

Metaverso y neuromarketing: innovación metodológica en el estudio del consumidor y del *retail*

***Metaverse and neuromarketing: methodological innovation
in the study of the consumer and the retail***

Verónica Crespo-Pereira

veronica.crespo@udc.es

<https://orcid.org/0000-0001-7373-7204>

Universidade da Coruña, España

<https://ror.org/01qckj285>

Eva Sánchez-Amboage

eva.sanchez.amboage@udc.es

<https://orcid.org/0000-0001-9058-2937>

Universidade da Coruña, España

<https://ror.org/01qckj285>

Recibido: 23/05/2024 **Revisado:** 28/07/2024 **Aceptado:** 19/10/2024 **Publicado:** 01/03/2025

Cómo citar: Crespo-Pereira, V. y Sánchez-Amboage, E. (2024). Metaverso y neuromarketing: innovación metodológica en el estudio del consumidor y del *retail*. *Universitas XXI*, 42, pp. 193-215. <https://doi.org/10.17163/uni.n42.2025.08>

Resumen

Las neurotecnologías conducen al estudio del sistema nervioso y a mejorar su función, y están llamadas a representar uno de los grandes saltos tecnológicos de nuestros días. Tradicionalmente han sido utilizadas en el campo de la salud, sin embargo, su universalización, por operatividad y coste, ha impulsado su empleo en diferentes áreas dentro de las ciencias sociales mediante la disciplina denominada neuromarketing o neurociencia del consumidor para aplicarla en la investigación de mercados.

La aparición de metaverso podría incorporar nuevas fórmulas para el estudio de individuos y audiencias debido a la amplia gama de sensores de registro neurofisiológico (*eye tracking*, EEG, EDA...) incorporados en el *hardware* de la realidad virtual y la realidad aumentada. El presente trabajo se focaliza en el potencial de las mencionadas tecnologías en el contexto de metaverso para la investigación de consumidores de interés en una amplitud de ámbitos empresariales como puede ser la comunicación, la moda, la publicidad, el turismo, o incluso la educación.

Con el objeto de retratar dicha situación se lleva a cabo una revisión bibliográfica, un análisis documental y entrevistas a expertos en neurociencia cognitiva, inteligencia artificial (IA) y neuroarquitectura. La investigación señala el interés de consultoras por el empleo de la realidad virtual en el diseño y análisis de entornos de *retail* y de emplazamiento de producto. Si bien los resultados evidencian la existencia de sensores neurofisiológicos en los dispositivos de metaverso y la posibilidad de realizar investigación neurofisiológica, todavía existen obstáculos tecnológicos y de conocimiento científico básico que superar.

Palabras clave

Metaverso, neuromarketing, innovación, comportamiento del consumidor, inteligencia artificial, business, retail, moda, gaming.

Abstract

Neurotechnologies lead to the study of the nervous system and the improvement of its function, and they are poised to represent one of the great technological leaps of our time. Traditionally, they have been used in the field of health; however, their widespread adoption due to operational efficiency and cost has driven their use in various areas within the social sciences through the discipline known as neuromarketing or consumer neuroscience, applying it to market research.

The emergence of the metaverse could introduce new methods for studying individuals and audiences due to the wide range of neurophysiological recording sensors (eye tracking, EEG, EDA...) incorporated into virtual reality and augmented reality hardware. This paper focuses on the potential of these technologies in the context of the metaverse for researching consumers of interest in a broad range of business areas such as communication, fashion, advertising, tourism, and even education.

To depict this situation, a literature review, document analysis, and interviews with experts in cognitive neuroscience, artificial intelligence (AI), and neuroarchitecture are conducted. The research highlights the interest of consulting firms in using virtual reality for the design and analysis of retail environments and product placement. While the results demonstrate the presence of neurophysiological sensors in metaverse devices and the possibility of conducting neurophysiological research, there are still technological and basic scientific knowledge obstacles to overcome.

Keywords

Metaverse, neuromarketing, innovation, consumer behavior, artificial intelligence, TIC, business, retail, fashion, gaming.

Introducción

El metaverso, un entorno virtual en el que los individuos interactúan y experimentan a través de avatares y entidades digitales, está transformando la forma en que las marcas y el comercio se podrán relacionar con los individuos. La realidad virtual abre nuevos espacios para comprender el procesamiento cognitivo y emocional del ser humano (Riva y Wiederhold, 2022) a través de metodologías de la neurociencia. Son múltiples los trabajos de laboratorio que analizan la actividad cerebral mediante neurotecnología (Barrios *et al.*, 2017), llamada a convertirse en el gran salto tecnológico de nuestros días (Aguiar, 2021).

Los entornos de realidad virtual (VR) impulsan la innovación metodológica, especialmente alrededor de técnicas y métricas que permiten la monitorización biométrica y fisiológica (Dincelli y Yayla, 2022; Egliston y Carter, 2021). La electrocardiografía (ECG), electrooculografía (EOG), frecuencia respiratoria (RR) o temperatura (TMP), actividad electrodérmica (EDA), electroencefalografía (EEG), electromiografía (EMG) (Angelini *et al.*, 2022; Dincelli y Yayla, 2022; Guo y Gao, 2022) son susceptibles de introducirse en la investigación con VR.

Metaverso ofrece una realidad alternativa a través de mundos virtuales inmersivos e interactivos que descansan en la VR (*virtual reality*), la AR (*augmented reality*), y la MR (*mixed reality*) (Ning *et al.*, 2021). Si bien sus *headsets* y otros dispositivos periféricos integran sensores de registro neurofisiológico requeridos para soportar los sistemas de VR/AR, esta tecnología tendría potencial para utilizarse en la investigación de carácter comercial. Este artículo reflexiona sobre el rol de dichas tecnologías en el contexto de metaverso y la comprensión del consumidor.

2. Metodología

La investigación indaga sobre el potencial de las tecnologías neurofisiológicas en el entorno de metaverso. En concreto se buscará:

1. Identificar las neuro tecnologías implementables en metaverso
2. Reconocer el potencial de las tecnologías neurofisiológicas en metaverso:
 - 2.1. Validez en el registro neurofisiológico
 - 2.2 Procesos cognitivos y emocionales
 - 2.3 Beneficios aportados a empresas y usuarios

3. Identificar los protocolos de la investigación comercial en metaverso con tecnologías neurofisiológicas
 - 3.1 Protocolo
 - 3.2 Perfiles profesionales
4. Revelar el potencial de esta investigación en la empresa
5. Determinar los factores que normalizarán la investigación comercial

Se realizó una búsqueda en Scopus bajo la palabra clave “Metaverse” y se filtró por disciplina: psicología, medicina, ciencias de la decisión y las neurociencias. Desde el 1 de enero de 1995 al 20 de julio de 2022 se obtienen un total de 68 publicaciones. Se constató la inexistencia de artículos que aborden, desde el enfoque empresarial y la investigación comercial, el potencial de las técnicas neurofisiológicas en metaverso, VR/AR. Complementariamente, se analizaron las *websites* de 21 *startups* neurotecnológicas listadas por CBInsights (2019) y de los 52 miembros de compañías de la Neuromarketing Science & Business Association (NMSBA).

Adicionalmente, se entrevista a siete expertos en neurociencia cognitiva, ciencia computacional, inteligencia artificial y neuroarquitectura, la mayoría con investigaciones en VR y empleo de tecnología neurofisiológica. El cuestionario semiestructurado se diseña sobre la base de una investigación previa de los autores sobre metaverso y neurociencia (Crespo-Pereira *et al.*, 2023), y las preguntas emanan directamente de los objetivos descritos. Las entrevistas se realizaron el cuarto trimestre de 2022 de forma online. Una fue respondida por email. Se concluye la ronda de entrevistas hallada la saturación en la investigación. Las respuestas se han anonimizado y no se corresponden con el orden de la tabla 1.

El estudio atiende a los cinco parámetros de calidad de Miles *et al.* (2013): objetividad/confirmabilidad (se establece un sistema de categorías y códigos y se utiliza MAXQDA); confiabilidad/confianza (se consideran estudios ajenos para el diálogo teórico y el manuscrito final se comparte con los expertos para su revisión), credibilidad/autenticidad (la triangulación de métodos —entrevistas, análisis documental y revisión bibliográfica— unifican, clarifican y solidifican los resultados), transferabilidad/adequación (las conclusiones son de aplicabilidad comercial en múltiples campos), utilización/aplicación (se analiza un fenómeno potencial que involucra la actividad empresarial presente y futura).

Tabla 1
Expertos

Nombre	Afiliación y campo de conocimiento
Senén Barro	Director del CITIUS-Centro Singular de Investigación en Tecnologías Inteligentes de la Universidad de Santiago de Compostela Inteligencia Artificial
Juan Jesús Torre Tresols	ISAE-SUPAERO Neurociencia, BCI, inteligencia artificial
Juan Luis Higuera Trujillo	Universidad Politécnica de Valencia Arquitectura; especialización en neuroarquitectura
Dulce Milagros Rivero	Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Ibarra Inteligencia Artificial
Rob Cecilio	CEO Dendron Neurotechnologies Neurociencia computacional
Irene Alice Chicchi Giglioli	Universidad Politécnica de Valencia Psicóloga clínica
David Glowacki	Investigador de CITIUS Realidad virtual y ciencias computacionales

Resultados

Perspectiva primera: tecnología neurofisiológica en dispositivos de metaverso

El estado tecnológico más avanzado apunta a la comunicación de la mente con la máquina mediante el uso de la interfaz cerebro-computadora (BCI) gracias al EEG (Ning *et al.*, 2021; Park y Kim, 2022). El EEG, tecnología clásica de la neurociencia (Ning *et al.*, 2021; Park y Kim, 2022) y la más empleada en el desarrollo de BCI (Barrios *et al.*, 2017; SSVAR, 2022), emplea sensores emplazados en el cuero cabelludo para el registro de la actividad neural (Cinel *et al.*, 2019) y facilita la codificación y decodificación de señales cerebrales y el envío de órdenes a los dispositivos.

El BCI-EEG se utiliza hoy en entornos de VR; se utiliza para conocer el funcionamiento del cerebro y crear terapias de restauración de la movilidad y sensaciones en pacientes con discapacidades severas (Lebedev y Nicole-

lis, 2017), además de por su capacidad para permitir simulaciones y experimentos sobre procesos cognitivos en un contexto controlado de laboratorio (Cannard *et al.*, 2020) y atractivo para motivar al sujeto (Barrios *et al.*, 2017).

La existencia de tecnologías neurofisiológicas portátiles, económicas y no invasivas podrían impulsar aplicaciones comerciales (SSVAR, 2022; Lee y Kim, 2022; Park y Kim, 2022; Rauschnabel *et al.*, 2022; Riar *et al.*, 2022) (tabla 2). Los BCI no invasivos abren la puerta a su consumo masivo en el campo de metaverso, más allá de la aplicación sanitaria (SSVAR, 2022). Ciertos autores consideran que el BCI está llamado a conformar la tercera pata en la construcción de metaverso (Brambilla-Hall y Baier-Lentz, 2022).

La tecnología (BCI-EEG) podrá utilizarse conjuntamente con *los head mounted displays* (HMD) de VR/AR/MR en diversas actividades educativas y de ocio: videojuegos (Idun Technologies, n.d.), entretenimiento y comunicación (Ienca y Andorno, 2021). Iniciativas pioneras evidencian su interés en el mercado de masas. Meta (antigua Facebook) propuso crear, en colaboración con UCSF, un casco no invasivo BCI para redefinir la experiencia AR/VR (Makin *et al.*, 2020; Tech at Meta, 2020). Para Meta, el futuro de metaverso se encuentra en las ciencias de la percepción e IA y la realidad mixta con dispositivos hápticos, *hand tracking* y *eye-tracking* (CNET Highlights, 2022). Otras tecnológicas han desarrollado guantes, pulseras y bodysuits para potenciar el sentido táctil y las emociones del usuario (Park y Kim, 2022; Tayal *et al.*, 2022).

Los sistemas de reconocimiento gestual y de voz, de detección térmica y háptica facilitarán el *feedback* necesario para proporcionar mayores niveles de inmersión en los entornos virtuales (Shepard, 2022). Con los hápticos térmicos, los usuarios podrán sentir la temperatura de un objeto virtual y tener una interacción más realista con su entorno; mientras que con los hápticos basados en ultrasonido, los pulsos producidos por altavoces especiales crearán puntos de presión sensibles a la piel. Se aplicará en videojuegos, *vending machines*, *shopping kiosks*... (Shepard, 2022).

El *eye tracking*, tecnología de seguimiento ocular que registra, entre otros, patrones de movimiento y atención, se incorpora en los *headsets* (Egliston y Carter, 2021b) y facilita la optimización en el diseño de experiencias (Rogers, 2019).

Metaverso virtualiza y datifica los movimientos del individuo para traducir las experiencias físicas en virtuales (AEDP, 2022). El Internet de las cosas y las interfaces neuronales actúan como puente para la interacción físico-virtual (AEPD, 2022). Las tecnologías para enriquecer las experiencias sensoriales (auditivas, hápticas, visuales, olfativas...) (Egliston y Car-

ter, 2021b) facilitan información neurofisiológica de potencial interés para la investigación comercial.

Tabla 2

Dispositivos de metaverso y sensores de registro neurofisiológico

Tecnología	Sensores incorporados
HP Reverb G2 Omnicept. Compañía: HP	Incluye un sistema de sensores de <i>eye tracking</i> , <i>face tracking</i> y <i>heart rate</i> en el HMD.
Spectacles Compañía: Snap	Gafas de AR. La neuro-tecnológica NextMind, desarrolladora de BCI-EEG y <i>eye tracking</i> , pertenece a Snap.
Oculus Quest 2 Compañía: Meta	Posee sensores de registro movimientos corporales, un acelerómetro y giroscopio. Meta trabaja en una interfaz de muñeca, una pulsera de electromiografía (EMG) para detectar neuronas motoras que señalan el movimiento previsto de los dedos.
AR glasses Compañía: Google	Incluyen reconocimiento facial.
Magic Leap 2 Compañía: Magic Leap Inc.	Gafas de AR con cámaras de <i>eye tracking</i> . Orientación profesional e industrial.
PSVR Compañía: Play Station	Las gafas de VR poseen sensores para el movimiento y <i>eye tracking</i> .
Hololens Compañía: Microsoft	Tecnología de RM que se sirve de hologramas. Introduce acelerómetros, giroscopios, <i>eye tracking</i> y <i>voice tracking</i> . Uso educativo y sanitario.
Galea Compañía: OpenBCI	Casco BCI-EEG de MR. Integra en un mismo dispositivo EMG, EEG, EOG, EDA, PPG, ET.
Vive Flow Compañía: HTC	Incorporan <i>eye tracking</i> (Tobii). Mercado de consumo y profesional. Pensadas para entretenimiento, <i>gaming</i> , metaverso, ventas/marketing, <i>training</i> , aprendizaje.
Valve Index Compañía: Valve	Posee acelerómetro, giroscopio y sensor de movimiento para un efecto más realista de interacción con el mundo virtual. Diseñados para juegos de VR.
Samsung Gear VR Compañía: Samsung	Gafas para videojuegos y contenidos audiovisuales. Posee <i>eye tracking</i> , <i>hand tracking</i> y reconocimiento facial.
Apple Glass Compañía: Apple	Gafas de VR. Se prevé que incorporen 14 cámaras, algunas para detectar expresiones faciales que permitan su representación en un avatar.
Canon MREAL X1 Compañía: Canon	Gafas de realidad aumentada. Dispone de <i>hand tracking</i> . Uso profesional/empresarial.

Nota. Elaboración propia a partir de Angelini *et al.* (2022), HP (2022), CNET (2022b), Spectacles (2022), Márquez (2022), Spectacles (2022), Bezmalinovic (2022), Leswing (2022), Magic Leap (2022), Abraham (2021), Hololens (2022), Bitnamic (n.d.), Schneider (2022), Brown (n.d.), Galea (2022), López (2022), HTC (2022), Valve (n.d.), Carter (2022), Muñoz (2015), Miller (2017).

Perspectiva 2: la tecnología de registro neurofisiológico y la investigación comercial

Posibilidades investigadoras en entornos de VR/AR

Los *hardwares* de VR/AR con sensores neurofisiológicos integrados podrán ser de uso habitual en el futuro. Actualmente existen evidencias de su implementación, al menos, con carácter operativo (tabla 3). Estos sensores abren una puerta metodológica alrededor de técnicas y métricas que eliminan los sesgos de las técnicas que dependen de la respuesta verbalizada (Dincelli y Yayla, 2022). Opinión compartida por los entrevistados (E1, E3).

Los expertos apuntan a una amplia oferta de tecnologías del campo de la neurociencia y psicología en el estudio del sujeto. Se señala la posibilidad de incorporar gran variedad de sensores a los cascos y dispositivos de VR (EEG, ECG, EDA...) (E1, E2, E7). Además, existe una gran cantidad de *wearables* en el mercado de consumo (p.ej. relojes inteligentes...) que registran datos fisiológicos e identifican el estado anímico; estos podrían combinarse durante el uso de metaverso para el estudio del sujeto (E1).

La investigación con sensores neurofisiológicos es posible en el laboratorio; pero su aplicación en escenarios reales de uso debe superar ciertos obstáculos (E1, E2, E3, E4, E6, E7).

- Existe gran variabilidad en la fiabilidad de los sensores incorporados en los dispositivos existentes (E2, E7), sin embargo, los cascos Vive de HTC se utilizan en laboratorios por la calidad de sus sensores (E5).
- Los dispositivos pesan y pueden producir dolor de cabeza (E4).
- Son necesarios mejores sensores —fiables, baratos— (E2)
- Debe asegurarse una adecuada colocación de los aparatos (E2, E3, E7)
- Se precisa avanzar en la IA (E2) y *machine learning* (E7), así como en el filtrado de señales que garanticen la utilidad empresarial de los datos (E2, E2, E7).

Tabla 3*Tecnologías de registro neurofisiológico aplicables en dispositivos VR/AR*

Tecnología	Registro
Acelerómetros	Registra mediante sensores el movimiento corporal (brazos, manos, dedos), así como posturas. Implementados en <i>wearables</i> como <i>smartwatches</i> para ofrecer servicios de búsqueda de información, entretenimiento o <i>healthcare</i> . Ejemplo pionero es Kinect de Microsoft, que empleaba interfaces de movimiento, nuevas formas de interacción en los mundos virtuales.
Electrocardiograma (ECG)	El electrocardiograma registra la actividad eléctrica del corazón, la frecuencia cardíaca (HR), variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV).
Actividad electrodérmica (EDA)	Esta técnica mide la conductividad eléctrica principalmente a través de la sudoración de la piel. Útil para la medición de reacciones emocionales y estrés.
Electromiografía (EMG)	La electromiografía mide la contracción muscular. Otra técnica derivada es la EMG facial, que registra los movimientos de los músculos faciales con objeto de determinar estados emocionales.
Electroencefalograma (EEG)	Registra la actividad eléctrica neural. Usada para las BCI.
Eye tracking (ET)	Registra la mirada, fijaciones, movimientos sacádicos, dilatación de la pupila, tasa de parpadeo. Se emplea para analizar el procesamiento cognitivo (atención), siendo de uso en estudios de marketing, usabilidad y <i>human-computer interaction</i> .
Respiración (RESP)	Registra la actividad respiratoria, ritmo respiratorio.

Nota. Elaboración propia a partir de Dionisio *et al.* (2013), Angelini *et al.* (2022), Halbig y Latoschik (2021), Gakhal y Senior (2008), Ohme *et al.* (2011).

Además, no todos los sensores facilitan información profunda sobre procesos emocionales y cognitivos, para ello debería incorporarse el EEG, complejizando la investigación extraordinariamente (E2, E3, E7). La idea de que esta tecnología pueda “leer la mente” es una falacia (E2). Hoy, la investigación en entornos reales de uso de VR con EEG plantea problemas metodológicos a sortear (E7):

- La variabilidad en la fiabilidad y validez en el registro de datos fuera del laboratorio (E2, E3, E7).

- El registro de datos en condiciones de ruido, movimiento... (E2, E3, E7) y el filtrado de variables extrañas (E2, E7).
- La fiabilidad de los EEG comerciales (E2, E7).
- La conectividad de los EEG no invasivos sin geles (E2).
- La calidad de los electrodos circunscritos a las zonas frontales y la utilidad de dicha información (E2, E7).
- La ergonomía de BIC-EEG con dispositivos de AR/VR (E3).
- La complejidad en el manejo de los EEG (E2, E7) y su adecuada colocación (E2, E3, E7).

Registro emocional y cognitivo

La Academia ha reportado un alto volumen de trabajos que emplean métricas fisiológicas en entornos de VR para comprender el procesamiento cognitivo y emocional del ser humano ante ciertos estímulos (Venkatesan *et al.*, 2021). Estudios sobre tecnologías neurofisiológicas y VR se centran en la creación de metodologías y sistemas de reconocimiento de emociones evocadas (Marín-Morales *et al.*, 2018). La investigación acerca de los estados afectivos/emocionales en entornos virtuales inmersivos con datos fisiológicos es relativamente incipiente y creciente (Marín-Morales *et al.*, 2018; Dozio *et al.*, 2022). Ello es altamente relevante, pues las emociones afectan al comportamiento (Mandolfo *et al.*, 2022). Los entornos de realidad virtual simulan escenarios del mundo real y ofrecen diversos *inputs* sensoriales medibles con neurotecnología (Parsons y Duffield, 2020). Los mundos virtuales se convierten así en espacios de interés para empresas vinculadas con el *retail*, la moda, los medios de comunicación, la educación o el turismo.

Existe un amplio abanico de tecnologías aplicadas en el estudio de la emoción en el contexto de la realidad virtual: el EEG (en forma de *headset* o como electrodo textil), la pupilometría, el EDA... (Halbig y Latoschik, 2021; Marín-Morales *et al.*, 2018). Tradicionalmente, los estados emocionales ante estímulos se han medido de acuerdo con un sistema bidimensional formado por *valencia* y *arousal*. Mientras la *valencia* evidencia el grado en que una respuesta es positiva o negativa, el *arousal* mide el grado de activación asociado a una emoción (Bolls *et al.*, 2001).

El registro de datos psicofisiológicos en tiempo real ofrece información relativa a estados cognitivos (Marín-Morales *et al.*, 2018). Los enfoques clásicos en la evaluación de la experiencia de VR tienden a emplear dispositivos

de medición fisiológica para monitorizar la atención, el estrés, estado meditativo (Orlosky *et al.*, 2021), ansiedad, carga cognitiva (Halbig y Latoschik, 2021). Estos son de aplicación en: terapia, entrenamiento y simulación (Angelini *et al.*, 2022), aprendizaje, entretenimiento y comunicación (Halbig y Latoschik, 2021).

Para el registro del estrés se han empleado diversas tecnologías, como *chest bands* y pulseras, que aportan datos de relevancia sobre la conductancia de la piel e información cardiovascular. La temperatura corporal, respiración, movimiento y el ECG también forman parte de este tipo de estudio. La carga cognitiva señala lo demandante que puede resultar una tarea y, por tanto, el esfuerzo mental invertido en una actividad.

Esta resulta particularmente interesante en el campo de la simulación y el aprendizaje en entornos de VR. Estudios con EEG y EDA monitorizan diversos niveles de carga cognitiva. Las pulseras *weareables* también facilitan información cardiovascular interesante para valorar niveles de carga. Los EEG son los más utilizados para valorar este aspecto. Otros estudios también evidencian la efectividad del *eye tracking* y la medición ocular; dato especialmente relevante dada su implementación en los HDM (tabla 3). La ansiedad puede monitorizarse con sensores de variabilidad cardíaca, temperatura corporal, conductancia de la piel y EEG (Halbig y Latoschik, 2021).

El uso de datos fisiológicas en el contexto del VR facilitaría investigaciones como (Halbig y Latoschik, 2021):

- Comparativa de respuestas fisiológicas en escenarios virtuales versus escenarios reales.
- Comparativa de grupos mediante diferencias en la reacción fisiológica.
- Análisis de procesos, mediante la monitorización de cambios fisiológicos en simulaciones virtuales.
- Análisis sobre el progreso a través de la identificación de cambios en la respuesta ante el mismo estímulo en múltiples exposiciones.
- Correlaciones y establecimiento de relaciones entre la medición de variables.
- Clasificaciones de usuarios basados en las respuestas/segmentación.
- Visibilización de procesos inconscientes y latentes.
- Adaptación de los contenidos al usuario de acuerdo con indicadores de esfuerzo y estrés.

Aplicaciones y beneficios de la neurotecnología para la empresa

A continuación, se listan los beneficios funcionales de la tecnología neurofisiológica (B.F) para el soporte de metaverso; y los derivados de la investigación (B.I.) del usuario con técnicas neurofisiológicas (tabla 4).

Tabla 4
Beneficios de la tecnología neurofisiológica

	B.F.	B.I.	Fuente
Los sensores fisiológicos en los <i>headsets</i> comerciales enriquecerán las interacciones emocionales	x		(Angelini <i>et al.</i> , 2022)
<i>Eye tracking</i> y reconocimiento facial añaden pistas verbales y no verbales en la creación de avatares digitales que representen mejor los estados emocionales	X		(Halbig y Latoschik, 2021) (Angelini <i>et al.</i> , 2022)
<i>Eye tracking</i> como sistema de identificación del sujeto. Reconocimiento de preferencias y customización de entornos	X		(Rogers, 2019)
Identifica la presencia del usuario	X		(Halbig y Latoschik, 2021)
Estas tecnologías permiten diseños adaptados al usuario que mejoran de las experiencias		X	(HP, 2022) (Halbig y Latoschik, 2021) (Rogers, 2019)
Identificación de patrones atencionales y distractivos mediante <i>eye tracking</i>		X	(Halbig y Latoschik, 2021) (Rogers, 2019)
Valoración de la eficacia de los escenarios y su impacto emocional (terapias...)		X	(Halbig y Latoschik, 2021)
El <i>feedback</i> emocional podrá revertir en la autorregulación/ retroalimentación de contenidos y deriva del juego para su eficiencia en relación con la formación y bienestar		X	(Angelini <i>et al.</i> , 2022) (HP, 2022) (Halbig y Latoschik, 2021) (Rogers, 2019)

Los sistemas de seguimiento de la mirada o el posicionamiento absoluto en entornos reales pueden ser empleados para un sinnfín de aplicaciones, incluidas las relacionadas con el marketing o el consumo (E6). Estas tecnologías permiten identificar y crear perfiles de usuarios con patrones de comportamiento (E1, E6), que facilitarían las recomendaciones personalizadas (E1, E2; E3). El tándem que formarían con la IA y el aprendizaje automático garantizaría la predicción de comportamientos gracias al alto volumen de datos potencialmente recolectados con los sensores (E1, E2, E5, E6).

Por otro lado, la metodología sugerida podría tornarse relevante en el diseño de contenidos/*inputs* y la optimización del estado de ánimo, al cuantificar los efectos emocionales ante estímulos mostrados en los entornos virtuales inmersivos (Marín-Morales *et al.*, 2018). En metaverso, la identificación de emociones resulta crucial para que los avatares puedan emular a los seres humanos; estos deberán aprender a expresar emociones (E1). Gracias al registro fisiológico, se podrá conocer qué emociona, estresa, tranquiliza... y estimular a los usuarios en uno u otro sentido (E1). Otros beneficios potenciales:

- Fiabilidad y objetividad de las investigaciones (E3).
- Identificación de los contenidos más efectivos (agrado y desagrado) y atractivos (E1, E2, E3, E4) para cualquier campo —educación, medios de comunicación, publicidad— (E1).
- Personalización de contenidos/publicidad/educativos (E1, E2, E3, E4).
- Diseño de entornos varios como los educativos (E7) así como el de *retail* y emplazamiento de producto (E1, E5).
- Acceso seguro a plataformas mediante identificación biométrica (E2).

Estado del arte sobre los estudios comerciales

Las neurotecnologías desarrollan tecnologías innovadoras en el campo de la neurociencia. Las compañías analizadas destinan estos recursos en entornos VR para aliviar el dolor crónico, la rehabilitación cognitiva, motora... Pocas evidencian su relación con el *gaming* y/o investigaciones comerciales (Kernel, Brain CO., Emotiv, Neurable, BitBrain technologies, NextMind, MindMaze); y menos las que se aplican en contextos de VR (tabla 5).

Tabla 5

Neurotecnologías y su relación comercial

Compañía	Descripción y aplicación
Kernel	Desarrolla tecnología de neuroimagen (EEG) y la aplica en estudios para VR en áreas como el <i>gaming</i> , entretenimiento, productos de consumo.
Dreem	Neurotecnología para monitorizar la actividad cerebral durante el sueño.
Thync	Desarrollo de neuro-estimulador para combatir estrés, ansiedad, tensión y mejorar el sueño.
Halo neuroscience	Desarrollo de tecnología para la neuro-estimulación y salud mental. Empresa comprada por Flow Neuroscience.

Compañía	Descripción y aplicación
Synchron	Desarrolla BCI invasivo, Stentrode, para uso de pacientes con parálisis.
Brain CO, Inc.	Posee un BCI <i>wearable</i> y <i>headbands</i> para educación, fitness y videojuegos.
Neurable	Desarrolla BCI. Se dirige a la industria de los juegos AR/VR. En 2017 presentó el primer juego de realidad virtual (VR) controlado por la mente.
Neuralink	Desarrolla BCI invasivo.
Flow neuroscience	Desarrolló un auricular que proporciona estimulación de corriente continua transcraneal en la frente para tratar la depresión.
Cognixion	Trabaja con BCI, IA y AR para personas con dificultades de comunicación.
Bitbrain technologies	Empresa española que crea neurotecnología y ofrece consultoría (neuromarketing).
Paradromics	Crea tecnología BCI invasiva para personas con dificultades en la comunicación.
Meltin MMI	Empresa japonesa que desarrolla tecnologías de aumento cibernético, incluida una mano “cyborg” llamada MELTANT- α . Trabaja en el procesamiento de bioseñales.
Neuros Medical	Empresa de biomodulación centrada principalmente en el alivio del dolor.
NextMind	Desarrolla BCI y se dirige al mercado de consumo.
Emotiv	Crea hardware y software para uso médico y empresarial.
Q30 Innovations	Dirigido a atletas y personal militar, su principal producto es el Q-Collar, dispositivo portátil diseñado para proteger el cerebro.
BIOS	Empresa de interfaces neuronales destinadas al control de prótesis.
Neuroscouting	Tecnología deportiva enfocada al análisis del rendimiento de atletas y tratar de predecir su potencial.
NeuroPace	Desarrolla tecnologías médicas para reducir ataques epilépticos.
MindMaze	Emplea la gamificación y VR para ayudar con la neuro-rehabilitación.

De los 52 miembros de la NMSBA, solo dos aluden al empleo de sensores neurofisiológicos en la VR. Tobii realiza estudios de atención (ET) en escenarios de VR que permiten:

- Evitar el uso de escenarios físicos altamente complejos.
- Alcanzar una elevada muestra.

- Controlar espacios digitales y ajustarse a requerimientos de *packaging* y diseño de tienda sin necesidad de su versión física.
- Analizar imágenes digitales.

Tobii (n.d., n.d.b) quiere que su tecnología sirva para la creación de avatares realistas e interfaces intuitivas y como herramienta para la autenticación. Considera que las aplicaciones sociales y los juegos son las áreas donde los consumidores apreciarán más metaverso. Neurons (n.d), por su parte, analizó mediante un *headset* de EEG, una conversación en VR *versus* conversaciones en persona. Se demostró similares niveles de *engagement* emocional en ambos casos. La VR ha sido aclamada como la próxima gran novedad.

Beneficios para el usuario

Los entrevistados apuntan al valor de la VR y los sensores neurofisiológicos para hacer investigación en laboratorios y con fines sanitarios/educativos/sociales. Los entornos virtuales permitirían el diagnóstico y la rehabilitación de los usuarios (E2, E3, E4, E5). El EEG en un escenario de VR se utiliza hoy para detectar ansiedad y, potencialmente, depresión (E2, E3). La realidad virtual podría proponer contenidos y diseños estimulantes para el bienestar del usuario (E3, E7) e impulsar el sentimiento de conexión social altamente beneficioso para los sujetos (E4). La IA simplificaría la vida de los usuarios al aportar datos sobre el estado de salud e información relevante para la toma de decisiones (E1).

Protocolo de la investigación

Actualmente, los sujetos comparten datos personales y comportamentales a través de sus móviles, redes sociales y *wearables* (E1, E4, E7). El cuerpo humano se convierte en una plataforma tecnológica; el internet de las cosas se traslada hoy al internet de los cuerpos, llenos de sensores para recopilar datos en tiempo real (E1).

El registro de datos con sensores neurofisiológicos no diferiría del actual modelo de Meta u otras similares (E1). Metaverso está pensado para recolectar datos, la inclusión de información neurofisiológica podría enriquecer ese “emporio de los datos” (E1). Metaverso podría convertirse en una plataforma ideal para la investigación fuera del laboratorio por su alto volumen

de participantes voluntarios en entornos realistas y a los que no habría que retribuir (E1, E3).

La existencia de *hardware* con sensores integrados y el *software* es condición necesaria para la investigación en entornos reales. Al inicio de la sesión, la plataforma podría registrar diversas métricas de provecho comercial (E1). La información neurofisiológica se encuentra en el máximo nivel de protección legal (E2). El consentimiento expreso del usuario, previo registro de datos por terceros resulta obligatorio (E1, E2, E3, E4, E5, E6). Si bien la legislación europea resulta altamente garantista, la norteamericana podría ser más laxa en cuanto a su cobertura (E2). Es destacable la facilidad con la que los usuarios autorizan compartir sus datos para acceder a contenidos *online* (E1, E4).

El consentimiento dependerá del interés que suscite el contenido (E3) y la propiedad de estos será siempre del individuo (E2, E4), sin embargo, una vez el desarrollador de la plataforma anonimice los datos y los trate colectivamente, serán de su propiedad (E1; E2; E3). Cómo se empleen esos datos será relevante. Sus fines deben ser los correctos (E1).

Cabe clarificar que la recogida de datos en un escenario real es una tarea compleja (E2, E3, E4, E5, E7). La propia recolección podría presentar obstáculos insalvables en la actualidad (véase 3.2.1.); a ello se suma una cuestión metodológica básica, el diseño de la investigación (E2, E3, E7), que debe atender a cada caso en particular (E7). Se debe definir el objetivo (E2, E3, E6, E7) y las técnicas apropiadas al efecto (E2, E3, E7). Es preciso concretar las acciones a analizar y seleccionar unos marcadores que estén perfectamente sincronizados e identificados y faciliten la recolecta de datos, cualesquiera que sean (p.ej. la mirada) (E2, E3). Esos marcadores deben ser consultados y pactados con expertos experimentados que determinen qué partes interesan analizar y aportan información de valor y, consiguientemente, ayuden a extraer conclusiones válidas (E3). Recolectados los datos, deben limpiarse y etiquetarse (*data labelers*) para crear una base de datos con la que trabajar desde la IA (E1, E3). Gracias a ese proceso se podrán identificar cortes transversales de toda la muestra en una misma situación (E2, E3) y establecer dinámicas de comportamiento (E1, E3). La categorización de los sujetos en patrones facilitará decisiones sobre la gestión de contenidos, fundamentada y ligada a las posibilidades ofrecidas por la IA (recomendaciones, personalización...) (E1).

Es incuestionable que la investigación debe adherirse al protocolo científico. La interpretación de datos debe ser rigurosa (E2, E3, E7). No hay que caer en reduccionismos (E2). Hoy, el reto para la comunidad científica es obtener, a través de este tipo de registros, indicios claros sobre lo que acontece, por lo que la salida del laboratorio resulta, cuanto menos, compleja (E2, E3, E7). No obstante, se apunta a que la investigación con videojuegos resulta altamente adecuada, por enmarcarse en escenarios controlados y poseer reglas duras que limitan las acciones y los espacios de actuación (E3). Si una plataforma desea realizar investigación en sus entornos digitales de juego podrá implementar desafíos, niveles y actividades (E3). La investigación sugerida podría ser un poco más sencilla para desarrolladores que posean *hardware* y *software* propio, pues el investigador independiente debería tramitar por separado el consentimiento de usuarios y de los desarrolladores de *hardware* y de *software* (E3).

Perfiles profesionales

El equipo profesional conformado para una investigación de carácter comercial debe ser el mismo que el creado para una investigación académica (E7). Los equipos ajenos a la comunidad científica/académica podrían no adherirse al protocolo científico (E7). Aunque no se debe formar el equipo sin identificar antes el problema a resolver (E4, E6, E7), se sugieren los siguientes perfiles potencialmente involucrados en una investigación como la propuesta:

- Especialistas en neuroergonomía cognitiva, ergonomía fisiológica (E3).
- Expertos en robótica (E6).
- Ingenieros con capacidad para escribir código; ingenieros de *software* (E4).
- Artistas gráficos para diseñar de entornos de VR (E4).
- Experto en modelado cognitivo (E2).
- Expertos en realidad extendida (E6).
- Expertos en *big data* (E6), matemáticos, estadísticos (E1, E2), *data scientist* (E1, E2).
- Expertos en IA, *machine learning* (E1, E5, E6, E2), *data labellers* (E3).
- Expertos en visión por computador (E6).
- Experto en física para procesamiento de señales (E2).
- Ingenieros biomédicos para el manejo de los sensores (E4).

- Neurocientíficos o ingenieros biomédicos para la interpretación de datos (E1, E2, E4).
- Experto en Ciencias Cognitivas (E2) y Ciencia Computacional (E2).
- Psicólogos o *coaches* expertos en liderar procesos grupales (E4, E2).
- Expertos en el área de interés de la investigación: Marketing, Comunicación, Educación, Moda... (E1, E2, E4, E5).

Futuro de la investigación comercial

Al igual que las redes sociales evolucionaron al amparo de nuevas aplicaciones comerciales, metaverso podría experimentar una situación similar. La empresa debe identificar el potencial de estas herramientas y crear productos a medida de sus necesidades (E1). Lanzado el producto, las desarrolladoras de *software* crearán productos y la IA demostrará sus capacidades (E1). Primero metaverso debe convertirse en una realidad (E1, E2, E3, E4, E5). Su normalización depende del coste y democratización de las gafas de VR, entre otros (E1, E2, E7).

La investigación neurofisiológica en metaverso en condiciones de uso real es teóricamente posible. Algunos no dudan de su futuro interés comercial (E1, E6, E7), aunque todavía queda mucho por avanzar (E2, E3, E7). La VR/AR/MR ha mejorado exponencialmente en los últimos años, tanto el *hardware* (más económico, potente, sensorizado, robusto...), como los algoritmos y *software* disponibles —incluso de uso libre— (E6). Sin embargo, el salto del laboratorio al hogar requerirá de un gran salto tecnológico y científico (E2, E3, E7) (véase 3.2.1.). Existe una fractura entre las expectativas creadas y los resultados conseguidos en la actualidad, ocasionada por los reclamos de determinados círculos, medios de comunicación y el ejercicio del neuromarketing (E7).

El interés por esta metodología dependerá del éxito de metaverso (E1), el reconocimiento de su potencial (E1) y su capacidad para generar beneficios empresariales/sociales/educativos (E1, E3). Para ello se precisan compañías punteras e innovadoras que lideren el camino y que luego se sumen otras: pymes y grupos de investigación (E3, E6). Grandes tecnológicas como Meta o Google disponen de recursos, pero no todas sus propuestas resultan exitosas (E3, E4). El interés por los mundos virtuales no es nuevo. Estaríamos ante el tercer intento de impulsar vivencias ligadas a la VR/metaverso (E4). El usuario no estará interesado en ellas mientras disponga de todo lo

que necesita en su *smartphone* (E4) y no ofrezca experiencias distintas a la realidad (E4), pues la experiencia física nunca superará a la virtual (E5). A pesar de la inversión millonaria en metaverso, parece que no despegan los proyectos de Meta y otras tecnológicas (E3, E4, E5, E7). El valor bursátil de las tecnológicas a finales de 2022, evidencia, cuanto menos, un futuro incierto (E4, E5, E7).

Conclusiones

Las grandes tecnológicas han integrado sensores neurofisiológicos no invasivos (*eye tracking*, EEG...) en los *headsets* y periféricos de VR/AR. Si bien esta tecnología resulta necesaria para soportar los sistemas de VR/AR, el *feedback* que provee tendría potencial para conocer estados emocionales y cognitivos del usuario sin los sesgos de respuestas verbales y en entornos reales de uso. Estas tecnologías podrían derivar en métricas de alto interés en múltiples campos (como la educación, la empresa...) y que proporcionen beneficios a gran escala. Por el momento, la ciencia y la tecnología no está preparada para aportar resultados fiables en entornos ajenos al laboratorio. No obstante, se evidencia su interés empresarial. La IA cobrará gran relevancia en la explotación de datos, también para los surgidos del registro neurofisiológico, y en la creación de sistemas de recomendación y personalización. La ética y la privacidad se convierten en uno de los grandes desafíos de este tipo de investigación en metaverso. Futuros abordajes deberán incluir la perspectiva de la empresa y consultoras especializadas en metaverso.

Referencias bibliográficas

- Abraham. (2021). *New Playstation VR glasses have eye tracking and vibrations*. <http://bitly.ws/xIb6>
- Aguiar, A. R. (2021). “En 15 o 20 años esta conversación será mental”: el metaverso es otro paso hacia la conexión de la mente “y la neurotecnología será esencial”, según uno de sus mayores expertos. *Business Insider*. <https://bit.ly/3XHtiWb>
- Angelini, I., Mecella, M., Liang, H., Khaled, O. A., Mugellini, E., Bernardini, D. y Caon, M. (2022). *Towards and emotionally augmented metaverse: A framework for recording and analyzing physiological data and user behavior*.

- [Conference]. 13th Augmented Human International Conference, New York, United States. <https://doi.org/10.1145/3532530.3532546>
- AEDP. (2022, septiembre 29). Metaverso y privacidad. *Agencia española de protección de datos*. <https://bit.ly/3iINEEm>
- Barrios, L. J., Hornero, R., Pérez-Turiel, J., Pons, J. L., Vidal, J. y Azorín, J. M. (2017). State of art in neurotecnologías for assistance and rehabilitation in Spain: Fundamental technologies. *RIAI-Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, 14(4), 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.06.003>
- Bezmalinovic, T. (2022). *Quest pro: All you need to know*. <http://bitly.ws/xIbb>
- Bitnamic (n.d.). *Microsoft Hololens 2*. <http://bitly.ws/xIbf>
- Bolls, P. D., Lang, A. y Potter, R. F. (2021). The effects of message valence and listener arousal on attention, memory, and facial muscular responses to radio advertisements. *Communication research*, 28(5), 627-651. <https://doi.org/10.1177/009365001028005003>
- Brambilla-Hall, S. y Baier-Lents, M. (2022). *3 technologies that will shape the future of the metaverse- and the human experience*. <http://bitly.ws/xIbm>
- Brown, R. (n.d.). Canon MREAL X1. <http://bitly.ws/xIbt>
- Cannard, C., Brandmeyer, T., Wahbeh, H. y Delorme, A. (2020). Self-health monitoring and wearable neurotechnologies. *Handbook of Clinical Neurology*, 168, 207-232. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63934-9.00016-0>
- Carter, R. (2022). *Most popular XR hand and eye tracking reviews 2022*. <http://bitly.ws/xIbw>
- CBInsights. (2019). 21 Neurotech Startups to watch: brain-machine interfaces, implantables, and neuroprosthetics. <http://bitly.ws/xIbx>
- CNET. (2022). Behind the doors of Meta's top-secret reality labs. <http://bitly.ws/xIby>
- CNET. (2022b). *Watch Facebook reveal AR glasses Project Nazare*. <http://bitly.ws/xIbE>
- CNET. (2020). *Facebook's VR-AR visionary on what comes after the Oculus Quest 2*. <http://bitly.ws/xIbG>
- Cinel, C., Valeriani, D. y Poli, R. (2019). Neurotechnologies for human cognitive augmentation: Current state of the art and future prospects. *Frontiers in human neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00013>
- Crespo-Pereira, V., Sánchez-Amboage, E y Membiela-Pollán, M. (2023). Facing the challenges of metaverse: a systematic literature review from Social Sciences and Marketing and Communication". *Profesional de la información*, 32(1), e320102. <https://doi.org/10.3145/epi.2023.ene.02>

- Dincelli, E. y Yayla, A. (2022). Immersive virtual reality in the age of the Metaverse: A hybrid-narrative review based on the technology affordance perspective. *Journal of Strategic Information Systems*, 31(2). <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101717>
- Dionisio, J. D. N., Burns, W. G. y Gilbert, R. (2013). 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys*, 45(3). <http://dx.doi.org/10.1145/2480741.2480751>
- Dozio, N., Marcolin, F., Scurati, G.W., Ulrich, L., Nonis, F., Vezzetti, E., Marsocci, G., La Rosa, A. y Ferrise, F. (2022). A design methodology for affective virtual reality. *International Journal of Human Computer Studies*, 162, 102791. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102791>
- Egliston, B. y Carter, M. (2021). Critical questions for Facebook's virtual reality: data, power and the metaverse. *Internet Policy Review*, 10(4). <https://doi.org/10.14763/2021.4.1610>
- Gakhal, B. y Senior, C. (2008). Examining the influence of fame in the presence of beauty: an electrodermal 'neuromarketing' study. *Journal of consumer behavior*, 7(4-5), 331-341. <https://doi.org/10.1002/cb.255>
- Galea (2022). *The bridge between mixed reality and neurotechnology*. <http://bitly.ws/xIbM>
- Guo, H. y Gao, W. (2022). Metaverse-powered experiential situational English-teaching design: An emotion-based analysis method. *Frontiers in psychology*, 13(March), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.859159>
- Halbig, A. y Latoschik, M. E. (2021). A systematic review of physiological measurements, factors, methods, and applications in virtual reality. *Frontiers in virtual reality*, 2(July), 1-32. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.694567>
- HP. (2020). *HP Omnicept & HP Reverb G2 Omnicept Edition*. <http://bitly.ws/xIbS>
- Hololens. (2022). *About Hololens 2*. <http://bitly.ws/xIbU>
- HTC. (2022). *Vive. Your metaverse. Your rules*. <http://bitly.ws/xIbX>
- Idun Technologies (n.d.). *Augmented gaming demo with alpha waves*. <http://bitly.ws/xIb>
- Ienca, M. y Andorno, R. (2021). Hacia nuevos derechos humanos en la era de la neurociencia y la neurotecnología. *Análisis Filosófico*, 41(1), 141-185. <https://doi.org/10.36446/af.2021.386>
- Lebedev, M. y Nicolelis, M. A. (2017). Brain-machine interfaces: from basic science to neuroprostheses and neurorehabilitation. *Physiological reviews*, 97(2), 767-837. <https://doi.org/10.1152/physrev.00027.2016>
- Lee, U. K. y Kim, H. (2022). UTAUT in Metaverse: An "Ifland" Case. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, 17(2), 613-635. <https://doi.org/10.3390/jtaer17020032>

- Leswing, K. (2022). *Google will once again test augmented reality glasses in public*. <http://bitly.ws/xIc3>
- López, M. (2022). *¿Las Apple Glass tendrán 14 cámaras!* <http://bitly.ws/xIc5>
- Magic Leap (2022). *Magic Leap 2 Devices*. <http://bitly.ws/xIc7>
- Makin, J. G., Moses, D. A. y Chang, E. F. (2020). Machine translation of cortical activity to text with an encoder–decoder framework. *Nature Neuroscience*, 23, 575-582. <https://doi.org/10.1038/s41593-020-0608-8>
- Mandolfo, M., Baisi, F. y Lamberti, L. (2022). How did you feel during the navigation? Influence of emotions on browsing time and interaction frequency in immersive virtual environments. *Behaviour and Information Technology*. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2066570>
- Márquez, J. (2022). *Una diadema para controlar objetos con la mente: Snap compra NextMind y dobla su apuesta por la realidad aumentada*. <http://bitly.ws/xIcb>
- SSVAR. (2022, 14 marzo). #METAVERSUS2022/Neurotech and Metaverse. YouTube. <https://bit.ly/3GRimiV>
- Marín-Morales, J., Higuera-Trujillo, J. L., Greco, A., Guixeres, J., Llinares, C., Pasquale Scilingo, E., Alcañiz, M. y Valenza, G. (2018). Affective computing in virtual reality: emotion recognition from brain and heartbeat dynamics using wearable sensors. *Scientific reports*, 8, 13657. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32063-4>
- Miles, M., Huberman, M. y Saldaña, J. (2013). *Qualitative Data Analysis. A methods Sourcebook*. Sage.
- Miller, P. (2017). *Samsung's secret VR headset prototype has eye and hand tracking*. <http://bitly.ws/xIcq>
- Muñoz, R. (2015). Samsung trae a España sus gafas VR de realidad virtual. *El País*. <http://bitly.ws/xIcq>
- Neuralink. (n.d.) *About*. <http://bitly.ws/xIcs>
- Neurons. (n.d.). *Inspiring breakthroughs from our customers*. <http://bitly.ws/xIcy>
- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J. y Daneshmand, M. (2021). A survey on metaverse: the state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. *Computers and Society*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.09673>
- Ohme, R., Matukin, M. y Pacula-Lesniak, B. (2011). Biometric measures for interactive advertising. *Journal of interactive advertising*, 11(2), 60-72. <https://doi.org/10.1080/15252019.2011.10722185>
- Orlosky, J., Misha, S., Bektas, K., Peng, H., Kim, J., Kos'myna, N., Höllerer, T., Steed, A., Kiyokawa K. y Aksit, K. (2021). Telelife: The future of remote

- living. *Frontiers in virtual reality*, 2, 763340. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.763340>
- Park, S. M. y Kim, Y. G. (2022). A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE Access*, 10, 4209-4251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>
- Parsons, T. y Duffield, T. (2020). Paradigm shift toward digital neuropsychology and high-dimensional neuropsychological assessments: Review. *Journal of medical Internet research*, 22(12), e23777. <https://doi.org/10.2196/23777>
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H. y Alt, F. (2022). What is XR? Towards a framework for augmented and virtual reality. *Computers in human behavior*, 133, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>
- Riar, M., Xi, N., Korbel, J. J., Zarnekow, R. y Hamari, J. (2022). Using augmented reality for shopping: a framework for AR induced consumer behavior, literature review and future agenda. *Internet Research*, v. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/INTR-08-2021-0611>
- Riva, G. y Wiederhold, B. K. (2022). What the metaverse is (really) and why we need to know about it. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 25(6), 355-359. <https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0124>
- Rogers, S. (2019). *Seven reasons why eye tracking will fundamentally change VR*. <http://bitly.ws/xIcG>
- Schneider, J. (2022). *Canon's MREAL X1 4K headset fuses reality and CG in real-time*. <http://bitly.ws/xIcI>
- Shepard, J. (2022). *What sensors are used in AR/VR systems?* <http://bitly.ws/xIcL>
- Spectacles. (2022). *Spectacles*. <http://bitly.ws/xIcP>
- Tayal, S., Rajagopal, K. y Mahajan, V. (2022). *Virtual reality based metaverse of gamification* [Conference]. 6th International Conference on Computing Methodologies and Communication, Erode, India. <https://doi.org/10.1109/ICCMC53470.2022.9753727>
- Tech at Meta. (2020). *Imagining a new interface: Hands-free communication without saying a word*. <http://bitly.ws/xIcR>
- Tobii. (n.d.). *Eye tracking X Metaverse*. <http://bitly.ws/xIcT>
- Tobii. (n.d. b). *Eye tracking- making the metaverse authentic*. <http://bitly.ws/xIcW>
- Valve. (n.d.) *Valve index VR glasses review*. <http://bitly.ws/xId2>
- Venkatesan, M., Mohan, H., Ryan, J. R., Schürch, C. M., Nolan, G. P., Frakes, D. H. y Coskun, A. F. (2021). Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cells Reports Medicine*, 2(7), 100348. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2021.100348>

Declaración de Autoría - Taxonomía CRediT	
Autores	Contribuciones
Verónica Crespo-Pereira	• Conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, redacción –borrador original.
Eva Sánchez-Amboage	• Conceptualización, análisis formal, metodología, administración de proyecto, recursos, supervisión, visualización, redacción – revisión y edición.