

Artículo de Investigación

Nuevas fronteras del Arte. Inteligencia artificial para una experiencia accesible

New Frontiers of Art. Artificial Intelligence for an accessible Experience

Giulia Ponzone¹: Universidad Complutense de Madrid, España.

giulipon@ucm.es

María Lara-Martínez: Universidad Complutense de Madrid, España.

mlara04@ucm.es

Angelo Valastro Canale: Universidad Pontificia Comillas, España.

avalastro@comillas.edu

Fecha de Recepción: 05/06/2024

Fecha de Aceptación: 24/07/2024

Fecha de Publicación: 10/09/2024

Cómo citar el artículo:

Ponzone, G., Lara-Martínez, M. y Valastro Canale, A. (2024). Nuevas fronteras del Arte. Inteligencia artificial para una experiencia accesible [New Frontiers of Art. Artificial Intelligence for an accessible Experience]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-20. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-706>

Resumen:

Introducción: Esta investigación se propone analizar algunas tecnologías de apoyo, que incluyen inteligencia artificial, para hacer el arte más accesible a las personas con discapacidad. El objetivo del trabajo es redefinir el papel de la IA y cómo puede transformar la experiencia de disfrutar del arte, haciendo accesibles a un público más amplio obras que antes no podían ser percibidas por estos colectivos. **Metodología:** Examen de carácter cualitativo tanto de fuentes académicas actualizadas como de entrevistas realizadas con algunos expertos del sector para evaluar los diferentes beneficios que la inteligencia artificial puede aportar al mundo de la discapacidad. **Resultados y discusión:** Los datos confirman la existencia de sistemas innovadores, capaces de marcar la diferencia para quienes experimentan un determinado tipo de diversidad, pero también ponen de relieve su falta de implementación por parte de numerosos organismos y asociaciones que continúan obstaculizando la igualdad y la inclusión por intereses meramente económicos. **Conclusiones:** Existe un escenario dual en el cual conviven tanto herramientas que facilitan la creación y el disfrute del arte como las dificultades de carácter político y económico que ralentizan el avance de estas tecnologías de indudable valor.

¹Autor Correspondiente: Giulia Ponzone. Universidad Complutense de Madrid (España).

Palabras clave: Inteligencia artificial; discapacidad; arte; inclusión; igualdad; anillo Tooteko; guante háptico; auriculares Deeptech.

Abstract:

Introduction: This research aims to analyze some assistive technologies, including artificial intelligence, to make art more accessible to people with disabilities. The aim of the paper is to redefine the role of AI and how it can transform the experience of enjoying art, making previously inaccessible works accessible to a wider audience. **Methodology:** Qualitative review of both updated academic sources and interviews conducted with some industry experts to assess the different benefits that artificial intelligence can bring to the world of disability. **Results and discussion:** The data confirm the existence of innovative systems, capable of making a difference for those experiencing a certain type of diversity, but also highlight their lack of implementation by many agencies and associations that continue to hinder equality and inclusion for spurious economic interests. **Conclusions:** There is a dual scenario in which both tools that facilitate the creation and enjoyment of art and political and economic difficulties that slow down the advancement of these technologies of undoubted value coexist.

Keywords: Artificial Intelligence; Disability; Art; Inclusion; Equality; Tooteko ring; Haptic Glove; Deeptech Headset.

1. Introducción

Esta investigación se centra en el análisis de nuevas tecnologías y el uso de la inteligencia artificial creadas con el fin de aumentar la inclusión de las personas con discapacidad en el ámbito artístico. La IA ha sido definida varias veces como una máquina igual o similar al hombre, facilitando o perjudicando su trabajo. Sus sistemas de asistencia han tenido un impacto positivo en la vida de las personas con distintos tipos de diversidad y el trabajo continúa hoy, al mejorar en diversos aspectos el estilo de vida de estas personas y fomentando la investigación.

Se evaluará en qué medida estos dispositivos de alta tecnología, entre los que se encuentran el anillo sensorial de la *startup* italiana Tooteko, el guante háptico y los auriculares Deeptech AI, pueden lograr hacer el arte accesible. Los beneficios que se derivan de estos inventos merecen la debida atención, porque los sistemas de asistencia representan el futuro y es necesario promover cada vez más la integración de las personas con discapacidad en el contexto laboral y social a nivel global, para mejorar la calidad de vida.

1.1. Marco teórico

La transición de la tecnología mecánica y analógica a la tecnología electrónica se considera el punto de partida de lo que se entiende hoy en día por Revolución digital. La llamada "Era de la información" (Helvey, 1971) o "Era digital" es hoy una parte esencial de nuestras existencias que, debido a un crecimiento exponencial aparentemente imparable, ha ido modificando nuestro día a día, como apunta el psiquiatra y terapeuta italiano Federico Tonioni (2013).

Si la Revolución industrial del siglo XVIII modificó drásticamente la economía global, provocando un cambio repentino en las formas de producción y organización social (Tonioni 2013), la Era digital, según Tonioni, se ha caracterizado por su progresión de alguna manera imperceptible: las innovaciones tecnológicas se han introducido silenciosamente en el tejido social hasta crear formas de vida de cuya novedad las nuevas generaciones no son en absoluto conscientes.

Como decía el autor, “el concepto de revolución está vinculado a la idea de ruptura de un estado anterior y, por tanto, a un cambio repentino y no diluido en el tiempo, que en su evidencia concreta no tiene nada de inconsciente” (Tonioni, 2013, p. 57). En la misma línea de pensamiento, Paz Benito del Pozo, puntualiza, en su reseña del volumen de Manuel Castells *La era de la información: economía, sociedad y cultura*, que “los procesos que caracterizan esta era de la información son: informacionalización, globalización, interconexión, construcción de identidad, crisis del patriarcado y crisis del Estado-nación” (Del Pozo, 1998, p. 347). Esto implica, obviamente, una marginación a escala global, puesto que sólo una parte del planeta tiene acceso a los nuevos recursos.

1.1.1. Una breve mirada retrospectiva

A lo largo de la historia, el ser humano ha intentado constantemente encontrar modelos de razonamiento capaces de llevarle a conclusiones irrefutables, es decir, a controlar de alguna manera la imprevisibilidad de la naturaleza. El *organon* aristotélico, en este sentido, constituye un hito fundamental y, en muchos aspectos, insuperable. Los estudios y las especulaciones de pensadores como Hobbes, Pascal o Leibniz, entre otros, constituyen una importancia crucial en el camino (Galli, 2011; Braccini, 2013; Mugnai, 2016) que llevaría al matemático inglés Alan Turing a plantear la posibilidad de crear máquinas capaces de emular algunas habilidades humanas específicas (Grassi, 2010). El trabajo de Turing, crucial en el ámbito militar durante los años trágicos de la II Guerra Mundial (López, 2007), contribuyó al desarrollo de la lógica informática tal y como la conocemos hoy: en 1950, Turing publicó en la revista *Mind* un artículo hoy celeberrimo titulado “Computing Machinery and Intelligence”, en el explicaba lo que se conocería pronto como “test de Turing”, es decir, la herramienta que permitirá el desarrollo de una inteligencia artificial inspirada en los patrones de funcionamiento del cerebro humano (Grassi, 2010). Unos años más tarde, en 1956, el científico estadounidense John McCarthy, con ocasión de la llamada Conferencia de Dartmouth, acuñó el término *Artificial Intelligence* (Inteligencia Artificial, IA), sugiriendo que sería pronto posible descifrar las diferentes funciones subyacentes a la mente humana para programar una máquina capaz de reproducirlas.

El profesor de informática Roberto Marmo, de la Universidad de Pavía (Italia), apunta, en su ensayo la diferencia que existe entre los vocablos “inteligencia” e “intelligence” en función de los diferentes ámbitos lingüísticos de uso: en su opinión, el primero, “inteligencia”, se refiere a la “capacidad del ser humano para adaptarse al entorno que lo rodea”, mientras que el segundo, “intelligence”, coherentemente con su etimología (cf. el latín *intelligo*, o *inter-legere*, que significa, propiamente, “leer a través de”) se configura como la capacidad de “elegir entre diferentes opciones y discernir opciones útiles entre muchas otras” (Marmo, 2020, p. 14-15). En otras palabras, en el idioma español la inteligencia puede entenderse como una capacidad intelectual, mientras que en el idioma inglés se le da más importancia a la comprensión de la información, lo cual es más fácilmente atribuible a una máquina. Por su parte, Marvin Minsky, uno de los padres de la IA, afirma que ésta es el resultado del trabajo grupal humano que intenta construir máquinas inteligentes y formular teorías sobre cómo funciona la mente humana (Antebi, 2021).

Es sabido que el sintagma “inteligencia artificial” no goza de una aceptación unánime: por un lado, parece inadecuado el uso del sustantivo, también a la luz del hecho evidente de que no se sabe todavía con precisión definir siquiera la inteligencia humana; por el otro, parece desafortunado el uso del adjetivo, que puede referirse a un objeto no natural y poco fiable (Marble, 2020).

En el artículo de García-Peñalvo *et al.* (2024) en el que se reflexiona sobre las ventajas e inconvenientes de la IA para evitar los sesgos propios de las posiciones extremistas sus autores sostienen que:

La IA genera contenido y sus modelos de lenguaje están entrenados para determinar qué elementos tienen más probabilidades de aparecer junto a otros. Para generar sus respuestas, evalúan grandes corpus de datos, lo que les permite satisfacer solicitudes con respuestas que están dentro de una cierta probabilidad para el corpus de entrenamiento, es decir, sin involucrar razonamiento, de modo que aunque la respuesta sea consistente, no implica que sea siempre correcta. (p. 7)

1.1.2. Un futuro esperanzador

Resulta innegable que la IA está hoy en día muy presente en nuestras vidas y está provocando numerosos cambios, tanto positivos como negativos, que afectan directamente a los derechos fundamentales de las personas (Ester-Sánchez, 2023). Estas transformaciones se han producido en un breve lapso de tiempo, especialmente durante el período de la pandemia y COVID-19. Esta tecnología (ya existente) afectó a múltiples ámbitos, beneficiando también a algunas actividades y a personas que se encontraban en dificultades en una situación de alto riesgo como el del encierro. El aislamiento provocó una serie de problemas muy complicados de resolver, como el parón de muchos puestos de trabajo, el cierre de museos, empresas, comercios y negocios que, según la Organización Internacional del Trabajo, afectaban a 24.7 millones de personas (Ilo, 2024).

La doctora peruana Zuloaga argumentaba que en el período de pandemia se vivió una “nueva normalidad” (Zuloaga, 2020, p. 201) en la que las personas tuvieron que aprender a reorganizar sus vidas, especialmente aquellas que vivían con alguna patología o discapacidad, al no poder recibir la misma asistencia que antes. Por ello, en este caso se pusieron a prueba algunas soluciones tecnológicas punteras como, por ejemplo, en el ámbito médico, para ayudar a los investigadores en el diseño una vacuna (Cascón, 2020).

Sin duda, la IA representa un gran paso adelante tanto desde el punto de vista tecnológico como cultural. Esta nueva era digital se compone de innumerables aplicaciones que contienen robótica e inteligencia artificial: ordenadores, algoritmos, mecanismos aplicados a la ciencia, la medicina, la botánica, la agricultura pero también al mundo de la accesibilidad. A día de hoy, la unión de la IA con la *computer vision* forma parte de un campo de estudio innovador, porque no concierne sólo al reconocimiento de objetos, personas, animales, imágenes o vídeos, sino a la extracción y reproducción de información a niveles cada vez más elevados de abstracción y comprensión. Es la capacidad de reconstruir un contexto en torno a la imagen, dándole significado (Viñarás-Abad *et al.*, 2023).

Estos algoritmos de visión por computadora pueden aprender y hacer predicciones a partir de una amplia gama de datos, lo que da como resultado un análisis visual más preciso y sólido (Gavat *et al.*, 2023). Su ámbito de aplicación es útil, por ejemplo, para ayudar a las personas ciegas a percibir mejor el mundo que les rodea.

Este tipo de tecnología se convierte en este caso en un tipo de asistencia tecnológica, que aunque no puede sustituir el trabajo del ser humano, facilita el proceso y si se implementa correctamente, puede ser de gran ayuda para personas con discapacidad en sus “rituales cotidianos”, como diría Goffman (1979). El reconocimiento de imágenes, la lectura de textos, la descripción de fotografías, las traducciones instantáneas o los asistentes de voz son avances importantes (Jungherr y Schroeder, 2023). Los sistemas de voz, como el nuevo ChatGPT4, son capaces de aprender y reconocer la pronunciación del hablante y traducir las palabras del usuario a un lenguaje claro en forma de mensajes de audio o de texto.

La Organización Mundial de la Salud ha declarado que aproximadamente 1.300 millones de personas, el 16% de la población mundial, están afectadas por una discapacidad (OMS, 2023), y que esta cifra está creciendo rápidamente. En este contexto, la IA ya ha traído cambios notables, pero promete provocar otros, cada vez más significativos. En 2023, el Parlamento Europeo se declaró a favor del uso de la IA en virtud de su capacidad para personalizar servicios y productos, haciéndolos más accesibles y duraderos (Parlamento Europeo, 2023).

En este contexto, cabe señalar dos conceptos importantes: por un lado, el de “frucción”, que se refiere a la facilidad de uso y a la eficiencia de un producto; por el otro, el de “accesibilidad”, que se refiere al hecho de que la tecnología se propone llegar a ser universalmente utilizable y agrupar diferentes necesidades. De hecho, la IA es una herramienta, por así decirlo, multifacética puesto que, para diseñarla, ha sido y es necesario tener en cuenta a una grandísima variedad de usuarios, entre las que ocupan un lugar importante las personas con discapacidad. Es evidente el hecho de que el haber tenido en cuenta desde las primeras etapas de su desarrollo el problema de la accesibilidad para personas con discapacidad visual, auditiva, motora o cognitiva, ha hecho de la IA un catalizador de investigación y desarrollo.

2. Objetivos

El uso de la IA en la práctica artística ha marcado un nuevo capítulo. Siempre se han buscado métodos alternativos para hacer el arte inclusivo y la utilización de la inteligencia artificial podría dar la oportunidad para que éste pudiera ser además interactivo y para una audiencia global. Gracias a la IA, la expresión artística se dirige a un espectro de personas mucho más amplio. El presente estudio se propone, por tanto, examinar y reconsiderar el papel de la IA en el contexto de la discapacidad en relación con el sector de las artes. El objetivo principal es explicar el funcionamiento de algunos instrumentos capaces de hacer del arte una realidad más accesible: más en concreto, el anillo Tooteko, el guante háptico del Proyecto Leontinka y los auriculares Deeptech. En este trabajo ha sido importante entender cómo la IA, en general, puede contribuir a crear más igualdad de oportunidades en el mundo del arte, razón por la cual la investigación se extiende también a las formas en que las nuevas tecnologías pueden transformar la experiencia de disfrutar del arte, haciendo que obras antes inaccesibles estén al alcance de un número más amplio de personas.

Aunque todavía estamos lejos del significado completo de la palabra "inclusión", estos avances tecnológicos representan un paso adelante hacia una mayor cohesión social. De momento también se están testando y comprobando en el ámbito artístico, para ayudar a personas con y sin discapacidad a enriquecer su experiencia artística. Evidentemente todo dependerá de la democratización de su uso. En la actualidad hay una discrepancia notable entre lo que existe en Europa y lo que llega a los países más pobres. El arte no debería tener limitaciones relacionadas con la raza, la región, el estado, el dinero o el partido político, y todavía queda un largo camino por recorrer en ese sentido.

3. Metodología

La inteligencia artificial es un campo sumamente amplio, por lo que en este estudio se decidió centrarse en nuevas tecnologías y herramientas generadas recientemente para valorar la relevancia de los últimos hallazgos en dicha área. Se consultaron numerosos artículos científicos con el fin de tener una visión global acerca de la IA y su empleo en el arte. Muchos de ellos sirvieron para aportar conocimientos generales, pero no aparecen en la bibliografía ya que, al tratarse de tecnologías emergentes, están en continua evolución y a pesar de su interés, algunas afirmaciones habían quedado obsoletas para el objeto de análisis. Por otro lado, se optó por revisar también artículos que no pertenecen a la literatura científica porque varias de las tecnologías mencionadas son tan recientes (como los auriculares Deeptech lanzados en marzo de 2024) que aún no existen prácticamente experimentos realizados o publicaciones en revistas indexadas a los que hacer referencia. Por esta razón, se acudió directamente a las fuentes originales responsables de la creación de estas nuevas tecnologías. Se tuvo acceso a artículos y documentación provenientes de las propias empresas responsables de dichas herramientas. Además, se hicieron entrevistas a diversos expertos para entender el funcionamiento de los distintos dispositivos y conocer cuáles fueron las pruebas de calidad realizadas y la respuesta de las personas con discapacidad al probarlos.

La metodología del trabajo tuvo tres diferentes fases de análisis cualitativo. En la primera etapa, de carácter exploratorio, además de la consulta documental ya referida anteriormente, se realizó un examen de los estudios llevados a cabo por laboratorios de investigación de empresas de renombre mundial, como, por ejemplo, Open Ai, Microsoft y Google. La segunda, en cambio, se centró en un análisis empírico en el que han participado varios expertos del sector como Daniel Cucharero, centrado en impresión 3D; Fabio D'Agnano, profesor italiano en la Universidad de Bristol (UK), experto en arquitectura digital; el equipo responsable de Toteeko, *start up* italiana que creó por primera vez en Italia un anillo sensorial para que las personas con discapacidad visual pudieran tocar obras de arte; Miriam Rodríguez, investigadora de la Universidad de Burgos, especializada en modelos 3D para tiflodidáctica (didáctica adaptada a las personas con discapacidad); Johnny Javier Yépez Figueroa, investigador predoctoral de la Universidad Carlos III de Madrid que, trabajando con un equipo de investigación, liderado por Edwin Daniel Oña y Alberto Jardón, ha construido el circuito eléctrico para uno de los primeros guantes hápticos de España; la Fundación Leontinka de Praga, la cual colaboró con el Museo de Praga ofreciendo la posibilidad de utilizar el guante sensorial (o háptico) junto con la realidad virtual para poder tocar esculturas que antes eran inaccesibles para personas con discapacidad; y finalmente, Mireia Rodríguez, guía y personal técnico del Museo Tiflológico de la ONCE, situado en Madrid.

La razón por la que se eligió a estas personas dependió de una investigación previa que se realizó para saber quiénes habían utilizado estas herramientas, si había museos que hubieran iniciado un trabajo de inclusión, pero, sobre todo, para confirmar en qué medida estas herramientas habían podido ser implementadas. Después de explicar el *machine learning*, el *deep learning* y la *computer vision*, respondieron a preguntas acerca del funcionamiento de diferentes soportes tecnológicos, entre los cuales cabe destacar los guantes y los anillos inteligentes, dotados de sensores NFC (*Near Field Communication*) que permiten a personas ciegas tocar obras de arte o impresiones 3D con el auxilio de una voz-guía. Las preguntas que se hicieron fueron las mismas para todos los expertos, con algunas variables relacionadas con diversas discapacidades:

- ¿Cómo surgió la idea?
- ¿Cuál es el historial del dispositivo (anillo/guante/impresora)?
- ¿Para qué sirve? ¿Cómo funciona?
- ¿Hubo algún problema con los costes de producción? ¿Fue difícil distribuir el producto?
- ¿Habéis creado eventos y jornadas inclusivas para facilitar el acceso a museos y salas de exposiciones a personas con discapacidad?
- ¿Fue útil esta herramienta para los usuarios?
- ¿Cómo se sintieron los participantes? ¿Cuál ha sido su respuesta?

De esta forma, ha sido posible evaluar los diferentes beneficios que la IA y las mecánicas de programación pueden aportar al mundo de la diversidad, analizando el funcionamiento de los sistemas, con especial atención a los costes de producción y venta. Finalmente, la tercera fase ha consistido en evaluar los datos recabados con el fin de extraer resultados y conclusiones pertinentes.

Conviene subrayar que el examen se ha centrado no sólo en los aspectos técnicos y funcionales de los dispositivos, sino, sobre todo, en los beneficios concretos que éstos pueden aportar al mundo de las discapacidades, facilitando el acceso a las obras de arte y a los servicios.

4. Análisis de datos y resultados

4.1. El anillo Tooteko

En un encuentro *online* mantenido con él el 27 de marzo de 2024, Fabio D’Agnano, Profesor del Centre for Fine Print Research de la UWE University de Bristol, explicó cómo se fundó, en colaboración con Serena Ruffato, Cristiano D’Angelo, Gilda Lombardi y Deborah Tramentozzi, la *startup* italiana Tooteko. Ésta pretende conseguir la accesibilidad del arte por parte de personas ciegas o con discapacidad visual mediante el uso de un anillo que conecta tacto y sonido (Poli, 2018). Fue Serena Ruffato quien empezó a interesarse por las posibilidades ofrecidas por la impresión 3D a las personas ciegas. Después de una profunda reflexión, se llegó a la conclusión de que sería mejor aunar el tacto y el oído en un mismo aparato tecnológico. En palabras de D’Agnano:

En aquel momento [en Italia] no existía un mapa de audio táctil, por lo que decidimos abrir nuestra *startup*. Tras ganar premios, nos topamos con varios problemas, como la financiación para realizar la investigación y, posteriormente, el bajo número de solicitudes. Y es una pena porque todo depende del museo. A nuestros visitantes les encantó la idea de poder ser independientes (D’Agnano, comunicación personal, 27 de marzo de 2024).

En el mes de marzo de 2017, se presentó *Art For the Blind*, un proyecto experimental diseñado para el acceso de personas invidentes al Museo del Ara Pacis de Roma. Corazón del proyecto es un anillo cuya primera aparición tuvo lugar en el Museo Nacional de Arqueología del Mar de Caorle (Venecia), con ocasión de una exposición dedicada a la historia del bergantín de dos mástiles Mercurio (Nisi, 2018). Se trata de dispositivo compuesto por sensores NFC que se coloca en el dedo. El anillo está proyectado aprovechando una tecnología “capaz de poner en comunicación dos dispositivos, situados a poca distancia entre sí, de forma inalámbrica” (Aranzulla, s.f., párr. 4). Dichos sensores se encuentran en soportes compatibles, como tarjetas de crédito, *smartphones*, *tablets* o dispositivos *Bluetooth*, y “llevan un chip integrado capaz de ofrecer este tipo de conexión” (Aranzulla, s.f., párr. 6). Además, también es posible

encontrar en el mercado “SIM y microSD con chips NFC, útiles para preparar dispositivos que no están equipados de forma nativa para este tipo de conexión” (Aranzulla, s.f., apdo. 7).

El anillo lee información relacionada con la obra en cuestión en una réplica tangible de la misma, por lo que cuando tocas un punto del objeto, el ID envía la información vía Bluetooth al teléfono. [...] También puedes elegir idiomas, según tu nacionalidad o preferencia (D'Agnano, comunicación personal, 27 de marzo de 2024).

Esta tecnología, con la misma base y los mismos chips, combinada con la realidad virtual o aumentada, permite tocar estatuas, pinturas y obras diversas que se encuentran en los museos, a distancia, porque permiten “acceder a una dimensión virtual” (Tooteko, s.f. párr. 1), gracias a los sensores de presión colocados en el dedo.

Figura 1.

Anillo sensorial Tooteko.



Fuente: Living Corriere (2017).

La *computer vision*, o visión artificial, siempre ha sido parte del campo de la inteligencia artificial y permite a los ordenadores y otros sistemas “obtener información significativa a partir de imágenes digitales, videos y otras entradas visuales. Si la IA les permite a los ordenadores pensar, la visión por computadora les permite ver” (Computer vision, s.f., párr. 4). El funcionamiento de dicha tecnología es análogo al de la vista humana, si bien es innegable que los humanos tienen una gran ventaja: su experiencia visual se desarrolla a lo largo de muchos años, lo cual les permite aprender a distinguir objetos. Es posible que también las máquinas realicen esta función, pero, para conseguirlo, necesitan emplear “algoritmos programados y no retinas, corteza visual y nervios ópticos” (Computer Vision, s. f., párr. 4).

4.2. El guante háptico

El guante táctil (del griego *háptō*, relativo al tacto) es un dispositivo portátil que puede mapear el movimiento de los dedos dentro de una dimensión virtual, simulando sensaciones verdaderamente táctiles que se sienten al tocar un objeto. Todo esto funciona gracias a un visor que reconoce el objeto y es capaz de dar una respuesta que se percibe en los dedos de una mano, llevando al cerebro a una conciencia inducida no real que se reconoce como posible con relación al contacto de la mano con el objeto mismo (Perret y Vander, 2018).

Los seres humanos dependemos de nuestros sentidos, incluidos la vista, el oído y el tacto, por lo que la retroalimentación físico-táctil, en particular, juega un papel fundamental en el aprendizaje, el movimiento, la comunicación y el medio ambiente (Luo *et al.*, 2024). A medida que la tecnología continúa evolucionando y aumentan los escenarios más complejos, existe una creciente necesidad de “aprovechar estas experiencias táctiles y físicas para enriquecer las interacciones mediadas por la tecnología entre humanos y entre humanos y máquinas” (Luo *et al.*, 2024, p. 2).

Se ha tenido acceso a un estudio que se está desarrollando actualmente que ha demostrado que este guante también se puede utilizar con fines médicos para algunos tratamientos personalizados. Los profesores Edwin Daniel Oña y Alberto Jardón, de la Universidad Carlos III de Madrid, trabajan en un ambicioso proyecto para lograr un guante háptico con fines rehabilitadores. Como explica Johnny Javier Yépez Figueroa, investigador de dicha universidad y parte del grupo de investigación:

Estamos utilizando el guante para rehabilitación médica, mediante interacción física cognitiva a través del ejercicio box and blocks test (BBT), un tipo de ejercicio para evaluar la destreza de las manos en pacientes con lesiones cerebrales (como accidentes cerebrovasculares/ictus), y que es funcional para su rehabilitación. (Yépez Figueroa, comunicación personal, 10 de mayo de 2024)

La mencionada herramienta también se ha adaptado al ámbito artístico y fue utilizada por la Fundación Leontinka de Praga durante una jornada de inclusión para hacer más accesible el arte museístico a las personas invidentes mediante el empleo de guantes táctiles de realidad virtual para tocar las esculturas.

No son pocos los museos y las asociaciones que participan en nuevos proyectos de accesibilidad. A partir de los datos recogidos y de las comunicaciones intercambiadas directamente con la Fundación Leontinka de Praga, se ha tenido la oportunidad de saber cómo funciona el guante, dotado de las mismas funciones que el anillo de Tooteko, es decir, equipado con sensores de presión que, en conexión con un sistema de realidad virtual, permite a las personas ciegas percibir y ver el arte mediante el tacto.

Como explicó el artista César Delgado, durante un encuentro personal mantenido en su casa:

El arte háptico o táctil es un conjunto de sensaciones que no son visuales, sino que dependen del individuo y su experiencia de recibir información. Este complejo sistema de procesamiento de datos mediante la acción de tocar es evidentemente utilizado por las personas ciegas para relacionarse con el mundo exterior. (Delgado, comunicación personal, 3 de mayo de 2024)

El museo de Praga, junto con la Fundación Leontinka y la empresa NeuroDigital, ha trabajado en el desarrollo del arte háptico con guantes táctiles de realidad virtual capaces de devolver al usuario la experiencia de tocar unas esculturas: en particular, la Venus de Milo conservada en el Museo del Louvre, la cabeza de Nefertiti conservada en el Neues Museum de Berlín y el David de Michelangelo conservado en la Galleria dell'Accademia de Florencia. Como explicaron:

Este evento fue creado en la Galería Nacional de Praga para permitir a los visitantes con discapacidad visual experimentar el arte escultórico. Nuestra campaña *Touching Masterpieces* utiliza guantes táctiles con actuadores vibrotáctiles incorporados que envían vibraciones que activan receptores de presión en el sistema sensorial somático del usuario. (Fundación Leontinka, comunicación personal, 25 de marzo, 2024)

Figura 2.

Escultura de Nefertiti con experiencia VR, Proyecto Fundación Leontinka.



Fuente: Campaign (2018).

El proyecto, denominado *Touching Masterpieces*, utiliza un diseño que ofrece accesibilidad digital al arte, porque “estimula respuestas táctiles utilizando tecnología multifrecuencia” es decir, “actuadores vibrotáctiles” incorporados a los guantes capaces de enviar “vibraciones que activan receptores de presión en el sistema sensorial somático del usuario” (Springwise, 2019, párr. 2). Para crear dicha experiencia, se utilizan láseres de lectura y para crear el escaneo se emplean modelos 3D en un espacio virtual. El portador del guante percibe así sensaciones diferentes en función de la forma y de la estructura de los objetos (Springwise, 2019).

Gracias a los modelos tridimensionales creados con una cámara de 360°, se pueden dibujar recorridos virtuales aprovechando la realidad aumentada y digitalizando cualquier tipo de espacio. Como ha explicado el director y diseñador Daniel Cucharero en un encuentro personal:

Es posible digitalizar cualquier tipo de espacio. Por ejemplo, en un espacio cerrado (hoteles, apartamentos, teatros o museos) se utiliza una cámara panorámica que permite crear un gemelo digital, es decir, una copia real de un lugar real. Se crea una copia virtual del espacio físico exacto, con dimensiones precisas para que puedan actualizarse rápidamente. Mientras que, cuando se trata de espacios exteriores, como el escaneo a pequeña escala de una catedral, se utilizan drones y, posteriormente, la imagen del video se descarga e imprime en 3D. (Cucharero, comunicación personal, 11 de abril 2024)

Dicha construcción espacial se lleva a cabo a través de *software* dedicado, como InTinker, que utiliza IA para facilitar la calibración de la impresión 3D, es decir, asegura que la impresora esté configurada correctamente y que, gracias a ello, la primera capa de material “sea adherente y uniforme a la superficie de impresión” (InTinker, s.f.).

El *software* también permite hacer un *render* del modelo 3D, es decir, la generación de una imagen a partir de la descripción matemática de una escena tridimensional cuyos algoritmos definen los colores en cada punto de la imagen (Tecnica, 2023). Por lo tanto, es posible crear pares digitales en 3D, garantizando el ajuste de color y el balance de blancos. Análogamente, algunos programas parten de planos de planta en 2D para tener una perspectiva distinta.

4.3. Los auriculares Deeptech

El Museo ONCE de Madrid es uno de los pocos museos tiflológicos inclusivos, diseñado y construido para crear un ambiente confortable, intentando dar acceso a diversos tipos de discapacidad, también la motora o la auditiva. Hubo la oportunidad no sólo de hablar con los responsables del museo, sino también de participar en una visita guiada que explicaba cómo funcionaba el arte tiflológico. Los ascensores aptos para sillas de ruedas están ubicados en la entrada del museo e incorporan braille en todas partes, desde botones, guías táctiles, explicaciones de las obras de arte hasta modelos a escala. Como explicó Mireia Rodríguez, guía y técnica del museo de Madrid:

En un futuro próximo tendremos el primer modelo a escala que contenga inteligencia artificial, de modo que pueda traducir lo que se escucha a múltiples idiomas, incluida la lengua de signos. (Rodríguez, comunicación personal, 16 de marzo 2024)

Casi el 10% de la población de la UE es sorda o tiene problemas de audición. Esto supone que 1 de cada 10 ciudadanos tiene dificultades para realizar actividades cotidianas como mantener una conversación, ir a clase o escuchar las noticias. El 29 de marzo de 2024, la Comisión Europea emitió un comunicado en el que declaraba que estaban probando soluciones aiD (IA para personas con patologías relacionadas con la audición) y que algunas se estaban testando e implementando durante un programa piloto, que incluía el uso de aiD, soluciones con servicio de noticias, durante videoconferencias, con servicio de repetición automática para emergencias y como tutor digital interactivo (Comisión Europea, 2024).

Las grandes empresas llevan varios años trabajando en técnicas de vanguardia, como la nueva *startup* creada por Jason Rugolo, inventor y diseñador de Deeptech, fundador y director ejecutivo de Iyo y exdirector del programa ARPA-E en Google X, que ha desarrollado una plataforma para “completar el lenguaje natural, con una interfaz de usuario sin pantalla” (Rugolo, 2024, párr. 1).

Figura 3.

Jason Rugolo con auriculares.



Fuente: TedTalk (2024).

Los nuevos auriculares inteligentes, definidos como computadoras de audio, presentados en el TedTalk 2024, muestran un escenario sorprendente. El trabajo ha durado seis años, en un intento constante de humanizar al máximo las funciones del aparato, incluido el asistente de voz (Iyo, s.f.). En la presentación de los auriculares, los asistentes pudieron escuchar una voz muy fluida, sin apariencia robótica, a la cual el mismo Rugolo pidió leer el primer mensaje de su WhatsApp: el asistente de voz lo leyó fácilmente, accediendo al teléfono y captando cada comando, sin necesidad de repetición alguna.

Figura 4.

Jason Rugolo estrenando los auriculares Audio computer.



Fuente: TedTalk (2024).

En una simulación posterior, grabada en un vídeo disponible online, es posible ver a dos personas sentadas que mantienen una conversación sin saber que el usuario de los auriculares, gracias a la función que permite aislar los ruidos de fondo y también la voz de uno de los dos interlocutores, los escucha perfectamente, incluso sin conocer su lengua, ayudado en esto por el traductor instantáneo incorporado (en la simulación se eligió el español) (Video TedTalk, 2024).

4.4. *Mirando al futuro*

Ante el potencial de los dispositivos descritos, se están implementando nuevos asistentes virtuales dotados de funciones de reconocimiento vocal y traducción instantánea, para que puedan servir como guías o traductores en museos o incluso como apoyo en tiempo real a personas con problemas de audición o visión. Por poner un ejemplo, OpenAi ha lanzado recientemente la última versión de su Chat-Gpt, el Chat-GPT 4, en la que se integran la función de interpretación de imágenes, mediante el programa Dall-E, y un nivel avanzado de procesamiento de texto, sonido, imagen y audio capaz de responder con un retraso medio de pocos milisegundos (OpenAi, s.f.).

Análogamente, el asistente virtual que se incluirá en la nueva actualización de iPhone iOS 18 prevista para el mes de septiembre de 2024, también podrá ayudar a personas ciegas o con discapacidad visual en muchas actividades de la vida diaria. Más en concreto, gracias a la labor de la *startup* danesa Be My Eyes, dicho asistente utiliza la entrada de GPT-4 en la vista previa de búsqueda generando un contexto de comprensión análogo al que podría generar un voluntario humano (OpenAi, s.f.).

4.5. Compendio de resultados

En la tabla de la Figura 5 se resumen los datos recogidos durante la investigación. Se ha estimado un nivel de eficiencia que oscila del cero al cinco (números dispuestos a la izquierda), en el que el 0 simboliza el número más bajo, por tanto, resulta de poca ayuda, y el 5 el número más elevado para cuestiones relacionadas no sólo con el mundo de la accesibilidad artística, sino que aporta un plus para la vida diaria de los usuarios.

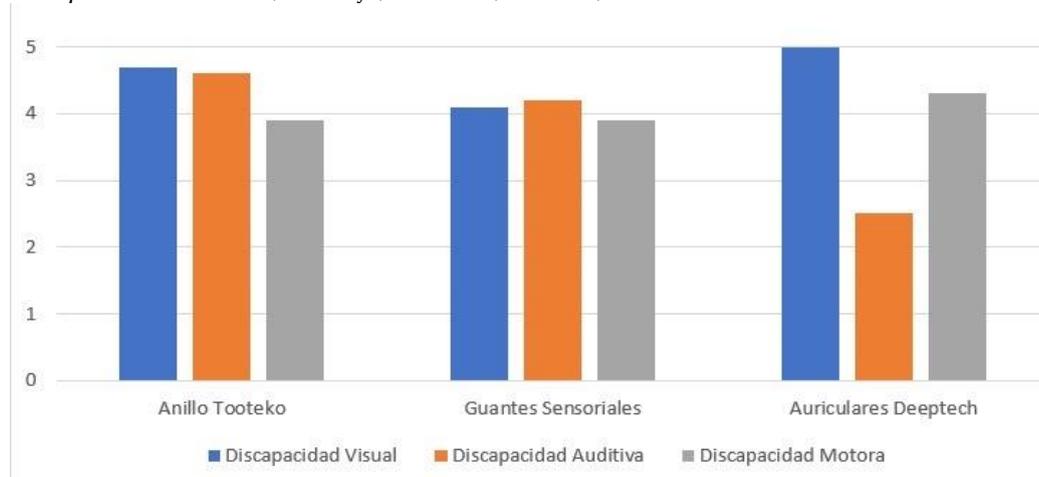
En 2023, el Real Patronato sobre Discapacidad, publicó un informe titulado *Estudio del impacto de la Inteligencia Artificial en los derechos de las personas con discapacidad*, junto con el Gobierno de España, el Ministerio de Derechos Sociales y la Agenda 2030, en el que se catalogaban diversas discapacidades mediante una encuesta *online* a 864 personas con diferentes tipos de diversidad, “garantizando la representatividad en variables relevantes: tipo de discapacidad, género y edad”. Según dicho texto “su experiencia en la utilización de las tecnologías objeto de análisis se constituye como pilar y fundamento para el desarrollo de nuevos sistemas y adaptaciones que legitimen su utilización en condiciones de equidad y no discriminación” (Real Patronato sobre Discapacidad, 2023, p. 84). El informe afirma además que:

La caracterización de la muestra aleatoria se ajusta en líneas generales a las principales variables sociodemográficas del colectivo de personas con discapacidad. No obstante, se identifican ciertas excepciones que conviene señalar. (Real Patronato sobre Discapacidad, 2023, p. 85)

Para catalogar la multitud de discapacidades que existen hoy en el mundo, dicho informe distingue entre distintos tipos de diversidad: física, visual, auditiva, intelectual y psicosocial (Real Patronato sobre Discapacidad, 2023, p. 89). Esta clasificación es relevante, pero se decidió prescindir, para el análisis de este estudio, de los dos últimos tipos de discapacidad respondiendo a la funcionalidad de las tecnologías analizadas y al tipo de usuario al que van dirigidas. Estas herramientas han sido diseñadas para apoyar y fomentar la inclusión de grupos minoritarios con estas diversidades específicas (visual, auditiva y motora o física) y la evaluación de los datos obtenidos, en su variable vinculada a esta investigación, es el resultado de un valor conjunto que nace de las respuestas generosamente compartidas por los entrevistados (científicos e inventores), y de la recopilación de información suministrada de las distintas jornadas y eventos de inclusión (entre los que destacan *El día en el Museo Ara Pacis de Roma*).

Figura 5.

Gráfico de nivel de eficiencia de los dispositivos tecnológicos para la accesibilidad según el tipo de discapacidad, desde 0 (más bajo) hasta 5 (más alto).



Fuente: Elaboración propia (2024).

El anillo de la *startup* Tooteko ha alcanzado un nivel de eficiencia de 4,7 en el ámbito de la diversidad visual, un 4,6 en discapacidad auditiva y un 3,9 en discapacidad motora. Éste es capaz de hacer percibir estímulos táctiles a través de las vibraciones que llegan a la mano y que se propagan a lo largo del sistema nervioso, incluso sin poder ver ni oír. Ha demostrado ser una excelente herramienta de uso artístico que ha tenido gran éxito en Italia. Por el contrario, en lo que respecta a la diversidad motora, no es muy eficaz si la persona en cuestión padece tetraplegia, en cuyo caso no sería capaz de percibir la obra de arte mediante el tacto. Por el contrario, si fuera una persona con diversidad visual y algún problema de paraplejía podría percibirlo, por ello el dato recogido es de 3,9, considerando los distintos tipos de discapacidad motora.

Ha obtenido una valoración similar el guante sensorial utilizado por la Fundación Leontinka en el museo de Praga, que ha alcanzado un nivel de eficiencia de 4,1 para la diversidad visual, 4,2 para la diversidad auditiva y 3,9 para la diversidad motora. Las dos primeras cifras se adjudican ligeramente por debajo del anillo Tooteko, debido a cuestiones relacionadas con la financiación. El guante, como se explicó anteriormente, tiene las mismas características que el anillo, los mismos sensores NFC, vibraciones incorporadas, incluida realidad virtual. El problema es que se trata de una tecnología poco conocida, no disponible a gran escala, por lo que no es fácil de encontrar en museos, galerías u otras estructuras. Hay organismos y grupos de investigación que todavía están trabajando para construirlo y utilizarlo, incluso con fines médicos y de rehabilitación. No se puede negar que en el futuro podría estar más presente en otras partes del mundo, en especial en Europa.

El tercer y último resultado evalúa los auriculares Deeptech, específicamente de la *startup* Iyo, con Jason Rugolo como CEO. Los auriculares inteligentes han llegado a un nivel de satisfacción del 5, por lo que son los únicos que han alcanzado el máximo en el ámbito de la discapacidad visual, 2,5 en discapacidad auditiva y 4,3 en discapacidad motora. En cuanto a la primera diversidad, el dispositivo alcanza el primer lugar porque no sólo permite escuchar la descripción en los auriculares en tiempo real, sino que es capaz de traducir instantáneamente una conversación, o explicación en diversos idiomas, evitando tener que descargar previamente una aplicación específica. Si se conecta con otras herramientas es capaz de guiar, convirtiéndose en un asistente personal inteligente, que ayuda a una persona

a ubicarse en un espacio externo. En el ámbito auditivo, sin embargo, no es muy útil, pero aun así obtiene una puntuación de 2,5, ya que en las distintas escalas de disfunción auditiva, para los que pueden oír poco o, por el contrario, para los que tienen un oído sensible debido, por ejemplo, a los acúfenos, consigue anular la onda sonora perturbadora (que es la que molesta a la persona con acúfenos) quedando en una única onda sonora de un decibelio soportable. Por lo que tiene que ver con la última discapacidad, la motora, los auriculares se vuelven muy útiles incluso como asistente virtual, capaces incluso de llamar a los servicios de emergencia.

5. Discusión

Los sistemas tecnológicos avanzados, si bien ofrecen un potencial considerable, chocan con una realidad económica compleja debido al alto coste de producción, sobre todo porque en el contexto en el que deben implementarse (como museos, instalaciones médicas, pequeñas empresas, etc.) la demanda sigue siendo muy limitada. Es un círculo vicioso difícil de romper porque los precios desalientan la adopción a gran escala y, por tanto, su escasa difusión no permite a las empresas emprendedoras abaratar costes. Los museos, aunque no todos, a menudo se ven en dificultad debido a presupuestos reducidos que no les permiten justificar una compra tan importante, por prometedora que sea, y no se atreven a asumir costes elevados, especialmente en ausencia de un retorno real de la inversión.

Tomando a OpenAi como ejemplo, sus productos han alcanzado ahora un nivel increíble de eficiencia y la fluidez de sus herramientas crea una ilusión de simplicidad detrás de la cual se esconde una enorme complejidad de trabajo: equipos de ingenieros y científicos trabajan todos los días para perfeccionar los algoritmos y optimizar el rendimiento. Se estima que OpenAi invierte alrededor de 3 millones de dólares al día sólo para mantener su IA en funcionamiento. En el sitio web *The Information* se revela que en 2022 OpenAi perdió alrededor de 540 millones de dólares, al igual que Microsoft perdió 20 dólares por usuario. Esto implica una discrepancia flagrante entre la percepción pública y la economía que respalda las tecnologías: los usuarios pueden interactuar con facilidad sin darse cuenta de que todo esto no sería posible sin una gran cantidad de capital.

Para poder aprovechar los nuevos auriculares inteligentes de Iyo, habría que gastar 700 dólares, por lo que este producto se sitúa en una gama más o menos alta del mercado, pero no demasiado fuera del alcance de muchos. En este caso cabría preguntarse si el precio merece la pena y sobre todo si las novedades justifican el gasto, o si, en cambio, se trata de un simple objeto de lujo. Para quienes padecen alguna patología o discapacidad esta inversión es adecuada si se dispone de esta cantidad, porque, aunque sea cierto que la inversión es elevada, no cabe duda de que su vida diaria se verá enormemente beneficiada.

Considerar correcta esta forma de operar, según la cual el elemento económico prima sobre la conveniencia social, es un error: sería simplista explicar que el mercado tecnológico es altamente volátil, porque hay que considerar el aspecto prioritario, es decir, el de la accesibilidad a todo tipo de público. Este proceso promueve la inclusión social de un número cada vez mayor de personas antaño excluidas, de manera que sería realmente injusto privar a éstas de una ayuda tecnológica debido a cálculos económicos muchas veces indebidos.

Uno de los debates más encendidos de los últimos tiempos gira en torno a la autoría de la obra de arte creada por IA, y se discute sobre a quién pertenece, si a la máquina o al hombre. Ciertamente, dichas creaciones son siempre reproducciones, sean fruto de un hombre o de una máquina. Ya que se trata de una copia, una segunda o múltiples reproducciones, Walter Benjamin explica en su ensayo de 1936 la importancia y la imposibilidad de reproducir una

obra de arte porque ésta es siempre única y auténtica. El *hic et nunc* (el aquí y el ahora) se sitúa en la tradición del patrimonio cultural, y el concepto de “aura” con relación a la obra de arte para el filósofo es esencial. Para Benjamin, la fotografía y el cine no entraban dentro del estatus de arte ya que las innumerables copias y sus medios de “reproductibilidad” están desprovistos de esa característica particular, de ese *quid singular* que no permiten alejar la obra del usuario ya que perdería su herencia sagrada (Benjamin, 1936).

Por tanto, el principal problema de la inteligencia artificial es el siguiente: recrea, pero no inventa, agrupa ideas y conceptos pero crea algo que no es ni nuevo ni original. Siendo una copia, ¿qué ofrece a quienes forman parte de un grupo minoritario? ¿Cómo puede una persona ciega acceder al mundo del arte y tocar un cuadro, aunque sea una copia, de tal manera que también pueda beneficiarse de un derecho que en principio le corresponde?

Aunque la teoría de Walter Benjamin es ciertamente importante, en este caso se aplica la regla contraria: cada tono, corte, perspectiva o color, diferente o igual a los demás, tiene algo nuevo y siempre ofrece una experiencia distinta pero repetible. En el caso de una persona con discapacidad visual, no tiene la posibilidad de ver un cuadro con sus propios ojos, pero mediante la creación de una copia, esta última se vuelve original para él, por lo que automáticamente se transforma en una copia “original” que le ofrece la posibilidad de ver el cuadro a través del tacto de sus manos. De esta experiencia se obtienen sensaciones distintas, con muchos matices, como debe ser el mundo del arte, colorido y multifacético.

6. Conclusiones

El estudio realizado ha revelado una realidad compleja, especialmente en el ámbito de la inclusión social y de la igualdad, presentando una situación en la que el progreso tecnológico y los desafíos sociales se entrelazan de manera intrincada. Las conclusiones extraídas del estudio confirman la persistencia de cuestiones críticas en el proceso de inclusión, persistencia determinada por un doble escenario: por un lado, herramientas cada vez más inteligentes, que ofrecen también posibilidades de asistencia que hace unos años habrían sido impensables. Dichas herramientas no se limitan a un solo sector, sino que se abren camino en un amplio abanico de campos, de la medicina a la educación, del arte a la vida cotidiana. Sin embargo, este rápido ascenso de las nuevas tecnologías choca con una realidad social que no puede o no quiere seguir su ritmo y que sigue ampliando la brecha entre los grupos sociales, repudiando la idea de implementación y accesibilidad para todos.

De la consulta de distintos artículos científicos y de entrevistas dirigidas a diferentes expertos, se ha evidenciado una nota crítica respecto a la puesta a disposición y adquisición de nuevos productos por parte de numerosos museos, estructuras y empresas. Frente a un éxito como el del proyecto del Ara Pacis de Roma, que incluía el anillo Tooteko, es preciso constatar la dificultad de la mayoría de los museos a la hora de asumir los costes de operaciones de puesta al día: nos enfrentamos así a una realidad que viaja a dos velocidades distintas debido a los límites presupuestarios, a los pocos fondos que recauda el gobierno y a algunas cuestiones políticas. Los museos, en numerosas ocasiones, se ven obligados a decidir si optar por restaurar una obra de arte o instalar un sistema inteligente avanzado. En el caso de comercios y empresas, no siempre se garantiza la distribución total del producto a gran escala, por sus elevados costes o por encontrarse en fase de investigación. Algunas empresas y negocios, como OpenAi e Iyo, han creado auriculares, chatbots, sistemas electrónicos y asistentes virtuales que consiguen llegar a una porción muy amplia de la población, empezando así a facilitar el disfrute artístico también por parte de personas con discapacidades diversas.

Para concluir, se cree oportuno recordar que, si los contextos muestran constantemente a ciertos grupos en posiciones de desventaja o marginalidad, se debe considerar esta situación como normal o inevitable. En esta perspectiva, un concepto como el de “contaminación visual” usado en el ámbito sociológico, se refiere a un imaginario que funciona como base para la legitimación social de la discriminación que afecta a grupos minoritarios. En este sentido, dicho imaginario puede definirse como verdaderamente sostenible cuando no representa sólo los intereses de las clases dominantes, sino que es capaz de dar voz a las minorías.

7. Referencias

- Antebi, L. (2021). What is Artificial Intelligence? In *Artificial Intelligence and National Security in Israel* (pp. 31-40). Institute for National Security Studies. <https://bit.ly/4feqGb6>
- Aranzulla, S. (s.f.). *Come funziona NFC*. <https://bit.ly/3RXWJSP>
- Benjamin, W. (1936). *La obra de arte en su reproductibilidad técnica*. Alianza Editorial.
- Braccini, M. (2013). *Intelligenza artificiale: test di Turing e alcune questioni filosofiche*. Alma Mater Studiorum, Università di Bologna.
- Cascón-Katchadourian, J. D. (2020). Tecnologías para luchar contra la pandemia Covid-19: geolocalización, rastreo, big data, SIG, inteligencia artificial y privacidad. *Profesional de la información*, 29(4). <https://bit.ly/3ygbXf2>
- Comisión Europea. (29 marzo de 2024). *Soluzioni di intelligenza artificiale per non udenti e audiolesi*. CORDIS European Commission. <https://bit.ly/4cXdsy8>
- SAP (s.f.). *Cosa sono i Big Data? Analisi avanzata Big Data*. <https://bit.ly/4bzphZB>
- Del Pozo, P. B. (1998). La era de la información: economía, sociedad y cultura (vol. III). *Estudios humanísticos. Geografía, historia y arte*, 20, 347-348. <https://bit.ly/4cTuzAA>
- Ester-Sánchez, A.T. (2023). El desafío de la Inteligencia Artificial a la vigencia de los derechos fundamentales. *Cuadernos Electrónicos De Filosofía Del Derecho*, 48, 111-139. <https://bit.ly/4ddT7Ea>
- Galli, C. (2011). *All'insegna del Leviatano. Potenza e Destino del Progetto Politico Moderno* Bur. <https://bit.ly/4eR25sP>
- García-Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F. y Vidal, J. (2024). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9-39.
- Gavat, I., Griparis, A. y Segarceanu, S. (2023). Natural language processing in assistive technologies. *The Romanian Journal of Technical Sciences. Applied Mechanics*, 68(2-3), 129-140.
- Grassi, R., Pinto, G., Guglielmi, G., Siani, A. y Ettore, G. C. (2010). L'intelligenza artificiale. In *Elementi di informatica in diagnostica per immagini* (pp. 197-210). https://doi.org/10.1007/978-88-470-1667-5_16

- Helvey, T.C. (1971). *The age of Information: An Interdisciplinary Survey of Cybernetics*. Educational Technology Pubns.
- IBM. (s. f.). *What is Computer Vision?* <https://ibm.co/4c2U3uo>
- Ilo. (1 febrero de 2024). *COVID-19 e mondo del lavoro*. International Labour Organization. <https://bit.ly/3LBO2Km>
- Iyo. (s.f.). <https://iyo.audio>
- InTinker (s.f.). <https://bit.ly/4ficcXV>
- Jungherr, A. y Schroeder, R. (2023). Artificial intelligence and the public arena. *Communication Theory*, 33(2-3), 164-173. <https://bit.ly/3WwbHlz>
- López, C. L. y Meseguer, P. (2007). *Inteligencia artificial*. Escuela Politécnica Superior, Universidad CEU San Pablo.
- Luo, Y., Liu, C., Lee, Y. J., Del Preto, J., Wu, K., Foshey, M. y Matusik, W. (2024). Adaptive tactile interaction transfer via digitally embroidered smart gloves. *Nature communications*, 15(1), 868.
- Marmo, R. (2020). *Algoritmi per l'intelligenza artificiale: Progettazione dell'algoritmo-Dati e Machine Learning-Neural Network-Deep Learning*. Hoepli Editore.
- Mugnai, M. (2016). Leibniz e la logica. *Matematica, Cultura e Società. Rivista dell'Unione Matematica Italiana*, 1(3), 241-257. <https://bit.ly/4fdYViO>
- Nisi, A. (11 de agosto de 2018). Tooteko, la startup italiana che mostra le opere d'arte ai non vedenti. AGI. <https://bit.ly/3xMrxiu>
- Organización Mundial de la Salud OMS. (7 marzo de 2023). *Disability*. <https://bit.ly/4bInodj>
- OpenAI. (s.f.). *Chatgpt4 OpenAi*. <https://bit.ly/3YeWPsZ>
- Parlamento Europeo. (28 de junio de 2023). *Inteligencia artificial: oportunidades y desafíos*. <https://bit.ly/3Wf08zc>
- Perret, J. y Vander Poorten, E. (2018). Commercial haptic gloves. In *Proceedings of the 15th Annual EuroVR Conference* (pp. 39-48). VTT Technology.
- Poli, V. (2 de septiembre de 2018). Tooteko, la start-up che rende l'arte accessibile. *Artribune*. <https://bit.ly/3VY0FEg>
- Real Patronato sobre Discapacidad. (2023). Estudio del impacto de la inteligencia artificial en los derechos de las personas con discapacidad. <https://bit.ly/3H70zTC>
- Rugolo, J. (2024). *Jason Rugolo. Speaker. TED*. TED Talks. <https://bit.ly/3Y46Rxc>
- Rugolo, J. (2024). *Welcome to the world of audio computers* [Video]. TED Talks. <https://bit.ly/3LgdOn2>

Tecnica, R. (27 de septiembre de 2023). *Rendering, cos'è e quali sono i suoi vantaggi*. BibLus. <https://bit.ly/4d96Dji>

Tonioni, F. (2013). *Psicopatologia web-mediata*. Springer Milan, pp. 141-169.

Tooteko (s.f.). *Talking Tactile*. <https://bit.ly/3Weclmq>

Villa, P. A. V. (2019). Matemática, filosofía y pensamiento simbólico en Leibniz. *Daimon Revista Internacional de Filosofía*, 77, 165-182. <https://bit.ly/3SkhNmq>

Viñarás-Abad, M. V., Llorente-Barroso, C., Mañas-Viniegra, L. y Jiménez-Gómez, I. (2023). Diversidad y cultura inclusiva en las organizaciones: la opinión de las personas con discapacidad en el sector de la comunicación audiovisual. *Doxa Comunicación*, 37, 213-243. <https://bit.ly/3A20n7L>

Zuloaga, M. L. (2020). Arte, creatividad y resiliencia: recursos frente a la pandemia. *Avances en psicología*, 28(2), 191-204. <https://bit.ly/4cXjPS4>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Software:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Validación:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Análisis formal:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Curación de datos:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Redacción-Preparación del borrador original:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Redacción-Revisión y Edición:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Visualización:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Supervisión:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo. **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Ponzzone, Giulia; Lara-Martínez, María y Valastro Canale, Angelo.

Financiación: Esta investigación no recibió financiación externa.

Agradecimientos: Los autores deseamos agradecer al Prof. Fabio D'Agnano, a D^a Serena Ruffato y a todos los miembros de Tooteko por su disponibilidad y precisión. Asimismo, cogen la ocasión para agradecer a D. César Delgado su increíble amabilidad y sus valiosas observaciones. Finalmente, dirigen un agradecimiento especialmente a la Fundación ONCE por su colaboración activa y, en particular, a D^a Mireia Rodríguez por haberles facilitado los contactos con diversas personas entre las cuales destaca D. Daniel Cucharero, maquetista que colabora con el Museo Tiflológico de Madrid.

AUTOR/ES:**Giulia Ponzone:**

Universidad Complutense de Madrid.

Licenciada en Arte y Cine por la Universidad de Roma Tre (Italia), realizó un TFM centrado en los estudios de género y las desigualdades en el Máster Cinema, Televisione e Produzione multimediale. Ha conseguido el título de Máster Cine, TV y Medios interactivos de la URJC. Además, es investigadora predoctoral y colabora en diversos proyectos de innovación docente basados en el Aprendizaje Servicio (ApS) en la Universidad Complutense de Madrid. Su línea de investigación se centra en la inclusión social de las personas con diversidad a través del arte, que ha publicado en diversos capítulos de libro.

giulipon@ucm.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0009-3045-0831>

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?user=u_O6nycAAAAJ&hl=it&oi=ao

María Lara-Martínez:

Universidad Complutense de Madrid.

Profesora Ayudante Doctora especializada en Comunicación Audiovisual en el Departamento de Teorías y Análisis de la Comunicación (Universidad Complutense de Madrid). Ha publicado una monografía, varios capítulos de libros y varios artículos en revistas científicas indexadas. Ha participado en varios proyectos de investigación, entre ellos, 2 proyectos H2020 (RAISD y FoTRRIS), donde ha realizado actividades de investigación y divulgación con la creación de diferentes piezas audiovisuales. También ha trabajado como cineasta y montadora desde 1994. Su actividad profesional se centra en el cine. Actualmente imparte "Historia y Análisis del Arte Visual" entre otras asignaturas.

mlara04@ucm.es

Índice H: 4

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-6414-8034>

ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Maria_Lara19

Academia.edu: <https://ucm.academia.edu/MariaLara>

Angelo Valastro Canale:

Universidad Pontificia Comillas.

Licenciado en Filosofía y Letras por la Universidad de Florencia y doctor en Filología clásica por la Universidad Complutense de Madrid, ha publicado diferentes artículos y libros, entre los cuales cabe destacar la primera edición italiana bilingüe de las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla (UTET, 2004), la primera edición italiana bilingüe del *Don Quijote* de Cervantes (Bompiani, 2012) y una nueva edición italiana bilingüe del *Lazarillo de Tormes* (Adephi, 2019). En la actualidad, es profesor de Lenguas clásicas y Filosofía antigua en el Departamento de Filosofía y humanidades de la Facultad de Ciencias humanas y sociales de la Universidad Pontificia Comillas. Tiene reconocidos dos sexenios de investigación (Filosofía, Filología y Lingüística, 1996-2004 y 2012-2020).

avalastro@comillas.edu

Índice H: 6

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-2044-789X>

Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?user=mkt_1PUAAAAJ&hl=es