

Revisión de la literatura sobre el uso de Inteligencia Artificial enfocada a la atención de la discapacidad visual

(Literature review on the use of Artificial Intelligence focused on visual impairment care)

Ruth Alvarado-Salazar^{1,2}, Joe Llerena-Izquierdo^{1,2}

¹Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador

²GIEACI Research Group and GieTICEA Educational Innovation Group
ralvarados@est.ups.edu.ec, jlllerena@ups.edu.ec

Resumen: Este trabajo realiza una revisión sistemática de literatura centrada en la atención a la discapacidad visual apoyada por la inteligencia artificial categorizando la relevancia de aportaciones sobre *machine learning*. El objetivo principal es determinar técnicas que se aplican para la atención a la discapacidad visual mediante inteligencia artificial durante los años 2017 al 2021 de diferentes estudios relevantes hallados en bases indexadas como Scopus, Web of Science, IEEEExplore y Springer. De un total de 545 publicaciones se determinaron 33 artículos categorizados en cuatro ámbitos, aprendizaje automático, redes neuronales artificiales, procesamiento de lenguaje natural y visión artificial relacionadas al ámbito de la discapacidad visual. Se evidencian tendencias de aplicación con técnicas que involucran a la inteligencia artificial y que permiten abrir campos donde la tecnología tiene un desafío que en cierta medida es un apoyo a las personas que presentan baja visión y plantean mecanismos para mejorar la calidad de vida.

Palabras clave: Inteligencia artificial, ceguera, discapacidad visual, deficiencia visual.

Abstract: This paper performs a systematic literature review focused on the attention to visual impairment supported by artificial intelligence categorizing the relevance of contributions on machine learning. The main objective is to determine techniques that are applied for the attention to visual impairment using artificial intelligence during the years 2017 to 2021 from different relevant studies found in indexed bases such as Scopus, Web of Science, IEEEExplore and Springer. From a total of 545 publications, 33 articles categorized in four areas, machine learning, artificial neural networks, natural language processing and artificial vision related to the field of visual impairment were determined. There is evidence of application trends with techniques that involve artificial intelligence and that allow opening fields where technology has a challenge that to some extent is a support to people with low vision and propose mechanisms to improve the quality of life.

Keywords: Artificial intelligence, blindness, visual impairment, visually impaired.

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) es una disciplina en auge y presente en cada rincón donde haya tecnología orientada, en mayor o menor grado, al uso de técnicas de aprendizaje de las máquinas, desde robots en videojuegos hasta asistentes virtuales puntuales. Con el pasar de los años, el desarrollo de esta disciplina se ha visto evidenciado a nivel mundial, en aspectos como la medicina, la industria automotriz, la astronomía, entre otros [1], [2], [3]. Es evidente que para la sociedad en general ha sido indispensable el tener que acoplarse y adaptarse a los cambios significativos que se han venido realizando en una tarea que no ha sido fácil [4], [5], [6]. El progreso de esta tecnología ha sido especialmente técnico, utilizando metodologías de aprendizaje automático [7], [8]. Actualmente cuando se realizan nuevos estudios enfocados en

los aspectos humanos de la IA, estos son centrados en propiedades que permitan una interacción más cercana a la experiencia similar a la del ser humano [9].

Según estudios de la OMS, se considera que en todo el mundo al menos 2200 millones de individuos poseen discapacidad visual, de los cuales 88,4 millones presentan errores refractivos no tratados y 94 millones padecen de cataratas, razones primordiales del deterioro del estado de la visión [10]. Se identifican trabajos donde evidencian que el 90% de individuos con deficiencia visual viven en condiciones de bajos recursos, mientras que 82% de los individuos que son ciegos alcanzan los más de 50 años [11], lo cual provoca que sea determinante desarrollar aplicaciones e incluso dispositivos que sean simples de manejar sin desconocer que lo realizado deba funcionar a la perfección [12].

Las personas con baja visión en su mayoría suelen depender de un compañero para movilizarse, ya sea para acudir al trabajo, permanecer en casa o desplazarse en cualquier ambiente en el cual se sitúen. En muchos casos no es posible depender de otros métodos que posibiliten una correcta movilidad debido a la falta de tiempo o de recursos. Por lo tanto, estos individuos tratan de ser lo más independientes posibles para incorporarse en la sociedad y ser parte de esta [13].

La inteligencia artificial, el aprendizaje profundo y los macrodatos están aumentando en el campo de la industria 4.0 [14]. Mecanismos como estos, brindan soluciones económicas y eficientes para respaldar un diagnóstico anticipado y preciso, facilitando el trabajo de especialistas y permitiendo la selección de tratamientos específicos [15]. Es imprescindible desarrollar un estudio sobre el estado del arte del campo que se desea investigar, al inicio de una reciente investigación científica. Se realizan estudios de revisión y mapeo sistemáticos para la evidencia empírica sobre un tema específico, determinar brechas en el área de investigación y proponer puntos de investigación futuros [16].

En el presente documento se evidencian artículos que se centran en inteligencia artificial y su impacto para las personas con discapacidad visual en el periodo de años, 2017 al 2021, mediante un estudio de mapeo sistemático, obteniendo información sobre las tendencias de publicación en esta área de investigación.

2. METODOLOGÍA

Se realiza una investigación analítica descriptiva con enfoque cuantitativo utilizando la técnica del mapeo sistemático. La metodología de trabajo adopta una revisión de la literatura, la misma que apunta a una revisión exploratoria en fuentes de información secundaria como las bases indexadas de artículos de relevancia. Se define una descripción general del área disciplinaria de investigación, relacionando los trabajos que permiten acortar las brechas que necesitan ser exploradas. Este procedimiento genera análisis secundarios, estudios que tienen como objetivo producir comparaciones sistémicas y resúmenes a partir de un conjunto de análisis elementales seleccionados científicamente [16].

Varios autores [17], realizaron su investigación en torno a un enfoque de los dispositivos de autoayuda para las personas con discapacidad visual en los últimos años, además de sugerir un nuevo planteamiento con base en el reconocimiento de objetos con aprendizaje profundo, cuyo objetivo es realizar búsquedas en trabajos originales que se encuentren involucrados con los procedimientos de relación de dispositivos usados como sustitución sensorial de la visión. Otro trabajo [18], corresponde a los autores donde realizan una *Sytematic Literature Review* (SLR) en el cual se verifica la situación actual del estudio en relación al reconocimiento de objetos en dispositivos móviles para discapacitados visuales. Se concluyó que actualmente existe un notable aumento de los métodos y algoritmos de reconocimiento de objetos que resultan favorables para las personas con deficiencia visual [13]. En trabajos de investigación [19][20], se evidencian seis dominios de la “*inteligencia artificial*” y en sus resultados, se observan que el

porcentaje de trabajos en el área de “*machine learning*” es más alto, seguido de la “*percepción automática y el reconocimiento de modelos*” y “*sistemas y aplicaciones inteligentes*”.

El flujo de trabajo de mapeo sistemático se construye identificando los trabajos significativos para la pregunta de investigación, explorar los grupos de artículos reservados en las bases de datos científicas para detectar esos que permanecen involucrados con el área en particular, en este caso la “*inteligencia artificial*”. Cuando se ha recuperado un lugar de consulta, según la metodología del *mapping system*, se filtra, se añade y se clasifica para crear una vista analítica que logre contestar cuestiones de búsqueda objetiva [21]. Para llevar a cabo el mapeo sistemático se dividió el proceso en apartados: (A) Definir objetivo de la investigación, (B) Definir preguntas de investigación, (C) Plantear método de búsqueda y cadenas utilizadas, (D) Identificar herramientas e instrumentación y establecer criterios de selección.

Se categorizan los estudios existentes en torno a la inteligencia artificial en el ámbito de la discapacidad visual. Además, se sistematizan las principales técnicas y herramientas empleadas en los diferentes artículos seleccionados.

Este trabajo plantea como objetivo, categorizar los estudios existentes en torno a la inteligencia artificial y su relevancia en la discapacidad visual, a fin de obtener una visión general de las tendencias y técnicas utilizadas en esta área de investigación, realizando un mapeo sistemático. Con ello, los objetivos específicos se direccionan en: Evaluar los trabajos relevantes enfocados en el tema de estudio, como punto de partida para la propuesta de investigación, sistematizar las principales técnicas y herramientas empleadas en los diferentes trabajos de investigación, e identificar los temas prominentes correspondientes a la inteligencia artificial.

Se procede a definir las preguntas de investigación que corresponden en relación con el tiempo, a las técnicas utilizadas y al tipo de publicaciones que en común se encuentre producción científica sobre inteligencia artificial con enfoque a la discapacidad visual, ver tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación.

Componentes de información	Preguntas para responder
Cantidad de publicaciones por años	¿Qué propuestas basadas en inteligencia artificial existen para la discapacidad visual a partir del año 2017?
Tendencias de aplicación por años	¿Cuáles son las técnicas de inteligencia artificial utilizadas en los estudios encontrados?
Características de las publicaciones	¿En qué tipo de publicaciones es común hallar la producción científica en el campo de la inteligencia artificial?

Para efectuar la investigación bibliográfica de los trabajos involucrados con el asunto de análisis, se examinaron bancos de datos de referencias bibliográficas: Web of Science, Scopus, IEEEExplore y Springer, los cuales permiten realizar las búsquedas de los estudios más relevantes por cadenas de palabras claves. Scopus e IEEEExplore son bancos de datos clave que brindan temas destacados en el ámbito de la computación, un aspecto importante en el campo de búsqueda de la visión sensorial [17]. IEEEExplore es la plataforma de investigación de mayor accesibilidad en el ámbito académico que permite el acceso legítimo a la totalidad de institutos universitarios [22] de acuerdo con paquetes y contratos a instituciones educativas. En cuanto a Web of Science, registra referencias científicas de enorme efecto, alcance y relevancia de acuerdo con altos índices de citas. Esto además posibilita profundizar el material explorado, procesando una gran cantidad de trabajos tales como tomos, apartados, artículos y presentaciones en congresos de relevancia [23]. Se ha planteado el uso de otros repositorios digitales como ACM, arXiv, OpenAI entre otros, en futuros trabajos de actualización de la literatura.

Con la finalidad de precisar la información que se quiere buscar, se realiza una consulta avanzada en la cual se tiene la posibilidad de acoplar una o algunas palabras usando los operadores booleanos, que posibilitan producir búsquedas más específicas. Se limita la búsqueda con el uso de las palabras clave “*visual disability*”, “*blindness*”, “*artificial intelligence*”. Para anexar cada palabra clave y conceptualizar la consulta, usamos los operadores booleanos: “AND”, “OR”. Se usan los paréntesis para llevar a cabo en primera instancia la alianza (OR), y dicho resultado compaginarlo con otro término por medio del booleano AND. La cadena de consulta usada es (“*All Metadata*”:“*visual disability*”) OR (“*All Metadata*”:“*blindness*”) AND (“*All Metadata*”:“*artificial intelligence*”).

Con el propósito de abarcar en este estudio trabajos pertinentes y determinantes se consideran los siguientes criterios primordiales usados para la obtención de resultados apropiados en cada sesión de consulta para las diversas bases de datos, para los criterios de inclusión se considera, toda información científica es electiva para su integración si se refiere al asunto de consulta que se muestra en este análisis; se integran estudios sobre la relación de los discapacitados visuales con las múltiples tecnologías o herramientas de IA; se integran estudios en inglés. Para los criterios de exclusión, se descartan los estudios que hayan sido publicados previamente del 2015; se excluyen los artículos que no permanecen involucrados con las técnicas y procedimientos de IA para la discapacidad visual. Una vez ejecutada la consulta e implementando los criterios antes mencionados se visualizan los datos conseguidos para tener en cuenta si los estudios arrojados en las distintas bases de datos bibliográficas son los pertinentes para el análisis postulado.

3. RESULTADOS

Se muestra la ejecución y los resultados conseguidos a lo largo de la investigación tras implementar filtros de consultas para obtener resultados más específicos. Se hace la consulta bibliográfica en diversas bases de datos a fin de reducir el riesgo de no recobrar cualquier artículo fundamental. Se realizan dos fases en el proceso de búsqueda, la distinción de trabajos y la extracción de documentos. Para la primera fase, la selección de los artículos fue valorada con los criterios de inclusión y exclusión como se muestra en la figura 1.

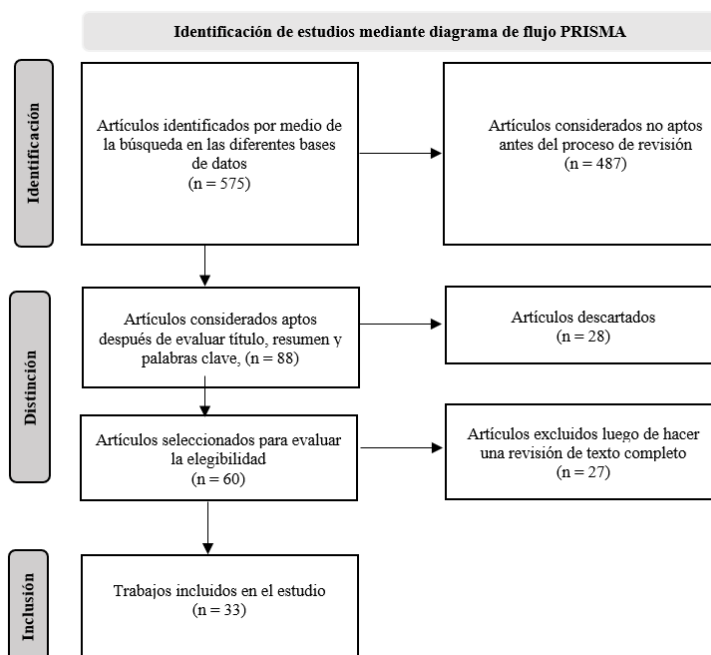


Figura 1. Estudios identificados bajo el modelo PRISMA.

Del total de resultados, se escogen los importantes para el análisis, como se observa en el modelo PRISMA. Para considerar su aprobación o rechazo, se revisan los títulos, los resúmenes y las palabras claves. Para la segunda fase, luego de cada una de las sesiones de consultas, se obtuvo 88 artículos para el estudio, los mismos fueron catalogados según los criterios de inclusión y exclusión. Las cadenas de búsqueda aplicadas a las diferentes bases de datos utilizadas y el número de resultados que arrojaron después de su ejecución se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Cadenas de búsqueda de la segunda fase.

Base de datos	Cadena aplicada	Resultados
WoS	TITLE: (artificial intelligence AND visual disa*)	26
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (“artificial intelligence” AND “visual disability”) OR TITLE-ABS-KEY (“artificial intelligence” AND “blindness”))	23
IEEEExplore	((“All Metadata”：“visual disability”) OR (“All Metadata”：“blindness”)) AND (“All Metadata”：“artificial intelligence”)	34
Springer	(Deep learning AND visual disability)	5

Un total de 575 artículos se determinan desde las búsquedas llevadas a cabo en las bases de datos. Justo después de haber excluido los estudios duplicados, se examinan los títulos y resúmenes de 88 artículos en función de los criterios de inclusión. Al final, 33 artículos cumplen los criterios de elegibilidad, los mismos que se incluyen en el presente análisis. Se inspeccionan los datos obtenidos con la intención de responder a las preguntas de investigación determinadas, ¿Qué propuestas basadas en inteligencia artificial existen para la discapacidad visual a partir del año 2017?; luego de aplicar los filtros correspondientes para seleccionar los trabajos relevantes que forman parte del estudio, se obtiene un total de 12 trabajos en IEEEExplore, 12 trabajos en Scopus, 4 trabajos en Springer y 5 trabajos en Web of Science. Las naciones que han utilizado IA (inteligencia artificial) con enfoque a la discapacidad visual son China e India como países que apuestan más investigación en este asunto cada uno con un 15% y 12% respectivamente.

Con base en la exploración de los trabajos integrados en el análisis, la tabla 3 proporciona una recopilación de las iniciativas existentes sobre inteligencia artificial y su aplicación a la discapacidad visual. En la misma se describe la solución propuesta para cada referencia, además de la técnica o campo que fue abordado.

Para la identificación de las principales técnicas o campos abordados en los artículos estudiados es necesario destacar que se ha tomado en cuenta criterios como: si el campo tratado ha sido usado de manera directa en alguna fase del desarrollo de la iniciativa, si la técnica mencionada forma parte de otra rama de estudio más extensa en la IA.

Durante algún tiempo las herramientas del aprendizaje automatizado han sido las más utilizadas en la clasificación de imágenes. De esta forma, con la aparición de la visión artificial y la exigencia de procesar un gran volumen de datos, además de impedir la redundancia de estos, llegaron tecnologías de aprendizaje profundo [40]. Se ha podido identificar estudios donde ponen en evidencia que el aprendizaje profundo es una subdivisión del aprendizaje de máquinas que simula el comportamiento del órgano cerebral humano basado en las redes neuronales artificiales [40], [41]. Adicionalmente, las redes neuronales de convolución son una rama de las redes neuronales artificiales las cuales disminuyen gastos de computación y tiempo de procesamiento [30], [40].

Tabla 3. Recopilación de las propuestas basadas en IA.

Propuesta según el ámbito de técnicas de IA	Estudio
Técnicas con aprendizaje automático	
Estudio de mecanismos de IA usados en el cribado de afecciones visuales derivadas de la diabetes	[15]
Modelo de software que permite identificar objetos con reconocimiento del habla	[17]
Método automatizado de detección de patologías oftálmicas como la coriorretinopatía	[20]
Sistema de ayuda a la navegación mediante el uso de un smartphone	[24]
Aparato de navegación portable con base en segmentación semántica y percepción auditiva	[25]
Anteojos inteligentes con sensor de ultrasonido y detector de texto en imágenes capturadas	[26]
Sistema de apoyo al desplazamiento con detección de apariencia, colores y objetos	[27]
Arquitectura propuesta para el progreso en la detección del glaucoma aplicando un esquema de redes neuronales combinadas	[28]
Técnicas con redes neuronales artificiales	
Método de análisis para patologías oculares	[29]
Estudio para la búsqueda de soluciones de IA como mecanismo de mejora para trastornos oculares	[30]
Enfoque de red neuronal como solución para el tratamiento de afecciones corneales	[31]
Estudio para el pronóstico del campo de la visión en la valoración del glaucoma	[32]
Método para el análisis de severidad de retinopatía diabética basada en CNN	[33]
Técnicas con visión artificial	
Dispositivo portátil capaz de detectar texto en imágenes y transformarlo a voz	[11]
Mecanismo de ayuda para la movilidad con sensores ultrasónicos	[12]
Sistema de detección de señaléticas con componente de conversión de texto a mensaje auditivo	[13]
Sistema de asistencia con detección de rostros	[34]
Análisis de usabilidad de aplicaciones móviles fundamentadas en IA	[14]
Desarrollo de un sistema de navegación por medio del uso de drones incorporados de IA	[35]
Detección de fármacos en función del texto y la cantidad de colores	[36]
Dispositivo de asistencia dotado de sensores ultrasónicos con detección automatizada de obstáculos y billetes y salida de audio	[37]
Aparato portátil con identificación de objetos, reconocimiento de la cara y módulos de rastreo	[38]
Sistema de desplazamiento autónomo con detección de trayecto virtual preestablecido mediante la ayuda de un teléfono inteligente	[39]

Evaluando dichos criterios se señala que los autores [15], [17], [20], [24]–[26], [28], abordan algoritmos de *Deep Learning* en su investigación. Para el presente análisis, estos trabajos han sido agrupados dentro del campo de aprendizaje automático. En los informes [30], [32], [33] los investigadores se inclinan por el uso de tecnologías de redes neuronales de convolución para la elaboración de sus propuestas, estas referencias se han considerado dentro del área de las redes neuronales artificiales.

Para la pregunta ¿Cuáles son las técnicas de inteligencia artificial utilizadas en los estudios encontrados?; las técnicas de IA (inteligencia artificial) más usadas en los trabajos de estudio seleccionados con enfoque a la discapacidad visual se evidencian con altos índices de trabajos a partir del año 2017.

Se evidencia las técnicas de inteligencia artificial de mayor interés en las referencias científicas incluidas en el presente trabajo de investigación y su impacto porcentual por año, ver figura 2. En el 2018 y 2021 son los años de creciente auge en invenciones e innovaciones en lo que concierne a la IA y sus técnicas, del cual un total del 86% corresponde al año 2018 y el 76% al 2021.

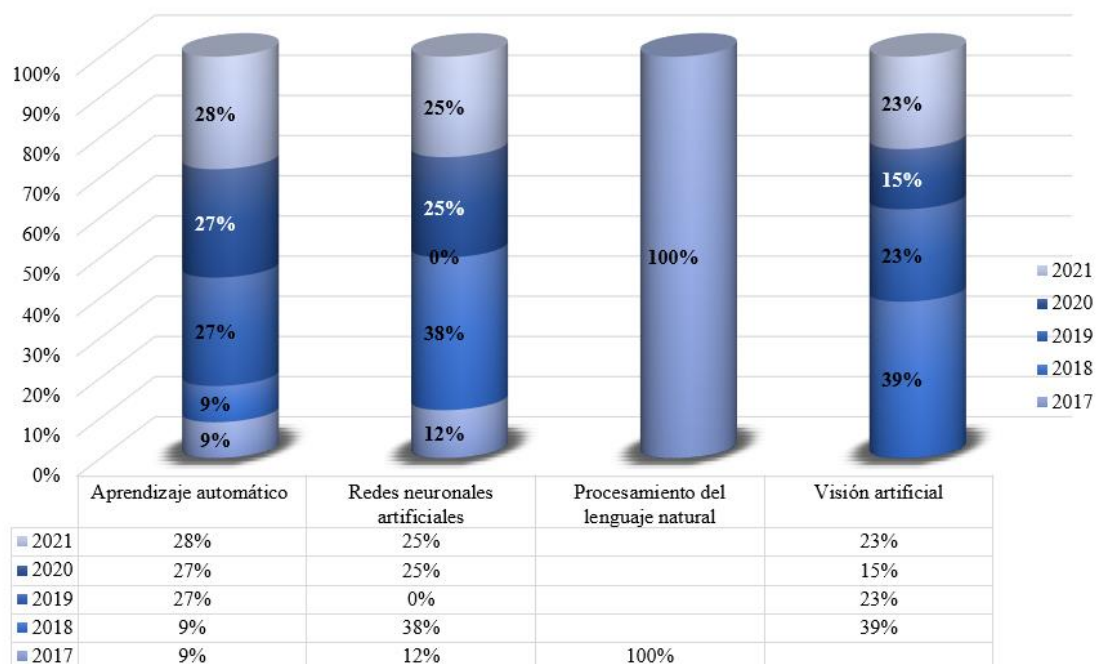


Figura 2. Técnicas de inteligencia artificial identificadas por año.

La visión artificial logra una incidencia del 39% y las redes neuronales artificiales con un total del 38%, campos de más grande aplicación concerniente al 2018, mientras que el aprendizaje automático con un 28% es la técnica de mayor relevancia referente al 2021, ver figura 2.

Se puede evidenciar un importante desarrollo de propuestas que posibiliten la vida de los individuos que presentan discapacidades visuales. En [37] se plantea un sistema de ayuda a la navegación automática que se fundamenta en la inteligencia artificial, en el que se entrenan redes neuronales de aprendizaje profundo utilizando el algoritmo YOLO-v3 para la detección de objetos, como consecuencia se transmite entradas auditivas en tiempo real, lo cual brinda una mejor comprensión al individuo con deficiencia visual sobre su ámbito.

Por otro lado, existen muchas técnicas que fomentan el aumento de sistemas de navegación, además del uso de la visión por computadora. El sistema postulado por [12] se fundamenta en el reconocimiento de imágenes, localización de choques y detección de obstáculos con sensores ultrasónicos que se hayan ubicados en la parte inferior y delantero de un bastón dotado con un microcontrolador Arduino Nano y una aplicación de teléfono inteligente equipada de IA que posibilita capturar imágenes tomadas por el usuario, se detalla el contenido de dichas imágenes por medio de Google TalkBack. Las imágenes se examinan utilizando visión por computadora, aprendizaje automático y redes neuronales de parte de la API Microsoft Cognitive Services. Otra iniciativa es DEEP-SEE FACE [34] un mecanismo de ayuda que utiliza la visión por ordenador y redes neuronales convolucionales profundas entrenadas capaces de determinar en tiempo real diversos sujetos sobre la base de secuencias de video, el sistema se constituye de módulos como la detección de rostros, el rastreo de la cara y el reconocimiento de apariencia. La información detectada en el ámbito del individuo es tratada, analizada y transferida como mensajes auditivos, por medio de audífonos de conducción ósea exponiendo específicamente la detección del usuario o la existencia de un rostro familiar.

En el análisis llevado a cabo por [38] crearon un aparato *wearable* que cuenta con variadas funcionalidades como la identificación de objetos, reconocimiento de la cara, sensores ultrasónicos que alertan al sujeto sobre los obstáculos que se localizan en su panorama haciendo

más fácil la navegación del mismo, comunicación con personas sordas empleando un monitor LCD, adicionalmente módulos GPS y GSM que permiten conocer la localización presente del usuario. Para el reconocimiento de objetos los autores escogieron a *ssdlite_mobilenet v2_coco* como modelo pre entrenado.

En [18] presentaron la situación actual con respecto al reconocimiento de objetos y las técnicas y procedimientos de las creaciones existentes en aplicaciones móviles hasta entonces, el análisis llevado a cabo revela un incremento evidente de técnicas y algoritmos de detección de objetos que se desarrollan en dispositivos móviles para personas con deficiencia visual.

Se observa en la figura 3, el porcentaje de efecto de las propuestas científicas en las distintas bases de datos escogidas en este estudio, en la que cuál se obtuvo que Scopus e IEEEExplore devuelven más publicaciones que abarcan el asunto de investigación con un 36% cada una, Web of Science con un 15% y Springer con un 12%.

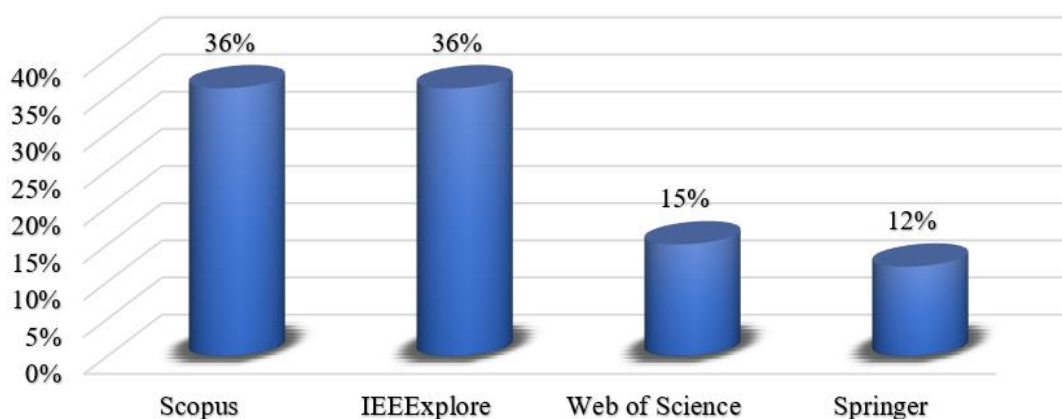


Figura 3. Efecto porcentual de las publicaciones científicas.

Para la pregunta, ¿En qué tipo de publicaciones es común hallar la producción científica en el campo de la inteligencia artificial?; se obtiene que el 52% el porcentaje de documentos son de conferencias [9], [11], [12], [13], [15], [17], [19], [20], [29], [35], [25], [42], [36], [26], [27], [43], [30], el 42% correspondiente a trabajos de investigación o artículos científicos [14], [34], [38], [24], [37], [44], [45], [46], [31], [32], [33], [28], [47], [39], y un 6% son trabajos de revisión de literatura [18], [48].

4. DISCUSIÓN

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en procesos de un mapeo sistemático, dichos criterios hicieron viable la validación y reproducción de la presente iniciativa. Se presentó la elaboración del protocolo, los resultados conseguidos desde el estudio del asunto y las conclusiones alcanzadas. Para el mapeo sistemático del asunto presentado, se obtuvieron varias visualizaciones importantes: la mayor parte de la producción científica elegida para este trabajo usa técnicas o campos de la IA como *Machine Learning* (ML) (28%), redes neuronales artificiales (38%) y visión artificial (39%) entre los años 2018 y 2021, lo que muestra la gran acogida y efectividad que tiene este campo para los investigadores y su trascendencia hoy en día. El análisis coincide con [17] en los pasos para conceptualizar el protocolo del mapeo sistemático y la realización de las preguntas. Desde el estudio de los resultados, es considerada la inteligencia artificial y el ML como una nueva base tecnológica, como material que logra avanzar a la sociedad [9].

5. CONCLUSIONES

En concreto, esta iniciativa examina el actual estado del arte de la inteligencia artificial y sintetiza además las tendencias de investigación en la discapacidad visual. Al tener la primera proporción de 575 artículos que poseen interacción con IA y después de realizar intensivas consultas, se obtienen 33 trabajos importantes que son parte importante del estudio a partir del año 2017, se evidencia que diferentes estudios han optado por incursionar en este campo tecnológico de las ciencias de la computación, la misma que está siendo investigada y enfocada a la discapacidad visual. Se logra encontrar que las primordiales técnicas de inteligencia artificial empleadas en los estudios desde el 2017 fueron: Redes neuronales artificiales, aprendizaje automático, visión artificial y procesamiento del lenguaje natural. Se localiza además que la más grande proporción de propuestas científicas hacen hincapié en las técnicas de *Machine Learning*, redes neuronales artificiales y visión artificial en sus estudios, cuyos porcentajes de impacto corresponden a un 28%, 38% y 39% para todas ellas. En el mundo actual en el que vivimos, donde la tecnología evoluciona a un ritmo sin antecedentes, la IA junto con las técnicas que se emplean en la misma, proyectan sin duda un papel de mayor relevancia sobre la perspectiva de una sociedad mejor. Más precisamente, la IA en la discapacidad visual optimiza en cierta medida el apoyo a personas que muestran baja visión. Se espera que la IA logre abordar más inconvenientes intratables y hacer que la valoración y el procedimiento de soluciones basadas en esta tecnología sean más eficaces, exactas y logren estar disponibles para los individuos de todo el planeta, dando por sentado una verdadera revolución para la calidad de vida de las personas con discapacidad.

REFERENCIAS

- [1] J. Liu, “Artificial Intelligence and Data Analytics Applications in Healthcare General Review and Case Studies,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 49–53, 2020, doi: 10.1145/3433996.3434006.
- [2] J. Llerena-Izquierdo, F. Procel-Jupiter, and A. Cunalema-Arana, “Mobile Application with Cloud-Based Computer Vision Capability for University Students’ Library Services,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1277, pp. 3–15, Jun. 2021, doi: 10.1007/978-3-030-60467-7_1.
- [3] K. Chakravadhanula, “A smartphone-based test and predictive models for rapid, non-invasive, and point-of-care monitoring of ocular and cardiovascular complications related to diabetes,” *Informatics Med. Unlocked*, vol. 24, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.imu.2020.100485.
- [4] A. Russo, “Some Ethical Issues in the Review Process of Machine Learning Conferences,” Jun. 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2106.00810>.
- [5] D. Hendrycks, N. Carlini, J. Schulman, and J. Steinhardt, “Unsolved Problems in ML Safety,” Sep. 2021, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2109.13916v1>.
- [6] X. Zhang, Y. Hu, J. Fang, Z. Xiao, R. Higashita, and J. Liu, “Machine Learning for Cataract Classification and Grading on Ophthalmic Imaging Modalities: A Survey,” vol. 14, no. 8, Dec. 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2012.04830>.
- [7] A. Radford *et al.*, “Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision,” Feb. 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2103.00020>.
- [8] D. Müller, I. Soto-rey, and F. Kramer, “Multi-Disease Detection in Retinal Imaging Based on Ensembling Heterogeneous Deep Learning Models,” no. March, pp. 6–11, Mar. 2021, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2103.14660v1>.
- [9] A. Schmidt, “Interactive Human Centered Artificial Intelligence: A Definition and

- Research Challenges,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, 2020, doi: 10.1145/3399715.3400873.
- [10] Organización Mundial de la Salud, “Ceguera y discapacidad visual,” Feb. 2021. .
- [11] A. G. Sareeka, K. Kirthika, M. R. Gowthame, and V. Sucharitha, “Impaired Using Image Recognition,” *2018 2nd Int. Conf. Inven. Syst. Control*, no. Icisc, pp. 174–178, 2018.
- [12] S. Chinchole and S. Patel, “Artificial intelligence and sensors based assistive system for the visually impaired people,” *Proc. Int. Conf. Intell. Sustain. Syst. ICISS 2017*, no. Iciss, pp. 16–19, 2018, doi: 10.1109/ISS1.2017.8389401.
- [13] C. Mendieta, C. Ramos, and A. Cerón, “Towards the development of a system for the support of people with visual disabilities using computer vision,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 851, pp. 48–53, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-92279-9_6.
- [14] S. Santoki and N. Patvardhan, “To research the advantages and limitations of AI based app in the indian context for the visually challenged,” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 8, no. 6 Special Issue 4, pp. 271–278, 2019, doi: 10.35940/ijitee.F1056.0486S419.
- [15] E. Vocaturro and E. Zumpano, “The contribution of AI in the detection of the Diabetic Retinopathy,” *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Bioinforma. Biomed. BIBM 2020*, pp. 1516–1519, 2020, doi: 10.1109/BIBM49941.2020.9313541.
- [16] G. Silva, P. S. Neto, R. S. Moura, A. C. Araujo, O. C. D. C. Castro, and I. Ibiapina, “An Approach to Support the Selection of Relevant Studies in Systematic Review and Systematic Mappings,” *Proc. - 2019 Brazilian Conf. Intell. Syst. BRACIS 2019*, pp. 824–829, 2019, doi: 10.1109/BRACIS.2019.00147.
- [17] E. Pinheiro Lima Neto, R. Martins Da Costa, D. Silva Alves Fernandes, and F. Alphonsus Alves De Melo Nunes Soares, “Sensory substitution of vision: A systematic mapping and a deep learning object detection proposition,” *Proc. - Int. Conf. Tools with Artif. Intell. ICTAI*, vol. 2019-Novem, pp. 1815–1819, 2019, doi: 10.1109/ICTAI.2019.00274.
- [18] Z. A. Nor Hisham, M. A. Faudzi, A. A. Ghapar, and F. A. Rahim, “A Systematic Literature Review of the Mobile Application for Object Recognition for Visually Impaired People,” *2020 8th Int. Conf. Inf. Technol. Multimedia, ICIMU 2020*, pp. 316–322, 2020, doi: 10.1109/ICIMU49871.2020.9243523.
- [19] L. Wen, Y. Lu, H. Li, S. Long, and J. Li, “Detecting of research front topic in artificial intelligence based on SciVal,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 145–149, 2020, doi: 10.1145/3421766.3421799.
- [20] Y. Wen *et al.*, “On Automatic Detection of Central Serous Chorioretinopathy and Central Exudative Chorioretinopathy in Fundus Images,” *Proc. - 2020 IEEE Int. Conf. Bioinforma. Biomed. BIBM 2020*, pp. 1161–1165, 2020, doi: 10.1109/BIBM49941.2020.9313274.
- [21] R. Motz *et al.*, “Automating systematic mappings, adding quality to quantity,” *Proc. - 2017 IEEE/ACM 39th Int. Conf. Softw. Eng. Companion, ICSE-C 2017*, vol. 2, pp. 167–168, 2017, doi: 10.1109/ICSE-C.2017.111.
- [22] C. Noosrikong, S. Ngamsuriyaroj, and S. P. N. Ayudhya, “Identifying focus research areas of computer science researchers from publications,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2017-December, pp. 811–816, 2017, doi: 10.1109/TENCON.2017.8227970.

- [23] A. Fombona Cadavieco, M. Pascual Sevillano, and M. González Videgaray, “M-learning y realidad aumentada : revisión de literatura científica en el repositorio WoS,” *Comun. Rev. científica Iberoam. Comun. y Educ.*, pp. 63–72, 2017.
- [24] B. S. Lin, C. C. Lee, and P. Y. Chiang, “Simple smartphone-based guiding system for visually impaired people,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 6, 2017, doi: 10.3390/s17061371.
- [25] J. Wang, K. Yang, W. Hu, and K. Wang, “An Environmental Perception and Navigational Assistance System for Visually Impaired Persons Based on Semantic Stixels and Sound Interaction,” *Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern. SMC 2018*, pp. 1921–1926, 2019, doi: 10.1109/SMC.2018.00332.
- [26] H. Alsaid, L. Alkhatib, A. Aloraidh, S. Alhaidar, and A. Bashar, “Deep Learning Assisted Smart Glasses as Educational Aid for Visually Challenged Students,” *2019 2nd Int. Conf. New Trends Comput. Sci. ICTCS 2019 - Proc.*, 2019, doi: 10.1109/ICTCS.2019.8923044.
- [27] F. Al-Muqbal, N. Al-Tourshi, K. Al-Kiyumi, and F. Hajmohideen, “Smart Technologies for Visually Impaired: Assisting and conquering infirmity of blind people using AI Technologies,” *Proc. - 2020 12th Annu. Undergrad. Res. Conf. Appl. Comput. URC 2020*, pp. 1–4, 2020, doi: 10.1109/URC49805.2020.9099184.
- [28] S. Gheisari *et al.*, “A combined convolutional and recurrent neural network for enhanced glaucoma detection,” *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1038/s41598-021-81554-4.
- [29] J. Ran, K. Niu, Z. He, H. Zhang, and H. Song, “Cataract Detection and Grading Based on Combination of Deep Convolutional Neural Network and Random Forests,” *Proc. 2018 6th IEEE Int. Conf. Netw. Infrastruct. Digit. Content, IC-NIDC 2018*, vol. 7, pp. 155–159, 2018, doi: 10.1109/ICNIDC.2018.8525852.
- [30] N. Shoeibi, F. Karimi, and J. M. Corchado, *Artificial intelligence as a way of overcoming visual disorders: Damages related to visual cortex, optic nerves and eyes*, vol. 1004. Springer International Publishing, 2020.
- [31] C. Fariselli, A. Vega-Estrada, F. Arnalich-Montiel, and J. L. Alio, “Artificial neural network to guide intracorneal ring segments implantation for keratoconus treatment: a pilot study,” *Eye Vis.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1186/s40662-020-00184-5.
- [32] S. Asano *et al.*, “Predicting the central 10 degrees visual field in glaucoma by applying a deep learning algorithm to optical coherence tomography images,” *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2021, doi: 10.1038/s41598-020-79494-6.
- [33] C. Bhardwaj, S. Jain, and M. Sood, “Deep Learning–Based Diabetic Retinopathy Severity Grading System Employing Quadrant Ensemble Model,” *J. Digit. Imaging*, no. 0123456789, 2021, doi: 10.1007/s10278-021-00418-5.
- [34] B. Mocanu, R. Tapu, and T. Zaharia, “DEEP-SEE FACE: A Mobile Face Recognition System Dedicated to Visually Impaired People,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 51975–51985, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2870334.
- [35] M. M. Nasralla, I. U. Rehman, D. Sobnath, and S. Paiva, *Computer vision and deep learning-enabled UAVs: Proposed use cases for visually impaired people in a smart city*, vol. 1089. Springer International Publishing, 2019.
- [36] T. P. Proma, M. Z. Hossan, and M. A. Amin, “Medicine recognition from colors and text,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 39–43, 2019, doi: 10.1145/3338472.3338484.

- [37] R. C. Joshi, S. Yadav, M. K. Dutta, and C. M. Travieso-Gonzalez, "Efficient Multi-Object Detection and Smart Navigation Using Artificial Intelligence for Visually Impaired People," *Entropy*, vol. 22, no. 9, p. 941, Aug. 2020, doi: 10.3390/e22090941.
- [38] S. Saha, F. H. Shakal, and M. Mahmood, "Visual, navigation and communication aid for visually impaired person," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 1276–1283, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i2.pp1276-1283.
- [39] A. Lo Valvo, D. Croce, D. Garlisi, F. Giuliano, L. Giarré, and I. Tinnirello, "A Navigation and Augmented Reality System for Visually Impaired People," *Sensors (Basel)*, vol. 21, no. 9, pp. 1–15, 2021, doi: 10.3390/s21093061.
- [40] K. A. AlAfandy, H. Omara, M. Lazaar, and M. Al Achhab, "Artificial neural networks optimization and convolution neural networks to classifying images in remote sensing: A review," *PervasiveHealth Pervasive Comput. Technol. Healthc.*, 2019, doi: 10.1145/3372938.3372945.
- [41] S. Yao, S. Hu, Y. Zhao, A. Zhang, and T. Abdelzaher, "DeepSense," pp. 351–360, 2017, doi: 10.1145/3038912.3052577.
- [42] D. Gavrilov, A. Melerzanov, N. Schelkunov, and A. Gorodilov, "Artificial Intelligence Image Recognition Inhealthcare," *Proc. - 2018 Int. Conf. Artif. Intell. Appl. Innov. IC-AIAI 2018*, pp. 24–26, 2019, doi: 10.1109/IC-AIAI.2018.8674442.
- [43] C. Morrison *et al.*, "Social Sensemaking with AI: Designing an Open-ended AI Experience with a Blind Child," pp. 1–14, 2021, doi: 10.1145/3411764.3445290.
- [44] C. Morrison, E. Cutrell, A. Dhareshwar, K. Doherty, A. Thieme, and A. Taylor, "Imagining artificial intelligence applications with people with visual disabilities using tactile ideation," *ASSETS 2017 - Proc. 19th Int. ACM SIGACCESS Conf. Comput. Access.*, pp. 81–90, 2017, doi: 10.1145/3132525.3132530.
- [45] S. Santoki and N. Patvardhan, "Focus on transforming than reforming the ai based image recognizing app for the visually challenged, in the Indian context.," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6 Special Issue, pp. 203–210, 2019, doi: 10.35940/ijeat.F1041.0886S19.
- [46] R. Cheng, K. Wang, J. Bai, and Z. Xu, "Unifying Visual Localization and Scene Recognition for People with Visual Impairment," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 64284–64296, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2984718.
- [47] L. Masin *et al.*, "A novel retinal ganglion cell quantification tool based on deep learning," *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1038/s41598-020-80308-y.
- [48] A. F. B. A. de Oliveira and L. V. L. Filgueiras, "Developer assistance tools for creating native mobile applications accessible to visually impaired people: A systematic review," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, 2018, doi: 10.1145/3274192.3274208.