

La sordoceguera en los entornos digitales y el metaverso en el año 2025

Deafblindness in Digital Environments and the Metaverse in 2025

Recibido: 04/03/2026 ❖ Aceptado: 30/06/2026

Soraya Rodríguez Hernández

Universidad Internacional de La Rioja

soraya.rodriguez939@comunidadunir.net 

RESUMEN

La accesibilidad digital ha avanzado en paralelo al desarrollo tecnológico, especialmente desde la consolidación de la Web 2.0 y su progresiva transición hacia la Web 3.0 y los entornos inmersivos. Durante este proceso, los entornos digitales, los modelos de diseño y la producción académica se han ido adaptando a las innovaciones y a su impacto en la inclusión de las personas con discapacidad. Esta investigación se basa en una revisión bibliográfica sobre sordoceguera y entornos digitales publicada entre 2020 y 2025, lo que ha permitido examinar la terminología empleada, los enfoques dominantes y el estado actual de la cuestión. Los resultados muestran que, aunque la investigación sobre accesibilidad digital ha ido en aumento, la sordoceguera mantiene un lugar secundario, con una producción dispersa y centrada en contextos educativos o de apoyo. Esta situación contrasta con la rápida evolución de los entornos digitales hacia modelos más complejos e inmersivos, poniendo de relieve una desincronización entre la innovación tecnológica, los marcos de accesibilidad vigentes y la investigación específica sobre sordoceguera. Mientras los desarrollos tecnológicos avanzan sin incorporar las necesidades de las personas con sordoceguera, la investigación existente no traslada sus aportaciones al diseño de entornos digitales inclusivos, reduciendo su alcance en la transformación de los entornos digitales. Asimismo, la revisión muestra que la falta de datos sobre sordoceguera dificulta que sus formas de interacción se tengan en cuenta en los sistemas digitales emergentes, en particular los que incorporan inteligencia artificial.

Palabras clave: accesibilidad digital; discapacidad sensorial; entornos digitales; metaverso; sordoceguera.

ABSTRACT

Digital accessibility has advanced in parallel with technological development, especially since the consolidation of Web 2.0 and its progressive transition to Web 3.0 and immersive environments. During this process, digital environments, design models, and academic production have been adapting to innovations and their impact on the inclusion of people with disabilities. This research is based on a literature review on deafblindness and digital environments published between 2020 and 2025, which has allowed us to examine the terminology used, the dominant approaches, and the current state of the art. The results show that, although research on digital accessibility has been increasing, deafblindness remains in a secondary position, with scattered production focused on educational or support contexts. This situation contrasts with the rapid evolution of digital environments towards more complex and immersive models, highlighting a desynchronization between technological innovation, current accessibility frameworks, and specific research on deafblindness. While technological developments advance without incorporating the needs of people with deafblindness, existing research does not translate its findings into the design of inclusive digital environments, reducing its impact on the transformation of digital environments. Furthermore, the review shows that the lack of data on deafblindness makes it difficult for their forms of interaction to be taken into account in emerging digital systems, particularly those incorporating artificial intelligence.

Keywords: digital accessibility; sensory disability; digital environments; metaverse; deafblindness.

1. Introducción

La progresiva digitalización de la sociedad ha transformado las formas de comunicación, el acceso a la información, el aprendizaje y la participación social. Los entornos digitales se han convertido en espacios clave para desarrollar la interacción diaria. Quedar excluido en estos entornos puede suponer, una forma de exclusión social. La accesibilidad digital es esencial para asegurar que todas las personas puedan interactuar con tecnologías, plataformas y contenidos digitales de forma equitativa, independientemente de sus capacidades o limitaciones funcionales (Rodríguez, 2024).

Desde los primeros modelos de la Web 2.0, Internet ha experimentado una notable transformación, puesto que supuso un punto de inflexión porque se favorece la participación de los usuarios con contenidos colaborativos a través de interacciones en diferentes plataformas digitales. Con este cambio se ampliaron las posibilidades de acceso y participación, pero también supuso nuevos retos con las diferentes interfaces, la gran variedad de formatos y la creciente dependencia de la interacción multimodal (Wang y Si, 2024).

Por otro lado, la Web 3.0 integra tecnologías emergentes como la web semántica, la inteligencia artificial, la descentralización de servicios y los entornos digitales inmersivos. Todos ellos, ofrecen experiencias personalizadas, dinámicas y complejas, pero también suponen preguntas importantes sobre inclusión y accesibilidad (Haile, 2023). Con la incorporación de interfaces más sofisticadas, entornos tridimensionales y las nuevas formas de interacción, se fomenta el riesgo de exclusión para personas cuyas necesidades no han sido explícitamente consideradas en el desarrollo y los modelos de diseño.

La investigación sobre accesibilidad digital se ha enfocado en discapacidades que se podían abordar desde un punto de vista técnico y de diseño, como las limitaciones visuales, motoras o cognitivas. Con este tipo de enfoque se ha logrado avanzar de forma significativa en ciertos campos, pero en numerosas ocasiones los modelos de usuario están muy simplificados y no dan respuesta a las dificultades sensoriales más complejas (Centenero de Arce, 2024).

Hamideh et al. (2024) exponen que las discapacidades que combinan diferentes limitaciones funcionales desafían los modelos establecidos, ya que requieren de enfoques más especializados e integrales con tecnologías específicas. Por tanto, la sordoceguera es un caso relevante porque combina limitaciones visuales y auditivas. Así pues, la presencia de la sordoceguera en los entornos digitales resulta reducido, y la investigación al respecto no suele aparecer con frecuencia o se presenta de forma circunscrita en otros ámbitos que no están centrados en el diseño digital (Murillo-Jiménez et al., 2025). Esta falta de investigación repercute directamente en el desarrollo de tecnologías emergentes, dado que los sistemas de inteligencia artificial se nutren de los datos para poder identificar patrones de interacción, lo que deja a las personas con sordoceguera en una situación de desventaja estructural.

La creciente complejidad de los entornos digitales, en especial en el contexto de la Web 3.0 y los entornos inmersivos, exige la necesidad de analizar de forma crítica el estado actual de la sordoceguera. En este sentido, el artículo ofrece una revisión de la literatura científica sobre los entornos digitales y la sordoceguera, para analizar de forma crítica cómo ha sido abordada en la investigación académica.

A pesar del interés que hay por la accesibilidad digital, la literatura analizada expone un tratamiento fragmentado de la sordoceguera sobre todo dentro de los entornos digitales. La principal aportación de este trabajo es ofrece una revisión crítica y contextualizada reciente desde el año 2020 al año 2025, relacionando la evolución tecnológica que se desarrolla con la Web 2.0 hasta la Web 3.0 y el metaverso.

2. Marco teórico

2.1. De la Web 2.0 a la Web 3.0

La evolución de la web ha conllevado numerosos cambios tanto en la estructura técnica de Internet y las formas de interacción social que son facilitadas por las tecnologías digitales. Con la Web 2.0, se creó una importante transformación en comparación con los modelos anteriores porque se

introdujeron enfoques centrados en la participación de los usuarios, creación de contenido y una gran proliferación de plataformas sociales (Aparicio et al., 2020). Los usuarios pasaron a ser creadores y distribuidores de contenido, generando dinámicas comunicativas y sociales.

La Web 2.0 ha sido reconocida por promover interacciones más equitativas y reducir las barreras de acceso a la información. En diferentes sectores, se destaca que las herramientas de este modelo facilitan las oportunidades de aprendizaje, comunicación y colaboración, en especial en contextos que necesitan que se adapte rápidamente a los diferentes entornos digitales (Afzal et al., 2023). Sin embargo, la expansión tecnológica también generó numerosas limitaciones, puesto que al aumentar el número de plataformas y formatos, se crearon nuevas barreras para algunos usuarios.

La Web 2.0 se centralizó como un ecosistema digital donde un pequeño grupo de plataformas dominaba los datos, los servicios y las infraestructuras tecnológicas. Las investigaciones que se desarrollaron sobre la Web 2.0, se centraban en gran medida en los riesgos y vulnerabilidades con los temas relacionados con la seguridad, privacidad y la integración de la información en los entornos digitales participativos (Saqib et al., 2021). El crecimiento acelerado de las plataformas sociales y colaborativas estuvo acompañado por un aumento en las áreas de riesgo, generando un especial interés en los aspectos técnicos y de protección de los sistemas.

No obstante, el enfoque en los riesgos y las vulnerabilidades técnicas de la Web 2.0 ha tenido una atención circunscrita dentro de los entornos digitales hacia las implicaciones sociales y humanas. La seguridad y la arquitectura de los sistemas, en algunas ocasiones incorporaban que con la creciente ampliación de interfaces y las formas de interacción podía afectar a usuarios que tuvieran alguna discapacidad sensorial o funcional (Saqib et al., 2021).

La Web 3.0 surge como una propuesta para evolucionar el ecosistema digital, buscando eliminar algunas de las limitaciones que surgieron en el modelo de la Web 2.0 (Goel et al., 2022). Se caracteriza por la incorporación de nuevas tecnologías como la web semántica, la inteligencia artificial y los sistemas descentralizados. Asimismo, empiezan a cobrar fuerza estándares como WebXR, que permiten crear experiencias inmersivas de realidad virtual y aumentada desde la web. Estas tecnologías buscan crear entornos digitales más inteligentes, autónomos y personalizados, transformando la manera de organizar los datos y las interacciones entre los usuarios y los sistemas digitales (Shen et al., 2024).

La Web 3.0 busca crear un Internet que comprenda el significado de la información y ofrezca respuestas más contextualizadas teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios. Harjanti et al. (2020) explican que esta evolución permite avanzar hacia entornos digitales más eficientes y adaptados, donde los sistemas podrían anticipar las diferentes necesidades de los usuarios y mejorar su experiencia de forma significativa. No obstante, esta capacidad de personalización e interpretación conlleva una mayor complejidad en los procesos de diseño, desarrollo e interacción, planteando dudas sobre si estos nuevos entornos son accesibles (Ünlü, 2024).

La descentralización de aplicaciones y servicios digitales es un elemento fundamental dentro de la Web 3.0. Esta diferenciación es muy notable teniendo en cuenta los modelos centralizados que se usaban en la Web 2.0 y supone la redistribución de datos, otorgando a los usuarios mayor autonomía (Petcu et al., 2023). Rathor et al. (2023) señalan que este enfoque disminuye la dependencia de intermediarios y fomenta una conexión más directa entre las personas y los sistemas digitales. El uso de modelos descentralizados crea nuevas demandas técnicas y cognitivas para los usuarios, puesto que tienen que interactuar con sistemas menos estandarizados y, en muchos casos, más difíciles de entender.

La transición hacia entornos digitales más complejos y descentralizados puede dar lugar a nuevas formas de exclusión si no se incorporan criterios desde las etapas iniciales del diseño (Mwansa et al., 2025). La Web 3.0 se considera un internet más abierto y centrado en el usuario, pero la falta de marcos de accesibilidad bien estructurados aumenta las barreras de acceso para los grupos que tienen necesidades específicas. Esta complejidad resulta especialmente problemática para quienes utilizan combinaciones más complejas de percepciones y mediaciones para poder interactuar. La accesibilidad y la innovación tecnológica son aspectos clave para el análisis de los entornos digitales contemporáneos.

Othman et al. (2024) señalan que se ha priorizado analizar los aspectos técnicos, económicos y de seguridad, dejando de lado las implicaciones sociales y humanas de estos desarrollos. Los riesgos y vulnerabilidades estudiados en la Web 2.0 se reproducen en algunos aspectos de la Web 3.0, contribuyendo a explicar porque los usuarios con necesidades de acceso complejas han tenido poca trascendencia en los entornos digitales.

La evolución de la web hacia entornos digitales más complejos y multimodales, constituye un marco esencial para entender los retos actuales de la accesibilidad digital (Kunjiapu et al., 2025). Examinar de forma crítica la Web 2.0 a la Web 3.0 permite identificar qué tipo de limitaciones tienen los diferentes enfoques predominantes. A su vez, contextualizarlo y centrar la atención en los diferentes grupos cuyas necesidades han sido poco consideradas en la investigación.

2.2. Accesibilidad digital en el metaverso

El metaverso es un conjunto de espacios virtuales inmersivos, tridimensionales y permanentes que reaviva el debate sobre la accesibilidad digital dentro de los contextos tecnológicos que cada vez tienden a ser más complejos. En contraposición a los espacios web tradicionales, el metaverso combina interfaces gráficas avanzadas, interacción en tiempo real, comunicación bimodal y, con frecuencia, dispositivos de realidad virtual (Lepez, 2022). Estos entornos se desarrollan, en muchos casos, a partir de estándares como WebXR, que proporcionan la base técnica para crear experiencias inmersivas directamente en la web.

La accesibilidad digital en el metaverso no puede concebirse como una prolongación de las pautas ya existentes para la web. Se trata de un ámbito que exige una reformulación profunda que tiene que adaptarse a las dinámicas

existentes en los entornos virtuales tridimensionales. Sidorenko-Bautista (2025) señala que el metaverso tiene un nivel extra de complejidad porque integra de forma simultánea diferentes componentes visuales, sonoros, espaciales y sociales. Esto obliga a repensar el diseño de las experiencias digitales para asegurar que exista una participación autónoma y equitativa para todos los usuarios.

La accesibilidad se relaciona de forma directa con los principios y experiencias que se centran en el usuario, pasando a tener un papel fundamental dentro de los entornos virtuales. Abellán y Vázquez (2024) señalan que la accesibilidad digital se tiene que entender como un componente transversal que abarca contenidos, procesos, interfaces, dispositivos y formas de interacción social.

Los marcos normativos, como las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG), se han consolidado como una referencia para evaluar la accesibilidad. No obstante, su aplicación directa al metaverso tiene importantes limitaciones, puesto que la adaptación a contextos tridimensionales, experiencias inmersivas o sistemas de realidad virtual son insuficientes (Sidorenko-Bautista, 2025). Esta falta de adecuación normativa expone la necesidad de elaborar criterios específicos de accesibilidad virtual donde se detallen las particularidades que tiene el metaverso. Esta falta de criterios específicos destaca la ausencia de salida háptica, interacción táctil avanzada y uso de braille en tiempo real dentro de entornos tridimensionales.

Sai et al. (2024) exponen que la accesibilidad dentro de muchas plataformas de metaverso tiene un panorama desigual dentro de la inclusión digital. Con los estudios comparativos que se llevaron a cabo por Mishchenko et al. (2025), se demuestra que existen diferencias notables entre los metaversos centralizados que presentan un carácter gamificado con estándares de accesibilidad más avanzados, en especial en las discapacidades auditivas y motoras. En cambio, los descentralizados presentan limitaciones estructurales derivadas de sus arquitecturas y motores, conllevando la ausencia de herramientas básicas para la inclusión.

Uno de los puntos clave en la accesibilidad del metaverso es la dependencia que tiene del canal visual en muchos entornos de realidad virtual. Furtado et al. (2025) y Xinyun et al. (2025), indican que *VRChat* sigue siendo en muchas ocasiones inaccesibles para personas que tienen baja visión o con ceguera, ya que su medio principal es visual tanto para la navegación, la interacción y la comunicación social.

Los primeros intentos por mejorar la accesibilidad en entornos virtuales se han centrado en sustituir y reforzar la información visual con sonido y tacto. El uso de señales auditivas y retroalimentación háptica suelen tener un carácter rígido porque se basan en las configuraciones preestablecidas de los desarrolladores y son poco flexibles para adaptarse a las necesidades de cada usuario (Karimi et al., 2025).

La incorporación de la inteligencia artificial generativa y los modelos del lenguaje ha supuesto nuevas vías para mejorar la accesibilidad dentro del metaverso. Se desarrollan sistemas experimentales que permiten a los usuarios comunicarse con los entornos virtuales, solicitar descripciones del entorno,

cambios en tiempo real o apoyo específico para la navegación (Sidorenko-Bautista, 2025). Estos enfoques buscan un modelo de accesibilidad que sea más dinámico y adaptable, siendo capaz de ajustarse a las necesidades que tienen los usuarios sin añadir una carga cognitiva extra. Por lo que rara vez contemplan escenarios de interacción que estén apoyados en el tacto, limitando su utilidad para las personas con discapacidades sensoriales combinadas.

Adelakun et al. (2024) argumentan que la accesibilidad facilitada por la inteligencia artificial también tiene riesgos y desafíos. En muchos casos, no existe una fiabilidad de los sistemas, hay poca transparencia en su funcionamiento, presentan sesgos algorítmicos e incluso existen dificultades para los sistemas automatizados. Estos factores afectan de forma negativa a la experiencia de los usuarios, en especial en los contextos que tienen entornos inmersivos. El diseño y el despliegue de las diferentes propuestas basadas en la inteligencia artificial tiene que acompañarse de reflexiones críticas sobre sus implicaciones éticas y sociales y garantizar que exista equidad y protección de derechos (Benjamins et al., 2023).

Lepez (2022) destaca que el metaverso tiene un gran potencial para ampliar la accesibilidad en diferentes ámbitos como el educativo porque puede ayudar a las personas que por diferentes motivos no pueden acudir a los entornos convencionales. No obstante, este potencial está condicionado por las decisiones que se adopten alrededor de las plataformas, la configuración de los avatares y las herramientas de interacción.

La accesibilidad digital en el metaverso se encuentra todavía en una etapa temprana que tiene un desarrollo irregular, donde hay algunos avances relevantes, pero con muchas limitaciones. Aunque se han impulsado iniciativas para mejorar la inclusión en algunos ámbitos o tipos de discapacidad, todavía sigue faltando un enfoque integral que contemple de forma detallada la diversidad de necesidades sensoriales, motoras y cognitivas de los usuarios.

2.3. La discapacidad en los entornos digitales

La consolidación de los entornos digitales como espacios claves para la comunicación, la educación, el trabajo y la participación social ha puesto de relieve las desigualdades que existen en el acceso y uso de la tecnología en algunos colectivos. En el caso de las personas con discapacidad, siguen presentes multitud de barreras que dificultan su inclusión en la sociedad digital. A pesar de los avances normativos y tecnológicos, estas barreras siguen presentes en el diseño de los entornos digitales, los modelos de interacción que se priorizan y con las decisiones que se llevan a cabo (Zambrano, 2024).

La forma de entender la discapacidad en los entornos digitales ha ido cambiando con el paso del modelo médico al modelo social de la discapacidad. El modelo social expone que la discapacidad es el resultado de las interacciones entre las características individuales y un entorno que no está pensado para la diversidad humana. Dentro del contexto digital, esto se extrapola a desplazar las dificultades que tenga el usuario hacia las barreras técnicas, comunicativas y estructurales que dificultan el acceso a las plataformas y contenidos online (García, 2023).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), estima que una de cada seis personas en el mundo tiene algún tipo de discapacidad. Todo ello, supone una limitación si no se cuenta con la adaptación necesaria y, por tanto, no se amolda a las necesidades y características específicas del usuario. Por lo que la accesibilidad digital es un elemento central dentro del diseño de los entornos digitales para garantizar la accesibilidad e inclusión de los usuarios.

Goiri y Rodríguez (2023) y Salazar et al. (2023) coinciden en que la accesibilidad digital es una condición necesaria porque sin ella, no se garantiza la inclusión de las personas con discapacidad dentro de los entornos digitales. Zallio y Clarkson (2022) señalan que el incumplimiento de los estándares de accesibilidad es algo habitual, aunque existan directrices como las de WCAG o las leyes de igualdad y no discriminación.

En la práctica, la discapacidad y los entornos digitales se agrupan en categorías, como discapacidad visual, auditiva, motora o cognitiva. Este enfoque permite clasificar e impulsar herramientas concretas, como lectores de pantalla, subtítulos o ajustes de contraste, que han mejorado el acceso a la información y la autonomía digital (Salazar et al., 2023).

Esta tendencia se debe a un enfoque de diseño que favorece lo que resulta más sencillo de resolver desde un punto de vista técnico. Como resultado, se da prioridad a aquellas discapacidades que puedan convertirse en requisitos estandarizados, mientras que las situaciones más complejas, tienden a quedarse en segundo plano (Chidiac et al., 2024). Por lo que suelen prevalecer criterios como la eficiencia y la escalabilidad frente a una adaptación más diversa de los contextos y usuarios. Este planteamiento tiene importantes limitaciones en el caso de las discapacidades que combinan varios sentidos porque sus necesidades no se pueden resolver con soluciones estandarizadas ni apoyándose en un único canal de interacción.

En este contexto, las discapacidades sensoriales han tenido un papel importante sobre la accesibilidad digital, pero no se han tratado todas del mismo modo. Mientras que las discapacidades visuales y auditivas han sido objeto de estudio, otras combinaciones han quedado menos exploradas y apenas aparecen en las investigaciones (Patel et al., 2025). Las investigaciones de Goiri y Rodríguez (2023), indican que, en muchos casos, el diseño se sigue apoyando casi por completo en uno o dos canales sensoriales principales, normalmente el visual y, en menor medida el auditivo. Esta forma de plantearlo excluye a quienes no pueden utilizar esos canales y no contempla alternativas para otros modos de percepción e interacción.

La expansión de tecnologías que se basan en la inteligencia artificial y sistemas algorítmicos en los entornos digitales agrava esta problemática. Aunque estas herramientas pueden contribuir a mejorar la accesibilidad, también conllevan riesgos de exclusión y discriminación no intencionada. Cuando los sistemas se diseñan de forma “estándar”, tienden a desfavorecer las formas de interacción que no tienen dichos patrones, por lo que terminan acentuando desigualdades ya existentes (García, 2023). Estas dinámicas son muy problemáticas para los colectivos con formas de interacción que no se ajustan a los patrones contemplados dentro del diseño de sistemas digitales.

Desde un punto de vista ético y de derechos humanos, Zambrano (2024) y Salazar et al. (2023), insisten en que la accesibilidad digital es una responsabilidad colectiva que debe garantizar que todas las personas puedan participar en igualdad de condiciones. Cuando las personas con discapacidad quedan fuera de los entornos digitales, se les compromete su autonomía, acceso a la información y ejercer sus derechos básicos en un entorno que cada vez está más digitalizado.

Por lo tanto, aunque se han producido avances importantes en la accesibilidad, la discapacidad dentro de los entornos digitales es algo parcial y fragmentada. La atención de ciertas necesidades muy específicas ha permitido introducir mejoras en algunos ámbitos, pero también han supuesto una exclusión en usuarios que no encajan dentro de los modelos diseñados más extendidos.

2.4. Sordoceguera como discapacidad única dentro de la digitalización

La sordoceguera es una discapacidad única que se caracteriza por la combinación de limitaciones visuales y auditivas que impiden que ambos sentidos se compensen entre sí. Tal y como expone la Federación de Asociaciones de Personas Sordociegas de España (FASOCIDE, 2026), es una condición específica que modifica la forma de acceder a la información, la forma en que se establece la comunicación y se participa en la vida social. Dentro de los entornos digitales, las exigencias de accesibilidad se vuelven más complejas y desbordan los planteamientos previos, puesto que no están pensados para abordar esta discapacidad de forma combinada.

Las investigaciones realizadas por Warnicke et al. (2022), indican que las personas con sordoceguera constituyen un grupo muy diverso, tanto por el grado de pérdida visual y auditiva como por el momento en que aparece la discapacidad y por los sistemas de comunicación que utilizan. Esta diversidad afecta directamente a la interacción con tecnologías digitales y requiere que se planteen apoyos y ajustes que estén adaptados a cada caso. A pesar de ello, la mayoría de los entornos digitales utilizan perfiles estandarizados, dificultando responder de forma correcta a las diferentes situaciones que presentan los usuarios con sordoceguera.

Uno de los principales obstáculos que presentan las personas con sordoceguera es el acceso a la información y a la comunicación cuando se produce a través de tecnologías digitales. Warnicke et al. (2022), señalan que la mayoría de las intervenciones que se han llevado a cabo con estos usuarios, se centran en la comunicación, la orientación y la movilidad, así como el acceso a la información. No obstante, estas intervenciones se abordan desde una perspectiva rehabilitadora con muestras de participantes muy reducidas, limitando la posibilidad de trasladar los resultados a los entornos digitales y manteniendo un conocimiento fragmentado sobre cómo garantizar su accesibilidad.

Dentro del ámbito de accesibilidad tecnológica, la investigación ha avanzado de forma desigual. Por un lado, se han desarrollado diferentes ayudas técnicas y tecnológicas, sobre todo en el contexto educativo y de rehabilitación, que a menudo utilizan dispositivos específicos como los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC), así como guías-intérpretes. Aunque este tipo de apoyos es esencial para que puedan participar, pone de manifiesto que la

mayoría de los recursos digitales no se han pensado para incluir de forma directa a personas con sordoceguera (Ávila y Ocaña, 2021). Este modelo, tan dependiente de apoyos externos y de la mediación de otras personas, plantea interrogantes sobre hasta qué punto las personas con sordoceguera pueden ejercer una autonomía digital en entornos tecnológicos cada vez más complejos.

En el ámbito educativo, Reddy et al. (2024), han demostrado que existen barreras tecnológicas que enfrentan a los estudiantes que tienen sordoceguera. La ausencia de plataformas accesibles, la escasez de recursos digitales adaptados y la falta de tecnologías siguen actuando como barreras para una inclusión efectiva (Núñez et al., 2025).

Desde el plano de la comunicación, FASOCIDE (2026), insiste en que, para muchas personas con sordoceguera, el tacto es el principal canal de acceso a la información. Sistemas como el *Haptic*, enfatizan en la necesidad de transmitir datos que permitan a los usuarios ubicarse en su entorno y participar de forma autónoma. Esto es realmente importante en los entornos digitales, donde la mayor parte de la información se comunica de forma implícita a través de elementos visuales o auditivos.

A pesar de todos estos avances, la presencia de la sordoceguera en la literatura sobre la accesibilidad digital y los entornos virtuales sigue siendo escasa y aparece de forma dispersa. Todo ello, limita que exista una generación de datos y conocimientos necesarios para que se desarrollen sistemas digitales inclusivos. Por lo que cuando se incluye, suele hacerse como casos aislados dentro de estudios generales sobre discapacidad, sin abordar a fondo que implicaciones se tendrían dentro de los entornos digitales para estos usuarios (Warnicke et al., 2022). Esta situación es preocupante, puesto que se está avanzando hacia entornos digitales más complejos, como es el caso de la Web 3.0 y el metaverso, donde el grado de inmersión pueden agravar más las barreras existentes.

En esta línea, la accesibilidad digital ha avanzado de forma exponencial en otros perfiles de discapacidad, pero sigue existiendo dificultades en las realidades sensoriales más complejas que requieren enfoques más integrales y flexibles. La falta de modelos de diseño que incorporen de forma explícita la sordoceguera contribuye a que este colectivo permanezca prácticamente invisible dentro de los entornos digitales (Ávila y Ocaña, 2021; Warnicke et al., 2022).

3. Metodología

La metodología de esta investigación se centró en llevar a cabo una revisión bibliográfica de carácter cualitativo de estudios y publicaciones académicas relacionadas con la sordoceguera en los entornos digitales. Para ello, se consultaron tres de las bases de datos académicas internacionales más utilizadas, *Scopus*, *Web of Science (WoS)* y *Google Scholar*, escogidas por su reconocimiento, rigor científico y la amplia cobertura de literatura especializada. En una primera fase, se delimitó el periodo de análisis a las publicaciones comprendidas entre 2020 y 2025, con la intención de recoger la evolución más reciente y actualizada sobre la sordoceguera, la accesibilidad digital y la transformación de los entornos digitales en los últimos años.

Posteriormente, se recopilaron un total de 35 publicaciones indexadas (10 en SCOPUS, 15 en WoS y 10 en *Google Scholar*), 3 páginas web institucionales especializadas y 1 libro de referencia en comunicación accesible en el metaverso, todos ellos vinculados con la sordoceguera y los entornos digitales. Las publicaciones seleccionadas presentaban en su título, resumen o palabras clave términos como: sordoceguera, accesibilidad digital, discapacidad sensorial, entornos digitales y metaverso.

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para acotar la selección a los estudios pertinentes sobre sordoceguera, entornos digitales y accesibilidad. Se incorporaron aquellas publicaciones que abordaban la sordoceguera, de forma directa o indirecta, en relación con el uso de tecnologías digitales, entornos virtuales, accesibilidad web, tecnologías de apoyo o contextos educativos y comunicativos. Se descartaron aquellas publicaciones que no se ajustaban a estos parámetros, así como estudios que, aunque trataban la discapacidad en términos generales, no ofrecían aportaciones relevantes para analizar de forma específica la sordoceguera en los entornos digitales.

Para garantizar la calidad y relevancia de las fuentes seleccionadas, se priorizaron las publicaciones que estuviesen indexadas en bases de datos académicas, artículos por pares y documentos con una relación directa con la sordoceguera, la accesibilidad o los entornos digitales. También se analizó la claridad metodológica y su aportación a la sordoceguera dentro de los contextos digitales.

Para asegurar la mayor exhaustividad posible, la búsqueda se planteó utilizando distintos descriptores y combinaciones terminológicas vinculadas tanto a la sordoceguera como a los entornos digitales. Además de los términos en español, se incorporaron expresiones como: *tactile interfaces*, *haptic interaction*, *haptic feedback*, *tactile internet* o *immersive accessibility*. Sin embargo, la inclusión de estos descriptores no incrementó de forma significativa ni apreciable el número de publicaciones centradas de forma específica en la sordoceguera.

La decisión de dar prioridad a las publicaciones en lengua española respondió al interés por delimitar el estado de la cuestión en el ámbito hispanohablante, partiendo de la hipótesis de que la producción científica sobre sordoceguera y entornos digitales es reducida o prácticamente inexistente. También se consideró fundamental analizar cómo esta temática se ha abordado dentro de otros contextos científicos y sociales. Aunque se incorporaron descriptores en inglés, los artículos localizados sobre sordoceguera y entornos digitales continuó siendo reducida. Así pues, la cantidad de resultados se interpretó como un hallazgo relevante del estudio, puesto que se pudo evidenciar la limitada presencia de esta temática dentro de la literatura existente.

Las publicaciones seleccionadas se analizaron de forma cualitativa con el objetivo de identificar los enfoques más habituales, las principales líneas de investigación y los vacíos presentes dentro de la literatura existente. Se puso especial énfasis en la evolución temporal de los estudios, así como en la forma en que la sordoceguera ha sido abordada en los entornos digitales, desde contextos vinculados a la Web 2.0 hasta enfoques más recientes como la Web 3.0 y el metaverso. A partir de este análisis, se elaboró una síntesis para proporcionar una visión general del estado actual de la investigación sobre la sordoceguera en los

entornos digitales, resaltando las principales áreas de estudio y las principales limitaciones identificadas.

El análisis cualitativo se realizó mediante una lectura interpretativa y comparativa de las publicaciones seleccionadas. Teniendo en cuenta los títulos, resúmenes, palabras claves y los contenidos principales, se identificaron categorías temáticas que se agruparon en ejes para identificar patrones recurrentes, enfoques predominantes y vacíos dentro de los artículos seleccionados.

En este sentido, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

P1. ¿De qué manera se ha abordado la sordoceguera en la literatura científica sobre entornos y accesibilidad digitales?

P2. ¿Qué enfoques teóricos y metodológicos predominan en los estudios que analizan la sordoceguera en el ámbito de las tecnologías digitales?

P3. ¿En qué tipos de contextos digitales (educativos, comunicativos, tecnológicos o virtuales) se ha estudiado con mayor frecuencia la sordoceguera?

P4. ¿Se observan diferencias en el tratamiento de la sordoceguera entre investigaciones relacionadas con entornos digitales de la Web 2.0 y aquellas asociadas a desarrollos más recientes como la Web 3.0 o el metaverso?

P5. ¿Qué vacíos, limitaciones o áreas poco exploradas se pueden identificar en la investigación académica sobre sordoceguera en los entornos digitales?

Tras la formulación de estas preguntas, se llevó a cabo una revisión transversal de los patrones presentes en las publicaciones seleccionadas, prestando especial atención a los títulos que se utilizaban, los resúmenes y las palabras clave. Con ello, se pudieron identificar los conceptos más recurrentes y la importancia de ciertos enfoques y términos relacionados con la sordoceguera, accesibilidad digital y entornos tecnológicos. Este análisis permitió identificar la frecuencia, la sistematización de los resultados y las carencias en el estado actual de la investigación (Tabla 1).

Tabla 1. Categorización de ejes temáticos identificados en la literatura revisada

Ejes temáticos (principales y secundarios)
Sordoceguera
Accesibilidad digital
Tecnologías de apoyo
Comunicación táctil
Entornos digitales
Educación y entornos virtuales
Autonomía y mediación
Discapacidad sensorial combinada
Web 2.0
Web 3.0 y metaverso

Fuente: Elaboración Propia.

4. Resultados

4.1. Características generales

Tras el análisis de las publicaciones seleccionadas, los resultados que se presentan tienen como objetivo responder a las preguntas de investigación formuladas y permiten delimitar los principales patrones de la actividad investigadora sobre sordoceguera en entornos digitales durante el periodo establecido. Dado que se trata de una revisión bibliográfica de carácter cualitativo, los resultados se centran en la identificación de tendencias, enfoques predominantes y vacíos en la literatura, en lugar de medir de forma cuantitativa las variables. De las 35 publicaciones analizadas, la mayoría se centraba en accesibilidad digital general y tecnologías de apoyo vinculadas a discapacidades sensoriales aisladas. Solo una parte reducida abordaba de forma específica la sordoceguera teniendo en cuenta los entornos digitales inmersivos, la Web 3.0 o el metaverso.

El conjunto de las publicaciones revisadas muestra una producción científica diversa, tanto por el tipo de documento como por los ámbitos de estudio. Predominan los artículos científicos indexados frente a las obras monográficas y documentos institucionales. Esta variedad de fuentes refleja el carácter transversal del tema y que todavía no existe un campo de estudio claramente definido ni consolidado en torno a la sordoceguera en los entornos digitales. Asimismo, la dispersión temática sugiere que la sordoceguera no es un eje central de investigación en accesibilidad digital, siendo un tema que aparece de forma secundaria o periférica dentro de otros marcos de análisis.

Desde una perspectiva temporal, se identifica una mayor concentración de trabajos en los años más recientes del periodo analizado, especialmente a partir de 2022, lo que sugiere que existe un interés creciente por la accesibilidad digital y las tecnologías de apoyo de una forma generalizada. No obstante, este aumento no se centra en la sordoceguera, sino en diferentes tipos de discapacidades como es la discapacidad auditiva o la discapacidad visual. En multitud de casos, los artículos reproducen enfoques ya presentes, sin introducir aportaciones sustantivas en la forma de conceptualizar la discapacidad en relación con la evolución de los entornos digitales. Este patrón refuerza la idea de que, aunque la accesibilidad digital ha ganado mayor fuerza como línea de investigación, la sordoceguera continúa ocupando un lugar secundario dentro de este campo de investigación.

4.2. Ejes temáticos predominantes

El análisis de títulos, resúmenes y palabras clave permitió distinguir varios ejes temáticos que se repiten a lo largo de la literatura revisada. Entre los temas más presentes destacan la accesibilidad digital, las tecnologías de apoyo y la comunicación mediada, con especial atención en los contextos educativos y de formación. En general, estos estudios se centran en cómo adaptar los recursos digitales ya existentes y en el uso de dispositivos y herramientas específicas para facilitar el acceso a la información. Los temas más frecuentes fueron la autonomía

digital, la experiencia de usuario o el diseño universal con discapacidades sensoriales combinadas aparecen de forma menos frecuente y suelen abordarse de manera más restringida y dispersa (Tabla 2).

Tabla 2. Ejes temáticos identificados en la literatura revisada

Ejes temáticos principales	Frecuencia aproximada	Enfoque predominante
Accesibilidad digital	Alta	General / normativa
Tecnologías de apoyo	Alta	Dispositivos y herramientas
Comunicación mediada	Media	Mediación humana y táctil
Autonomía digital	Baja	Presencia reducida
Discapacidad sensorial combinada	Baja	Poca representación
Web 2.0	Alta	Presencia mayoritaria
Web 3.0 y metaverso	Muy baja	Presencia escasa

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Tratamiento de la sordoceguera

En cuanto al tratamiento específico de la sordoceguera, los hallazgos demuestran que se menciona de forma indirecta, integrada en investigaciones más amplias sobre discapacidad o accesibilidad, sin un desarrollo específico de sus implicaciones para el diseño de entornos digitales. En la mayoría de los estudios, la sordoceguera se menciona como una categoría más dentro de listados de discapacidades, sin analizar las particularidades que se derivan de la combinación de limitaciones visuales y auditivas ni las mediaciones necesarias para la interacción digital. Este enfoque contribuye a diluir la especificidad de la sordoceguera y dificulta la producción de conocimiento aplicable al diseño de entornos digitales inclusivos. La escasa presencia de estudios específicos también se refleja en una carencia de datos empíricos sobre los patrones de interacción de las personas con sordoceguera, limitando la capacidad de los sistemas digitales, incluidos aquellos que incorporan inteligencia artificial, para integrar modelos inclusivos y representativos de este grupo.

Un resultado relevante es que cuando la sordoceguera se sitúa como foco principal, los estudios se centran en cuestiones muy específicas, como las ayudas técnicas, los sistemas de comunicación táctil o háptica y la mediación humana. La mayoría de estos estudios ofrecen información sobre estrategias de acceso y apoyo, pero suelen estar contruidos a partir de casos concretos, contextos educativos o situaciones con usos muy específicos. Por lo cual, resulta difícil extrapolar los resultados a otros entornos o a otras propuestas de diseño que sean más generalizadas. Asimismo, la presencia de mediaciones externas tiende a reforzar un modelo de accesibilidad que se basa en el acompañamiento y la adaptación individuales de cada caso, más que una mera transformación estructural de los entornos digitales para que resulten intrínsecamente accesibles a las personas con sordoceguera. La prevalencia de la intervención humana destaca que apenas se ha avanzado hacia modelos reales que fomenten la

autonomía digital, donde los entornos resulten accesibles desde su propio diseño y no requieran de apoyos externos constantes.

4.4. Sordoceguera y entornos digitales emergentes

Los estudios analizados se sitúan en contextos propios de la Web 2.0 y de los entornos digitales convencionales, como plataformas educativas, recursos web accesibles o aplicaciones de uso cotidiano. Las referencias explícitas a desarrollos que estén vinculados a la Web 3.0, los entornos virtuales inmersivos o el metaverso aparecen en un número reducido de publicaciones y, en gran parte de los casos, aparecen de forma tangencial, sin un desarrollo profundo. Cuando se mencionan estos entornos, no se incorpora un análisis específico de las necesidades que tienen las personas con sordoceguera, lo que evidencia que existe una brecha entre la rapidez de la evolución tecnológica y el ritmo de la investigación para las discapacidades sensoriales que son complejas. La falta de atención a este aspecto es más significativa si se tiene en cuenta que los entornos emergentes que están relacionados con la Web 3.0 y el metaverso refuerzan la dependencia de los canales visual y auditivo, incrementando el riesgo de exclusión para personas con sordoceguera.

De igual manera, el proceso de búsqueda y selección evidenció una dificultad considerable para poder localizar estudios que abordasen de forma explícita la sordoceguera en los entornos digitales vinculados a la Web 2.0, Web 3.0 o el metaverso. A pesar de la utilización de distintos descriptores y de la consulta de distintas bases de datos, la mayor parte de los estudios encontrados se centraban en otros tipos de discapacidades o en enfoques más generalistas de accesibilidad, siendo la sordoceguera una temática escasamente representada y tratada de forma tangencial. Este resultado pone de relieve la reducida presencia de la sordoceguera en los entornos digitales y la dificultad de incorporar esta discapacidad dentro de marcos conceptuales donde se analice la evolución tecnológica y las implicaciones que suponen para la accesibilidad.

5. Discusión

La limitada presencia de la sordoceguera en la investigación sobre entornos digitales evidencia una tendencia estructural dentro de los estudios de accesibilidad donde la sordoceguera se ha abordado de forma indirecta, apareciendo en marcos generales sobre discapacidad o accesibilidad sin un desarrollo propio. Todo ello se alinea con lo señalado por Warnicke et al. (2022), quienes identifican que existe una fragmentación muy diferenciada entre la sordoceguera y otros estudios como la salud, la rehabilitación o la educación, especialmente con intervenciones y procesos asistencialistas. No obstante, mientras dichos autores se centran en ámbitos más tradicionales, los resultados de este estudio amplían dicha perspectiva al evidenciar que esa fragmentación se reproduce en el análisis de los entornos digitales y en los estudios sobre la evolución de Internet, desde la Web 2.0 hasta la Web 3.0 y el metaverso, donde las referencias siguen siendo una minoría y sin consistencia.

Aunque Salazar et al. (2023) y Goiri y Rodríguez (2023) destacan los avances de la accesibilidad digital mediante normativas y pautas que se orientan a optimizar las experiencias de los usuarios, los resultados de esta revisión muestran que esos marcos se han construido tomando como referencia modelos de usuario homogéneos, dificultando la incorporación de otras discapacidades sensoriales combinadas, como es el caso de la sordoceguera. Por tanto queda fuera de los enfoques dominantes por la complejidad que entraña adaptarla a los criterios de accesibilidad pensados para otras discapacidades sensoriales aisladas, como la visual o la auditiva y no para su afectación simultánea.

Los resultados obtenidos respaldan las observaciones de Chidiac et al. (2024) y Patel et al. (2025) sobre la priorización de discapacidades que resultan más fáciles de abordar desde un punto de vista técnico. No obstante, esta revisión muestra que esta desigualdad afecta a la sordoceguera y a la incorporación de los entornos digitales emergentes mostrando que esta desigualdad se mantiene e incluso se acentúa en algunos casos en los entornos digitales más recientes con la Web 3.0, la inteligencia artificial y las tecnologías inmersivas.

En este panorama aparece un problema base donde apenas existen datos sobre la sordoceguera en contextos digitales, teniendo una presencia muy restringida de este colectivo tanto en la literatura como en los entornos online. Shen et al. (2024), explican que los sistemas de inteligencia artificial y aprendizaje autónomo necesitan más volumen de datos para poder ofrecer respuestas que sean más ajustadas e inclusivas. Cuando no existen experiencias de interacción de este grupo, contribuye a su exclusión dentro de los modelos algorítmicos que se están configurando y, con ello, de las tecnologías que desarrollan la Web 3.0 y el metaverso.

En cuanto a los contextos tecnológicos, la predominancia de investigaciones centradas en entornos de la Web 2.0 puede interpretarse a partir de lo expuesto por Saqib et al. (2021), quienes señalan que la evolución que ha tenido la web ha estado centrada en preocupaciones técnicas y la arquitectura de los sistemas. Mientras que estos autores centran su análisis en dichas dimensiones, esta revisión analiza las consecuencias sociales y de accesibilidad que son derivadas de esa orientación.

La Web 3.0 y el metaverso reconocen la necesidad de reconsiderar los modelos de accesibilidad en los entornos digitales inmersivos (Sidorenko-Bautista, 2025; Othman et al., 2024). Sin embargo, los resultados evidencian una brecha entre las formulaciones teóricas y la evidencia empírica disponible. Esta ausencia es muy relevante al tener en cuenta lo expuesto por Zallio y Clarkson (2022), quienes advierten que los entornos inmersivos tienden a intensificar cuando se apoya de forma predominante en el canal visual, puesto que se evidencian las limitaciones de los modelos actuales de accesibilidad, poniendo de manifiesto la necesidad de crear experiencias digitales inclusivas. Estos sugieren una discrepancia entre el desarrollo de la accesibilidad inmersiva y la escasa producción que se centra en dichos usuarios.

Otro aspecto importante es el predominio de enfoques centrados en ayudas técnicas, mediación humana y contextos muy específicos. Los resultados de esta revisión coinciden con lo planteado por Ávila y Ocaña (2021). Mientras estos estudios destacan el valor funcional que tienen las tecnologías de apoyo, los

resultados sugieren que existe una dependencia excesiva de soluciones que son compensatorias y pueden limitar el desarrollo de modelos de accesibilidad estructural. Reddy et al. (2024) destacan la importancia de las tecnologías de apoyo para facilitar la comunicación y el acceso a la información en personas con sordoceguera. No obstante, la centralidad de estas soluciones refuerza un modelo de accesibilidad compensatorio, donde la inclusión depende de las adaptaciones individuales y los apoyos externos, en lugar de impulsarse de los entornos digitales que reduzcan la necesidad de mediación. Esta orientación podría estar vinculada a un enfoque de investigación que se aproxima a la sordoceguera desde una perspectiva externa, estudiando a las personas con sordoceguera, pero no con ellas, lo que dificulta la incorporación de procesos de diseños conjuntos dentro de los entornos digitales. Esto plantea la necesidad de avanzar hacia modelo de diseño universal que integren la accesibilidad como parte estructural y no solo como una adaptación posterior.

Frente a las perspectivas optimistas de Shen et al. (2024) y Ünlü (2024) sobre el potencial de la IA para adaptar las experiencias de los usuarios para que estén personalizados. Sin embargo, los planteamientos de García (2023) y Benjamins et al. (2023) permiten interpretar los riesgos algorítmicos porque reproducen desigualdades preexistentes, reforzando la discriminación. En el caso de la sordoceguera, esto puede favorecer la consolidación de modelos algorítmicos que imiten formas de exclusión tecnológica y no se incorporen en los modelos de personalización. La falta de investigación específica sobre la sordoceguera restringe la inclusión tecnológica y perpetúa modelos de dependencia y mediación, alejándose de fomentar una autonomía digital dentro de los entornos digitales.

6. Conclusiones

La presente revisión bibliográfica se propuso explorar el estado actual de la literatura científica con respecto a la sordoceguera en los entornos digitales, ubicando su estudio dentro del proceso de evolución tecnológica desde la Web 2.0 hasta la Web 3.0 y los entornos digitales inmersivos. A partir de los resultados y discusiones planteados con anterioridad, se presentan las siguientes conclusiones.

La revisión realizada evidencia que la sordoceguera continúa siendo algo periférico dentro de la accesibilidad digital. Su presencia casi siempre aparece vinculada a los enfoques descriptivos, ayudas técnicas o contextos específicos, sin un desarrollo que se centre en las necesidades sensoriales que condicionan el diseño de los entornos digitales.

Con respecto a los enfoques teóricos y metodológicos predominantes, se observa un claro predominio de aproximaciones de carácter rehabilitador, centrados principalmente en ayudas técnicas, tecnologías de apoyo y mediación humana especializada. Desde un punto de vista metodológico, predominan los estudios de casos, las revisiones integrativas y las intervenciones con muestras muy reducidas, dificultando la construcción de marcos teóricos sólidos y fácilmente transferibles a los contextos digitales. Aunque estos enfoques aportan avances significativos en situaciones concretas, tienden a reforzar una concepción de la accesibilidad basada en la adaptación individual y el apoyo externo. Este

planteamiento se vuelve más limitante cuando se traslada a entornos digitales más complejos, como la Web 3.0 o el metaverso, donde hacen falta soluciones dentro del propio diseño de los sistemas.

Asimismo, esto sugiere que la mayoría de los estudios sobre sordoceguera en entornos virtuales se llevan a cabo en contextos educativos, comunicativos y de apoyo, vinculados a procesos formativos, plataformas educativas y situaciones de comunicación con mediación. En cambio, dentro de los contextos tecnológicos como las plataformas digitales o los entornos virtuales complejos, aparecen menos representados o abordan la sordoceguera de forma colateral. Así pues, la sordoceguera se ha investigado desde una perspectiva funcional y contextualizada, en lugar de partir de un análisis estructural de los entornos digitales y de sus principios de diseño. Esta concentración temática limita la creación de propuestas que estén orientadas a la participación autónoma dentro de los entornos digitales que no sea mediante mediación humana.

En relación con la evolución de la web, se observan diferencias claras entre los distintos momentos de la evolución de la web en relación con la presencia de la sordoceguera. En la literatura vinculada a las Web 2.0, esta discapacidad aparece, aunque de forma indirecta y asociada en gran parte a las plataformas educativas, recursos web o iniciativas de inclusión digital. En cambio, en la literatura sobre la Web 3.0 o el metaverso, la presencia de la sordoceguera es mucho más reducida y secundaria. En muchas ocasiones, los estudios se centran en el potencial inclusivo de estos entornos o la existencia de los retos de la accesibilidad, pero no incorporan análisis específicos sobre las necesidades que tienen las personas con sordoceguera. Esta carencia se intensifica en entornos que son impulsados por la inteligencia artificial, donde la ausencia de datos sobre cómo se desarrollan las interacciones de las personas sordociegas, genera una exclusión algorítmica, puesto que no los consideran para los modelos de entrenamiento y personalización.

De igual forma, el proceso de revisión ha revelado que los marcos normativos actuales como las WCAG, no son suficientes para poder satisfacer las demandas de los entornos tridimensionales e inmersivos. Por tanto, es necesario que las futuras actualizaciones de la WCAG incluyan criterios que los relacionen con la retroalimentación háptica, braille en tiempo real e interacciones táctiles en entornos 3D, donde se incluyan los desarrollados por los estándares WebXR, así como fomentar políticas públicas que puedan asegurar su implementación de forma efectiva. Esto supone que los desarrolladores, las instituciones y las plataformas tecnológicas deben incorporar criterios de accesibilidad desde las fases iniciales del diseño.

Esto supone que el desarrollo de las plataformas digitales, entornos inmersivos y tecnologías que están basadas en la inteligencia artificial tienen que incorporar criterios de accesibilidad multisensorial desde las principales fases de diseño. De esta forma, es necesarios que se impulsen políticas y marcos regulatorios que promuevan dichos estándares para la interacción táctil, los sistemas hápticos y el braille digital dentro de los entornos virtuales y tridimensionales.

Esta revisión permite identificar varios vacíos en la investigación sobre la sordoceguera en los entornos digitales. Gran parte de la investigación se ha

centrado en enfoques externos que están centrados en ayudas técnicas, con escasa participación de las personas con sordoceguera en los procesos de investigación y creación. En futuras investigaciones, es necesario impulsar metodologías que sean más participativas con co-diseño, creando estudios que estén aplicados a la accesibilidad multisensorial, interacción táctil, sistemas hápticos, braille digital y autonomía dentro de la Web 3.0, la inteligencia artificial y el metaverso.

Aunque la accesibilidad digital ha experimentado avances significativos en los últimos años, la sordoceguera sigue siendo una realidad acotada dentro de las investigaciones y el diseño tecnológico. Por lo que el desafío principal es disminuir de forma significativa la dependencia de la mediación humana, a través del diseño de interfaces autónomas, táctiles y accesibles desde su origen para que se pueda asegurar una autonomía digital adecuada para las personas con sordoceguera.

7. Referencias

- Abellán, M. y Vázquez, B. (2024). Hacia una comunicación accesible en el metaverso. Pavel Sidorenko Bautista (Coords.), *Elementos clave para trabajar un mensaje más accesible en el metaverso* (pp. 23-30). Editorial UOC.
- Adelakun, B., Majekodunmi, T., & Akintoye, O. (2024). AI and ethical accounting: Navigating challenges and opportunities. *International Journal of Advanced Economics*, 6(6), 224–241. <https://doi.org/10.51594/ijae.v6i6.1230>
- Afzal, A., Khan, S., Daud, S., Ahmad, Z., & Butt, A. (2023). Addressing the Digital Divide: Access and Use of Technology in Education. *Journal of Social Sciences Review*, 3(2), 883–895. <https://doi.org/10.54183/jssr.v3i2.326>
- Aparicio, D. M. S., Cedeño, E. D. V. y Yagual, E. A. D. R. (2020). La importancia de la web 3.0 y 2.0 en el desarrollo de la pedagogía educativa en tiempos de pandemia. *RECIAMUC*, 4(4), 13-23. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.\(4\).noviembre.2020.13-23](https://doi.org/10.26820/reciamuc/4.(4).noviembre.2020.13-23)
- Ávila, M. S. y Ocaña, R. T. (2021). Desarrollo del Sistema Haptic en España para potenciar la inclusión total de las personas sordociegas. *REVLES*, (3), 184-186. <https://doi.org/10.65121/revles3.08>
- Benjamins, R., Rubio, Y. y Alonso, Ch. (2023). Retos sociales y éticos del metaverso. Se abre debate. *Telefónica*. <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/noticias/los-retos-sociales-y-eticos-del-metaverso/>
- Centenero de Arce, M. J. (2024). Hacia una comunicación accesible en el metaverso. Pavel Sidorenko Bautista (Coords.), *Revisión de las consideraciones de la WCAG 3 sobre la accesibilidad en el metaverso actualmente. Entrevista a Emmanuelle Gutiérrez y Restrepo* (pp. 15-21). Editorial UOC.
- Chidiac, S. E., Reda, M. A., & Marjaba, G. E. (2024). Accessibility of the Built Environment for People with Sensory Disabilities—Review Quality and Representation of Evidence. *Buildings*, 14(3), 707. <https://doi.org/10.3390/buildings14030707>
- FASOCIDE (2026). Federación de Asociaciones de Personas Sordociegas de España. Sordoceguera. *FASOCIDE*. <https://www.fasocide.org/sordoceguera/>

- Furtado, D., Ribeiro, R. A., Piçarra, M., Seixas P., L., Duarte, C., Rodrigues, A. & Guerreiro, J. (2025). Designing and Evaluating a VR Boxing Experience with Blind People. *CHI '25: Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1246, 1-17. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713374>
- García, H. Á. (2023). La discriminación algorítmica por razón de discapacidad. *Revista internacional de pensamiento político*, 18, 15-39. <https://doi.org/10.46661/revintpensampolit.8103>
- Goel, A. K., Bakshi, R., & Agrawal, K. K. (2022). Web 3.0 and decentralized applications. *Materials Proceedings*, 10(1), 8. <https://doi.org/10.3390/materproc2022010008>
- Goiri, L. L. y Rodríguez, C. R. (2023). Mejora de la experiencia de usuario mediante la inclusividad: pautas para generar contenidos web más accesibles para personas con discapacidades sensoriales. *Questiones publicitarias*, 6(31), 09-18. <https://doi.org/10.5565/rev/qp.376>
- Haile, T. T. (2023). Web's progression: Moving from passive content consumption to active content creation and content validation. *International Journal of Business and Management*, 18(6), 135-142. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v18n6p135>
- Hamideh Kerdar, S., Bächler, L., & Kirchhoff, B. M. (2024). The accessibility of digital technologies for people with visual impairment and blindness: a scoping review. *Discover Computing*, 27(1). <https://doi.org/10.1007/s10791-024-09460-7>
- Harjanti, T. W., Supriati, R., & Setiyani, H. (2020). Evolusi Penggunaan Teknologi Web 3.0: Semantic Web. *Journal of Information System, Graphics, Hospitality and Technology*, 2(02), 54-60. <https://doi.org/10.37823/insight.v2i02.107>
- Karimi, M., Yeganeh, N., Makarov, I., Sverrisson, A. Ö., Gunnarsson, K. F., Briem, K., Brynjólfsson, S., Kristjánsson, Á., & Unnthorsson, R. (2025). Haptic Feedback Systems for Lower-Limb Prosthetic Applications: A Review of System Design, User Experience, and Clinical Insights. *Bioengineering*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/bioengineering12090989>
- Kunjiapu, S., Sinnappan, P., Anor Salim, F. A., & Kunasegaran, M. (2025). Challenges and Dilemmas of Digitalization in Philippine Education: A Grassroots Perspective. *Journal of Public Administration and Governance*, 14(2), 232. <https://doi.org/10.5296/jpag.v14i2.22325>
- Lepez, C. O. (2022). Metaverse and education: a panoramic review. *Metaverse Basic and Applied Research*, (1), 17. <https://doi.org/10.56294/mr20222>
- Mishchenko, V., Naumenkova, S., Mishchenko, S., & Tishchenko, I. (2025). FORMATION AND FUNCTIONING OF FINANCIAL METAVERSE PLATFORMS. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 1(60), 111-122. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.60.2025.4689>
- Murillo-Jiménez, H., Centeno-Alarcón, M., Buele, J., & Yumbra, F. (2025). Analyzing barriers to the effective implementation of technological tools in inclusive education: a scoping review. *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1687664>
- Mwansa, G., Ngandu, M. R., & Mkwambi, Z. (2025). Bridging the digital divide: exploring the challenges and solutions for digital exclusion in rural South

- Africa. *Discover Global Society*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44282-025-00189-2>
- Núñez, R. L. C., Hurtado, N. S., Vásquez, J. A. y Castillo, J. C. S. (2025). Accesibilidad tecnológica de estudiantes universitarios con sordoceguera. *Revista de ciencias sociales*, 31(2), 127-138. <https://doi.org/10.31876/rcs.v31i2.43914>
- Organización Mundial de la Salud (2023). Discapacidad. *Organización Mundial de la Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- Othman, A., Altinay, Z., Chemnad, K., Al-Hadhrami, T., Al-Thani, D., S Al-Khalifa, H., Hassanien, A. E., Zhang, C. Y., Chalghoumi, H., Jemni, M., Tlili, A., Altinay, F., & Obeid, M. (2024). Accessible Metaverse: A Theoretical Framework for Accessibility and Inclusion in the Metaverse. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(3), 21. <https://doi.org/10.3390/mti8030021>
- Patel, P., Pampaniya, S., Ghosh, A., Raj, R., Karuppai, D., & Kandasamy, S. (2025). Enhancing Accessibility Through Machine Learning: A Review on Visual and Hearing Impairment Technologies. *IEEE Access*, 13, 33286–33307. <https://doi.org/10.1109/access.2025.3539081>
- Petcu, A., Pahontu, B., Frunzete, M., & Stoichescu, D. A. (2023). A Secure and Decentralized Authentication Mechanism Based on Web 3.0 and Ethereum Blockchain Technology. *Applied Sciences*, 13(4), 2231. <https://doi.org/10.3390/app13042231>
- Rathor, S., Zhang, M., & Im, T. (2023). Web 3.0 and Sustainability: Challenges and Research Opportunities. *Sustainability*, 15(20), 15126. <https://doi.org/10.3390/su152015126>
- Reddy, K. K., Badam, R., Alam, S., & Shuaib, M. (2024). IoT-driven accessibility: A refreshable OCR-Braille solution for visually impaired and deaf-blind users through WSN. *Journal of Economy and Technology*, 2, 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.ject.2024.04.007>
- Rodríguez, J. (2024). Impacto de la comunicación en Twitter en el movimiento ambientalista durante la COP15. *Revista de comunicación*, 23(1), 485-505. <https://doi.org/10.26441/RC23.1-2024-3383>
- Sai, S., Garg, A., & Chamola, V. (2024). Navigating the Metaverse: A Comprehensive Analysis of Consumer Electronics Prospects and Challenges. *ACM Transactions on Internet Technology*. <https://doi.org/10.1145/3680545>
- Salazar, H. A., Torres, B. y Ramírez, S. O. (2023). Implementación de técnicas de accesibilidad web: normativas, estrategias y mejores prácticas. *Revista Vínculos: Ciencia, tecnología y sociedad*, 20(2), 3. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/vinculos/article/view/17158>
- Saqib, N. A., Salam, A. A., Atta-Ur-Rahman, & Dash, S. (2021). Reviewing risks and vulnerabilities in web 2.0 for matching security considerations in web 3.0. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 24(3), 809-825. <https://doi.org/10.1080/09720529.2020.1857903>
- Shen, M., Tan, Z., Niyato, D., Liu, Y., Kang, J., Xiong, Z., Zhu, L., Wang, W., & Shen, X. (Sherman). (2024). Artificial Intelligence for Web 3.0: A Comprehensive Survey. *ACM Computing Surveys*, 56(10), 1–39. <https://doi.org/10.1145/3657284>

- Sidorenko Bautista, P. (2025). Comunicación accesible en el metaverso: Una revisión a la situación actual de las principales plataformas. *Revista Prisma Social*, (51), 427-441. <https://doi.org/10.65598/rps.5954>
- Ünlü, S. C. (2024). Enhancing User Experience through AI-Driven Personalization in User Interfaces. *Human Computer Interaction*, 8(1), 19. <https://doi.org/10.62802/m7mqmb52>
- Wang, C., & Si, L. (2024). The Intersection of Public Policy and Public Access: Digital Inclusion, Digital Literacy Education, and Libraries. *Sustainability*, 16(5), 1878. <https://doi.org/10.3390/su16051878>
- Warnicke, C., Wahlqvist, M., Anderzén-Carlsson, A., & Sundqvist, A. S. (2022). Interventions for adults with deafblindness-an integrative review. *BMC health services research*, 22(1), 1594. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-08958-4>
- Xinyun, C., Kexin, J., Chenglin, L., Potluri, V. & Jain, D. (2025). RAVEN: Realtime Accessibility in Virtual Environments for Blind and Low-Vision People. *Arxiv Preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.06573>
- Zallio, M. y Clarkson, P. J. (2022). Designing the metaverse: A study on inclusión, diversity, equity, accesibility and safety for digital immersive environments. *Telematics and Informatics*, 75, 101909. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2022.101909>
- Zambrano, E. A. M. (2024). Inclusión social de personas con discapacidad en entornos digitales. *Visión Académica*, 2(4), 1-9. <https://doi.org/10.70577/ydyczy49>