



Tecnología de asistencia

Diario Oficial de RESNA

ISSN: (Impreso) (Online) Portada de la revista: <https://www.tandfonline.com/loi/uaty20>

Las tecnologías emergentes y su potencial para generar nuevas tecnologías de asistencia

Sarah Abdi, Irene Kitsara, Mark S. Hawley y LP de Witte


Para citar este artículo: Sarah Abdi, Irene Kitsara, Mark S. Hawley & LP de Witte (2021) Emergentes tecnologías y su potencial para generar nuevas tecnologías de asistencia, Tecnología de Asistencia, 33:sup1, 17-26, DOI: [10.1080/10400435.2021.1945704](https://doi.org/10.1080/10400435.2021.1945704)

Para enlazar a este artículo: <https://doi.org/10.1080/10400435.2021.1945704>



© 2021 El(los) autor(es). Publicado con licencia de Taylor & Francis Group, LLC en nombre de la RESNA.




Ver material complementario 



Publicado en línea: 24 de diciembre de 2021.




Envíe su artículo a esta revista 



Vistas del artículo: 2446




Ver artículos relacionados 



Ver datos de Crossmark 



Citando artículos: 2 Ver artículos citando 



Tecnologías emergentes y su potencial para generar nuevas tecnologías de apoyo

Sarah Abdi, MSc, Irene Kitsara, MSc, Mark S. Hawley, PhD, y LP de Witte, PhD

un Centro de Tecnología de Asistencia y Atención Médica Conectada, Escuela de Salud e Investigación Relacionada, Universidad de Sheffield, Sheffield, Reino Unido; y División de Apoyo a la Innovación, Departamento de PI para Innovadores, Sector de PI y Ecosistemas de Innovación, Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Ginebra, Suiza ^bTecnología

RESUMEN

El acceso limitado a la tecnología de asistencia (TA) es un desafío global bien reconocido. Las tecnologías emergentes tienen potencial para desarrollar nuevos productos de asistencia y salvar algunas de las brechas en el acceso a la TA. Sin embargo, existen análisis limitados sobre el potencial de estas tecnologías en el campo de AT. Este documento describe un estudio que tuvo como objetivo proporcionar una visión general de los desarrollos tecnológicos emergentes y su potencial para el campo de AT. Involucró la realización de una revisión de literatura gris y un análisis de patentes para crear una descripción general de las tecnologías habilitadoras emergentes que pueden fomentar el desarrollo de nuevos productos y servicios de TA e identificar aplicaciones de TA emergentes. El análisis identificó siete tecnologías habilitadoras que son relevantes para el campo de AT. Estos son la inteligencia artificial, las interfaces hombre-computadora emergentes, la tecnología de sensores, la robótica, los avances en conectividad y computación, la fabricación aditiva y los nuevos materiales. Si bien hay más de 3,7 millones de patentes relacionadas con estas tecnologías habilitadoras, solo una fracción de ellas (11 000 patentes) se identificaron en el análisis específicamente relacionadas con la TA (0,3 %). El documento presenta algunos de los ejemplos prometedores. En general, los resultados indican que existe un enorme potencial para las nuevas soluciones de AT que aprovechan los avances tecnológicos emergentes.

HISTORIA DEL ARTÍCULO

Aceptado el 15 de junio de 2021

PALABRAS CLAVE

actividades de la vida diaria; deterioro auditivo; comunicación; tendencias emergentes; tecnología de la información y telecomunicaciones; movilidad; discapacidad visual

Introducción

La tecnología de asistencia (TA) es un término que describe los productos y servicios que se utilizan para ayudar a las personas, especialmente a las personas mayores y a las que tienen discapacidades o condiciones a largo plazo, para compensar su dificultad o deterioro funcional (escala AT 2021; Layton et al. 2020; Agencia Reguladora de Medicamentos y Productos Sanitarios 2021; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016a, 2021). Por lo tanto, la TA puede respaldar su participación activa en la vida, como el trabajo y la educación, ayudarlos a mantener su independencia, reducir la necesidad de cuidadores y minimizar los costos sociales y de atención médica (OMS, 2016a, 2021). Los ejemplos comunes de productos de asistencia incluyen sillas de ruedas, anteojos, audífonos y prótesis (OMS, 2021). La necesidad de tecnología de asistencia está aumentando a nivel mundial y se espera que continúe creciendo en el futuro, impulsada por el aumento de las condiciones a largo plazo y el envejecimiento de la población (OMS, 2021). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que alrededor del 15% de la población mundial, alrededor de mil millones de personas, necesitan acceso a productos de asistencia (OMS, 2015). Sin embargo, actualmente existe una gran brecha en el acceso a la TA; se estima que solo el 10% de las personas que necesitan TA tienen acceso a ella (OMS, 2021). La falta de disponibilidad de TA asequible de alta calidad, la financiación estatal limitada, la falta de profesionales capacitados en TA y los servicios fragmentados son algunas de las razones principales del acceso limitado a la TA a nivel mundial (de Witte et al., 2018; OMS 2015, 2016a, 2021). Estos desafíos han sido reconocidos en los últimos años, y en línea con la Organización Mundial de la Salud Global Plan de acción de discapacidad (2014–2021), actualmente hay muchas iniciativas globales (p. ej., la Cooperación global en tecnología de asistencia (GATE)) para mejorar el acceso a la TA (OMS, 2015). Esto significa que es probable que el campo de AT sea un mercado en crecimiento, que ofrezca oportunidades únicas para las empresas y los nuevos jugadores que quieran ingresar a este campo. En los últimos años, ha habido importantes desarrollos tecnológicos digitales que prometen desarrollar nuevos productos de asistencia y cerrar parte de la brecha en el acceso a la TA. Estas tecnologías digitales emergentes han aprovechado las mejoras sustanciales en el poder de procesamiento de las computadoras, el análisis y el almacenamiento de datos, y se han convertido en los últimos años en elementos esenciales para el avance de nuevas innovaciones en varios campos (Lee et al., 2018; G. Li et al., 2017; Schwab, 2017; Xu et al., 2018). En el campo de las TA, ha habido algunos esfuerzos para explorar el potencial de los desarrollos tecnológicos emergentes. Sin embargo, el panorama general de estas tecnologías emergentes para este campo no está claro. La mayoría de los esfuerzos existentes se centran en una tecnología específica o en un dominio funcional específico (Bhowmick & Hazarika, 2017; Elgendy et al., 2019; Hoffmann et al., 2018; Islam et al., 2019; Maskeliūnas et al., 2019); Mulhari et al., 2017; You et al., 2020). Hasta donde sabemos, no hay revisiones publicadas que examinen los desarrollos tecnológicos emergentes y su potencial para el campo de AT. Una revisión de este tema podría ayudar a las empresas, investigadores, desarrolladores y legisladores a comprender las innovaciones actuales en el campo de las TA y las que se esperan en el futuro cercano. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es proporcionar una visión general de los desarrollos tecnológicos emergentes y su potencial para la TA.

campo. Su objetivo es responder a las siguientes dos preguntas de investigación: [2015](#); [Small et al., 2014](#)). Se utilizó un enfoque de síntesis narrativa para analizar y resumir los hallazgos de los documentos.

- (1) ¿Cuáles son las tecnologías emergentes que permiten o pueden permitir el desarrollo de nuevos productos y servicios de tecnología de asistencia?
- (2) ¿Cuáles son las posibles aplicaciones de TA de las tecnologías emergentes identificadas?

materiales y métodos

Fase 1: Identificación de tecnologías emergentes

En la primera fase del estudio, se llevó a cabo una búsqueda de literatura gris y un análisis de patentes para identificar tecnologías emergentes que tienen el potencial de fomentar el desarrollo de nuevos productos y servicios de tecnología de asistencia.

búsqueda de literatura gris

La literatura gris puede referirse a documentos publicados por organizaciones que no se centran principalmente en publicaciones comerciales ([GreyLit, 2021](#)). Varios análisis de tecnologías emergentes se publican regularmente en documentos de literatura gris ([Massachusetts Institute of Technology \[MIT\], 2021](#); [World Economic Forum \[WEF\], 2021](#)). La búsqueda y el análisis de estos documentos pueden proporcionar información valiosa sobre los desarrollos y tendencias tecnológicos emergentes. Para este estudio, se realizó una amplia revisión de la literatura gris para identificar tecnologías emergentes que fomenten el desarrollo de nuevos productos y servicios con el potencial de ayudar a la independencia y la participación activa. Se pretendía que el alcance fuera lo suficientemente amplio para obtener una visión general de las tecnologías habilitadoras emergentes, pero lo suficientemente limitado para identificar solo aquellas que tienen el mayor potencial para las aplicaciones de TA. Los documentos de literatura gris se identificaron utilizando varias estrategias, entre ellas: 1) búsqueda en páginas web de organizaciones clave que se sabe que publican informes regulares sobre tecnologías emergentes; 2) consultar a expertos en tecnología; 3) búsqueda manual en las listas de referencias de los documentos recopilados; y 4) buscar datos del consejo de investigación del Reino Unido para obtener detalles sobre la investigación financiada en curso.

Se incluyeron documentos si discutían tecnologías emergentes que potencialmente podrían permitir aplicaciones en el campo de la salud y la atención social, incluida la TA. Además, se incluyeron documentos si mencionaban aplicaciones potenciales de las tecnologías emergentes para ayudar a las personas a hacer frente a los desafíos de atención social y de salud que surgen de vivir con discapacidades y condiciones a largo plazo. También se incluyeron los documentos si la fecha de publicación se encontraba dentro del período de enero de 2015 a febrero de 2020. Por otro lado, se excluyeron los documentos que se centraban exclusivamente en temas no relacionados con la salud o la asistencia social. Los documentos también se excluyeron si se centraban exclusivamente en tecnologías emergentes que permiten avances en entornos clínicos como cirugía o atención hospitalaria. Con respecto al término "emergente", se incluyeron documentos si usaban el término "emergente" o mencionaban características clave de una tecnología emergente, como ser novedosa, experimentar un rápido desarrollo o tener un impacto socioeconómico potencial ([Abdi et al., 2020](#); [Cozzens et al., 2010](#), [M. Li et al., 2018](#), [Porter et al., 2002](#), [Rotolo et al.,](#)

Análisis de patentes

El análisis de patentes es un enfoque útil para identificar desarrollos tecnológicos y tendencias en un dominio particular ([Abbas et al., 2014](#); [Daim et al., 2006](#)). Al comienzo del estudio, se realizó una búsqueda preliminar de patentes dentro de una tecnología de asistencia convencional bien establecida que abarcaba siete dominios, a saber, cognición, comunicación, control ambiental y navegación, audición, movilidad, cuidado personal y visión. Esta búsqueda de alcance resultó en el desarrollo de una taxonomía (consulte el Material complementario 1) que se utilizó para definir e informar el alcance de la búsqueda y el análisis de patentes. La taxonomía incluyó los siete dominios funcionales del espacio de TA convencional, teniendo en cuenta las siguientes definiciones y categorizaciones: norma ISO9999 sobre productos de apoyo para personas con discapacidad ([2016](#)); la lista de prioridades APL de la OMS ([2016b](#)); la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) ([2020](#)); los esquemas de Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC) ([2020](#)); la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (ICF) de la OMS ([2011](#)); los productos de asistencia incluidos en la base de datos de tecnología de asistencia de la Red Global de Información de Tecnología de Asistencia (EASTIN, por sus siglas en inglés) ([2020](#)). La taxonomía también incluía términos identificados a través de la búsqueda de literatura gris que incluía el uso de códigos de encabezados de temas médicos (MESH) y análisis basados en minería de textos relacionados. Se desarrolló una estrategia de búsqueda de patentes que incluía palabras clave y símbolos de clasificación de patentes sobre la base de la taxonomía que se perfeccionó y finalizó a través de iteraciones de búsqueda de patentes. La búsqueda de patentes se realizó en la base de datos de patentes Derwent Innovation ([2020](#)). La búsqueda abarcó invenciones solicitadas para la protección de patentes en diferentes jurisdicciones de todo el mundo en el período 1998-2019. Los documentos de patente identificados dentro de los dominios de AT convencionales se analizaron utilizando técnicas de minería de texto, códigos de clasificación de patentes simultáneos y revisión manual. El análisis resultó en la identificación de una lista de tecnologías habilitadoras emergentes que permitieron el desarrollo de productos/aplicaciones de asistencia emergentes.

Fase 2: Posibles aplicaciones de TA de las tecnologías habilitadoras emergentes identificadas

La segunda fase del estudio tuvo como objetivo identificar las aplicaciones emergentes de TA. Algunos de ellos se identificaron en la primera fase, ya sea durante la revisión de los resultados de búsqueda de tecnología de asistencia convencional o la revisión de la literatura gris, y se movieron o agregaron a una nueva lista de aplicaciones emergentes de TA.

Para ser lo más inclusivo posible, se utilizaron consultas de búsqueda más amplias y clasificaciones de patentes para capturar el conjunto relevante de documentos de patentes que mencionan las tecnologías emergentes habilitadoras y la TA y/o los usuarios de TA. Se desarrollaron consultas de búsqueda para cada una de las tecnologías emergentes habilitadoras identificadas, en combinación con las palabras clave generales de AT y de usuario final de Después de eso, las búsquedas se repitieron utilizando únicamente las palabras clave relacionadas con las tecnologías emergentes habilitadoras y la clasificación de patentes. Este paso se llevó a cabo para identificar, por un lado, la magnitud de la actividad de patentamiento relacionada con estos

dominios tecnológicos emergentes, y la proporción de ellos que se refieren específicamente a términos relacionados con AT. Un análisis adicional dentro de estos conjuntos de datos condujo a la identificación de aplicaciones emergentes de TA. Esta lista se completó después de más iteraciones de búsqueda de patentes. Las aplicaciones de TA emergentes se agruparon en seis dominios de TA. Estos dominios de aplicación emergentes eran similares al espacio de TA convencional. Sin embargo, las aplicaciones emergentes de TA relacionadas con la cognición se agruparon en aplicaciones emergentes de TA de autocuidado, comunicación o entorno.

Un último paso involucró la realización de búsquedas de tecnologías emergentes habilitadoras dentro del conjunto de datos de aplicaciones de TA emergentes para validar el impacto de las tecnologías habilitadoras emergentes en el desarrollo de nuevos productos de asistencia.

Resultados

Descripción general de las tecnologías habilitadoras emergentes

El análisis de literatura gris identificó cinco tecnologías habilitadoras emergentes que podrían ser potencialmente relevantes para el campo de AT. Estos son: 1) Inteligencia Artificial; 2) Robótica; 3) interfaces hombre-computadora emergentes; 4) Sensores; y 5) Avances en conectividad y computación. El análisis de patentes confirmó estas cinco tecnologías clave e identificó tecnologías emergentes adicionales que son relevantes para el campo de AT, a saber, fabricación aditiva, nuevos materiales. En las siguientes subsecciones se proporciona una breve descripción general de cada una de estas siete categorías.

Inteligencia artificial (IA)

La inteligencia artificial o IA fue una de las principales tecnologías habilitadoras emergentes que apareció en casi todos los documentos revisados que podrían ser potencialmente relevantes para el campo de AT. En la mayoría de estos documentos, la IA o subcampos de la IA, como el aprendizaje automático, se identificaron como tecnologías emergentes con el potencial de tener un impacto socioeconómico significativo.

El crecimiento reciente en el campo de la IA se puede atribuir al aprendizaje profundo, una técnica que permite a las computadoras realizar tareas complejas similares a las humanas, como reconocimiento de voz, imágenes y objetos (Comité Selecto de Inteligencia Artificial de la Cámara de los Lores, 2018; Consejo Nuffield sobre Bioética, 2018; Royal Society, 2017; OMPI, 2019; Foro Económico Mundial, 2018).

Esta técnica de IA, junto con la disponibilidad de grandes conjuntos de datos y mejoras en el poder de procesamiento de las computadoras, ha permitido nuevas aplicaciones para la IA y desarrollos acelerados en otros campos tecnológicos (WEF, 2018). Por ejemplo, el aprendizaje profundo ha permitido que la robótica obtenga capacidades más autónomas, como la detección de objetos (MIT, 2016a, 2019a). El desarrollo de otras técnicas de IA en los últimos años, como el aprendizaje por refuerzo y la inteligencia emocional artificial, también podría dar lugar a aplicaciones más autónomas y debería mantener el interés por la IA en un futuro próximo. Por ejemplo, el aprendizaje por refuerzo es una técnica de IA que mejora la capacidad de los sistemas de IA para aprender mediante ensayo y error sin instrucciones previas de los programadores, y podría permitir mejores capacidades de aprendizaje para los robots, en particular la destreza robótica (MIT, 2017a, 2019b). La inteligencia emocional artificial, un campo emergente de la IA relacionado con

detectar emociones, también podría tener aplicaciones potenciales en dominios que implican detectar emociones complejas y proporcionar recomendaciones personalizadas (MIT, 2017b; FEM, 2018)

Interfaces hombre-computadora emergentes

Los avances en IA y en otros campos tecnológicos como la visión artificial, el procesamiento del lenguaje natural y la realidad virtual y aumentada han permitido el desarrollo de nuevas formas de interactuar con la tecnología digital. Estas interfaces emergentes utilizan la voz humana, la visión, el oído, la actividad cerebral y las emociones como medios para interactuar con la tecnología. Por ejemplo, las interfaces basadas en voz, también conocidas como asistentes personales virtuales (VPA), avatares, chatbots y asistentes digitales, ya permiten que muchos usuarios finales interactúen con sus dispositivos y los ayuden con tareas diarias simples (Deloitte, 2019; MIT, 2016a, 2017c; FEM, 2018). La realidad virtual, aumentada y mixta (VR, AR, MR) son otras interfaces emergentes que facilitan experiencias inmersivas al permitir que los usuarios finales usen su visión y, a veces, otros sentidos, como el audio y el tacto, para interactuar con la tecnología digital (MIT, 2016b, 2019a; WEF, 2015a, 2018). Algunas de las aplicaciones relacionadas con la TA mencionadas en los documentos revisados incluyeron la exploración de nuevos entornos, el apoyo a las personas con discapacidad visual en la ampliación de imágenes y el reconocimiento facial, y la integración de las herramientas de traducción del lenguaje de señas en las interfaces AR (European Disability Forum, 2018; European Parliament, 2018). Las interfaces cerebro-computadora también se están desarrollando rápidamente, lo que podría permitir nuevas formas de controlar los dispositivos de asistencia (por ejemplo, prótesis robóticas); sin embargo, estas interfaces aún se encuentran en las primeras etapas de desarrollo (MIT, 2017d, Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), 2019a).

Tecnología de sensores

La tecnología de sensores no es un campo nuevo, pero ha habido mejoras significativas en los últimos años, lo que les ha permitido avanzar en varios campos tecnológicos (MIT, 2015, 2017e; PA consulting, 2017; WEF, 2015b). El costo y el tamaño de los sensores, por ejemplo, se han reducido sustancialmente, en paralelo con mejoras significativas en su conectividad inalámbrica y consumo de energía (PA consulting, 2017; WEF, 2015a, 2016a, 2019a). La capacidad de los sensores portátiles para medir parámetros fisiológicos y metabolitos, como la frecuencia cardíaca, el oxígeno en sangre y el ECG, también ha mejorado significativamente (Deloitte, 2015; EPSRC, 2018; MIT, 2019a; WEF, 2016b, 2018). Estos avances han permitido mejoras en tecnología ponaible e Internet de las Cosas (IoT) (PA consulting, 2017). La tecnología de sensores también está dando forma al desarrollo de robots a través de avances en sensores remotos, como sensores 3-D y sensores de detección y rango de luz (Lidar) (MIT, 2017e).

robótica

La robótica es un campo tecnológico emergente que podría tener un impacto socioeconómico transformador (PA consulting, 2017; United Nation, 2018; WEF, 2019a). Los avances en la IA y la tecnología de sensores han permitido el desarrollo de robots más autónomos que pueden interactuar, adaptarse y responder a sus entornos (PA consulting, 2017; WEF, 2015a). Se dice que estas nuevas capacidades de adaptación de los robots mejoran la capacidad humana

colaboraciones de máquinas, lo que permite nuevos desarrollos y posibles aplicaciones AT para robots. Algunos de los desarrollos que se mencionaron en los documentos revisados incluyeron robots acompañantes, exoesqueletos y vehículos autónomos (EPSRC, 2019b; MIT, 2016c, 2017d, 2019a; NHS, 2019; WEF, 2019b). Por ejemplo, los robots acompañantes incorporan IA y pueden realizar tareas de control de la salud y las emociones, entretenimiento, navegación, comunicación y asistencia en las actividades cotidianas. La destreza robótica también ha mejorado significativamente, lo que permite aplicaciones potenciales en áreas como el cuidado personal y las actividades domésticas (MIT, 2017d, 2019a). Otros avances robóticos recientes incluyen el desarrollo de robots blandos autónomos (EPSRC, 2019c; MIT, 2017f). Los robots blandos son robots flexibles cuyo desarrollo se inspira en la forma en que los organismos vivos se mueven y adaptan (por ejemplo, los pulpos) (MIT, 2017f). Sin embargo, estos avances aún se encuentran en etapas muy tempranas de desarrollo y existe cierta ambigüedad significativa en torno a las posibles aplicaciones de TA en el futuro cercano (MIT, 2017f).

Avances en conectividad e informática

Los avances en conectividad y computación pueden tener un enorme potencial para mejorar la conectividad de los dispositivos AT, así como las experiencias digitales de los usuarios finales. Por ejemplo, 5G, la nueva generación de redes móviles, permite la transferencia de datos sobre redes de alta velocidad y menor latencia (Deloitte, 2019). Del mismo modo, la computación perimetral, un paradigma informático emergente, puede mejorar las respuestas en tiempo real al permitir que el procesamiento se produzca más cerca de la fuente de los datos (Deloitte, 2019). Estos avances pueden ayudar al procesamiento de datos dentro de los sistemas IoT y mejorar la conectividad de los dispositivos AT (MIT, 2016b; WEF, 2015a). Las mejoras en la conectividad de la red también pueden mejorar las experiencias de los usuarios de realidad virtual y aumentada, donde las demoras en el procesamiento de datos pueden tener un impacto negativo en sus interacciones con esta tecnología (Deloitte, 2018, 2019).

La computación cuántica es otro paradigma informático emergente que podría permitir que las computadoras realicen cálculos de una manera más rápida y eficiente que las computadoras convencionales (MIT, 2018; WEF, 2018). Se espera que la computación cuántica tenga un potencial disruptivo significativo y ayude a avanzar en varios campos tecnológicos, incluida la IA (WEF, 2017). Sin embargo, esta tecnología aún se encuentra en las primeras etapas de desarrollo y existe cierta ambigüedad con respecto a sus áreas de aplicación de TA (MIT, 2018; WEF, 2017, 2018).

Fabricación aditiva

La fabricación aditiva se refiere al proceso automatizado que crea un objeto 3D a partir de un modelo de computadora, generalmente construyendo el objeto depositando capa sobre capa de algún material maleable. La impresión 3D es el ejemplo más conocido y ampliamente referenciado de fabricación aditiva. Permite la producción efectiva, relativamente barata y personalizada de componentes que conducen a productos AT más apropiados y personalizados que se adaptan mejor a sus usuarios. Los avances recientes en la fabricación aditiva han ampliado la gama de materiales que se pueden utilizar. Las aplicaciones de la fabricación aditiva en TA suelen estar relacionadas con sillas de ruedas, ayudas para caminar y prótesis/órtesis, aunque hay ejemplos de varios otros productos o componentes de TA producidos mediante fabricación aditiva.

Prótesis, órtesis, audífonos e implantes cocleares fueron

ejemplos de áreas de aplicación de la fabricación aditiva que se identificaron en el análisis de patentes. Algunos documentos de patentes recientes también hacían referencia al uso de titanio para la impresión 3D, lo que podría abrir posibilidades donde la robustez y la ligereza son primordiales (Lovells, 2017; Matos & Wiedemann, 2019; Switch, 2019).

Nuevos materiales

Los materiales avanzados han facilitado la producción de productos AT más robustos, cómodos y, en ocasiones, más económicos. Además, estos materiales han hecho realidad ciertos avances en las aplicaciones emergentes de TA. Algunos ejemplos de usos de nuevos materiales provienen de las áreas de prótesis y órtesis y TA relacionada con la visión. Los materiales compuestos, algunos que incluyen fibra de vidrio o de carbono, por ejemplo, permiten soluciones protésicas/ortésicas que son livianas y con una respuesta más dinámica que la de los materiales tradicionales. Además, los avances en nanotecnología y electroquímica permiten que el metal se "teja" en los textiles, proporcionando así conductividad y conectividad eléctrica, lo que permite la incorporación de sensores o componentes electrónicos en los textiles. Algunos textiles inteligentes de este tipo se utilizan para el control de la salud. Otra tendencia es el desarrollo de materiales que sean orgánicos y que abran posibilidades a la medicina regenerativa, con aplicaciones en diferentes áreas incluyendo los implantes oculares (Fiorillo et al., 2020; The Alliance of Advanced Biomedical Engineering (AABME), 2020)

Aplicaciones potenciales de TA de tecnologías facilitadoras emergentes

Resultados de la búsqueda de patentes en categorías emergentes de tecnologías habilitadoras

La búsqueda de patentes más amplia identificó un total de más de 3,7 millones de patentes en las categorías emergentes de tecnología habilitadora, y el número más alto se encuentra en las categorías de Inteligencia artificial, Conectividad e Informática (consulte [la Tabla 1](#) para obtener más detalles). Estos documentos de patente se refieren a estas tecnologías de forma más general o en relación con diferentes campos de aplicación. Para ver la proporción de estos conjuntos de datos que mencionan AT, se desarrolló una amplia cadena de búsqueda de AT que consta de palabras clave generales relacionadas con AT.

El resultado de esta búsqueda se presenta en la cuarta columna de [la Tabla 1](#). Esto muestra que solo una fracción (0.3%) de los documentos que se refieren a tecnologías habilitadoras emergentes también se refieren a AT. Esta fracción cuenta con más de 11.000 patentes.

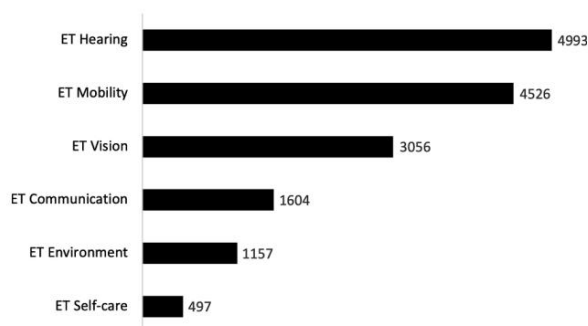
Cabe señalar que el análisis de los documentos de patentes y las tendencias en los siete dominios de TA convencionales muestra que parte de la creciente actividad de patentamiento y las invenciones relacionadas está relacionada con la convergencia de las aplicaciones de TA "tradicionales" con otros campos, como las neurociencias y la informática, resultando en el desarrollo de soluciones nuevas o mejoradas. Una parte de esas aplicaciones que incorporan avances en neurociencia y ciencias médicas se refieren a implantes o componentes parcialmente invasivos de soluciones de TA. Sin embargo, esta es un área que queda fuera del alcance de la TA tal como la define actualmente la OMS.

Aplicaciones emergentes de TA y ejemplos relacionados

Las búsquedas de patentes realizadas para las diferentes categorías de TA incluidas en la lista compilada de solicitudes de TA emergentes

Tabla 1. Número de patentes en dominios emergentes de tecnología habilitadora.

emergentes				
Habilitación				
Tecnología	Subcategoría	Número de patentes	Número de patentes que mencionan AT	
Artificial	Realidad aumentada	140.019	651	
Inteligencia	Reconocimiento de gestos	58.303	211	
	Visión de máquina	586.629	1.944	
	Procesamiento del lenguaje natural (PNL)	186.463	320	
	Comprensión de la escena	58.934	196	
	Entorno inteligente	43.138	85	
Humano-ordenador	Dictado a texto	100.544	708	
	Síntesis de voz	16.353	266	
	Comando de voz	43.672	283	
	Seguimiento de la mirada	20.533	133	
	Interfaz cerebro-máquina	3.894	52	
Sensores	Retroalimentación háptica	14.282	168	
		343.321	1,121	
robótica		402.811	1,328	
Conectividad y	Grandes datos	33.253	51	
	Informática	GPS	173.782	499
		Internet de las Cosas	76.686	121
		Inalámbrica	554.258	1,739
		5G/6G	231.120	266
		Computación afectiva	6.091	119
		cadena de bloques	28.560	
Aditivo		76,232	282	
Fabricación				
Nuevos Materiales		543.406	694	
Total		3.742.284	11,138	

**Figura 1.** Número de aplicaciones emergentes de TA en dominios funcionales.

resultó en más de 15,000 invenciones-patentes relacionadas con aplicaciones de TA emergentes, distribuidas en los siguientes dominios de TA: comunicación emergente, entorno emergente, audición emergente, movilidad emergente, autocuidado emergente y aplicaciones de visión emergentes. La Figura 1 resume el número de aplicaciones emergentes de TA en estos dominios.

La búsqueda de tecnologías emergentes habilitadoras dentro de las aplicaciones de AT emergentes identificadas reveló que todas las aplicaciones de AT identificadas incluyen al menos una, pero principalmente una combinación de tecnologías emergentes habilitadoras, validando el impacto de las tecnologías emergentes habilitadoras en el campo de AT y el desarrollo de tecnologías emergentes de AT. aplicaciones

La tasa de crecimiento anual promedio (AAGR, por sus siglas en inglés) para estas solicitudes de patentes de 2013 a 2017 en estos campos es varias veces más alta que en los dominios de AT convencionales equivalentes, y las aplicaciones de AT de visión emergente muestran un 32 % de AAGR, autocuidado del 26 % y movilidad del 24 %. Al observar algunas categorías y aplicaciones específicas dentro de estas áreas, la AAGR para patentes para "sillas de ruedas avanzadas" fue del 34 %, para dispositivos de realidad virtual para personas con discapacidad visual fue del 119 %, para lentes intraoculares con sensores fue del 48 % y para dispositivos portátiles para personas con discapacidad auditiva fue del 74%. La Tabla 2 presenta una serie de

ejemplos de estas aplicaciones emergentes de TA que se identificaron, así como las tecnologías emergentes que las habilitan. Por ejemplo, una de las innovaciones de movilidad es un andador inteligente que puede recordar el viaje de los usuarios y ayudarlos a navegar de regreso. Los dispositivos portátiles que usan sensores y técnicas de aprendizaje automático son otro ejemplo de una innovación que podría ayudar a las personas con discapacidad auditiva y visual mediante la traducción de los movimientos de las manos en voz y texto. En el dominio del medio ambiente, los hogares habilitados por IoT y la tecnología robótica podrían permitir a los usuarios una vida independiente apoyándolos para cocinar, ir al baño, navegar y cocinar. Los dispensadores de medicamentos inteligentes habilitados para IoT, los dispositivos portátiles de salud y emociones y los robots asistentes de alimentación son otros ejemplos que podrían satisfacer las necesidades de autocuidado de los usuarios finales de TA.

Estos ejemplos no brindan una descripción completa de lo que está sucediendo en este campo, pero muestran el interés comercial en las aplicaciones emergentes de AT y, con ello, el potencial de las tecnologías habilitadoras emergentes para AT.

Discusión

Hallazgos principales

El objetivo de este estudio fue describir y analizar los desarrollos tecnológicos emergentes y su potencial para conducir a nuevos productos y servicios de TA en un futuro cercano. La literatura gris y el análisis de patentes identificaron siete importantes tecnologías habilitadoras emergentes que podrían ser relevantes para el campo de AT. Estos fueron la inteligencia artificial, las interfaces hombre-computadora emergentes, la tecnología de sensores, la robótica, los avances en conectividad y computación, la fabricación aditiva y los nuevos materiales. El análisis de patentes dentro de estas siete áreas emergentes identificó 11,000 patentes que hacían referencia a aplicaciones de TA, con visión por computadora, tecnología de sensores, robótica y conectividad inalámbrica demostrando la mayor parte de la actividad de patentes de TA. El análisis también

Tabla 2. Ejemplos de aplicaciones emergentes de TA en 7 dominios funcionales.

AT dominio funcional	Descripción de aplicaciones	Tecnología habilitadora emergente utilizada *
Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Caminantes inteligentes que recuerdan la ruta realizada y pueden guiar al usuario de regreso. • Prótesis inteligentes que utilizan el aprendizaje automático para reconocer la forma de andar del usuario para ajustar la forma de caminar o proporcionar retroalimentación creando una sensación de tacto natural. 	3; 4; 5 1;3;6;7
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Casas inteligentes con sensores, IoT y tecnologías robóticas que permiten una vida independiente (navegar, monitorear, cocinar, ir al baño, amamantar, etc.) • Ciudades inteligentes que incluyen guía de tráfico/vehículos autónomos, usando plataformas robóticas, equipaje inteligente en aeropuertos carretilla, usando sensores e IA. • Inodoros inteligentes con Bluetooth y sensores para brindar monitoreo de la función cardíaca en tiempo real • Robots complementarios para el control de la salud y las emociones, enfermería, control de deambulación y emergencias, entretenimiento, navegación, comunicación, elevación, ayuda para caminar y búsqueda de objetos perdidos. • Mascotas robóticas para el control de la salud y las emociones, enfermería, deambulación y control de emergencias, entretenimiento, navegación, comunicación, búsqueda de objetos perdidos. 	1;2;3;4;5 1;2;3;4;5 3;4;5 1;2;3;4;5 1;2;3;4;5
Audiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Gesto (lenguaje de señas) a dispositivos de voz/texto o sistemas con sensores, tecnologías de procesamiento de imágenes, computación y aprendizaje automático, que permiten a las personas con discapacidad auditiva o del habla participar en la comunicación bidireccional. • Guantes con sensores para medir y detectar la postura, la posición y el gesto de la mano y traducir continuamente la mano movimientos en voz y texto. • Audífonos controlados mentalmente con la capacidad de monitorear aspectos emocionales y de salud • Audífonos que controlan el entorno, lo que permite que las personas con discapacidades auditivas y del habla se comuniquen y controlen los electrodomésticos. 	1;2;3 1;2;3 1;2;3 3;5
Visión	<ul style="list-style-type: none"> • Hand Wearables, como guantes que pueden sentir el entorno y convertir la información a través de la salida braille, identificando teclas en un teclado o color de un objeto contactado y anunciando usando audio. • Lentes inteligentes para guiar a los usuarios con discapacidad visual en la navegación, con dicha información transmitida a los usuarios ciegos a través de tecnología de conducción ósea usando audio, o utilizando técnicas de aprendizaje automático y sensores de proximidad para detectar la distancia entre los usuarios y los objetos. • Dispositivos VR/AR para ayudar al usuario a observar el entorno e identificar objetos en las inmediaciones para facilitar la navegación; o para mejorar el paisaje visual que se muestra en el dispositivo AR para compensar las deficiencias visuales del usuario, como daltonismo. 	1;2;3;5 1;2;3;5 1;2;3;5
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Asistentes inteligentes, como avatares con inteligencia artificial integrada para mejorar la accesibilidad del usuario con capacidades mentales, físicas y sensoriales. discapacidades en el universo virtual • Dispositivos personales con tecnología de interfaz cerebral para controlar electrodomésticos y componentes estructurales de la casa. • Aplicaciones de navegación que incorporan reconocimiento facial, reconocimiento de escena, GPS, reconocimiento de voz 	1;2;3 1;2;3;5 1;2;3;5
Autocuidado	<ul style="list-style-type: none"> • Dispensadores de medicamentos inteligentes que usan IoT, computación en la nube/IA para almacenar, recordar y dispensar medicamentos • Pañales inteligentes, incluidos sensores, IOT y Zigbee, Bluetooth, tecnologías wi-fi para monitorear la salud a través de el análisis automatizado de los fluidos corporales y notificar a los médicos y cuidadores. • Wearables de monitoreo de salud y emociones (bandas inteligentes, ropa con sensores, plantillas) y no wearables (alfombras y espejos inteligentes), usando IA, aprendizaje automático, IoT, Zigbee, Bluetooth y/o conectividad en la nube para monitorear aspectos físicos y mentales de usuario, como el sueño, las emociones, el comportamiento psicológico, la condición física, la presión arterial, el azúcar en la sangre y la condición cardiovascular. • Robots auxiliares de alimentación que cuentan con sensores, Bluetooth y tecnologías BCI para controlar e inducir el movimiento de robots para ayudar a los discapacitados a alimentarse. 	1;3;5 1;3;5;7 1;2;3;5;7 1;2;3;4;5

* 1 = Inteligencia Artificial; 2 = Interfaces hombre-computadora emergentes; 3 = Tecnología de sensores; 4 = Robótica; 5 = Avances en conectividad y computación; 6 = fabricación aditiva; 7 = nuevos materiales.

demonstró que las patentes relacionadas con AT están creciendo rápidamente, y las aplicaciones emergentes de AT para visión muestran la tasa de crecimiento anual más alta (32 %). Para cada uno de los dominios de TA relacionados con funciones, se seleccionaron algunos ejemplos para demostrar el potencial de las tecnologías habilitadoras emergentes en el campo de TA.

Los resultados de este estudio demuestran claramente que las tecnologías habilitadoras emergentes que están impulsando la llamada cuarta revolución industrial (o segunda tecnología de la información) y las innovaciones en otros campos (Abdi et al., 2020; Lee et al., 2018; G . Li et al., 2017; Schwab, 2017; Xu et al., 2018) han comenzado a tener su impacto en el campo de las TA. Están impulsando un número significativo de nuevas aplicaciones potenciales de TA y los resultados sugieren que estos desarrollos son solo el comienzo.

Otro hallazgo importante es que los límites entre las diferentes tecnologías habilitadoras, así como entre la TA y las tecnologías principales, no son muy claros; las tecnologías facilitadoras identificadas son interdependientes y se potencian mutuamente. Los desarrollos tecnológicos digitales emergentes son bien reconocidos por sus complejas interacciones e interconexiones (Schwab, 2017; Lee et al., 2018; Abdi et al., 2020). los

Se dice que los límites entre muchos de estos campos tecnológicos son borrosos y los nuevos inventos a menudo resultan de las interacciones entre estos campos (Schwab, 2017; Lee et al., 2018; Abdi et al., 2020). Este hallazgo podría significar la necesidad de utilizar la experiencia y el conocimiento de una serie de disciplinas tecnológicas al diseñar y desarrollar nuevos productos AT.

Otro hallazgo importante es que existe una actividad de patentes cada vez mayor relacionada con las aplicaciones de TA que están total o parcialmente integradas en el cuerpo humano. Actualmente, esto no se considera parte del campo de la TA, ya que la TA generalmente se define en términos de soluciones que son externas al cuerpo. Sin embargo, este estudio ha demostrado que existe un claro interés en esta área, lo que se traduce en nuevas innovaciones.

Este estudio proporciona una visión general de las innovaciones emergentes en el campo de la TA, como se refleja en la actividad de patentamiento identificada y la literatura gris. Destaca dónde están los intereses actuales y las actividades de patentamiento. Los hallazgos deberían alentar a la industria, los investigadores y los desarrolladores a explorar aplicaciones específicas de las tecnologías emergentes habilitadoras identificadas en varios dominios funcionales de TA (movilidad, comunicación, visión, audición, etc.). Sin embargo, el reto

será dirigir las nuevas innovaciones hacia productos asequibles de alta calidad que puedan satisfacer las necesidades de las personas con requisitos de AT. La mayor parte del potencial, como se destaca en este estudio, parece residir en soluciones de alta tecnología y, como resultado, soluciones de alto costo. Esto podría exacerbar las desigualdades existentes en el acceso a productos de TA asequibles y de alta calidad, particularmente en entornos de ingresos limitados, lo que debería tenerse en cuenta en futuras innovaciones. Aquí radica una responsabilidad importante para los gobiernos y los organismos de financiación de la innovación: ¿cómo dirigir las innovaciones hacia aquellas áreas que más se necesitan y cómo garantizar que los nuevos productos sean asequibles y estén disponibles? Tal dirección es necesaria porque no es muy probable que “el mercado” resuelva este problema por sí solo. Otro tema importante es el de la formación y educación de los profesionales de AT, para sensibilizarlos sobre las nuevas posibilidades y permitirles asesorar a los usuarios sobre su potencial.

Conectado con la concienciación y el conocimiento, será importante hacer que la información sobre nuevos productos y servicios esté fácilmente disponible tanto para los usuarios como para sus cuidadores y profesionales. La necesidad de dicha información aumentará en paralelo con el aumento de nuevas innovaciones. También existe la necesidad de trabajar en estrecha colaboración con los usuarios finales de AT y su red de soporte para garantizar que estas nuevas innovaciones aborden sus diversas necesidades de AT. Muchas de las innovaciones todavía se desarrollan sin una buena comprensión de las necesidades y los deseos de los usuarios objetivo de AT, lo que corre el riesgo de una adopción limitada de estas soluciones. Las tecnologías emergentes ofrecen una oportunidad excepcional para incorporar las necesidades de TA de los usuarios objetivo, ya que muchas de estas tecnologías se encuentran en las etapas de desarrollo y diseño.

El hecho de que las tecnologías emergentes estén habilitadas por IA y sensores también podría significar que pueden aprender y adaptarse a las necesidades de los usuarios, lo que podría resultar en productos AT más personalizados y mejorar su adopción por parte de los usuarios. En general, para ver más innovaciones de TA nuevas y asequibles que lleguen a los usuarios finales, necesitamos ver más esfuerzos conjuntos entre los responsables de la formulación de políticas, investigadores, desarrolladores, profesionales de atención social y de la salud, proveedores de servicios, familias y usuarios de TA. Sin un enfoque colaborativo de este tipo, es poco probable que muchas personas con necesidades de TA se beneficien del potencial encontrado en este estudio.

Fortalezas y debilidades del estudio.

Hasta donde sabemos, este estudio es el primero en ofrecer un análisis exhaustivo de las tendencias emergentes en el campo de las TA.

Otra fortaleza importante de este estudio es que combina dos métodos diferentes para obtener una buena perspectiva de las tecnologías emergentes que podrían ser relevantes para el campo de la TA.

La combinación de dos métodos puede haber superado algunas de las limitaciones asociadas con el uso de un solo método para identificar tecnologías emergentes (Rotolo et al., 2015).

Hay algunas limitaciones que deben ser reconocidas. Una de estas limitaciones es que ejecutar la búsqueda fue complejo y fue difícil definir claramente los diferentes dominios y áreas de estudio. Por ejemplo, a diferencia de los métodos de revisión de literatura “tradicionales”, donde hay bases de datos bien estructuradas con terminologías fijas, la terminología utilizada en los documentos de patente varía mucho según el sector, la jurisdicción y los solicitantes de patentes. Como resultado, se necesitó una combinación de enfoques y varias iteraciones para refinar y finalizar las taxonomías y las búsquedas de patentes, aunque a menudo se debe tomar un juicio para garantizar un equilibrio entre la precisión y la recuperación de los resultados de la búsqueda.

Además, existen varias bases de datos de patentes con diferentes lenguajes de consulta y algoritmos de búsqueda. Como resultado, se encontrarían resultados ligeramente diferentes si otro equipo intentara replicar el estudio en una base de datos diferente usando la misma estrategia de búsqueda. Las tendencias generales, sin embargo, se consideran sólidas y válidas, y fueron revisadas por expertos en la materia. Otro problema que se encontró durante el estudio fue con respecto a la definición del término “emergente”. Muchas de las tecnologías identificadas como emergentes no son del todo nuevas. Un ejemplo es la inteligencia artificial, cuyos principios se conocen desde hace muchos años. Pero solo recientemente los desarrollos en el poder de las computadoras, el almacenamiento de datos y la conectividad han permitido que se construyan aplicaciones poderosas sobre esos principios. El uso del término “emergente” para el estudio estaba relacionado con las aplicaciones emergentes en el campo de la TA, y las tecnologías que permiten estos nuevos desarrollos y aplicaciones se consideran como “facilitadores”.

Otra posible limitación de este estudio es el amplio alcance de la literatura gris. Sin embargo, el hecho de que el análisis de patentes confirmara las principales tendencias identificadas en la literatura gris, junto con los resultados sobre el uso de tecnologías habilitadoras dentro de las aplicaciones específicas de TA, da confianza en la validez de los hallazgos.

Conclusiones

En conclusión, este estudio destaca que el campo de la TA está al borde de una innovación impresionante, impulsada por las mismas tecnologías habilitadoras que impulsan las innovaciones en la sociedad en general. El hecho de que hasta ahora solo una fracción de las invenciones en estas áreas tecnológicas emergentes estén relacionadas con la TA sugiere un enorme potencial para nuevas soluciones. Dado el hecho de que el mercado potencial para AT ya es enorme y está creciendo, es solo cuestión de tiempo antes de que estas nuevas soluciones estén disponibles. Este estudio presenta una serie de ejemplos prometedores de lo que se puede esperar.

Expresiones de gratitud

Los autores desean agradecer a Rafaela Di Sabato Guerrante de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, al Dr. Stephen Potter del Centro de Tecnología Asistiva y Salud Conectada de la Universidad de Sheffield, Wei Zhang y Johan Borg de la OMS por sus revisiones y comentarios sobre el manuscrito.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles del autor correspondiente, [LdW], previa solicitud razonable.

Declaración de divulgación

Los autores no informaron ningún posible conflicto de intereses.

Fondos

Este trabajo fue apoyado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como parte del informe global de la OMS sobre el proyecto de tecnología de asistencia. El análisis de patentes se llevó a cabo en el marco de la preparación del informe Tendencias tecnológicas sobre tecnología auxiliar de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

ORCID

LP de Witte <http://orcid.org/0000-0002-3013-2640>

Referencias

- Abbas, A., Zhang, L. y Khan, SU (2014). Una revisión de la literatura sobre el estado del arte en el análisis de patentes. *Información Mundial de Patentes*, 37, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2013.12.006>
- Abdi, S., de Witte, L. y Hawley, M. (2020). Tecnologías emergentes con aplicaciones potenciales de atención y apoyo para personas mayores: revisión de la literatura gris. *JMIR Envejecimiento*, 3(2), e17286. <https://doi.org/10.2196/17286> A escala. (2021). El caso para invertir en tecnología de asistencia. https://static1.squarespace.com/static/5b36ff1710699a7ebb64495/t/5fbf5c44eaf37e3b64932e6c/1606376534765/Case_for_Investing_in_AT_a11y.pdf
- Bhowmick, A. y Hazarika, SM (2017). Una visión de la tecnología de asistencia para personas ciegas y con discapacidad visual: tendencias de vanguardia y futuras. *Revista sobre interfaces de usuario multimodales*, 11(2), 149–172. <https://doi.org/10.1007/s12193-016-0235-6>
- Clarivate Derwent. (2020). Base de datos de patentes de innovación de Derwent. <https://clarivate.com/derwent/solutions/derwent-innovation/>
- Cozzens, S., Gatchair, S., Kang, J., Kim, KS, Lee, HJ, Ordóñez, G. y Porter, A. (2010). Tecnologías emergentes: Identificación y medición cuantitativa. *Análisis tecnológico y gestión estratégica*, 22(3), 361–376. <https://doi.org/10.1080/09537321003647396>
- Daim, TU, Rueda, G., Martín, H. y Gerdšri, P. (2006). Previsión de tecnologías emergentes: uso de bibliometría y análisis de patentes. *Pronóstico tecnológico y cambio social*, 73(8), 981–1012. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.04.004>
- de Witte, L., Steel, E., Gupta, S., Ramos, VD y Roentgen, U. (2018). Provisión de tecnología de asistencia: Hacia un marco internacional para asegurar la disponibilidad y accesibilidad de tecnología de asistencia asequible y de alta calidad. *Discapacidad y rehabilitación: tecnología de asistencia*, 13(5), 467–472. <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1470264>
- Deloitte. (2015). Salud conectada: cómo la tecnología digital está transformando la atención sanitaria y social. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/life-sciences-health-care/deloitte-uk-connected-health.pdf>
- Deloitte. (2018). Tendencias tecnológicas 201 la empresa sinfónica https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/Tech-Trends-2018/4109_TechTrends-2018_FINAL.pdf
- Deloitte. (2019). Tendencias tecnológicas 2019 más allá de la frontera digital. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/Tech-Trends-2019/DI_TechTrends2019.pdf
- Elgendy, M., Sik-Lanyi, C. y Kelemen, A. (2019). Hacer que las compras sean fáciles para las personas con discapacidad visual mediante el uso de tecnologías de asistencia móvil. *Ciencias Aplicadas*, 9(6), 1061. <https://doi.org/10.3390/app9061061>
- EPSRC. (2019a). Apoyo actual del EPSRC por áreas de investigación para el tema de tecnologías de la información y la comunicación. <https://epsrc.ukri.org/research/ourportfolio/vop/pack/RESEARCHAREA/NONE/THEME/Information%20and%20Communication%20Technologies/9999/>
- EPSRC. (2019b). Área de investigación en robótica. <https://epsrc.ukri.org/research/ourportfolio/vop/pie/THEME/NONE/RESEARCHAREA/93/9999/>
- EPSRC. (2019c). Apoyo actual del EPSRC por áreas de investigación para el tema de tecnologías para el cuidado de la salud. <https://epsrc.ukri.org/research/ourportfolio/vop/pack/RESEARCHAREA/NONE/THEME/Healthcare%20Technologies/9999/>
- ESPRC. (2018). Pionner- Mejoras para el hogar- Ciencia e ingeniería para un mundo de alta tecnología y bajo en carbono. <https://epsrc.ukri.org/newsevents/pubs/pioneer19/>
- Foro Europeo de la Discapacidad. (2018). Informe 'plug and pray' del foro europeo de discapacidad <http://www.edf-feph.org/sites/default/files/edfemerging-tech-report-accessible.pdf>
- Parlamento Europeo. (2018). Tecnologías de asistencia para personas con discapacidad, unidad de previsión científica (STOA). [https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_IDA\(2018\)603218](https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/document/EPRS_IDA(2018)603218)
- Oficina Europea de Patentes. (2020). Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC). <https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/classification/cpc.html>
- Fiorillo, L., D'Amico, C., Turkina, AY, Nicita, F., Amoroso, G., & Risita, G. (2020). Endo y exoesqueleto: Nuevas tecnologías en materiales compuestos. *Prótesis*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.3390/prótesis2010001>
- Red mundial de información sobre tecnologías de asistencia. (2020). La base de datos de tecnología de asistencia EASTIN. http://www.eastin.eu/en-GB/searches/products/index_grisáceo
- (2021). ¿Qué es la literatura gris? <https://www.greylit.org/about>
- Hoffmann, R., Spagnol, S., Kristjánsson, Á. y Unnthorsson, R. (2018). Evaluación de un dispositivo de sustitución sensorial audio-háptico para mejorar la conciencia espacial de las personas con discapacidad visual. *Optometría y Ciencias de la Visión*, 95(9), 757. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001284>
- Comité Selecto de Inteligencia Artificial de la Cámara de los Lores. (2018). AI en el Reino Unido: ¿Listo, dispuesto y capaz? <https://publications.parliament.uk/pa/ld201719/ldselect/ldai/100/100.pdf>
- Islam, MM, Sadi, MS, Zamli, KZ y Ahmed, MM (2019). Desarrollo de asistentes para caminar para personas con discapacidad visual: una revisión. *Revista de sensores IEEE*, 19(8), 2814–2828. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2890423>
- YO ASI. (2016). Norma ISO9999 sobre productos de asistencia para personas con discapacidad. <https://www.iso.org/standard/60547.html>
- Layton, N., Bell, D., Buning, ME, Chen, SC, Contepomi, S., Delgado Ramos, V., Hoogerwerf, E., Inoue, K., Moon, I., Symour, N., Smith, R. y de Witte, L. (2020). Abriendo la GATE: Pensamiento sistémico de la alianza mundial de tecnología de asistencia. *Discapacidad y rehabilitación: tecnología de asistencia*, 15(5), 484–490. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1738565>
- Lee, M., Yun, JJ, Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., Park, H., Jeon, J., Park, K., Jung, K., Yan, M., Lee, S. y Zhao, X. (2018). ¿Cómo responder a la cuarta revolución industrial o a la segunda revolución de las tecnologías de la información? Nuevas combinaciones dinámicas entre tecnología, mercado y sociedad a través de la innovación abierta. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3), 21. <https://doi.org/10.3390/joitmc4030021>
- Li, G., Hou, Y. y Wu, A. (2017). Cuarta revolución industrial: impulsores tecnológicos, impactos y métodos de afrontamiento. *Ciencia geográfica china*, 27(4), 626–637. <https://doi.org/10.1007/s11769-017-0890-x>
- Li, M., Porter, AL y Suominen, A. (2018). Perspectivas sobre las relaciones entre tecnología disruptiva/innovación y tecnología emergente: una perspectiva bibliométrica. *Pronóstico tecnológico y cambio social*, 129, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.032>
- Lovells, H. (2017). Los desafíos regulatorios de la UE y los riesgos de responsabilidad asociados con los dispositivos médicos impresos en 3D. <https://www.hoganlovells.com/es/publicaciones/los-retos-regulatorios-de-la-ue-y-los-riesgos-de-responsabilidad-asociados-a-los-dispositivos-medicos-impresos-en-3d>
- Maskeliūnas, R., Damaševičius, R. y Segal, S. (2019). Una revisión de las tecnologías de Internet de las cosas para entornos de vida asistidos por el ambiente. *Internet Futuro*, 11(12), 259. <https://doi.org/10.3390/ifi11120259>
- Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). (2021). Revisión de tecnología del MIT. <https://www.technologyreview.com/magazines/the-technonationalism-issue/>
- Matos, E., & Wiedemann, Á. (2019). Desarrollo de tecnologías de asistencia en fabricación aditiva (FA) para personas con discapacidad. Conferencia internacional sobre factores humanos aplicados y ergonomía (págs. 100–110). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20497-6_10
- Agencia Reguladora de Medicamentos y Productos Sanitarios (2021). Tecnología de asistencia: definición y uso seguro. <https://www.gov.uk/government/publications/assistive-technology-definition-and-safe-use/assistive-technology-definition-and-safe-use>
- Revisión de tecnología del MIT. (2015). MIT Technology Review Volumen 118 Número 4. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20150701&type=0&searchMode=Estándar&site=ehost-live>

- Revisión de tecnología del MIT. (2016a). MIT Technology Review, volumen 119, número 2. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20160301&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Revisión de tecnología del MIT. (2016b). MIT Technology Review, volumen 119, número 4. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20160701&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Revisión de tecnología del MIT. (2016c). MIT Technology Review, volumen 119, número 5. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20160901&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Revisión de tecnología del MIT. (2017a). MIT Technology Review, volumen 120, número 6. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20171101&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live> Revisión de tecnología del MIT. (2017b). MIT Technology Review, volumen 120, número 2. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20170301&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Revisión de tecnología del MIT. (2017c). MIT Technology Review, volumen 120, número 5. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20170901&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Revisión de tecnología del MIT. (2017d). MIT Technology Review, volumen 120, número 2. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20170301&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Revisión de tecnología del MIT. (2017e). MIT Technology Review, volumen 120, número 4. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20170701&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live> Revisión de tecnología del MIT. (2017f). MIT Technology Review, volumen 120, número 1. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20170101&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Revisión de tecnología del MIT. (2018). MIT Technology Review, volumen 121, número 2. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20180301&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live> Revisión de tecnología del MIT (2019a). MIT Technology Review, volumen 122, número 22. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20190301&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live> Revisión de tecnología del MIT. (2019b). MIT Technology Review, volumen 122, número 2: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&bquery=JN+%26quot%3bMIT+Technology+Review%26quot%3b+AND+DT+20190301&type=0&searchMode=Estándar&sitio=ehost-live>
- Mulfari, D., Minnolo, AL y Puliafito, A. (2017). Dispositivos portátiles e IoT como habilitadores de tecnologías de asistencia. En 2017 10th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE) (págs. 14–19). París, Francia: IEEE.
- NHS. (2019). La revisión de Topol, preparando a la fuerza laboral de atención médica para brindar el futuro digital, un informe independiente en nombre del secretario de estado para la salud y la atención social, febrero de 2019 <https://topol.hee.nhs.es/wp-content/uploads/HEE-Topol-Review-2019.pdf> Consejo Nuffield de Bioética. (2018). Inteligencia artificial en salud e investigación. <https://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Artificial-Intelligence-AI-in-healthcare-and-research.pdf>
- Consultoría PA. (2017). Informes ejecutivos de avance de proyecto: tecnología disruptiva. <https://www.paconsulting.com/insights/2018/sustainability/united-nations-global-compact/> Porter, AL, Roessner, JD, Jin, XY y Newman, NC (2002). Medición de las capacidades nacionales de 'tecnología emergente'. Ciencia y política pública, 29(3), 189–200. <https://doi.org/10.3152/147154302781781001> Rotolo, D., Hicks, D. y Martin, BR (2015). ¿Qué es una tecnología emergente? Política de investigación, 44(10), 1827–1843. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.006>
- Sociedad de la realeza. (2017). Aprendizaje automático: el poder y la promesa de las computadoras que aprenden con el ejemplo. <https://royalsociety.org/~media/policy/projects/machine-learning/publications/machine-learning-report.pdf>
- Schwab, K. (2017). La cuarta revolución industrial. Portafolio Pingüino.
- Small, H., Boyack, KW y Klavans, R. (2014). Identificar temas emergentes en ciencia y tecnología. Política de investigación, 43(8), 1450–1467. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.02.005> Interruptor, V. (2019). La sinergia especial de la impresión 3D y la tecnología de asistencia. <http://volksswitch.org/wp-content/uploads/2019/01/The-Special-Synergy-of-3D-Printing-and-Assistive-Technology.pdf> La Alianza de Ingeniería Biomédica Avanzada (AABME). (2020). Innovaciones en prótesis. <https://aabme.asme.org/posts/innovations-en-prótesis>
- NACION unida. (2018). Encuesta económica y social mundial: tecnologías de frontera para el desarrollo sostenible. https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/WESS2018_full_web.pdf
- OMPI. (2020). Esquema de clasificación internacional de patentes (IPC). <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>
- Foro Economico Mundial. (2015a). Cambio profundo 21 maneras en que el software se transformará globalmente. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Deep_Shift_Software_Transform_Society.pdf
- Foro Economico Mundial. (2015b). Las 10 principales tecnologías emergentes de 2015. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Top10_Emerging_Technologies_2015.pdf
- Foro Economico Mundial. (2016a). Las 10 principales tecnologías emergentes de 2016. http://www3.weforum.org/docs/GAC16_Top10_Emerging_Technologies_2016_report.pdf Foro Economico Mundial. (2016b). El futuro digital para la salud del cerebro. http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/HE/WEF_2016-Report_The%20Digital-Future-of-Brain-Health.pdf
- Foro Economico Mundial. (2017). Las 10 principales tecnologías emergentes de 2017. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Top10_Emerging_Technologies_report_2017.pdf
- Foro Economico Mundial. (2018). Las 10 principales tecnologías emergentes de 2018. http://www3.weforum.org/docs/Top10_Emerging_Technologies_report_2018.pdf
- Foro Economico Mundial. (2019a). Salud y asistencia sanitaria en la cuarta revolución industrial Consejo del futuro mundial sobre el futuro de la salud y la asistencia sanitaria. http://www3.weforum.org/docs/WEF__Shaping_the_Future_of_Health_Council_Report.pdf
- Foro Economico Mundial. (2019b). Las 10 principales tecnologías emergentes de 2019. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Top10_Emerging_Technologies_2019_Report.pdf Foro Economico Mundial. (2021). Tecnologías emergentes. <https://www.weforum.org/agenda/archive/> Organización Mundial de la Salud. (2011). Clasificación internacional de funcionamiento, discapacidad y salud (ICF). <https://www.who.int/classifications/icf/en/>
- Organización Mundial de la Salud. (2016b). Lista de prioridades APL de la OMS. https://www.who.int/phi/implementation/assistive-technology/EMP_PHI_2016_01/es/
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Tecnología de asistencia. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology> Organización Mundial de la Salud. (2015). Plan de acción mundial sobre discapacidad de la OMS 2014-2021: Mejor salud para todas las personas con discapacidad.

Organización Mundial de la Salud. (2016a). Lista de productos de asistencia prioritarios: Mejorar el acceso a la tecnología de asistencia para todos, en todas partes. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/207694/WHO_EMP_PHI_2016.01_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y Oficina Mundial Internacional de Patentes (OMPI). (2019). Tendencias tecnológicas: Inteligencia artificial. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf

Xu, M., David, JM y Kim, SH (2018). La cuarta revolución industrial: Oportunidades y desafíos. *Revista Internacional de Investigación Financiera*, 9(2), 90–95. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90> Tú, E., Lin, V., Mijovic, T., Eskander, A. y Crowson, MG (2020). Aplicaciones de inteligencia artificial en otología: una revisión del estado del arte. *Otorrinolaringología–Cirugía de cabeza y cuello*, 163(6), 1123–1133. <https://doi.org/10.1177/0194599820931804>