad de ajustar los entornos virtuales a las necesidades específicas de cada paciente y controlar lo que se le muestra en todo momento<sup>19</sup>. Además, la RV permite al terapeuta exponer al sujeto a condiciones que podrían ser difícilmente accesibles o tendrían un alto coste, como por ejemplo hacer despegar un avión en múltiples ocasiones, o ser inseguras o difíciles de reproducir y controlar, como un accidente de tráfico o una tormenta, y, en relación con la exposición en vivo, mejorar la confidencialidad de las sesiones<sup>35</sup>. Además, los terapeutas parecen considerar que la TERV es menos aversiva que la terapia *in vivo*<sup>13</sup>, lo cual favorece la adherencia al tratamiento. Por ejemplo, Azucena Gar-



cía Palacios, Cristina Botella, Hunter Hoffman y Sonia Fabregat mostraron que solo el 3% de 150 participantes que padecían fobia específica rechazaron la exposición a la RV, mientras que el 27% rechazaron la terapia *in vivo*<sup>36</sup>. En un metaanálisis que tenía como objetivo comparar la eficiencia de la psicoterapia durante la exposición *in vivo* y la RV<sup>37</sup>, se concluyó que la tasa de abandono de la terapia aplicada mediante RV para los trastornos de ansiedad fue del 16%, ligeramente inferior a la tasa de terapia *in vivo*. Por último, y como ejemplo de la aceptación de esta metodología, en una encuesta representativa de la población alemana<sup>38</sup>, el 15,7% ( $n = 375$ ) de los encuestados “quizás” harían uso del tratamiento de RV en caso de sufrir una fobia, y el 7,4% ( $n = 177$ ) estimaban el uso de la RV como “probable” o “muy probable”. Los resultados indicaron que las personas menores de 35 años que ya estaban familiarizadas con las tecnologías modernas tenían más probabilidades de considerar la terapia de RV. En definitiva, las intervenciones de RV ahora están disponibles para tratar una variedad de trastornos psicológicos y problemas de comportamiento, al tiempo que brindan una mayor flexibilidad en el momento de la intervención, una mayor rentabilidad, una mayor aceptación de los pacientes (menos abandonos y una mejor adherencia al tratamiento) y una mayor capacidad para adaptar las intervenciones a preferencias individuales<sup>39,40</sup>.

### Desventajas

No obstante, el uso de la RV no está exento de problemas. En primer lugar, a pesar de los hallazgos recientes, algunas personas pueden ser reacias al uso de las tecnologías y de la RV y, por lo tanto, puede que no acepten esta metodología de intervención. En segundo lugar, el manejo de aplicaciones de RV requiere una cierta formación de los terapeutas. Así mismo, los terapeutas pueden verse limitados por el equipo de RV, ya que

puede ser difícil de transportar<sup>41</sup>, aunque cada vez el *hardware* es más pequeño y manejable. En cuarto lugar, la adquisición de equipos y suscripciones a las plataformas de aplicaciones puede ser cara, a pesar de que los costos se han reducido drásticamente en los últimos 10 años<sup>35</sup>. Finalmente, los usuarios pueden experimentar mareos y náuseas mientras se someten a una aplicación de RV, un síndrome conocido como cinetosis por 3D<sup>42</sup>. A pesar de todo ello, parece que cada vez más terapeutas perciben que los beneficios de la psicoterapia respaldada por RV superan los potenciales inconvenientes<sup>41</sup>.

---

**El paciente ve este tipo de procedimientos como atractivo y pregunta e indaga sobre ellos por ejemplo cuando ve el equipo de RV en la consulta.**

---

### La RV en la práctica clínica diaria

Pero, ¿cómo es para un paciente la experiencia virtual a nivel terapéutico? Como ya se ha comentado anteriormente, la aceptación e incluso la demanda de esta metodología se está convirtiendo en habitual. El paciente ve este tipo de procedimientos como atractivo y pregunta e indaga sobre ellos por ejemplo cuando ve el equipo de RV en la consulta. En general acepta de buen grado su uso y se sorprende cuando “entra” en el mundo virtual y



Fuente: Realidad virtual para ayudarte con tus miedos:  
#ElFuturoEsApasionante #EsApasionante #Vodafone.

Realidad virtual para ayudarte con tus miedos:  
<https://www.youtube.com/watch?v=fW1SpA2KK9c>.

percibe y siente de forma similar que en la realidad. En este mundo el paciente podrá interactuar con el entorno virtual, bajo la prescripción y supervisión del profesional, para conseguir un beneficio terapéutico, por ejemplo, reducir la ansiedad, entrenar la atención, manejar la tristeza... Ese entrenamiento en el mundo digital seguro ayudará a promover posteriormente que el paciente pueda usar lo practicado virtualmente en su día a día.

No obstante, y aunque en muchas ocasiones el SP aparece automáticamente, no siempre sucede así. No hay que

olvidar que la RV es solo una herramienta en manos de un profesional de la salud, que es quien decide qué, cómo, cuándo y durante cuánto tiempo usarla. Por ello, antes de empezar el tratamiento es esencial llevar a cabo tres etapas. Primero informar, explicar al paciente qué es y qué no es la RV. Señalar que el realismo de la escena no es condición necesaria para la eficacia del proceso terapéutico y que el uso de la RV como metodología está validada científicamente. En segundo lugar, motivar, por ejemplo, dejando probar un entorno virtual que impresione que le guste y genere el SP. Finalmente, pero no menos im-

portante, evaluar antes de iniciar el proceso. Realizar una buena evaluación será esencial para conocer las características y necesidades del paciente y ajustar así los contenidos virtuales a unos objetivos terapéuticos clínicamente relevantes.

Así mismo, para que las intervenciones sean eficaces y eficientes es necesario conocer bien el funcionamiento del entorno virtual que vamos a usar: leer los manuales de uso antes de aplicar el tratamiento para saber para qué sirve cada botón, si hay acciones del entorno virtual que no se pueden activar en determinados momentos, etc. Practicar con el entorno antes de usarlo con el paciente suele ser de gran ayuda. De esa forma se adquieren destrezas en su uso y se favorece la aparición de ideas sobre cómo utilizar los entornos virtuales clínicamente. Es muy útil cuidar determinados detalles para procurar que el SP y la inmersión sean lo más altos posible: cuantos más canales sensoriales estimulemos, más fácil será generar el SP. La información obtenida durante la evaluación será esencial para favorecer este proceso. Al acabar la sesión virtual puede ser de mucha utilidad mostrar los informes de cómo ha sido el cambio terapéutico: ¿ha disminuido la ansiedad?, ¿se ha reducido la percepción de dolor?, ¿se ha incrementado el nivel de atención? Esta información le será útil al paciente para ver su evolución. Finalmente, pero clave en el proceso para realizar bien la intervención mediante RV, es esencial prevenir incidencias técnicas: por ejemplo, comprobar la batería del equipo antes de que venga el paciente, que la conexión a internet funcione correctamente o que no hay actualizaciones pendientes de *hardware* o *software*.

Recuerda que la tecnología no es la solución, solo es la metodología, y que eres tú quien sabe cómo debe usarse terapéuticamente.

## La RV, una aliada clínica para el presente y el futuro

En conclusión, la RV nos propone oportunidades para ir más allá de las intervenciones tradicionales en salud mental y permite adaptar los enfoques a cada individuo, lo que mejora la eficacia y el mantenimiento de aquellos cambios promovidos por la intervención. La revisión de la literatura, como los ejemplos más recientes de Błażej Cieślik y colaboradores<sup>43</sup> y de Katharina Meyerbröker y Nexhmedin Morina<sup>44</sup>, indica la eficiencia de la psicoterapia administrada mediante RV en

multitud de problemas de salud y salud mental, entre estos principalmente los trastornos relacionados con la ansiedad. En este último ámbito, las intervenciones aplicadas mediante RV son más eficaces que los resultados de los grupos control y similares a los procedimientos basados en la evidencia, siendo el caso más representativo de esta afirmación la TERV. Los hallazgos preliminares también sugieren que los efectos de la RV pueden ser duraderos y extrapolables más allá de la consulta, es decir, generalizables al día a día del paciente.

---

Ciertamente falta mucho,  
hace falta mucha más  
investigación y con estudios  
más robustos, muestras  
más grandes y más estudios  
controlados y aleatorizados,  
mucha más facilidad de  
acceso a la tecnología, mucha  
más formación, mucha más  
especialización...

---

La RV ya es, además, una herramienta tecnológica accesible en el ámbito clínico, tanto en relación al *hardware* (Oculus VR, HTC-Vive, Pico VR) como al *software*, como el que se desarrolla en la española Psious o las americanas XRHealth y AppliedVR. Ya no se trata de ciencia ficción, está al alcance de nuestra mano. Estas empresas ofrecen gran cantidad de entornos virtuales (para trabajar con la ansiedad, problemas de la conducta alimentaria, obsesiones y compulsiones, problemas de abuso de sustancias y dolor crónico; para aplicar técnicas de relajación, mindfulness, entrenamiento atencional, EMDR y de rehabilitación) y, algunas de ellas, integran *hardware* para la medición de variables fisiológicas, como por ejemplo la respuesta galvánica, y así monitorizar los cambios del paciente durante las sesiones de terapia. También es muy importante la formación en el uso de estas nuevas herramientas. Algunas de estas empresas ofrecen formación continua para sus clientes, aspecto esencial para el correcto aprendizaje y uso de la RV, y promueven la investigación usando su tecnología. En ese sentido, por ejemplo, AppliedVR colabora con The George Washington University Hos-

pital, Children's Hospital o la University of California San Francisco para la realizar su investigación científica y Psious mantiene colaboraciones con instituciones nacionales (como el Hospital Vall d'Hebron, el Hospital Sant Pau, la Universidad de Zaragoza o la Universitat de les Illes Balears) e internacionales (el NHS de Inglaterra y el proyecto europeo VirtualTimes)<sup>45,46</sup> para realizar estudios científicos a partir de sus herramientas digitales.

Ciertamente falta mucho, hace falta mucha más investigación y con estudios más robustos, muestras más grandes y más estudios controlados y aleatorizados, mucha más facilidad de acceso a la tecnología, mucha más formación, mucha más especialización... Recuerda, no obstante, que estamos en un cambio de época más que en una época de cambios: la tecnología es la maquinaria de esta última revolución. ¿Qué herramientas quieres utilizar en tu práctica clínica?

## Referencias bibliográficas:

1. Rifkin, J. (2011). *The third industrial revolution: How lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. New York: Palgrave Macmillan.
2. Friedman, M., Friedrich, K., Queisner, M., & Stein, C. (2016). Conceptualizing Screen Practices: How Head-Mounted Displays Transform Action and Perception. *Media Tropes*, 6(1). [www.mediatropes.com](http://www.mediatropes.com).
3. Lara, G., Santana, A., Lira, A., & Peña, A. (2019). El Desarrollo del Hardware para la Realidad Virtual. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (31), 106-117. <https://doi.org/10.17013/risti.31.106>.
4. Heilig, M.L. (1962). Patent No. 3,050,870. Washington, DC: U.S.
5. Sutherland, I.E. (1968). A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I* (pp. 757-764). [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(75\)90039-3](https://doi.org/10.1016/0033-5894(75)90039-3).
6. Zimmerman, T., & Lanier, J. (1985). Patent No 4,988,981. *Geothermics*, 14(4), 595- 599. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(85\)90011-2](https://doi.org/10.1016/0375-6505(85)90011-2).
7. Conn, C., Lanier, J., Fisher, S., & Druin, A. (1989). Virtual environments and interactivity: Windows to the future. *ACM SIGGRAPH 89 Panel Proceedings, SIGGRAPH 1989*, 7-18. <https://doi.org/10.1145/77276.77278>.
8. Garrett, B., Taverner, T., Gromala, D., Tao, G., Cordingley, E., & Sun, C. (2018). Virtual Reality Clinical Research: Promises and Challenges. *JMIR Serious Games*, 6(4), e10839. <https://doi.org/10.2196/10839>.
9. <https://www.vive.com/eu/>.
10. Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
11. Emmelkamp, P., Krijn, M., Hulsbosch, A.M., De Vries, S., Schuemie, M.J. & Van der Mast, C. (2002). Virtual reality treatment versus exposure in vivo: A comparative evaluation in acrophobia. *Behav Res Ther*, 40(5), 509-516.
12. Rothbaum, B.O., Anderson, P., Zimand, E., Hodges, L., Lang, D., & Wilson, J. (2006). Virtual reality exposure therapy and standard (in vivo) exposure therapy in the treatment of fear of flying. *Behavior Therapy*, 37(1), 80-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.beth.2005.04.004>.
13. García-Palacios, A., Hoffman, H.G., Kwong See, S., Tsai, A., & Botella, C. (2001). Redefining Therapeutic Success with Virtual Reality Exposure Therapy. *Cyberpsychol Behav*, 4(3):341-348.
14. Ready, D.J., Gerardi, R.J., Backscheider, A.G., Mascaro, N., & Rothbaum B.O. (2010) Comparing virtual reality exposure therapy to present-centered therapy with 11 U.S. Vietnam veterans with PTSD. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 13(1):49-54.
15. Koller, M. (2019). Supporting Patients and Therapists in Virtual Reality Exposure Therapy. *KTH Royal Institute of Technology*.
16. Bioulac, S., de Sevin, E., Sagaspe, P., Claret, A., Philip, P., Micoulaud-Franchi, J.A., & Bouvard, M.P. (2018). What do virtual reality tools bring to child and adolescent psychiatry? *Encephale*, 44(3), 280-285. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2017.06.005>.
17. Carl, E., Stein, A.T, Levihn-Coon, A., Pogue, J.R., Rothbaum, B., Emmelkamp, P., et al. (2019). Virtual reality exposure therapy for anxiety and related disorders: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Anxiety Disord*, 61, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.08.003>.
18. Fodor, L.A., Coteș, C.D., Cuijpers, P., Szamoskozi, Ș., David, D., & Cristea, I.A. (2018). The effectiveness of virtual reality based interventions for symptoms of anxiety and depression: A meta-analysis. *Sci Rep*, 8(1), 10323. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28113-6>.
19. Maples-Keller, J.L., Bunnell, B.E., Kim, S.-J., & Rothbaum, B.O. (2017). The Use of Virtual Reality Technology in the Treatment of Anxiety and Other Psychiatric Disorders. *Harv Rev Psychiatry*, 25(3):103-113. <https://doi.org/10.1097/HRP.000000000000138>.
20. Valmaggia, L.R., Latif, L., Kempton, M. J., & Rus-Calafell, M. (2016). Virtual reality in the psychological treatment for mental health problems: An systematic review of recent evidence. *Psychiatry Res*, 236, 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.01.015>.
21. Morina, N., Ijntema, H., Meyerbröker, K., & Emmelkamp, P.M.G. (2015). Can virtual reality exposure therapy gains be generalized to real-life? A meta-analysis of studies applying behavioral assessments. *Behav Res Ther* 74, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2015.08.010>.
22. Opreș, D., Pinteș, S., García-Palacios, A., Botella, C., Szamosközi, Ș., & David, D. (2012). Virtual reality exposure therapy in anxiety disorders: a quantitative meta-analysis. *Depress Anxiety* 29, 85-93. doi: 10.1002/da.20910.

23. Parsons, T.D., & Rizzo, A.A. (2008). Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: a meta-analysis. *J Behav Ther Exp Psychiatry*, 39, 250-261. doi: 10.1016/j.jbtep.2007.07.007.
24. Powers, M.B., & Emmelkamp, P.M.G. (2008). Virtual reality exposure therapy for anxiety disorders: a meta-analysis. *J Anxiety Disord*, 22, 561-569. doi: 10.1016/j.janxdis.2007.04.006.
25. Eichenberg, C., & Wolters, C. (2012). Virtual Realities in the Treatment of Mental Disorders: A Review of the Current State of Research. In: C. Eichenberg (Ed.), *Virtual Reality in Psychological, Medical and Pedagogical Applications* (pp. 35-64). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/50094>.
26. Clus, D., Larsen, M.E., Lemey, C., & Berrouiguet, S. (2018). The use of virtual reality in patients with eating disorders: Systematic review. *J Med Internet Res*, 20(4), 1-9. <https://doi.org/10.2196/jmir.7898>.
27. Man, D.W.K. (2020). Virtual reality-based cognitive training for drug abusers: A randomised controlled trial. *Neuropsychol Rehabil*, 30(2), 315-332. <https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1468271>.
28. Bisso, E., Signorelli, M.S., Milazzo, M., Maglia, M., Polosa, R., Aguglia, E., & Caponnetto, P. (2020). Immersive virtual reality applications in schizophrenia spectrum therapy: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*, 17(17), 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176111>.
29. Alcañiz, M.L., Olmos-Raya, E., & Abad, L. (2019). Use of virtual reality for neurodevelopmental disorders: A review of the state of the art and future agenda [Uso de entornos virtuales para trastornos del neurodesarrollo: Una revisión del estado del arte y agenda futura]. *Medicina (Argentina)*, 79(1), 77-81.
30. Georgiev, D.D., Georgieva, I., Gong, Z., Nanjappan, V., & Georgiev, G.V. (2021). Virtual reality for neurorehabilitation and cognitive enhancement. *Brain Sciences*, 11(2), 1-20. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020221>.
31. Darnall, B.D., Krishnamurthy, P., Tsuei, J., & Minor, J.D. (2020). Self-administered skills-based virtual reality intervention for chronic pain: randomized controlled pilot study. *JMIR Formative Research*, 4(7). <https://doi.org/10.2196/17293>.
32. Toledo del Castillo, B., Pérez Torres, J.A., Morente Sánchez, L., Escobar Castellanos, M., Escobar Fernández, L., González Sánchez, M.I., & Rodríguez Fernández, R. (2019). Reducing the pain in invasive procedures during paediatric hospital admissions: Fiction, reality or virtual reality? *An Pediat*, 91(2), 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.10.019>.
33. Spiegel, B., Fuller, G., Lopez, M., Dupuy, T., Noah, B., Howard, A., et al. (2019). Virtual reality for management of pain in hospitalized patients: A randomized comparative effectiveness trial. *PLoS ONE*, 14(8), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219115>.
34. Gallagher, S., & Cole, J. (1995). Body schema and body image in a deafferented subject. *J Mind Behav*, 16, 369-390. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.09.022.
35. Glantz, K., Rizzo, A., & Graap, K. (2003) Virtual Reality for Psychotherapy: Current Reality and Future Possibilities. *Psychotherapy*, 40(1/2), 55-67.
36. García-Palacios, A., Botella, C., Hoffman, H., & Fabregat, S. (2007) Comparing Acceptance and Refusal Rates of Virtual Reality Exposure vs. In Vivo Exposure by Patients with Specific Phobias. *Cyberpsychol Behav*, 10(5), 722-724.
37. Benbow, A.A., & Anderson, P.L. (2019). A meta-analytic examination of attrition in virtual reality exposure therapy for anxiety disorders. *J Anxiety Disord*, 61, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.06.006>.
38. Eichenberg C, & Brähler E. (2013). Das Internet als Ratgeber bei psychischen Problemen: Eine bevölkerungsrepräsentative Befragung in Deutschland. *Psychotherapeut*, 58 (1):62-72. DOI 10.1007/s00278-012-0893-0.
39. Turner, W.A., & Casey, L.M. (2014). Outcomes associated with virtual reality in psychological interventions: where are we now? *Clin Psychol Rev*, 34, 634-644. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2014.10.003>.
40. Clough, B.A., & Casey, L.M. (2011). Technological adjuncts to increase adherence to therapy: A review. *Clin Psychol Rev*, 31, 697-710. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2011.03.006>.
41. Segal, R., Bhatia, M., & Drapeau, M. (2011). Therapists' Perception of Benefits and Costs of Using Virtual Reality Treatments. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 14(1-2), 29-34.
42. Eichenberg, C. (2011). Application of "Virtual Realities" in Psychotherapy: Possibilities, Limitations and Effectiveness. In: J.-J. Kim (ed.), *Virtual reality* (pp 481-496). Rijeka: InTech.
43. Cieślík, B., Mazurek, J., Rutkowski, S., Kiper, P., Turolla, A., & Szczepańska-Gieracha, J. (2020). Virtual reality in psychiatric disorders: A systematic review of reviews. *Complement Ther Med*, 52, 102480. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102480>.
44. Meyerbröker, K., & Morina, N. (2021). The use of virtual reality in assessment and treatment of anxiety and related disorders. *Clin Psychol Psychother*, 28(3), 466-476. <https://doi.org/10.1002/cpp.2623>.
45. Servera, M., Saéz, B., & Gelabert, J.M. (2020). Feasibility of a virtual reality program to treat children with fear of darkness with nonexpert therapists. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes*. <http://www.revistapcna.com/sites/default/files/1922.pdf>.
46. Modrego-Alarcón, M., López-del-Hoyo, Y., García-Campayo, J., Pérez-Aranda, A., Navarro-Gil, M., Beltrán-Ruiz, M., et al. (2021). Efficacy of a mindfulness-based programme with and without virtual reality support to reduce stress in university students: A randomized controlled trial. *Behav Res Ther*, 142, 103866. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2021.103866>.

Contacta con nosotros para cualquier pregunta:  
**brains@clustersalutmental.com**  
 Para contactar directamente con el autor:  
**joanmiquel@psious.com**

# El uso terapéutico de la tecnología para la construcción de la subjetividad

Profesionales  
de la Institució Balmes



Marta Boladeras



Gemma Campos



Mari Carmen  
Corbalán



Marc Martí



Victoria Pachón



Samuel Rodríguez

El uso de la tecnología proporciona, cada vez más, excelentes herramientas prácticas, educativas y terapéuticas en el ámbito de la asistencia sanitaria y la salud mental. En este campo, la Institució Balmes es una entidad pionera y ejemplar en la utilización de aplicaciones y dispositivos digitales para fomentar el desarrollo educativo, comunicativo y social de niños y jóvenes que presentan dificultades de comunicación, socialización o de identidad. A lo largo del presente artículo veremos las respuestas que ofrecen la tecnología y su utilización interdisciplinaria en la Institució Balmes para las necesidades de sus alumnos y la incidencia positiva en su evolución.

## La Institució Balmes y su contexto

La Institució Balmes SCCL es una entidad social y sin ánimo lucrativo. Su misión es ofrecer servicios educativos y de asistencia sanitaria en salud mental entre la población infantil y juvenil con necesidades educativas especiales, preferentemente en la comarca del Baix Llobregat.

El objetivo fundamental de la Institució es socializar educativa y culturalmente al colectivo de niños y jóvenes con



Servicios de la Institució Balmes SCCL (Sant Boi de Llobregat).

enfermedades y/o especiales dificultades y limitaciones físicas, sensoriales y psíquicas, de cualquier origen. La cooperativa ofrece respuestas diferenciadas, técnicas y organizativas desde un enfoque interdisciplinario al gran abanico de necesidades que presentan los alumnos, asociadas a diversas y complejas condiciones personales y sociales que inciden en su desarrollo.

Para poder desarrollar la actividad educativa y sanitaria, la Cooperativa tiene firmados dos conciertos con el Departamento de Educación y dos contratos con el Departamento de Salud de la Generalidad de Cataluña.

La Institució Balmes cuenta con cuatro servicios diferenciados.

Por un lado, está el Centro de Educación Especializada BALMES-I, donde se atiende a niños y jóvenes con problemáticas diversas, que inciden, en menor o mayor grado, en el conjunto de las áreas del desarrollo alterando las competencias comunicativas, personales, sociales y emocionales.

En segundo lugar, el Centro de Educación Especializada BALMES-II, donde se atiende a niños y jóvenes que presentan discapacidad motriz, con diferentes grados de afectación, discapacidad intelectual y trastornos sensoriales y de salud física y/o mental asociados.

En tercer lugar, la Institució cuenta con una Unidad Médico-Educativa, un servicio específico de carácter educativo-terapéutico para la atención de adolescentes que presentan problemáticas asociadas a trastornos de conducta y de personalidad con dificultad en el establecimiento de vínculos sociales.

Finalmente, está el Centro de Recursos Educativos para Alumnos con Trastornos del Desarrollo y la Conducta (CRETDIC), un servicio educativo específico para proporcionar apoyo a los servicios educativos y centros

escolares con alumnado que presenta trastornos generalizados del desarrollo y de la conducta que interfieren en su desarrollo personal, social y curricular y en la relación con sus familias.

## El uso de la tecnología en Balmes

La Institució Balmes SCCL tiene una larga trayectoria en la incorporación y la adaptación de programario, aplicaciones y dispositivos tecnológicos para sus alumnos con necesidades muy específicas.

El uso de la tecnología en la entidad está orientado a diversos enfoques interdependientes, como son el uso comunicativo y expresivo, el uso pedagógico, el uso terapéutico y el uso creativo y lúdico. En definitiva, estos usos se complementan recíprocamente. Por ejemplo, como veremos en los casos concretos que se exponen más adelante, muchas veces el uso lúdico de cierta tecnología nos lleva a beneficios terapéuticos y educativos.

## La Institució Balmes SCCL tiene una larga trayectoria en la incorporación y la adaptación de materiales tecnológicos para sus alumnos con necesidades muy específicas.

Desde la Institució Balmes siempre se ha apostado por el uso de la tecnología como un gran complemento en la práctica diaria con nuestros alumnos en los diferentes servicios. En este sentido, es más que evidente el uso prioritario de la tecnología como recurso comunicativo y expresivo con alumnos que sufren afectaciones importantes en el área de la comunicación, el lenguaje y el habla.

Desde nuestros servicios ofrecemos diversos sistemas de comunicación aumentativa y alternativa (CAA) y muchos de ellos tienen un soporte tecnológico que los configura.

Usamos programas como Grid 3, comercializado por la empresa BJ Adaptaciones (empresa líder en tecnología de apoyo para la comunicación y la autonomía perso-

nal), instalados en los ordenadores y las pizarras digitales de las aulas, así como aplicaciones para tabletas o iPad de los alumnos, como pueden ser Go Talk Now, Let me talk, Symbo talk, PictoTea, Grid for Ipad, Snap Core First, JoComunico, etc.

El objetivo fundamental de estas aplicaciones es fomentar la comunicación de nuestros alumnos dándoles voz cuando ellos no la tienen, ofreciéndoles la posibilidad de elegir y escoger, de formar parte de una comunidad comunicativa como es la escuela, la familia y la misma sociedad.

Para poder acceder a estos programas se emplean productos de apoyo como dispositivos de seguimiento visual y conmutadores, especialmente en aquel alumnado con dificultades motrices, y tabletas u ordenadores para aquellos que pueden acceder a través de la pantalla táctil o ratón.

Como centro concertado con convenio con el Departamento de Educación de la Generalitat, la Institució Balmes se nutre de un organismo de renombre en nuestro país que trabaja para defender y promover el derecho a la comunicación, la Unidad de Técnicas Aumentativas de la Comunicación (UTAC) de la Universidad de Barcelona. Esta entidad asesora sobre las novedades en sistemas aumentativos y alternativos para la comunicación, así como sobre toda clase de tecnología de apoyo que se puede encontrar actualmente en el mercado.

### **La importancia en la construcción del sujeto de las herramientas TAC para generar entornos y efectos terapéuticos**

Uno de los objetivos fundamentales del trabajo de la Institució Balmes es la guía y el apoyo a sus alumnos para ayudarles a construir su subjetividad.

En definitiva, la Institució Balmes enfoca su trabajo en entender el mundo del alumno, tratando de comprender sus condiciones y su percepción, respetando su



La gran mayoría de las personas tratadas en la entidad tienen problemas de construcción de su yo, de su subjetividad, con una percepción de su cuerpo y de su identidad fragmentada.

El uso de la tecnología a distintos niveles (educativo, social, lúdico, comunicativo...), de manera integrada y complementaria, permite la evolución positiva de los alumnos hacia esa construcción de su identidad. En la siguiente sección presentaremos cuatro casos distintos en los que podremos ver los efectos terapéuticos del trabajo con tecnología en personas con autismo y diversas afectaciones en lo físico, lo comunicativo y lo social.

La filosofía de la Institució Balmes se basa en la observación del alumno, ver hacia dónde tiende en sus actividades y elecciones diarias, para así potenciar su propio movimiento, estabilización, maduración y crecimiento personal en consonancia con cada caso. Así, el uso de la tecnología deriva de esta observación por parte de los profesionales y se integra en las rutinas de los alumnos, proporcionándoles orden, estructura y mayor autonomía.

proceso y, desde ahí, poder encontrar los recursos para ayudar a su desarrollo educativo, comunicativo y social. Este trabajo se realiza desde un equipo interdisciplinar en el que intervienen profesionales de la salud mental, de enfermería, fisioterapeutas, psicopedagogos, logopedas y equipo educativo.

Es indispensable, como veremos a continuación en los distintos casos, dotar de recursos a los alumnos para que puedan evolucionar hacia un mayor nivel de socialización y comunicación, generar las condiciones para que alcancen el máximo nivel de autonomía posible.

Este colectivo de personas ha sufrido especialmente el confinamiento a raíz de la pandemia de COVID-19, ya que ha supuesto la ruptura de rutinas y del contacto presencial para ellos, lo cual acarrea en algunos casos elevados niveles de sufrimiento y de angustia. En este sentido, la tecnología ha acontecido como una herramienta útil, cuando la virtualidad evoca algo de lo presencial como plantea Ubieto en *El mundo pos-COVID: entre la presencia y lo virtual*.

Veremos a continuación cómo la tecnología y, también, el trabajo en grupo que se deriva ofrecen una buena cantidad de recursos para favorecer la construcción de la propia identidad, la comunicación y la socialización de las personas con las que se trabaja en la Institució Balmes.

# Caso 1

El primer caso que mostramos es el de Carlos <sup>\*\*\*</sup>, un niño autista de 11 años atendido en el Centro de Educación Especializada BALMES-I. Carlos es un niño que apenas habla, muy encerrado en su mundo, que cursó buena parte de su etapa de escolarización en la escuela ordinaria.

El reto en el caso de Carlos era lograr que el niño pudiera llegar a diferenciarse a sí mismo del entorno, es decir, trabajar en la construcción del sujeto, de su propio yo. Este caso muestra un trabajo lúdico y la sencilla introducción de ciertos dispositivos tecnológicos que ha proporcionado muy buenos resultados en la evolución del alumno en cuanto al trabajo de su propia imagen, su esquema corporal e incluso a nivel comunicativo.

Inicialmente, Carlos hace dibujos manuales. Al principio realiza garabatos y al cabo de un tiempo empieza a enmarcar sus trabajos, delineando claramente los bordes y rellenándolos, hecho importante, dado que representa un intento de trabajar con los propios límites. Paralelamente, Carlos tiene un espejo en el aula, con el que juega y habla, pero todavía no se reconoce a sí mismo en la imagen reflejada.

Por otro lado, Carlos mira vídeos de manera recurrente y pausa la imagen, observando atentamente escenas de dibujos animados muy concretas. Un día, de forma lúdica y casual, el profesional que acompaña a Carlos realiza la captura de pantalla de una de estas escenas, dejándola al día siguiente impresa encima de la mesa de trabajo del alumno. Carlos, fascinado, comienza aquí a comparar la imagen en papel con la de la pantalla, comprobando que es la misma. A partir de este punto, el alumno comienza a pedir más capturas, destacando imágenes de rostros con facciones muy marcadas que expresan emociones determinadas. En el transcurso de este trabajo, hay un momento en que Carlos se ve desbordado ante la gran cantidad de imágenes impresas que tiene, sin encontrar final, lo cual lo angustia bastante. Los profesionales ven aquí la necesidad de poner límite a solo cuatro imágenes, numerándolas, lo que ayuda a focalizar el trabajo. Con ello, Carlos va trabajando su imagen a través del espejo, de los dibujos y, ahora, con apoyo digital, a través de un iPad, y utilizando también juegos que favorecen la construcción del sujeto.



Después de todo este proceso, los profesionales descubren un día que Carlos ha realizado unos dibujos con siluetas, con cuerpos y con cabezas, poniendo su nombre. Este hecho es concluyente de que Carlos ahora tiene mayor definición sobre el esquema corporal, algo habitualmente complicado para niños con este tipo de trastornos.

El uso de capturas de pantalla e imágenes en un marco ha ayudado al alumno a identificar y trabajar su propia imagen y su propio esquema corporal. Asimismo, poder disponer de un dispositivo como un iPad y su uso ha desencallado el proceso de diferenciación y de reconocerse a sí mismo. Por otro lado, todo ello lo ha impulsado a desarrollar y asumir conceptos y aprendizajes provenientes de la escuela ordinaria, que hasta la fecha no parecía haber integrado.



## Caso 2

En el Centro de Educación Especializada BALMES-I se ha desarrollado el denominado “Proyecto Pont”, un proyecto digital interactivo para un grupo de siete alumnos de entre 10 y 14 años con problemas de socialización, comunicación y lectoescritura; una oferta para los alumnos que cambian de etapa, un tiempo y espacio, que posibilita orientarnos sobre la ubicación más favorable para dichos alumnos en su tránsito de la primaria a la secundaria.

Este proyecto se ha basado en la creación de un sitio web en Google Sites para trabajar contenidos educativos y apoyar a los alumnos en el ámbito tanto lúdico como social. El sitio interactivo ha permitido al grupo trabajar a lo largo de todo el año en diversas actividades relacionadas con el lenguaje, las matemáticas o la orientación temporal, permitiendo a los alumnos (en tránsito de la primaria a la secundaria) obtener conocimientos y, a la vez, darse cuenta ellos mismos de su evolución. Asimismo, con el uso de esta interacción digital los alumnos han podido ordenar mejor su día a día, proporcionándoles una rutina muy necesaria en personas con este tipo de trastornos psíquicos.

Este grupo de alumnos tenía problemas específicos con la demanda, es decir, mucha reticencia a las propuestas de trabajo impuestas externamente, probablemente debido a sus antecedentes en la escuela ordinaria. Con las herramientas digitales, como una rueda del azar o calendarios con actividades sorpresa, los alumnos han podido entrar en el trabajo más fácilmente a través de la pantalla digital y así trabajar diversos contenidos curriculares, lo que también ha posibilitado la identificación con un grupo y el trabajo cooperativo.

Este sistema ha permitido una manera de trabajar muy transversal, muy dinámica y más ligera para los



alumnos, que mediante la experiencia tecnológica lúdica han podido afrontar competencias más didácticas de una forma distinta e interactiva, a la vez que se ha favorecido la socialización entre ellos, a través de juegos como el Roblox en tabletas. Una de las ventajas fundamentales observadas ha sido esta socialización, puesto que todo se hace en conjunto, además de que el proyecto ha permitido introducir elementos nuevos en su aprendizaje de forma gratificante sin que resulten invasivos para los alumnos, con una entrada suave en las actividades y los contenidos competenciales.

Este es un caso en el que podemos observar cómo la tecnología se erige en una herramienta de ordenación y de triangulación, permitiendo adquirir conocimientos y superando la barrera de la demanda impuesta por los educadores. La introducción de la herramienta digital permite integrar el juego en la propuesta educativa, mejora la dinámica de la clase y la adquisición de conocimientos.

En este proyecto se ha utilizado diversas aplicaciones, como WordWall, Learning App o LiveWorkSheets, herramientas que se complementan idealmente para un aprendizaje combinado con entretenimiento y para que los alumnos se sientan independientes y empoderados tanto en el trabajo individual como en el colectivo.

Un claro ejemplo de cómo la dimensión lúdica de la tecnología se convierte en una excelente herramienta pedagógica. Asimismo, este proyecto integra y aplica la filosofía de la Institució Balmes de un aprendizaje basado en la observación del grupo, en dejarnos orientar por el sujeto y por las propuestas que se generan de trabajar en y desde las situaciones generadas en la cotidianidad del grupo, y las propuestas que se derivan de las mismas dinámicas.



## Caso 3

Veamos ahora el caso de la creación de un aula virtual para un grupo de cinco niños autistas de 8 a 11 años en el Centro de Educación Especializada Balmes-I.

Este grupo de alumnos presenta dificultades en el aprendizaje, trastorno generalizado del desarrollo y dificultades en las relaciones con el entorno y para crear vínculo social. Algunos de los alumnos tienen falta de lenguaje y una percepción del yo y del cuerpo fragmentada. También presentan problemas para acceder al mundo simbólico y, en general, poca autonomía funcional.

A raíz del confinamiento, la profesional de la Institució Balmes responsable de este grupo se planteó la manera en que se podía trabajar con los niños desde casa, dada la complicación de hacerlo si no es presencialmente. En los primeros meses de la pandemia, lo único que podían hacer los educadores era realizar alguna llamada telefónica o mandar algún vídeo.

Los objetivos principales de trabajar a partir de la tecnología era lograr que los alumnos desarrollaran una mayor autonomía, que mejoraran sus capacidades de lectoescritura y comunicación y que pudieran relacionarse mejor, especialmente entre ellos.

La aplicación que ha servido para desarrollar este trabajo ha sido Genial.ly, un programa en línea que permite crear presentaciones animadas e interactivas. Con esta herramienta, la educadora creó un aula virtual, que era una representación exacta de la clase física. En ella, todo se puede clicar, pensando en que los alumnos pudieran trabajar desde casa. Hay diversas opciones, como calendarios interactivos o ruletas para presentarse y establecer las actividades del día, y todo se trabaja en torno a un tema central de interés, que en este caso eran los monstruos.

La aplicación ha permitido a los alumnos una forma ordenada y rutinaria de trabajo, algo muy importante para los niños autistas, que necesitan tener una estructura clara y definida del día a día.

El aula virtual es una herramienta fácil e intuitiva que ha permitido trabajar la rutina, las relaciones y el desarrollo de la autonomía. Los alumnos han aca-



Calendario virtual, trabajando las rutinas de cada día de forma lúdica y divertida.



Recreación digital del aula con Genial.ly.

bado dominando el uso de esta aplicación, pudiendo asimismo trabajar desde casa con ella.

Este grupo ha combinado el uso de la tecnología con el trabajo presencial en la clase, alternando el aprendizaje a través de lo digital con herramientas más presenciales, como la realización de puzzles para trabajar el esquema corporal o la visualización de vídeos, para suavizar la carga de trabajo más lectivo. El aula virtual ha favorecido el trabajo en materia de lectoescritura, matemáticas, conocimiento del entorno y del cuerpo, psicomotricidad, gimnasia, música y otras tareas creativas y de entretenimiento.

Los resultados han sido perfectamente visibles en los alumnos, que han podido lograr una mayor autonomía a partir del trabajo con el aula virtual, marcando rutinas bien establecidas y dándoles la oportunidad de trabajar desde casa y ser más independientes.

## Caso 4

El último caso, del Centro de Educación Especializada BALMES-II, nos presenta un claro ejemplo del uso de la tecnología para la construcción de la subjetividad y nos muestra cómo las herramientas digitales ofrecen importantes posibilidades de evolución y empoderamiento para los alumnos.

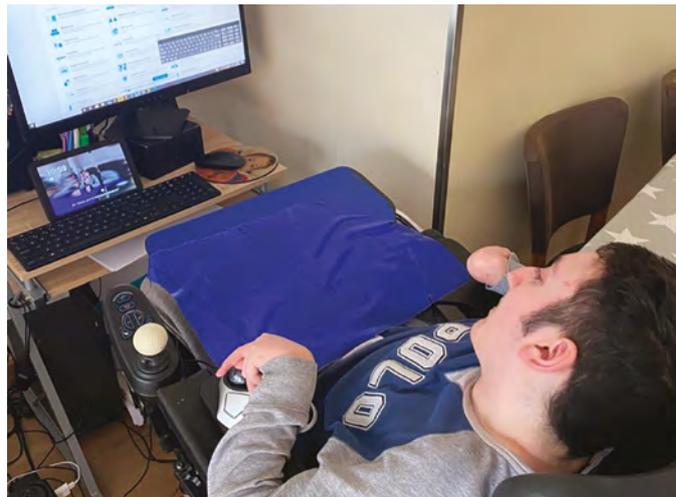
Hablamos aquí de personas de entre 14 y 19 años con graves problemas neurológicos que les afectan en el movimiento, en la construcción de la subjetividad y de los aspectos vinculados a la propia imagen y en el desarrollo de las emociones. Algunos alumnos presentan mayor afectación cognitiva que otros, y otros tienen acusados problemas motores (problemas de deglución, problemas de salud asociados, problemas sensoriales...).

Los objetivos en estos casos están vinculados a promover, desarrollar y mejorar la comunicación, para que los alumnos puedan disponer de un sistema ya sea para mejorar o complementar el oral o bien un sistema alternativo que les permita poder participar en las actividades y poder desarrollar conocimientos. Asimismo, se plantea la tecnología al servicio del aprendizaje, desarrollando todo tipo de actividades para mejorar el nivel de competencias de cada persona.

Otro objetivo fundamental es avanzar en la construcción de la imagen de sí mismo, de la propia subjetividad. Es un grupo que ha aprendido a plantear las cosas que les suceden diariamente, generando espacios para que expresen lo que les preocupa o angustia.

El trabajo se estructura en dos líneas a partir de pictogramas, en papel y proyectados en pantalla. Se utiliza *softwares* como “Grid 3” o “Enesoverbo”, que permiten diseñar plafones de comunicación y generar pictogramas, con propuestas educativas, favoreciendo la accesibilidad con cualquier dispositivo facilitador del control o la pulsación de la pantalla, o con dispositivos de control de la mirada como “Tobii” o “Gaze Point”.

Se trabaja también con propuestas de entretenimiento en las que los alumnos se implican en el diseño de las actividades, creando dinámicas interactivas e impulsando la autonomía de las personas. Por ejemplo, para este fin se utiliza el programa Word Wall en combinación con la plataforma ARASAAC, un portal aragonés de comunicación aumentativa y alternativa.



Pedro controla su ordenador con un joystick.

Tenemos el ejemplo de Rafa, un alumno que apenas ha podido asistir a clase en el último año a causa de su patología, asociada con una inmunodeficiencia, que presenta una situación muy delicada y frágil. Inicialmente con la ayuda de los educadores, Rafa ha aprendido a diseñar juegos y actividades tanto para él como para sus compañeros. Con ello, este alumno ha podido desarrollar un trabajo personal y, además, al servicio de los demás y de la propia Institución Balmes en la colaboración del diseño de actividades. Este hecho ha empoderado al alumno, que ha visto aumentar su autoestima, viéndose capaz de hacer mucho más de lo que había imaginado y pudiendo desarrollar perspectivas de futuro para él.

Además, su ejemplo ha sido beneficioso para otros alumnos, como es el caso de Ignacio, que ha aprendido a manejar los programas que utilizaba Rafa y también colaborando con él. Poco a poco, este trabajo ha propiciado un avance importante en Ignacio en lo relacionado con la construcción de su subjetividad y en la pacificación de sus emociones.

En ambos casos, observamos el uso del juego como elemento integrador, lo lúdico como algo transversal, la función terapéutica y a la vez educativa del juego facilitada por la tecnología. En este sentido, uno de los resultados más esperanzadores es el empoderamiento de los alumnos a través del trabajo con tecnología, lo cual los impulsa y les ofrece mayor identidad y autonomía, además de posibilitarles un salto en lo social y crearse una imagen propia proyectada en el futuro.



Blog del aula "La Lluna" donde aparecen las producciones de los alumnos.

## Conclusiones

La aplicación de la tecnología está demostrando ser una herramienta efectiva y altamente útil en la socialización y proceso educativo de niños y jóvenes con enfermedades o dificultades y limitaciones físicas y/o psíquicas.

**La aplicación de la tecnología  
está demostrando ser una  
herramienta efectiva y  
altamente útil en la inserción  
educativa y social de niños  
y jóvenes con enfermedades  
o dificultades especiales  
y limitaciones físicas  
y/o psíquicas.**

El trabajo en la Institució Balmes con aplicaciones y dispositivos digitales está teniendo beneficios transversales en los alumnos y en sus vidas en general. Hemos visto los efectos terapéuticos derivados a distintos niveles. La tecnología es un valioso apoyo para el desarrollo de las capacidades comunicativas, de generar

vínculos educativos y sociales, de aprendizaje a nivel de competencias y didáctica, y de gestión emocional.

Asimismo, la tecnología representa un apoyo inestimable en la Institució Balmes para la construcción de la subjetividad de los alumnos, ayudándoles a percibir paulatinamente su identidad y su esquema corporal.

Otra conclusión importante es el empoderamiento que experimentan los alumnos a raíz del uso tecnológico, algo fundamental para ellos, que necesita poder reconocerse y poder proyectarse en el futuro mediante la evolución de sus capacidades, que el mundo digital desarrolla e impulsa.

Quizás una de las aportaciones más valiosas de la introducción de la tecnología por parte de la Institució Balmes es que proporciona la complementariedad de todos los ámbitos para el desarrollo de los alumnos: desde lo lúdico a lo social, pasando por la comunicación, la expresión y lo educativo. Todos estos aspectos se articulan por lo tecnológico en el trabajo de acompañamiento socioeducativo y terapéutico de los alumnos.

*\*\*\* Todos los nombres usados en los casos son ficticios, protegiendo así la identidad de los alumnos.*

Contacta con nosotros para cualquier pregunta:  
**brains@clustersalutmental.com**  
Para contactar directamente con el autor:  
**consellrector@ibalmes.org**



