



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE MEDICINA

Máster en Rehabilitación Visual

MEMORIA TRABAJO FIN DE MÁSTER TITULADO

Aplicaciones móviles para baja visión: impacto en la rehabilitación visual y mejora de la calidad de vida

Presentado por: Cristina María Sánchez García

Tutelado por: Alfredo Holgueras López

En Valladolid a, 19 de junio de 2024

RESUMEN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se considera que una persona padece baja visión cuando, a pesar de llevar su corrección óptica, presenta una agudeza visual inferior a 0,3 en su mejor ojo y/o un campo de visión ≤ 10 grados desde el punto central de fijación. Tradicionalmente, para mejorar la funcionalidad y la calidad de vida de las personas con baja visión, se han utilizado ayudas ópticas (microscopios, lupas, telescopios) y ayudas no ópticas (atril, filtros, sistemas de iluminación). Sin embargo, estas ayudas tienen ciertas limitaciones: corta distancia de trabajo, alto coste o pequeño campo de visión. Por ello, aprovechando la era tecnológica en la que estamos viviendo, este trabajo hace una revisión bibliográfica que recoge aplicaciones móviles que contribuyen a mejorar aspectos de la vida diaria de los individuos que sufren baja visión. Para la redacción de los resultados y la discusión, se utilizó la base de datos Pubmed, y el buscador Google Académico. Además, para obtener más información de algunas de las ayudas encontradas, se consultaron las plataformas digitales Google Play (Android) y App Store (iOS). Después del proceso de selección y cribaje, se obtuvieron 21 artículos, entre los que se encuentran artículos de revisión y de conferencias, estudios observacionales y experimentales y un ensayo clínico controlado aleatorizado. Tras su análisis, se constató la existencia de numerosas aplicaciones móviles capaces de simplificar las tareas diarias a las personas con baja visión tanto en el sistema Android como en el sistema iOS. Destacan los avances significativos en tecnología accesible, como el uso de inteligencia artificial, pudiéndose utilizar estas herramientas para trabajo en cerca (lectura, identificación de objetos o escáner de documentos), desplazamiento por el entorno, asistencia y ocio. El gran potencial de estas aplicaciones como apoyo a personas con visión deficiente es inmensurable. No obstante, no existen estudios clínicos donde se recoja el sentir de los usuarios para analizar de forma metódica su utilidad y ninguna de las aplicaciones recopiladas en este trabajo presenta validación clínica. Por tanto, se requiere más investigación para poder obtener mejor información acerca de su eficacia.

Palabras clave: Low visión, visual impairment, mobile applications, mobile technology, smartphones.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 4 |
| 2. Objetivos..... | 6 |
| 3. Métodos..... | 6 |
| 4. Resultados..... | 8 |
| 4.1 Resultados bibliométricos..... | 8 |
| 4.2 Resultados de contenido | 9 |
| 4.2.1 Aplicaciones móviles para el trabajo en cerca..... | 9 |
| 4.2.2 Aplicaciones móviles para el desplazamiento por el entorno..... | 18 |
| 4.2.3 Otras aplicaciones móviles de asistencia..... | 25 |
| 4.2.4 Aplicaciones de ocio | 27 |
| 5. Discusión | 28 |
| 5.1 Discusión de los resultados bibliométricos | 28 |
| 5.2 Discusión de los resultados de contenido..... | 29 |
| 6. Conclusiones | 30 |
| 7. Bibliografía..... | 30 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Filtros seleccionados y estrategias de búsqueda. | 6 |
| Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión. | 7 |
| Tabla 3. Características de los artículos de revisión. | 9 |
| Tabla 4. Aplicaciones móviles útiles para visión cercana destinadas a usuarios con baja visión. | 18 |
| Tabla 5. Aplicaciones móviles útiles para desplazamiento por el entorno destinadas a usuarios con baja visión..... | 25 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de inclusión de estudios relacionados con aplicaciones móviles y baja visión..... | 7 |
| Figura 2. Tablets con magnificación de imagen. | 9 |
| Figura 3. Distribución de las aplicaciones oftalmológicas según su utilidad. | 10 |
| Figura 4. Opciones de personalización de imagen de texto en la aplicación "weZoom". | 10 |
| Figura 5. Paciente con baja visión usando la aplicación "Invert Colors" para leer. | 12 |
| Figura 6. Reconocimiento de objetos mediante la aplicación "SuperVision+ Magnifier" app". | 13 |
| Figura 7. Reconocimiento de objetos a través de "Seeing AI". | 14 |
| Figura 8. La aplicación "LookTel Money Reader" captura la imagen del billete y dice en voz alta su denominación. | 15 |
| Figura 9. Reconocimiento de objetos mediante la aplicación "TapTap See". | 16 |
| Figura 10. Proceso de detección de objetos. | 19 |
| Figura 11. Búsqueda de palabras clave mediante "Supervision Search". | 19 |
| Figura 12. Distintas configuraciones de uso de "Supervision Search": (a) capturar y disparar, (b) escanear en tiempo real. | 20 |
| Figura 13. Selección del viaje a través de "Assisted Mobility". | 23 |
| Figura 14. Visualización en pantalla del comando de voz "Siri". | 26 |
| Figura 15. Herramientas móviles que facilitan las tareas básicas del día a día para personas con baja visión. A. "Talking Calculator". B. "Big Digital Clock". C. "Speechnotes". | 27 |
| Figura 16. Múltiples juegos para personas con discapacidad visual. | 27 |

1. Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se considera que una persona padece baja visión cuando, a pesar de llevar su corrección óptica, presenta una agudeza visual inferior a 0,3 en su mejor ojo y/o un campo de visión ≤ 10 grados desde el punto central de fijación(Osorio, Hitchman, Pérez y Padilla, 2003).

Cuando una persona sufre baja visión, su capacidad funcional y su independencia se ven mermadas. Esto hace que este grupo de personas presente mayor dificultad para realizar las tareas de la vida cotidiana, como leer, escribir u orientarse por su entorno(Markowitz, 2006).

La OMS estimó en 2012 que 246 millones de personas en el mundo presentaban baja visión(Coco, 2015). La mayor parte de la población afectada (90%) procedía de países en desarrollo, y en los países industrializados más del 70% eran mayores de 65 años(Coco, 2015).

La baja visión presenta una etiología diversa y depende de la región geográfica estudiada(Cañón, 2011; Flaxman et al., 2017). En líneas generales, las causas más frecuentes de baja visión a nivel mundial en personas de 50 años o más son los errores de refracción sin corregir, las cataratas y la degeneración macular asociada a la edad(Cañón, 2011; Flaxman et al., 2017). Otras causas de discapacidad visual son el glaucoma, la retinopatía, la opacidad corneal, y el tracoma(Cañón, 2011; Flaxman et al., 2017). La miopía patológica, la retinosis pigmentaria y el desprendimiento de retina también pueden constituir una causa de baja visión(Coco, 2015).

Tradicionalmente, para mejorar la funcionalidad y la calidad de vida de las personas con baja visión, se han utilizado ayudas ópticas (microscopios, lupas, telescopios) y ayudas no ópticas (atril, filtros, sistemas de iluminación). Sin embargo, estas tienen ciertas limitaciones: corta distancia de trabajo, alto coste o pequeño campo de visión(Coco, 2015). A estas desventajas debe sumarse que los pacientes no siempre las consideran socialmente aceptables. Muchos de ellos no quieren ser identificados como personas con discapacidad visual y sienten que el uso de dispositivos ópticos poco comunes entre la población los expondría(Irvine et al., 2014).

Existe evidencia de que casi el 50% de los adultos con discapacidad visual sufren algún tipo de trastorno de adaptación a las ayudas ópticas prescritas(Owsley, McGwin, Lee, Wasserman y Searcey, 2009). Estos trastornos resultan en una menor utilización de los

dispositivos recomendados, lo que pone de manifiesto la necesidad de utilizar alternativas más accesibles y tolerables por estas personas.

Desde la creación de internet, su uso masivo -especialmente en los países desarrollados-, ha generado nuevas formas de tecnología en casi todos los aspectos de la vida (Van De Belt, Engelen, Berben y Schoonhoven, 2010). Uno de estos aspectos es la atención de la salud (Mariani y Pêgo-Fernandes, 2012).

En este contexto, y gracias a estos avances en las telecomunicaciones, surge un nuevo término: mHealth, un componente de la eSalud (también conocida como Cibersalud), la cual se refiere al uso de tecnologías de la información y la comunicación para apoyar la salud, incluyendo la atención médica (Rodríguez et al., 2013). El Observatorio Mundial de eSalud de la OMS define la mHealth o salud móvil como “la práctica médica y de salud pública respaldada por dispositivos móviles, como teléfonos móviles, dispositivos de seguimiento de pacientes, asistentes digitales personales (PDA, por sus siglas en inglés) y otros dispositivos inalámbricos” (Martínez-Pérez, De La Torre-Díez y López-Coronado, 2013).

Mientras se desarrollaban nuevas tecnologías inalámbricas, se creaban nuevos dispositivos móviles. De esta forma aparecieron en el mercado las PDA, las tablets y los smartphones. Aunque las PDA experimentaron un auge en la década de 1990 y principios de la de 2000, han sido reemplazadas por teléfonos inteligentes y tablets con nuevas funciones y utilidades, que ahora son comunes en los países desarrollados (Liu, Zhu, Holroyd y Seng, 2011).

Hoy en día, la planificación y aplicación de las TIC en salud debe basarse en los principios que aseguren una transformación digital completa e integral. Para lograrlo, se deben tener en cuenta los estándares de eSalud para 2030: conectividad universal, bienes digitales, salud digital inclusiva, interoperabilidad, derechos humanos, inteligencia artificial, seguridad de la información y arquitectura de la salud pública (Vialart et al., 2018).

Específicamente referidas a la baja visión, se pueden encontrar una gran cantidad de funciones integradas de móviles accesibles tanto en iOS, la plataforma operativa de Apple, como en Android, la plataforma en la que suelen trabajar la mayoría de los dispositivos móviles (Robinson, Braimah, Chun, Pusateri y Jay, 2017). Además, también existen aplicaciones de terceros, que tienen el potencial de mejorar en gran medida la

calidad de vida de estas personas.

Por ello, aprovechando la era tecnológica en la que vivimos, este trabajo trata de realizar una revisión bibliográfica que recoja las aplicaciones móviles que contribuyen a mejorar aspectos de la vida diaria de los individuos que sufren baja visión.

2. Objetivos

El objetivo principal del trabajo consistió en englobar las últimas aplicaciones móviles existentes que sean útiles para simplificar las tareas diarias a las personas con baja visión. Como objetivos secundarios se plantearon:

- Describir las últimas aplicaciones móviles recogidas en artículos científicos y clasificarlas en función de su uso.
- Valorar la utilidad de cada una de ellas en la rehabilitación visual y en la calidad de vida de las personas con baja visión.
- Determinar la presencia o ausencia de validación clínica.

3. Métodos

Para poder llevar a cabo esta revisión bibliografía, primero se investigaron conceptos básicos acerca de la baja visión. Se realizó una búsqueda de la literatura científica en el catálogo cisne de la Universidad Complutense de Madrid y se revisaron las bases de datos Dialnet y Scielo, además de Google académico.

Para la redacción de los resultados y la discusión, se utilizó la base de datos: Pubmed, y el buscador Google Académico. De esta forma, se garantizó la validez científica de la revisión. Además, para obtener más información de algunas de las ayudas encontradas, se consultaron las plataformas digitales Google Play (Android) y App Store (iOS).

En cuanto a la selección de artículos, se aplicaron criterios de filtrado relacionados con la fecha de publicación, el idioma y el tipo de documento (Tabla 1).

| | |
|-------------------------------|--|
| Filtro temporal | 2018-2024 |
| Filtro idiomático | Inglés |
| Estrategia de búsqueda | Se incluyeron artículos de investigación, conferencia, revisiones y metaanálisis |

Tabla 1. Filtros seleccionados y estrategias de búsqueda.

La búsqueda se ha realizado mediante combinaciones junto a operadores booleanos

(AND, OR y NOT) de las siguientes **palabras clave**: Low visión, visual impairment, mobile applications, mobile technology, smartphones.

De todos los artículos obtenidos tras la búsqueda, se examinó el título y el resumen para determinar su relevancia en este trabajo. Se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión mostrados en la tabla 2.

| |
|--|
| <p><u>Criterios de inclusión</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Artículos que estudiaran aplicaciones móviles para ayudar a personas con baja visión. |
| <p><u>Criterios de exclusión</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Artículos que, tras ser leídos, no contenían información relevante sobre el tema a desarrollar. • Artículos que investigaban otro tipo de ayudas que no formaran parte de las aplicaciones móviles. • Artículos que estuvieran duplicados en las distintas bases de datos. |

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.

En la figura 1 se puede observar el diagrama de flujo de la selección de artículos utilizados en el presente trabajo:

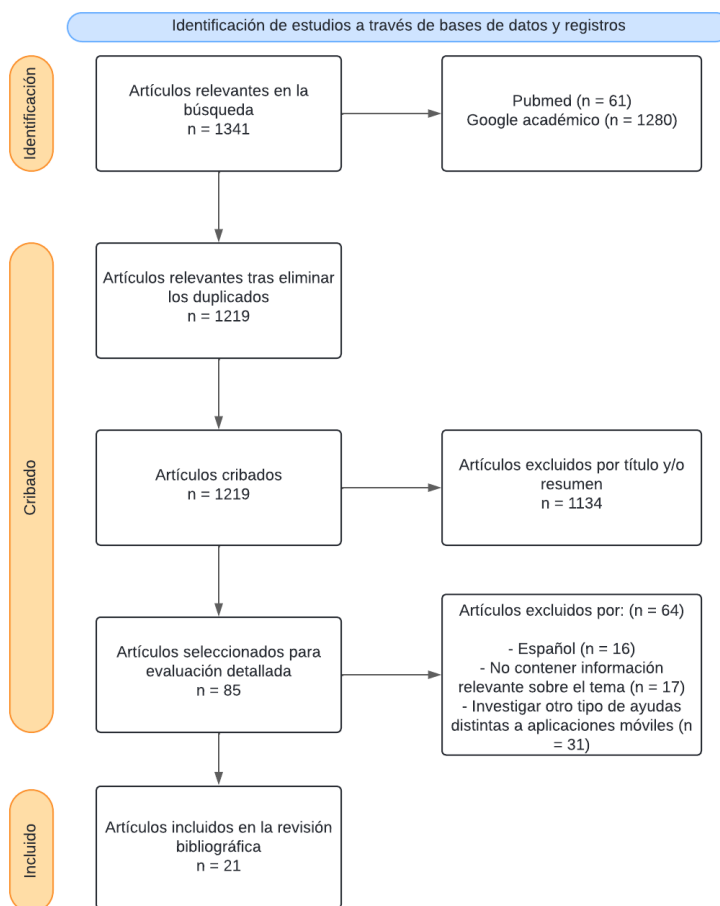


Figura 1. Diagrama de inclusión de estudios relacionados con aplicaciones móviles y baja visión.

Así, finalmente se obtuvieron 21 artículos que cumplieron el cribaje anteriormente explicado. Los artículos seleccionados fueron analizados detalladamente para cumplir con los objetivos propuestos al inicio de la revisión bibliográfica y poder proceder a su discusión.

4. Resultados

4.1 Resultados bibliométricos

En esta revisión se han incluido artículos científicos desde 2018 a 2024. En la tabla 3 se recogen los artículos estudiados junto a su fecha de publicación, tipo de documento, y nivel y grado de evidencia científica.

| Artículos | Fecha de publicación | Tipo de documento | Nivel y grado de evidencia científica |
|--|----------------------|--|---------------------------------------|
| (Ramamurthy, 2024) | 2024 | Ensayo clínico controlado aleatorizado | Ib - B |
| (Agustin et al., 2022) | 2022 | Estudio experimental | IIb - B |
| (Awad et al., 2018) | 2018 | Artículo de conferencia | IIb - B |
| (Crabb, Cheraghi y Coughlan, 2023) | 2023 | Estudio experimental | IIb - B |
| (Dockery y Krzystolik, 2020) | 2020 | Estudio piloto cuasiexperimental | IIb - B |
| (Lang, Gazcón y Larrea, 2018) | 2018 | Artículo de conferencia | IIb - B |
| (Mendonca, Kunze, Tejera y Mayr, 2022) | 2022 | Artículo de conferencia | IIb - B |
| (Pundlik, Singh, Baghel, Baliutaviciute y Luo, 2019) | 2019 | Estudio experimental | IIb - B |
| (Aruljyothi, Janakiraman, Malligarjun y Babu, 2021) | 2021 | Estudio de análisis cuantitativo | III - B |
| (Christy y Pillai, 2021) | 2021 | Estudio observacional | III - B |
| (Borges y Mendes, 2018) | 2018 | Estudio observacional | III - B |
| (Granquist et al., 2021) | 2021 | Estudio comparativo | III - B |
| (Luo, 2020) | 2020 | Estudio observacional | III - B |
| (Luo, 2021) | 2021 | Estudio observacional | III - B |
| (Wu, Granquist, Gage, Crossland y Legge, 2020) | 2020 | Estudio observacional | III - B |
| (Akkara y Kuriakose, 2019) | 2019 | Artículo de revisión | IV - C |
| (Kugler, 2020) | 2020 | Artículo de revisión | IV - C |

| | | | |
|---|------|----------------------|--------|
| (Nwaeze, 2022) | 2022 | Artículo de revisión | IV - C |
| (Senjam, 2021) | 2021 | Artículo de revisión | IV - C |
| (Senjam, Manna y Bascaran, 2021) | 2021 | Artículo de revisión | IV - C |
| (Theodorou, Tsiligkos y Meliones, 2023) | 2023 | Artículo de revisión | IV - C |

Tabla 3. Características de los artículos de revisión.

4.2 Resultados de contenido

4.2.1 Aplicaciones móviles para el trabajo en cerca

Dentro de las tareas que constituyen la vida cotidiana de las personas con baja visión, la lectura es considerada una de las más importantes (Leat, Fryer y Rumney, 1994; Shuttleworth, Dunlop, Collins y James, 1995). Entre las aplicaciones móviles más utilizadas por los usuarios con deficiencia visual destacan aquellas que aumentan el tamaño de la imagen (Figura 2) y/o modifican las propiedades de la misma, como el color o la polaridad (Luo, 2020; Senjam, 2021; Wu et al., 2020).



Figura 2. Tablets con magnificación de imagen (Irvine et al., 2014).

Aunque muchas son las aplicaciones de magnificación de la imagen que podemos encontrar en Play Store (Android) y en App Store (iOS), la realidad es que ninguna de ellas ha sido aún validada, y pocas de ellas han sido estudiadas.

En el ensayo de Aruljyothi et al. (2021), se recopilaron 2 aplicaciones útiles para la lectura. La primera, denominada “**Magnifying Glass with Light**”, está disponible en el sistema iOS y permite el aumento del tamaño de la imagen. La segunda aplicación, disponible en los sistemas Android e iOS, es “**Sullivan+**”, que además de servir como una lupa, utiliza la inteligencia artificial para el reconocimiento de texto, caras e imágenes. Ninguna de ellas se encuentra validada, pero su uso presenta numerosos beneficios para el usuario.

Además, en el estudio de Aruljyothi et al. (2021) se realizó un análisis cuantitativo de las aplicaciones móviles utilizadas en oftalmología, y se determinó que únicamente el 8% estaban destinadas a ser ayudas de baja visión (Low Vision Aids, LVA), como se muestra en la figura 3.

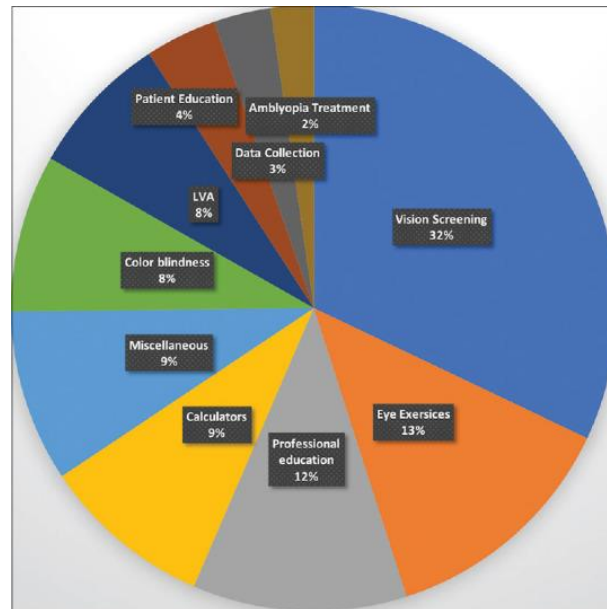


Figura 3. Distribución de las aplicaciones oftalmológicas según su utilidad(Aruljyothi et al., 2021).

Otras aplicaciones que pueden facilitar la lectura a las personas con baja visión son **“My reading eyes free”** (Android), que consiste en aumentar la imagen del texto, con opción de imagen negativa; y **“weZoom”** (Android), que permite usar el teléfono móvil como ayuda electrónica para leer textos finos en envases o prospectos de medicamentos(Akkara y Kuriakose, 2019). Esta última también presenta opciones para cambiar el zoom, el color, el brillo y el contraste, como se puede ver en la figura 4.

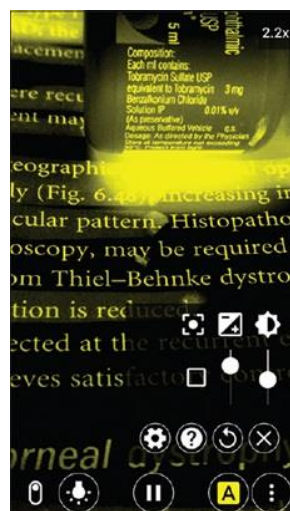


Figura 4. Opciones de personalización de imagen de texto en la aplicación "weZoom"(Akkara y Kuriakose, 2019).

Para las personas con una pérdida más acusada de visión, pueden ser realmente útiles aplicaciones de audiolectura. Entre ellas, destaca **“Read2Go”** (iOS)(Nwaeze, 2022). Con esta aplicación, los libros se pueden descargar en cuestión de minutos y escucharse al instante. Lo más ventajoso de esta ayuda es que permite personalizar completamente la experiencia. Las personas pueden escuchar las palabras leídas en voz alta, ver y escuchar palabras a medida que se resaltan, conectarse y leer braille, ampliar tamaños de fuente y ajustar colores y velocidades de lectura.

Parecida a esta última, también existe **“Voice Dream”** (iOS)(Borges y Mendes, 2018), la cual modifica voces, lee en varios idiomas, cambia la fuente del texto, resalta líneas y palabras leídas, e inserta comentarios en formato de texto y audio. No obstante, existen muchísimas opciones. Aplicaciones como **“BARD”**, **“Document Scanner”** o **“Newline NFB”** también son de gran utilidad(Dockery y Krzystolik, 2020). En el caso de **“BARD”** (Android, iOS), proporciona audiolibros y libros en formato braille(Dockery y Krzystolik, 2020). Por su parte, **“Document Scanner”** (Android) toma una foto del documento, y posteriormente procede a leerlo; y **“Newline NFB”** (iOS) consiste en un servicio gratuito de lectura de noticias y periódicos para ciegos o personas con discapacidad visual(Dockery y Krzystolik, 2020).

Siguiendo esta misma línea, en el trabajo de Senjam et al. (2021), se destacó **“Kibo”** (Android, iOS), que permite la lectura de imágenes (pdf, libro electrónico o documento de texto) y también actúa de grabadora de voz; y **“Audible”** (Android, iOS), que proporciona audiolibros.

Sin embargo, según Wu et al. (2020), las personas con baja visión dan gran importancia a la lectura visual. Por ello, cada vez son más los móviles que presentan funciones integradas para que estas personas puedan seguir usando su resto visual (zoom, inversión de colores o aumento de tamaño de texto)(Senjam, 2021; Senjam et al., 2021). Un ejemplo de ello se puede observar en la figura 5, donde se muestra la función **“Invert Colors”** de iOS, que permite aumentar el contraste de la imagen, para así facilitar su lectura o visión(Senjam, 2021).

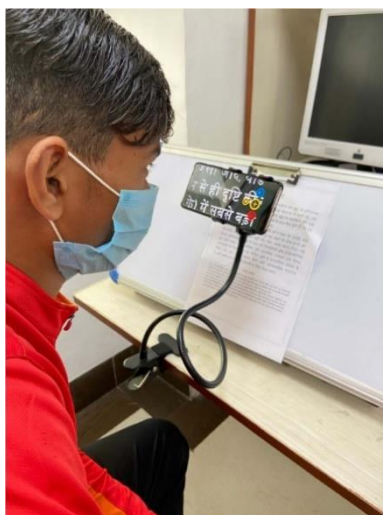


Figura 5. Paciente con baja visión usando la aplicación "Invert Colors" para leer(Senjam, 2021).

Contribuyendo a las aplicaciones móviles útiles para aquellas personas con discapacidad visual, Gang Luo y su equipo lanzaron al mercado una aplicación de magnificación de la imagen llamada **"SuperVision+ Magnifier"** (Android, iOS), que además de ser capaz de proporcionar imágenes de mayor tamaño para el usuario (hasta un aumento de 16x), permite la inversión de color, el bloqueo de enfoque y la estabilización de la imagen in vivo, y también aporta información acerca del tiempo de uso(Luo, 2020). Asimismo, ante condiciones de baja iluminación, esta aplicación permite activar su función de linterna(Luo, 2020).

En cuanto a las horas de uso, esta aplicación fue empleada principalmente para lecturas puntuales. No obstante, hubo usuarios que la utilizaron para lectura prolongada(Luo, 2020). La aplicación **"SuperVision+ Magnifier"** también fue usada para estudiar cuáles son los objetivos visuales más comunes para las personas con baja visión en visión cercana, y aunque el texto era el elemento de visualización más común, la mayoría de estas personas también requería ampliar la imagen de objetos visuales no textuales(Luo, 2020).

En un estudio posterior(Luo, 2021), Gang Luo volvió a utilizar la aplicación **"SuperVision+ Magnifier"**, pero en este caso para capturar y cargar imágenes en el servicio de la nube Azure Computer Vision, con el fin del reconocimiento de objetos. Los resultados de ese reconocimiento fueron devueltos a la aplicación desde el servicio de Azure. En la figura 6 se muestran algunos resultados del reconocimiento de objetos.

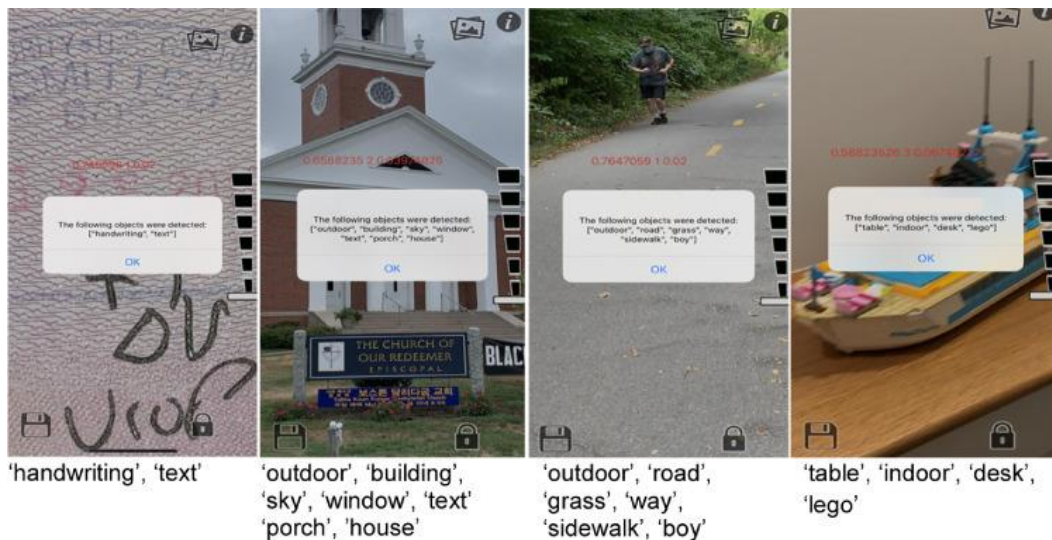


Figura 6. Reconocimiento de objetos mediante la aplicación “SuperVision+ Magnifier” app”(Luo, 2021).

En este ensayo(Luo, 2021) se analizaron datos consolidados de 24.295 usuarios durante 1 mes y se generaron más de 1300 tipos de etiquetas de objetos en 152.819 imágenes. Tras este estudio de big data, se determinó que la mayoría de los objetivos visuales para los que las personas usan aplicaciones de ampliación en teléfonos móviles no son textuales, en contraste con lo que se había encontrado en el ensayo anterior(Luo, 2020).

La necesidad de identificar objetos o personas cercanas, además de información textual, ha llevado a desarrollar otras aplicaciones como “**Seeing AI**” (iOS) y “**Eye-D**” (Android, iOS), las cuales son gratuitas y usan la inteligencia artificial para identificar elementos del entorno cercano(Aruljyothi et al., 2021; Dockery y Krzystolik, 2020; Borges y Mendes, 2018). Además, estas aplicaciones también son capaces de leer contenido, por lo que son bastantes completas en cuanto a funcionalidad(Borges y Mendes, 2018; Granquist et al., 2021). No obstante, para que se repita cuál es el objeto consultado o la información requerida, se debe tomar una nueva foto(Borges y Mendes, 2018).

Con respecto a “**Seeing AI**”, Granquist et al. (2021) evaluaron y compararon el funcionamiento de esta aplicación con el de un dispositivo portátil utilizado para baja visión: Orcam MyEye 1, el cual incluye una cámara montada en un par de gafas y un controlador portátil. Con este dispositivo se consigue convertir el texto en voz cuando se presiona un botón. Las conclusiones del estudio afirman que no existe una superioridad clara entre las dos ayudas, por lo que la elección entre ambas dependerá

de las características del paciente. Sin embargo, es necesario recalcar que el dispositivo Orcam tiene un coste de 3.500 dólares, mientras que la aplicación móvil es gratuita.

Por otro lado, Dockery y Krzystolik (2020) realizaron una encuesta a 11 sujetos pertenecientes a un centro para personas con baja visión, tratando de determinar las aplicaciones que más utilizaban y obteniendo además una valoración de las mismas. Aunque la muestra fue pequeña (n=11) -siendo esta la principal limitación del estudio-, la aplicación **“Seeing AI”** se consagró como la más utilizada (81,8%), con una puntuación de 4,4375 sobre 5. En la figura 7 se puede observar cómo la inteligencia artificial es capaz de detectar con algún error el objeto presente en la imagen, obviando la existencia de un teléfono móvil.

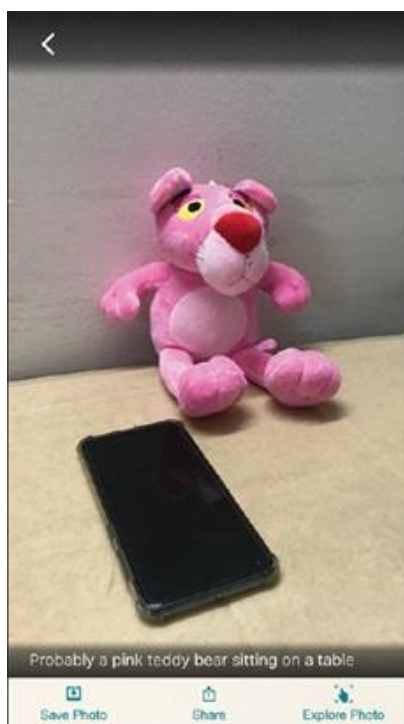


Figura 7. Reconocimiento de objetos a través de “Seeing AI”(Akkara y Kuriakose, 2019).

Otra de las ayudas empleadas para visión cercana por las personas con baja visión es **“KNFB Reader”** (Android, iOS). Esta aplicación es capaz de convertir el texto en voz mediante fotografías. No obstante, los usuarios reportaron que, a pesar de sus múltiples posibilidades, no resulta fácil de utilizar, obteniendo una puntuación de 3,33. Además, esta aplicación sí es de pago, costando 99,99 dólares(Dockery y Krzystolik, 2020).

El manejo del dinero es otro de los problemas que pueden encontrar las personas con baja visión en su día a día. En este sentido, la herramienta **“LookTel Money Reader”** (iOS) resulta de gran utilidad, ya que informa sobre la cantidad de dinero que se está

manejando en el momento(Dockery y Krzystolik, 2020). Esta aplicación se puede utilizar para clasificar el dinero de forma rápida y eficiente, ya que reconoce instantáneamente las monedas y billetes y pronuncia su denominación, lo que permite a las personas con discapacidad visual o ceguera identificar y contar billetes de forma rápida y sin esfuerzo(Agustin et al., 2022). Cuando se apunta la cámara hacia un billete, la aplicación informa sobre su denominación en tiempo real, como se puede ver en la figura 8.

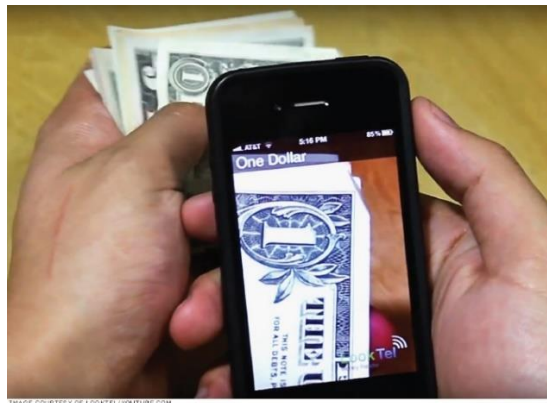


Figura 8. La aplicación “LookTel Money Reader” captura la imagen del billete y dice en voz alta su denominación(Kugler, 2020).

Una de sus mayores ventajas es que admite 21 tipos de monedas, entre las que se destaca el dólar estadounidense, el euro o la libra, entre otros. Por tanto, es posible usarse en numerosos países y estados. Además, cabe destacar que esta aplicación es gratuita y obtuvo una puntuación de 5 sobre 5 (Dockery y Krzystolik, 2020), siendo una de las mejor valoradas.

Para aquellas personas que no dispongan de iOS, Oleg Taystruck ha desarrollado otra aplicación similar para Android denominada “**Blind Droid Wallet**”(Lang et al., 2018). Esta aplicación está diseñada especialmente para personas con discapacidad visual, por lo que su interfaz es sencilla. El modo de uso es igual que el mostrado en la aplicación anterior, el billete es escaneado por la cámara y la aplicación comunica por voz el valor de este. Una de las ventajas que presenta es que no requiere conexión a internet, por lo que una vez instalado se puede utilizar cuando sea necesario. Sin embargo, hay que tener en cuenta que está preconfigurada para el reconocimiento de dólares estadounidenses, por lo que para ser utilizada con otra moneda se debe instalar un módulo adicional(Lang et al., 2018).

Además, también existen aplicaciones para describir fotografías y carnés, como “**TapTap See**” (Android, iOS) y “**Card Identifier**” (Android)(Dockery y Krzystolik, 2020).

“**TapTap See**” es una aplicación de cámara móvil diseñada específicamente para usuarios con discapacidad visual o ciegos disponible en iOS y en Android. En iOS la aplicación utiliza la cámara iDevice y las funciones VoiceOver para fotografiar objetos e identificarlos en voz alta para el usuario. Así, el teléfono puede describir el color, la forma y el tamaño de los objetos a una persona ciega o con discapacidad visual(Nwaeze, 2022). La aplicación “**Card Identifier**” también captura una fotografía del objeto de interés, que en este caso es un documento de identidad, y luego proporciona una descripción del mismo mediante audio(Dockery y Krzystolik, 2020).

En este sentido, Awad et al. (2018) vieron necesario la creación de una aplicación que reuniera por sí sola una serie de funciones útiles como detección de luz, detección de color, reconocimiento de objetos y reconocimiento de billetes. De esta forma, la persona con discapacidad visual no tendría que emplear múltiples aplicaciones diferentes en su vida cotidiana. El nombre de la aplicación es “**Intelligent Eye**” (Android), y una de las características más beneficiosas es que, a la hora de reconocer objetos, esta aplicación ofrece diferentes opciones, junto a un porcentaje de probabilidad, como se muestra en la figura 9.

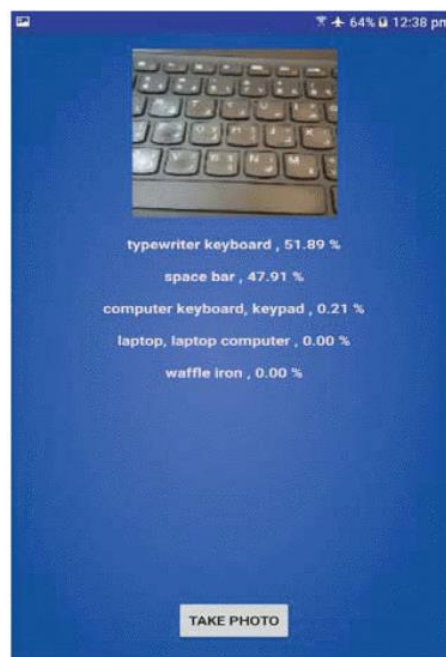


Figura 9. Reconocimiento de objetos mediante la aplicación “TapTap See”(Awad et al., 2018).

En la investigación de Awad et al. (2018), la aplicación fue testada por 10 personas con discapacidad visual. Cada persona tenía que responder del 1 (bajo rendimiento) al 5 (excelente rendimiento) a una serie de ítems relacionados con el uso de la aplicación,

como la familiaridad de la interfase o la facilidad de uso. Los resultados obtenidos fueron positivos, pero el tamaño de la muestra los limita.

Además, Awad et al. (2018) detallaron posibles mejoras futuras en las funciones de “**Intelligent Eye**” como añadir el escaneo y lectura de códigos de barras, lector de tarjetas personales, lector de GPS o guía de peatones y detector de semáforos, lo que supondría enormes beneficios para las personas con baja visión.

En la tabla 4, se recogen las aplicaciones móviles útiles para visión cercana, junto a sus principales características.

| Nombre | Sistema operativo | Coste | Descripción |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|--|
| Magnifying Glass with Light | iOS | Gratis (Versión Pro: \$1.99) | Aumenta el tamaño de la imagen y permite controlar el nivel de iluminación |
| Sullivan+ | Android, iOS | Gratis | Función de lupa y reconocimiento de texto, caras e imágenes mediante IA |
| My reading eyes free | Android | Gratis | Aumenta la imagen del texto, con opción de imagen negativa |
| weZoom | Android | Gratis | Aumenta la imagen del texto y permite cambiar el zoom, el color, el brillo y el contraste |
| SuperVision+ Magnifier | Android, iOS | Gratis | Aumenta la imagen y permite la inversión de color, el bloqueo de enfoque y la estabilización de la imagen in vivo. También tiene función de linterna |
| Read2Go | iOS | \$19,99 | Permite la descarga de libros y su escucha al instante |
| Voice Dream | iOS | Gratis | Modifica voces, lee en varios idiomas, cambia la fuente del texto, resalta líneas y palabras leídas, e inserta comentarios en formato de texto y audio |
| BARD | Android, iOS | Gratis* | Proporciona audiolibros y libros en formato braille. *Requiere inscripción en el Servicio Nacional de Bibliotecas |

| | | | |
|----------------------|--------------|---------|---|
| Document Scanner | Android | Gratis | Lee documentos escaneados |
| KNFB Reader | Android, iOS | \$99,99 | Convierte el texto en voz mediante fotografías |
| Newsline NFB | iOS | Gratis | Proporciona noticias y periódicos en audio |
| Kibo | Android, iOS | Gratis | Permite la lectura de imágenes y actúa de grabadora de voz |
| Audible | Android, iOS | Gratis | Proporciona audiolibros |
| Seeing AI | iOS | Gratis | Identifica elementos del entorno cercano y lee contenido |
| Eye-D | Android, iOS | Gratis | Identifica elementos del entorno cercano y lee contenido |
| LookTel Money Reader | iOS | Gratis | Informa sobre la cantidad de dinero que se está manejando en el momento |
| Blind Droid Wallet | Android | Gratis | Informa sobre la cantidad de dinero que se está manejando en el momento |
| TapTap See | Android, iOS | Gratis | Identifica objetos en voz alta mediante fotografías |
| Card Identifier | Android | Gratis | Describe carnés de identidad |
| Intelligent Eye | Android | Gratis | Permite la detección de luz, detección de color, reconocimiento de objetos y reconocimiento de billetes |

Tabla 4. Aplicaciones móviles útiles para visión cercana destinadas a usuarios con baja visión.

4.2.2 Aplicaciones móviles para el desplazamiento por el entorno

Otros de los grandes impedimentos de las personas con discapacidad visual es desplazarse por su entorno. En los ensayos Crabb et al. (2023) y Pundlik et al. (2019) se intenta mitigar este problema mediante la localización e identificación de elementos físicos presentes a distancias lejanas.

Aunque Crabb et al. (2023) no han sacado al mercado una aplicación propiamente dicha, están desarrollando un algoritmo que podría facilitar la vida de muchas personas. En la figura 10 se puede observar el proceso de detección de elementos presentes en una sala.



Figura 10. Proceso de detección de objetos(Crabb et al., 2023).

Con un similar funcionamiento, Pundlik et al. (2019) desarrollaron una aplicación móvil, denominada **“Supervision Search”** (Android, iOS), la cual permite buscar palabras clave en el entorno del usuario y, de esta forma, proporcionarle una información relevante del marco en el que se mueve o del objeto de interés (Figura 11).



Figura 11. Búsqueda de palabras clave mediante "Supervision Search"(Pundlik et al., 2019).

La aplicación **“Supervision Search”** permite dos configuraciones de uso: capturar y disparar para buscar una palabra clave en una escena u objeto concretos, o escanear en tiempo real. Esta última es útil para localizar elementos en un amplio campo de visión (Pundlik et al., 2019). Los dos modos operativos se ven reflejados en la figura 12.

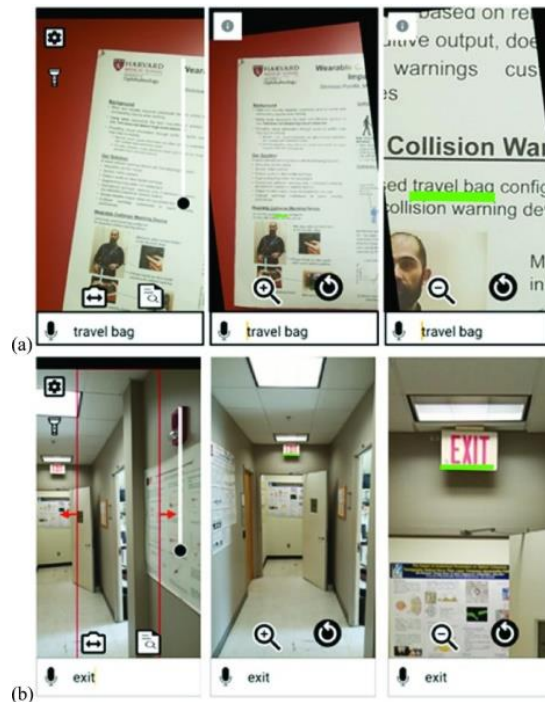


Figura 12. Distintas configuraciones de uso de "Supervision Search": (a) capturar y disparar, (b) escanear en tiempo real(Pundlik et al., 2019).

Sin embargo, al igual que en visión cercana, son múltiples las opciones que se dispone hoy en día gracias a la inteligencia artificial. Las aplicaciones **"Supersense"** (Android, iOS)(Akkara y Kuriakose, 2019; Senjam et al., 2021) y **"Soundscape"** (iOS)(Dockery y Krzystolik, 2020) ofrecen información al usuario acerca de sus alrededores, permitiéndole un conocimiento extra de su entorno. **"Supersense"** usa la cámara del dispositivo para mirar a diferentes zonas y facilita encontrar un objeto/señal/edificio en particular. Una de sus grandes ventajas es que no necesita conexión a internet para funcionar (Akkara y Kuriakose, 2019; Senjam et al., 2021). Por su parte, **"Soundscape"** utiliza la tecnología de audio en 3D para describir el entorno(Dockery y Krzystolik, 2020).

Con una funcionalidad similar, también se encuentra **"Lookout Google"** (Android)(Ramamurthy, 2024). Esta es útil para explorar los alrededores y facilita la descripción de imágenes. La aplicación tiene su propia respuesta de audio que se inicia al abrirse. Al tocar la pantalla, el audio indicará el nombre de lo que se observa. Para una respuesta nueva o su reiteración, se debe repetir el proceso.

Para distinguir elementos del entorno que se encuentren a gran distancia, la aplicación **"Binoculars"** (iOS), proporciona una cámara con un gran zoom de aumento (32X), lo que facilita la visualización de letreros o señales de tráfico, entre otros, a los usuarios con baja visión(Senjam et al., 2021).

“**BlindSquare**” (iOS)(Theodorou et al., 2023) es otra herramienta útil para personas con discapacidad visual que ofrece información basada en la ubicación y posibilidad de navegación de manera accesible y sencilla de usar, tanto en interiores como exteriores. La interfaz es fácil de leer en pantalla y permite la selección de destinos. Además, la compatibilidad con GPS ofrece datos precisos sobre el entorno, como puntos de referencia cercanos, intersecciones de carreteras y lugares de interés como tiendas y espacios públicos.

“**BlindSquare**” también ofrece la posibilidad de personalizar la aplicación con filtros de información, evitando la sobrecarga de datos y mejorando así la experiencia del usuario. Cabe destacar que toda la información que genera esta herramienta se emite mediante locución, mejorando su accesibilidad(Theodorou et al., 2023).

No obstante, a pesar de la solidez demostrada por “**BlindSquare**”, su dependencia de servicios externos, como Foursquare y OpenStreetMap -entre otros-, puede deteriorar la calidad del servicio proporcionado cuando no se consigue acceder a ellos. Además, el hecho de que “**BlindSquare**” sea una aplicación de pago disponible solo en dispositivos iOS puede ser una barrera para algunos usuarios, particularmente aquellos con un presupuesto muy limitado(Theodorou et al., 2023).

En un futuro próximo, los creadores de “**BlindSquare**” tienen la intención de proporcionar nuevas características y mejoras. Entre las más reseñables se subraya la detección de objetos, especialmente aquellos que podrían causar lesiones al usuario, como escaleras, mesas de picnic, bancos, paseos/aceras o portones, entre otros(Theodorou et al., 2023).

“**Lazarillo**” (Android, iOS)(Theodorou et al., 2023) es igualmente una aplicación móvil diseñada para ayudar a las personas con baja visión a navegar en espacios interiores y exteriores. En este caso, está disponible tanto en Android como en iOS, por lo que puede llegar a ser utilizada por un número mayor de personas. La función de “**Lazarillo**”, como su nombre indica, es guiar a los usuarios a través de espacios físicos como edificios o calles de la ciudad, acción que realiza a través de instrucciones de voz, utilizando tecnología GPS para determinar la ubicación del usuario en cada momento. Esta aplicación también es personalizable, lo que permite a los usuarios ajustar el volumen y la velocidad de las instrucciones, seleccionar un idioma preferido y los tipos de alertas que recibirán. Además, la aplicación tiene una interfaz fácil de usar, incluso para personas que no tienen conocimientos técnicos.

Siguiendo con aplicaciones diseñadas para navegar por espacios al aire libre, se distinguen **“Ariadne GPS”** (iOS), **“Nav by ViaOpta”** (Android, iOS) y **“Seeing Assistant Move”** (Android, iOS)(Theodorou et al., 2023).

“Ariadne GPS”(Theodorou et al., 2023) también proporciona instrucciones de audio y comentarios para ayudar a los usuarios a navegar en entornos desconocidos, localizar puntos de interés y viajar de un lugar a otro. La aplicación, al igual que las anteriores, utiliza tecnología GPS para determinar la ubicación del usuario, y también es personalizable: ajuste del volumen, velocidad de las instrucciones, selección de un idioma preferido y tipos de alertas que se reciben. Así, esta herramienta móvil es capaz de proporcionar información sobre la ubicación del usuario en cualquier momento, guardar puntos favoritos -incluidas paradas de autobús, estaciones de tren, tiendas y puertas de viviendas-, recibir alertas cuando se acerque a ellos, explorar mapas mediante el uso de zoom en la pantalla y ofrecer asistencia hablada.

Por su parte, **“Nav by ViaOpta”**(Theodorou et al., 2023) proporciona instrucciones paso a paso guiadas por voz, retroalimentación háptica (vibración) y seguimiento de ubicación en tiempo real para ayudar a los usuarios a navegar de forma segura y eficiente. La interfaz de usuario de la aplicación está diseñada para ser simple y fácil de usar, con botones grandes y texto fácil de leer. También ofrece funciones como planificación de rutas, puntos de interés y la posibilidad de guardar ubicaciones favoritas. Además, informa a los usuarios de las intersecciones cercanas junto con sus distancias. Como ventajas, esta aplicación es compatible con dispositivos móviles tanto iOS como Android y está disponible en varios idiomas, incluidos inglés, español, alemán y francés.

En cuanto a **“Seeing Assistant Move”**(Theodorou et al., 2023), es otra aplicación particularmente fácil e intuitiva de usar debido a que admite comandos de voz, lo que posibilita acceder a sus funciones de inmediato. La aplicación utiliza tecnología GPS, permitiendo rastrear los movimientos del usuario en tiempo real y proporcionando información sobre los puntos de interés cercanos. Los usuarios pueden determinar la ruta a su destino insertando puntos o dejar a la aplicación determinarla automáticamente. Además, también permite importar puntos de rutas almacenados en bases de datos soportadas por otros sistemas.

Asimismo, **“Seeing Assistant Move”**(Theodorou et al., 2023) tiene una función de ampliación de imagen que permite a los usuarios acercarse a áreas específicas de la pantalla para obtener una vista más clara de los detalles. En términos de accesibilidad,

la aplicación está diseñada para ser fácil de utilizar para personas con discapacidad visual o ciega, y presenta una interfaz sencilla con botones y texto grandes y legibles. De hecho, la aplicación ha recibido premios y recomendaciones de la Asociación Polaca de Ciegos por su funcionalidad. Es compatible con dispositivos móviles iOS y Android y está disponible para descarga gratuita desde ambas plataformas.

Todas las aplicaciones mencionadas son extremadamente útiles para desplazarse por el entorno. No obstante, ninguna de ellas aporta información específica acerca de horarios de autobuses en tiempo real o la proximidad de estos, entre otras. Por ello, Mendonça et al. (2022), vieron necesario crear una aplicación denominada “**Assisted Mobility**” para facilitar el uso del transporte público a personas con diferentes discapacidades, principalmente visuales.

“**Assisted Mobility**” es una herramienta útil que permite al usuario solicitar información para llegar de un origen a un destino mediante comandos de voz. Para realizar un viaje se presentan varias opciones donde el usuario selecciona una, considerando el tiempo de espera y viaje, y la ubicación de la parada de autobús (Figura 13). Después de confirmar el viaje, se dan indicaciones para llegar a la parada de autobús y una vez allí, se informa periódicamente la proximidad del autobús. Durante el trayecto, la aplicación avisa al usuario de la proximidad a la última parada y da indicaciones para llegar al destino. Además, se pueden programar viajes y se notifica al usuario cuándo debe salir para iniciarlo (Mendonça et al., 2022).

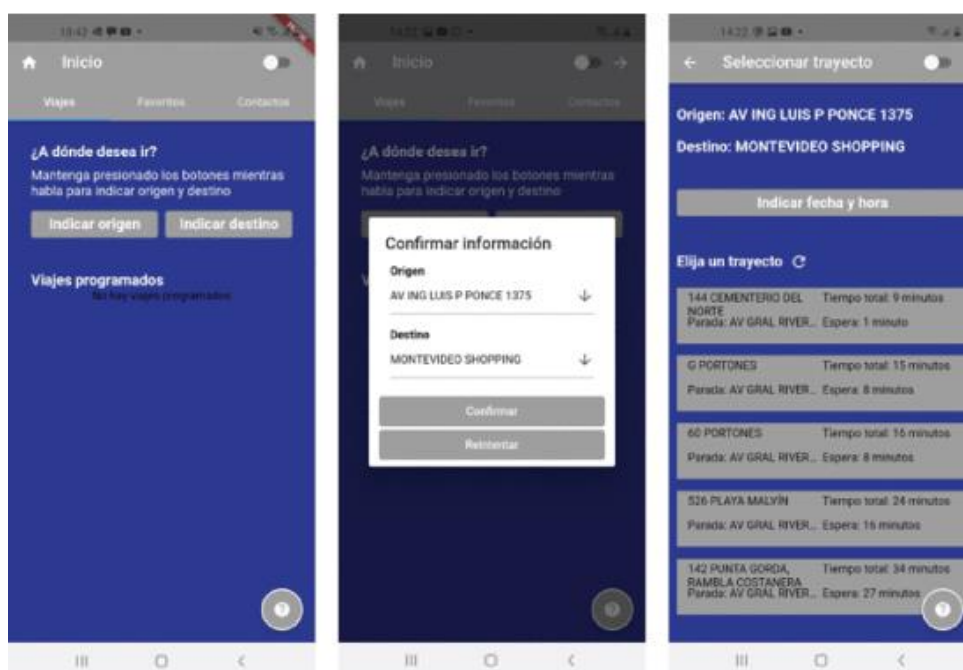


Figura 13. Selección del viaje a través de “Assisted Mobility” (Mendonça et al., 2022).

Otra de sus múltiples ventajas es que la información del viaje que recibe el usuario se puede compartir con cualquier persona de contacto. Esta recibirá actualizaciones del viaje a través de mensajes de texto, por lo que sabría en todo momento en el lugar en el que se encuentra la persona con discapacidad visual(Mendonça et al., 2022).

Sin embargo, debido a que solo existe una primera versión de estudio de esta aplicación, aún no se encuentra disponible en ninguna de las plataformas(Mendonça et al., 2022).

En la tabla 5 se recogen las aplicaciones móviles útiles para desplazarse por el entorno, junto a sus principales características.

| Nombre | Sistema operativo | Coste | Descripción |
|--------------------|--------------------------|--------------|---|
| Supervision Search | Android, iOS | Gratis | Busca palabras clave en el entorno del usuario, proporcionándole información relevante del marco en el que se mueve o del objeto de interés |
| Supersense | Android, iOS | Gratis | Ofrece información al usuario acerca de sus alrededores, permitiéndole un conocimiento extra de su entorno |
| Soundscape | iOS | Gratis | Ofrece información al usuario acerca de sus alrededores, permitiéndole un conocimiento extra de su entorno |
| Lookout google | Android | Gratis | Útil para explorar el entorno y facilita la descripción de imágenes |
| Binoculars | iOS | \$4,99 | Proporciona una cámara con un gran zoom de aumento (32X), lo que facilita la visualización de letreros, señales de tráfico, etc. |
| BlindSquare | iOS | 44,99€ | Ofrece información basada en la ubicación y navegación de manera accesible y fácil de usar, tanto en interiores como exteriores |
| Lazarillo | Android, iOS | Gratis | Ayuda a navegar en espacios interiores y exteriores |

| | | | |
|-----------------------|--------------|--------|--|
| Ariadne GPS | iOS | 5,99€ | Proporciona instrucciones de audio y comentarios para navegar en entornos desconocidos, localizar puntos de interés y viajar de un lugar a otro |
| Nav by ViaOpta | Android, iOS | Gratis | Proporciona instrucciones paso a paso guiadas por voz, retroalimentación háptica y seguimiento de ubicación en tiempo real |
| Seeing Assistant Move | Android, iOS | Gratis | Rastrea los movimientos del usuario en tiempo real y proporciona información sobre los puntos de interés cercanos. También tiene función de ampliación de imagen |
| Assisted Mobility | - | - | Facilita el uso del transporte público mediante comandos de voz |

Tabla 5. Aplicaciones móviles útiles para desplazamiento por el entorno destinadas a usuarios con baja visión.

4.2.3 Otras aplicaciones móviles de asistencia

Además de todas las ayudas digitales comentadas con anterioridad cabe destacar “**Be My Eyes**” (Android, iOS). Esta aplicación brinda asistencia remota a personas con baja visión mediante una red de voluntarios a través de videollamada (Aruljyothi et al., 2021). Además, esta aplicación permite identificar cualquier objeto, color o texto compartiendo una imagen con un voluntario vidente (Borges y Mendes, 2018), lo cual es bastante útil y fiable.

“**Be My Eyes**” aún no ha sido validada, pero ha recibido varios premios como “2020 Dubai Expo Global Innovator”, “2018 Winner of Google Play Awards - Best Accessibility Experience” y “2018 Winner of AbilityNet Accessibility Award at the Tech4 Good Awards” (<http://bemyeyes.com/>; Avila, Wolf, Brock y Henze, 2016).

Por otro lado, los teléfonos móviles presentan una gran variedad de funciones asistenciales. El lector de pantalla es una de las funciones integradas más utilizadas. Por ejemplo, en el sistema operativo Android destaca “**TalkBack**”, y en iOS, “**Voice Over**”. Esta característica facilita la interacción entre la persona y su teléfono móvil, y hace que sean más fáciles de realizar actividades de la vida diaria (Senjam, 2021).

Ambos sistemas, también presentan comandos de voz, como “**Google Assistant**” y “**Siri**” (Figura 14), respectivamente(Akkara y Kuriakose, 2019; Christy and Pillai, 2021).

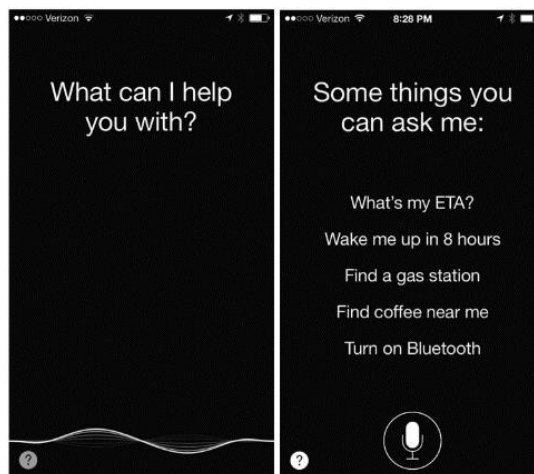


Figura 14. Visualización en pantalla del comando de voz “Siri”(Irvine et al., 2014).

Asimismo, en ambos sistemas (Android, iOS) también se destaca la existencia de la función “**Microphone on keyboard**”, es decir, un micrófono en el teclado, que convierte el lenguaje oral en registro escrito mediante dictado(Borges y Mendes, 2018).

De forma exclusiva en Android, se resaltan las funciones “**Select to speak**” y “**Read QR code and barcode**”. La primera consiste en un lector de pantalla habilitado solo cuando se selecciona contenido, mientras que la segunda identifica códigos de barras y códigos QR y proporciona información sólida sobre el producto Borges y Mendes, 2018).

Más allá de estas funcionalidades, también son reseñables herramientas móviles que facilitan las tareas básicas del día a día para personas con baja visión como levantarse, mirar la hora, apuntar notas o realizar cálculos simples. Entre ellas, se encuentran “**Talking calculator**”, que consiste en una calculadora con control por voz que dice las respuestas matemáticas al presionar un botón (Figura 15A); “**Big Digital Clock**”, que consiste en un reloj digital grande de alto contraste (Figura 15B), “**Speechnotes**”, que es un bloc de notas digital que funciona por reconocimiento de voz (Figura 15C); y “**Speaking Alarm Clock**”, que es una aplicación de alarma parlante, cronómetro y recordatorio(Akkara y Kuriakose, 2019). Todas ellas están disponibles para dispositivos Android.

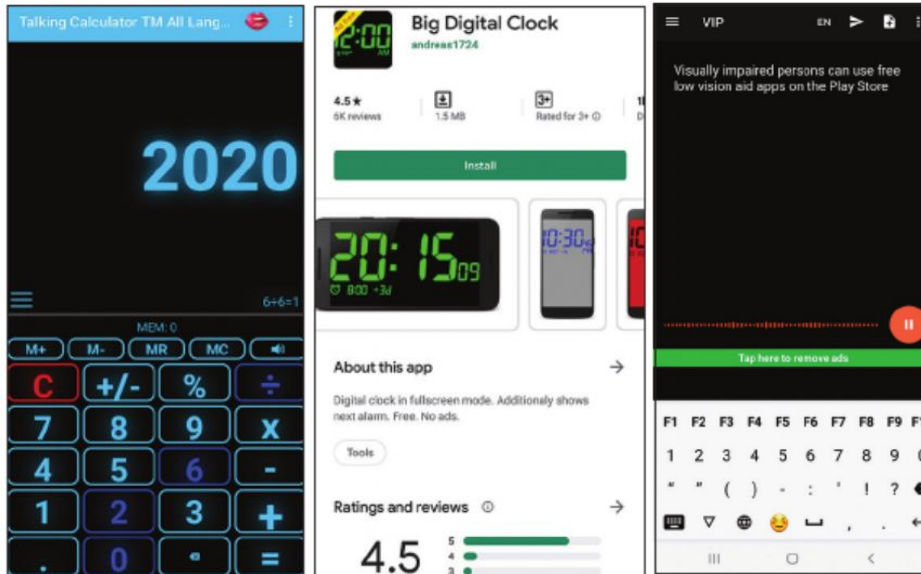


Figura 15. Herramientas móviles que facilitan las tareas básicas del día a día para personas con baja visión. A. “Talking Calculator”. B. “Big Digital Clock”. C. “Speechnotes”(Akkara y Kuriakose, 2019).

4.2.4 Aplicaciones de ocio

Anteriormente se han descrito aplicaciones y funciones móviles útiles para realizar tareas en la vida cotidiana de las personas con baja visión. Sin embargo, el ocio y entretenimiento también resulta fundamental para el bienestar emocional de estas personas.

En este sentido, se resalta la aplicación móvil “**Blind mini games**” (Android), que consiste en 8 juegos diseñados especialmente para personas con discapacidad visual. Estos incluyen desafíos como seguir direcciones, correr, ejercitar la memoria, realizar pruebas de audición, identificar sonidos de animales, resolver problemas numéricos, explorar diferentes tonos musicales y poner a prueba la velocidad mental con números rápidos(Figura 16)(Akkara y Kuriakose, 2019).



Figura 16. Múltiples juegos para personas con discapacidad visual(Akkara y Kuriakose, 2019).

“**Blind cricket**” (Android, iOS) es otro juego específico para personas con baja visión. Este juego consiste en el deporte del cricket, y está adaptado para ser accesible mediante un diseño de alto contraste y el uso de sonidos como guía para seguir el juego(Akkara y Kuriakose, 2019).

Para los amantes del ajedrez existe “**ChessBack**” (Android); y para los que disfrutan del clásico juego de buscaminas se encuentra “**Blind-Droid Minesweeper**” (Android). Ambos presentan un modo especial diseñado para personas con baja visión(Akkara y Kuriakose, 2019).

Por último, resulta imprescindible mencionar “**Audio Game Hub**” (Android, iOS) con múltiples juegos como tiro con arco o máquinas recreativas, entre otras(Akkara y Kuriakose, 2019). Al igual que los anteriores, emplea el sonido para facilitar el acceso a personas con discapacidad visual.

5. Discusión

5.1 Discusión de los resultados bibliométricos

La revisión de la literatura existente sobre aplicaciones móviles útiles para simplificar las tareas diarias de las personas con baja visión revela una gran variedad de tipos de documentos y, por ende, de niveles de evidencia científica. Los artículos de revisión (nivel IV - C) ofrecen una síntesis de la investigación existente, aunque su nivel de evidencia es relativamente bajo. La alta presencia de estos artículos sugiere que el campo está en una fase de recopilación y síntesis de conocimientos, lo que es común en áreas de investigación emergentes donde se necesita consolidar la información disponible antes de avanzar hacia estudios más experimentales.

Los estudios observacionales (nivel III - B) han sido predominantes. Esto puede deberse a la naturaleza exploratoria del campo, donde se busca entender mejor las necesidades y patrones de uso antes de diseñar intervenciones más específicas.

No obstante, los estudios experimentales y pilotos (nivel IIb - B) igualmente han sido pródigos. Estos ofrecen evidencia moderada y son cruciales para evaluar la efectividad de intervenciones específicas. La presencia de estos estudios indica un movimiento hacia la validación empírica de aplicaciones móviles, lo cual es esencial para establecer la eficacia y seguridad de estas herramientas en la rehabilitación visual.

Finalmente, los ensayos clínicos controlados aleatorizados (nivel Ib - B) están representados únicamente por el trabajo de Ramamurthy (2024). Estos estudios son los más robustos en términos de evidencia científica, por debajo del metaanálisis, proporcionando información crítica sobre la eficacia y seguridad de las intervenciones. La presencia de ensayos clínicos sugiere una creciente conciencia sobre la necesidad de validar clínicamente las aplicaciones móviles antes de su recomendación y uso generalizado. Esta validación es crucial para asegurar que las aplicaciones no solo son efectivas sino también seguras para los usuarios.

5.2 Discusión de los resultados de contenido

La utilización de aplicaciones móviles para ayudar a personas con baja visión ha sido un área de interés creciente en la investigación. Existen estudios previos (Irvine et al., 2014; Martínez-Pérez B et al., 2013; Liu et al., 2011) que apoyan el uso de teléfonos móviles para mejorar la calidad de vida y autonomía de las personas.

A lo largo de la revisión se han identificado herramientas para el trabajo en cerca como **"Magnifying Glass with Light"**, **"Sullivan+**", **"My reading eyes Free"**, **"weZoom"** y **"SuperVision+ Magnifier"**; para facilitar el desplazamiento como **"Supervision Search"**, **"Supersense"** y **"Soundscape"**; y otras aplicaciones de asistencia y ocio como **"Read QR code and barcode"**, **"Talking calculator"** y **"Blind mini games"**.

No obstante, únicamente en Dockery y Krzystolik (2020) y Ramamurthy (2024) se ha tratado de analizar la utilidad e idoneidad de estas ayudas para las personas con discapacidad visual. En ese sentido, entre las aplicaciones estudiadas han destacado **"Seeing AI"** y **"Be My Eyes"** por recibir altas calificaciones por parte de los usuarios debido a su accesibilidad y funcionalidad en las plataformas iOS y Android; y **"Lookout, Google"** y **"Sullivan+"** por tener la capacidad de ayudar a las personas con discapacidad visual a realizar sus actividades cotidianas. Aun así, es de mencionar que la muestra en ambos estudios es muy pequeña, de 11 y 8 participantes, respectivamente.

De esta forma, una de las limitaciones identificadas es que, en la mayoría de la literatura revisada, simplemente se muestran las aplicaciones y su configuración, pero estas no son probadas ni valoradas por los usuarios. Sin embargo, sí existe suficiente evidencia científica para observar el potencial que presentan estas aplicaciones para contribuir a la rehabilitación visual de las personas con baja visión, y mejorar su calidad de vida. Así,

se abren múltiples oportunidades de investigación para analizar la eficacia y validar las aplicaciones mostradas a lo largo de esta revisión bibliográfica.

6. Conclusiones

La existencia de numerosas aplicaciones móviles capaces de simplificar las tareas diarias a las personas con baja visión, tanto en el sistema Android como en el sistema iOS, suponen un salto en la mejora de aspectos básicos de la vida diaria de estos individuos. Estas innovaciones tienen el potencial de mejorar la calidad de vida de los usuarios, prometiendo avances continuos en el futuro. En cuanto a los objetivos secundarios:

1. Las personas que padecen baja visión se pueden beneficiar de diversas aplicaciones en el ámbito del trabajo en cerca (lectura, identificación de objetos o escáner de documentos), el desplazamiento por el entorno, la asistencia y el ocio.
2. Las aplicaciones para la mejora de las condiciones de las personas con baja visión son altamente valoradas, contando con un gran potencial para mantener un cierto grado de independencia, mejorando así su calidad de vida.
3. Ninguna de las aplicaciones recopiladas en este trabajo presenta validación clínica, aunque existe una buena evidencia científica. No obstante, no existen estudios clínicos donde se recoja el sentir de los usuarios para analizar de forma metódica su utilidad. Por tanto, se requiere más investigación para poder obtener mejor información acerca de su eficacia.

7. Bibliografía

Akkara, J. y Kuriakose, A. (2019). Smartphone apps for visually impaired persons. *Kerala Journal of Ophthalmology*, 31(3), 242.

Agustin, V., Acaba, K.R., Brieve, R.L., et al. (2022). Money Identifier: An Android-Based Application For Visually Impaired People Using Object Detection. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 11(3), 108–116.

Aruljyothi, L., Janakiraman, A., Malligarjun, B. y Babu, B.M. (2021). Smartphone applications in ophthalmology: A quantitative analysis. *Indian Journal of Ophthalmology*, 69(3), 548.

Avila, M., Wolf, K., Brock, A. y Henze, N. (2016). Remote Assistance for Blind Users in Daily Life: A Survey about Be My Eyes. *ACM International Conference Proceeding Series*.

Awad, M., El Haddad, J., Khneisser, E., et al. (2018). Intelligent eye: A mobile application for assisting blind people. En *2018 IEEE Middle East and North Africa Communications Conference*

(MENACOMM) (pp. 1–6). IEEE.

Be My Eyes. (2018). Be My Eyes. Lend your eyes to the blind. Recuperado el 22 de mayo de 2024, de <http://bemyeyes.com/>

Borges, W.F. y Mendes, E.G. (2018). Usability of Assistive Technology Applications by People with Low Vision. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 24(4), 483–500.

Cañón Cárdenas, Y.Z. (2011). La baja visión en Colombia y en el mundo. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 9(1), 117–123.

Christy, B. y Pillai, A. (2021). User feedback on usefulness and accessibility features of mobile applications by people with visual impairment. *Indian Journal of Ophthalmology*, 69(3), 555.

Coco Martín, M.B. (2015). Manual de baja visión y rehabilitación visual. Médica Panamericana.

Crabb, R., Cheraghi, S.A. y Coughlan, J.M. (2023). A Lightweight Approach to Localization for Blind and Visually Impaired Travelers. *Sensors (Basel)*, 23(5).

Dockery, D.M. y Krzystolik, M.G. (2020). The Use of Mobile Applications as Low-Vision Aids: A Pilot Study. *Rhode Island Medical Journal (2013)*, 103(8), 69–72.

Flaxman, S.R., Bourne, R.R.A., Resnikoff, S., et al. (2017). Global causes of blindness and distance vision impairment 1990–2020: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Global Health*, 5(12), e1221–e1234.

Granquist, C., Sun, S.Y., Montezuma, S.R., et al. (2021). Evaluation and Comparison of Artificial Intelligence Vision Aids: Orcam MyEye 1 and Seeing AI. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 115(4), 277–285.

Irvine, D., Zemke, A., Pusateri, G., et al. (2014). Tablet and Smartphone Accessibility Features in the Low Vision Rehabilitation. *Neuro-Ophthalmology*, 38(2), 53–59.

Kugler, L. (2020). Technologies for the visually impaired. *Communications of the ACM*, 63(12), 15–17.

Lang, L., Gazcón, N.F., Larrea, M. L. (2018). An Open Source Solution for Money Bill Recognition for the Visually Impaired User using Smartphones. En *XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (La Plata, 2018)*.

Leat, S.J., Fryer, A. y Rumney, N.J. (1994). Outcome of Low Vision Aid Provision: The Effectiveness of a Low Vision Clinic. *Optometry and Vision Science*, 71(3), 199–206.

Liu, C., Zhu, Q., Holroyd, K.A. y Seng, E.K. (2011). Status and trends of mobile-health applications for iOS devices: A developer's perspective. *Journal of Systems and Software*, 84(11), 2022–2033.

Luo, G. (2020). How 16,000 people used a smartphone magnifier app in their daily lives. *Clinical and Experimental Optometry*, 103(6), 847–852.

Luo, G. (2021). What Visual Targets Are Viewed by Users With a Handheld Mobile Magnifier App. *Translational Vision Science & Technology*, 10(3).

Markowitz, M. (2006). Occupational therapy interventions in low vision rehabilitation. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 41(3), 340–347.

Mariani, A.W. y Pêgo-Fernandes, P.M. (2012). Telemedicine: a technological revolution. *Sao Paulo Medical Journal*, 130(5), 277–278.

Martínez-Pérez, B., De La Torre-Díez, I. y López-Coronado, M. (2013). Mobile health applications for the most prevalent conditions by the world health organization: Review and analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 15(6), e120.

Mendonça, S., Kunze, V., Tejera, V. y Mayr, C. (2022). Assisted Mobility: An application to help

the blind to use public transport. En *2022 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)* (pp. 445–448). IEEE.

Nwaeze, A. (2022). Digital Eye: The Role of Technology in the Life of the Blind and the Visually Impaired. *Caritas Journal of Physical and Life Sciences*, 1(1).

Osorio, L., Hitchman, D.L., Pérez, J.A. y Padilla, C. (2003). Prevalencia de baja visión y ceguera en un área de salud. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 19(5).

Owsley, C., McGwin, G., Lee, P.P., Wasserman, N. y Searcey, K. (2009). Characteristics of low-vision rehabilitation services in the United States. *Archives of Ophthalmology*, 127(5), 681–689.

Pundlik, S., Singh, A., Baghel, G., Baliutaviciute, V. y Luo, G. (2019). A Mobile Application for Keyword Search in Real-World Scenes. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 7, 1–10.

Ramamurthy, D. (2024). Effectiveness of smartphone application as a tool to improve functional vision and quality of life of visually impaired people.

Robinson, J.L., Braimah Avery, V., Chun, R., Pusateri, G. y Jay, W.M. (2017). Usage of Accessibility Options for the iPhone and iPad in a Visually Impaired Population. *Seminars in Ophthalmology*, 32(2), 163–171.

Rodríguez, S., Almeida, J., Cruz, J., et al. (2013). Relación médico paciente y la eSalud. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 32(4), 411–420.

Senjam, S.S. (2021). Smartphones as assistive technology for visual impairment. *Eye*, 35(8), 2078–2080.

Senjam, S.S., Manna, S. y Bascaran, C. (2021). Smartphones-Based Assistive Technology: Accessibility Features and Apps for People with Visual Impairment, and its Usage, Challenges, and Usability Testing. *Clinical Optometry*, 13, 311–322.

Shuttleworth, G.N., Dunlop, A., Collins, J.K., et al. (1995). How effective is an integrated approach to low vision rehabilitation? Two year follow up results from south Devon. *British Journal of Ophthalmology*, 79(8), 719–723.

Theodorou, P., Tsiligkos, K. y Meliones, A. (2023). Multi-Sensor Data Fusion Solutions for Blind and Visually Impaired: Research and Commercial Navigation Applications for Indoor and Outdoor Spaces. *Sensors (Basel)*, 23(12), 5411.

Van De Belt, T.H., Engelen, L.J., Berben, S.A.A. y Schoonhoven, L. (2010). Definition of health 2.0 and medicine 2.0: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 12(2), e18.

Vialart, M.N., Vidal, M.J., Sarduy, Y., et al. (2018). Application of eHealth in the Cuban context. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42, 1–9.

Wu, Y.H., Granquist, C., Gage, R., Crossland, M.D. y Legge, G.E. (2020). Online Survey of Digital Reading by Adults with Low Vision. *Optometry and Vision Science*, 97(4), 249–256.