

Tendencias en la evaluación automática de accesibilidad en contenidos educativos digitales: una revisión sistemática de la literatura

Luis David Jiménez Martínez¹ 

Francisco Javier Álvarez-Rodríguez² 

Artículo recibido:

22 de enero de 2026

Artículo aceptado:

28 de mayo de 2026

Artículo publicado:

30 de julio de 2026

RESUMEN

La rápida expansión de la educación digital ha generado una brecha de accesibilidad, donde la evaluación manual de recursos resulta insuficiente e inviable debido al gran volumen de información disponible actualmente. Este artículo presenta una revisión sistemática de literatura con el objetivo de identificar y analizar las herramientas automáticas inteligentes existentes para la evaluación de accesibilidad digital. La metodología consistió en una revisión sistemática de literatura estructurada de diez pasos y se revisaron estudios publicados entre 2010 y 2025 en varias bases de datos; fueron seleccionados 37 artículos finales



Esta obra es de acceso abierto
y se distribuye bajo la licencia
Creative Commons Atribución -NoComercial-
CompartirIgual 4.0 Internacional

- 1 Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México
Autor de correspondencia: al221273@edu.uaa.mx
- 2 Departamento de Ciencias de la Computación, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

INVESTIGACIÓN BIBLIOTECOLÓGICA, vol. 41, núm. 107, mayo/agosto, 2026, México,
e-ISSN: 2448-8321 pp. 47-68

tras aplicar criterios de calidad. Los principales resultados indican un predominio de herramientas web tradicionales como WAVE, pero revelan una tendencia creciente hacia soluciones basadas en inteligencia artificial. Se concluye que, aunque la tecnología ha avanzado, existe una carencia significativa de evaluadores para documentos digitales y una necesidad urgente de herramientas que superen la validación técnica básica para comprender el contexto del contenido.

Palabras clave: Accesibilidad digital; Evaluación automática; Recursos educativos; Inteligencia artificial

Intelligent Accessibility Evaluation in Digital Educational Content: A Systematic Literature Review

Luis David Jiménez Martínez and Francisco Javier Álvarez-Rodríguez

ABSTRACT

The rapid expansion of digital education has generated an accessibility gap, rendering manual resource evaluation insufficient and unfeasible given the current volume of information. This article presents a systematic literature review aimed at identifying and analyzing existing automated tools for digital accessibility evaluation. The methodology consisted of a structured ten-step systematic literature review and included studies published between 2010 and 2025 across various databases; 37 final articles were selected after applying quality criteria. Main results indicate a predominance of traditional web tools such as WAVE, yet reveal a growing trend towards artificial intelligence-based solutions. As conclusion, despite technological advancements, there is a significant shortage of evaluators for digital documents and an urgent need for tools that surpass basic technical validation so that they comprehend in-context content.

Keywords: Digital Accessibility; Automated Evaluation; Educational Resources; Artificial Intelligence

INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la educación digital ha creado una brecha de accesibilidad, lo cual ha ocasionado que gran parte del contenido resulte inutilizable para usuarios con debilidad visual. En este contexto, la accesibilidad digital se define como la capacidad de un producto o entorno de ser usado por todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades (Acevedo-Zapata, Arrubla Sánchez y Torres Ortiz, 2023: 222).

En el ecosistema de las ciencias de la educación contemporáneas, las plataformas y contenidos educativos digitales han dejado de ser meros repositorios y se han convertido en los pilares de la mediación pedagógica. Su importancia radica en que la calidad de estos recursos condiciona directamente la equidad y la inclusión en el aprendizaje (Padilla Zambrano *et al.*, 2025: 2279). Evaluar la accesibilidad de estos entornos no es solo un requisito técnico, sino una necesidad ética para garantizar que la digitalización no profundice las brechas de exclusión existentes en el aula virtual (Bates, 2019: 157).

En este marco, la implementación de una revisión sistemática de literatura adquiere un valor metodológico fundamental, ya que este tipo de estudios bibliográficos permite sintetizar el conocimiento disperso, identificar vacíos en la investigación y proporcionar una base de evidencia sólida que oriente el diseño de futuras políticas educativas inclusivas (Zapata-Ros, 2018: 20). De este modo, la evaluación automatizada se presenta como una solución escalable ante la masificación de los cursos abiertos masivos en línea (MOOC, por sus siglas en inglés) y los repositorios de objetos de aprendizaje, donde la revisión manual resulta pedagógicamente inviable (García Aretio, 2020: 20). Integrar estos hallazgos permitirá a las instituciones educativas transitar de una accesibilidad reactiva a una proactiva, centrada en el diseño universal para el aprendizaje (Castañeda y Selwyn, 2018: 8).

Esta investigación se fundamenta en estándares internacionales clave, como las pautas WCAG para contenido web (Web Content Accessibility Guidelines) (World Wide Web Consortium, 2026) y el estándar PDF/UA para documentos digitales (Adobe, s.f.). Sin embargo, actualmente la evaluación de accesibilidad bajo estas normas es un proceso mayormente manual, lo cual resulta de lenta ejecución e imposibilita revisar grandes cantidades de información (Bertossi, Romero y Gutiérrez, 2022).

Además, la relevancia de este estudio se alinea con esfuerzos internacionales dedicados a mapear la evolución tecnológica en educación superior. Autores como Yussubaliyeva *et al.* (2025: 682) han demostrado, mediante mapeos bibliométricos, que la accesibilidad digital de los sitios web universitarios ha pasado de ser un tema técnico marginal a una prioridad estratégica en la última década. No obstante, mientras dichas revisiones se enfocan en la presencia de políticas y

métricas de cumplimiento, este trabajo profundiza en la transición hacia herramientas de evaluación inteligentes, cubriendo un vacío detectado en revisiones previas sobre la necesidad de soluciones escalables.

Intentar validar la accesibilidad manualmente en miles de recursos educativos, como archivos PDF o videos, es simplemente inviable en la práctica. Por esta razón, se necesitan herramientas automatizadas más eficientes que puedan resolver este problema (Lampropoulos, 2023). El objetivo del presente trabajo es realizar una revisión sistemática de la literatura para identificar y analizar las herramientas y metodologías automáticas que existen actualmente para evaluar contenidos accesibles.

METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Para realizar esta revisión sistemática de literatura, se implementó una metodología que combina las propuestas de dos trabajos previos: la guía de revisión sistemática de literatura para artículos de García Peñalvo (2017) y el enfoque práctico de la revisión sistemática de contenidos digitales de Ramos Aguiar y Álvarez Rodríguez (2024: 112). Se decidió integrar ambos métodos para asegurar que la búsqueda y la selección de información sobre evaluadores de contenidos accesibles fuera lo más ordenada y rigurosa posible. El proceso completo seguido constó de 10 pasos secuenciales, los cuales se presentan en la *figura 1*.

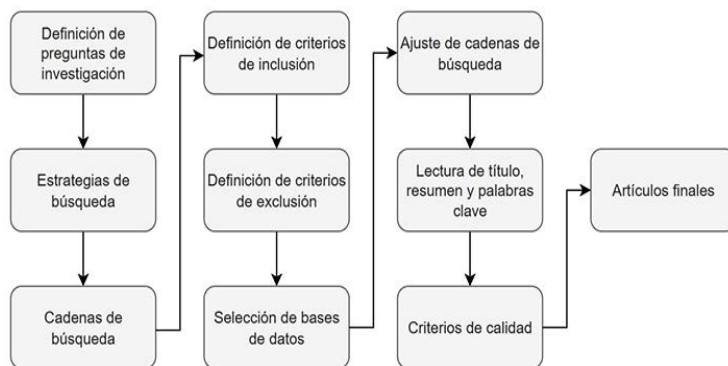


Figura 1. Proceso de implementación de RSL

Fuente: elaboración de Luis David Jiménez Martínez, realizada con Draw.io, 2025

Definición de preguntas de investigación

En esta primera etapa, se establecieron las preguntas clave con el objetivo de tener claridad sobre qué información debía buscarse para entender el estado actual de los evaluadores de accesibilidad. Se formularon cinco preguntas específicas para cubrir temas concernientes a las herramientas existentes hasta las tecnologías y métricas que estas utilizan:

1. ¿Qué herramientas o metodologías automáticas existen para evaluar la accesibilidad de contenidos educativos digitales?
2. ¿Qué criterios o estándares se aplican en la evaluación automática?
3. ¿Qué tecnologías se usan para automatizar la evaluación?
4. ¿Qué métricas se utilizan para validar la precisión de las evaluaciones frente a auditorías manuales?
5. ¿Qué tipos de contenido son más evaluados en los estudios?

Estrategias de búsqueda

Para maximizar la recopilación de información, se diseñaron búsquedas bilíngües en español e inglés centradas en cuatro ejes temáticos:

1. Accesibilidad digital: términos como “evaluación”, “comprobador” y “herramientas”.
2. Estándares: referencias a las pautas WCAG, las pautas PDF/UA y al campo del diseño universal para el aprendizaje (DUA/UDL).
3. Contexto educativo: conceptos de “recursos educativos”, “bibliotecas digitales” y “e-learning”.
4. Automatización: términos como “software” y “evaluación automática”.

Por otro lado, la combinación de términos se optimizó mediante los operadores booleanos AND y OR para vincular conceptos obligatorios o sinónimos, las comillas dobles (“...”) para asegurar la recuperación de frases exactas y el asterisco (*) como truncador para encontrar variantes de una palabra.

Cadenas de búsqueda

A partir de las estrategias anteriores, se construyeron cadenas de búsqueda específicas. A continuación, se listan las combinaciones más utilizadas en ambos idiomas:

Cadenas en español:

1. “Evaluación de accesibilidad” AND (“automática” OR “automatizada”) AND (“educación” OR “educativo”)
2. “Herramienta de accesibilidad” AND (“educación” OR “recursos educativos”)

3. “Comprobador de accesibilidad” AND (“web” OR “sitio” OR “página”) AND (“e-learning” OR “educación”)

Cadenas en inglés:

1. “Automatic accessibility evaluation” AND (“education” OR “educational”)
2. “Accessibility checker” AND (“education” OR “learning resources”)
3. (“Web” OR “website”) AND “accessibility” AND (“automated evaluation” OR “checker”) AND (“e-learning” OR “education”)

Criterios de inclusión y exclusión

Para llevar a cabo la búsqueda y la selección de la información, se consultaron fuentes reconocidas en el ámbito académico y tecnológico. Las bases de datos utilizadas fueron IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect de Elsevier, SpringerLink, Educational Resources Information Center (ERIC) y Google Académico. Sobre los resultados obtenidos en estas fuentes, se aplicaron filtros específicos para decidir qué documentos eran útiles para la investigación y cuáles debían descartarse.

Según los criterios de inclusión, se seleccionaron únicamente los documentos que cumplieran con las siguientes características:

- a) Publicaciones realizadas entre 2010 y 2025;
- b) Documentos en español o en inglés;
- c) Artículos de revistas científicas, conferencias revisadas por pares o revisiones sistemáticas;
- d) Trabajos que incluyeran referencias directas a los temas de accesibilidad digital y evaluación automática o semiautomática en sus títulos, resúmenes o palabras clave;
- e) Estudios aplicados preferentemente al contexto educativo o a recursos de aprendizaje.

Por otro lado, según los criterios de exclusión, se eliminaron los documentos con las siguientes condiciones:

- a) Trabajos duplicados;
- b) Estudios que, aunque mencionaban la accesibilidad, no abordaban la evaluación automática;
- c) Investigaciones centradas únicamente en auditorías manuales o que no pudiesen aplicarse al contexto educativo;
- d) Documentos solamente disponibles como resúmenes, tesis, presentaciones o libros completos.

Criterios de calidad

Esta fase constituyó el último filtro del proceso de selección. Se realizó la lectura completa de todos los artículos que habían superado las etapas anteriores para definir cuáles formarían parte de la lista final de la revisión sistemática. Asimismo, para garantizar la solidez de los trabajos seleccionados, se aplicaron tres preguntas de control obligatorias. Si un artículo no cumplía con cualquiera de estos criterios, se descartaba automáticamente:

1. ¿El artículo reporta una metodología clara?
2. ¿El artículo presenta una solución parcial o completa?
3. ¿El artículo deja clara su aportación principal?

Adicionalmente, durante esta lectura a texto completo, se verificó nuevamente la relevancia del contenido para asegurar que cumpliera estrictamente con los objetivos del estudio. Se confirmó que cada documento:

- a) Abordara la accesibilidad digital y la evaluación automática o semiautomática.
- b) Estuviera situado en un contexto educativo o, en su defecto, presentara una solución que pudiera ser aplicable al contexto educativo.
- c) Profundizara en el tema de la evaluación.
- d) No estuviera centrado únicamente en auditorías manuales.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se detallan los resultados obtenidos tras aplicar el proceso de búsqueda y selección descrito en la metodología. La *figura 2* muestra el diagrama de flujo que resume cómo disminuyó la cantidad de documentos a través de cuatro etapas de filtrado hasta llegar a los artículos finales.

El proceso se desarrolló de la siguiente manera, siguiendo una estructura lógica durante la búsqueda:

1. Búsqueda inicial: exploración general con cadenas preliminares; se obtuvieron más de 10 000 artículos;
2. Refinamiento: se precisaron las búsquedas y se filtró por fecha (2010-2025), lo que redujo la muestra a 2 021 documentos;
3. Revisión de metadatos: se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión tras analizar títulos, resúmenes y palabras clave; se seleccionaron 65 artículos;
4. Filtro final: tras la lectura a texto completo por calidad y relevancia, se seleccionaron los 37 artículos definitivos para la revisión.

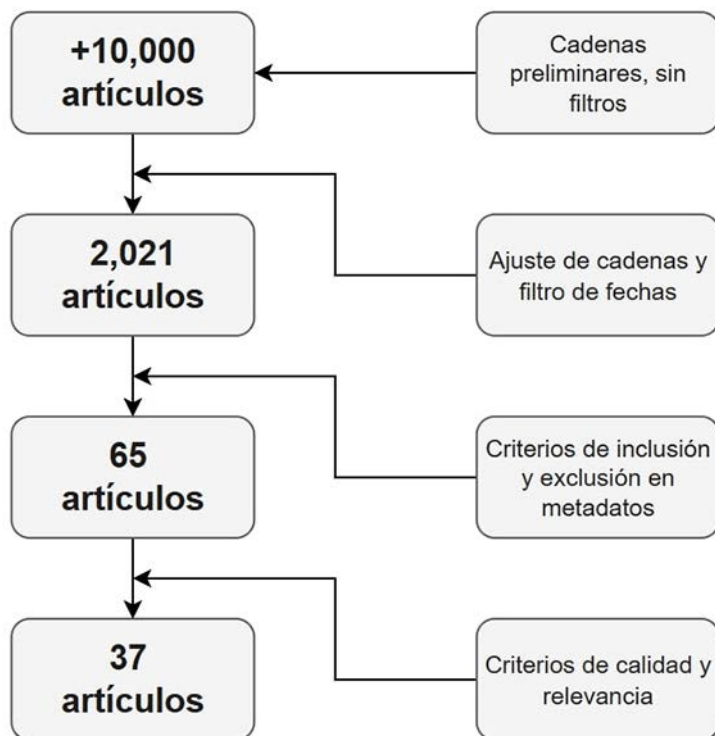


Figura 2. Diagrama de flujo de selección de artículos
Fuente: elaboración de Luis David Jiménez Martínez, realizada con Draw.io, 2025

Complementario al proceso de selección, se realizó un análisis de la distribución temporal de la literatura para identificar tendencias de interés en la comunidad científica. Como se observa en la *figura 3*, existe un crecimiento sostenido en la producción académica relacionada con la evaluación automática de accesibilidad, con un repunte significativo a partir del año 2022. Este incremento coincide con la integración de modelos de inteligencia artificial y la necesidad de soluciones escalables ante el aumento de la educación virtual pospandemia. Este fenómeno de expansión bibliométrica ha sido documentado en revisiones recientes, las cuales destacan cómo la accesibilidad de sitios web de educación superior se ha convertido en un eje prioritario de investigación global (Yussubaliyeva *et al.*, 2025: 682).

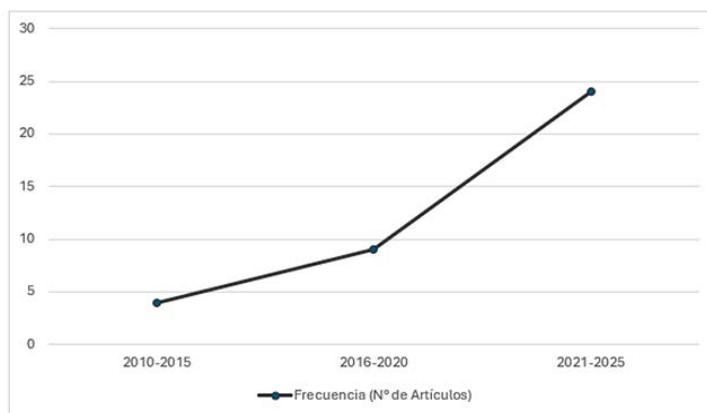


Figura 3. Evolución temporal de publicaciones

Fuente: elaboración de Luis David Jiménez Martínez, 2026

Una vez seleccionado el conjunto final de 37 artículos, se realizó un análisis detallado de su contenido. El objetivo de esta fase fue extraer los datos relevantes para responder las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio.

Para facilitar una visión integral de los hallazgos, se sistematizó la caracterización técnica de los estudios seleccionados. En el *anexo 1* se presenta un cuadro comparativo que sintetiza los artículos finales que conforman el corpus de esta investigación, detallando los autores, el tipo de contenido educativo evaluado, la tecnología empleada y los estándares de accesibilidad aplicados en cada caso. Esta estructura permite identificar de manera más precisa las configuraciones tecnológicas predominantes.

A continuación, se presentan los hallazgos obtenidos, organizados según cada una de las preguntas definidas en la metodología.

¿Qué herramientas o metodologías automáticas existen para evaluar la accesibilidad de contenidos educativos digitales?

Las herramientas automáticas comerciales y de código abierto más comunes son WAVE, AChecker, TAW, aXe, Lighthouse y Access Monitor (Abdulreda, Abu Doush y AlMeraj, 2025: 127; Acosta-Vargas *et al.*, 2024: 5; Akram *et al.*, 2023: 1201; Fakrudeen, 2025: 1884; Iniesto y Rodrigo, 2024: 91; Ismail y Kuppusamy, 2018: 271, 2022: 903; Johnson y Lilley, 2022: 534; Nguyen, 2024; Niom y Lin, 2022: 2). Para documentos PDF existen verificadores como Adobe Acrobat Pro Checker y PDF Accessibility Checker (PAC) (Acosta-Vargas *et al.*, 2017: 241; Kumar y Wang, 2024: 4; Nganji, 2018: 725; Zulfiqar *et al.*, 2020: 2), así como soluciones inteligentes específicas como A11yPDF (Aljedaani *et al.*, 2024) y WCAEE.

Las metodologías innovadoras incluyen sistemas basados en inteligencia artificial generativa, como GenA1ly (He, Huq y Malek, 2025: 2267) y esquemas de trabajo (*frameworks*) impulsados por aprendizaje automático (*machine learning*) para la detección y remediación automática.

Estos resultados guardan una estrecha correlación con el modelo de revisión propuesto por Dias *et al.* (2022b: 299). En su análisis sistemático sobre herramientas para web y dispositivos móviles, los autores identifican que la dependencia de validadores tradicionales como WAVE y aXe genera una limitación en la detección de barreras dinámicas. Al contrastar hallazgos de este trabajo con el modelo de Dias *et al.* (2022a: 450), se confirma que, aunque el ecosistema de herramientas ha crecido, persiste la fragmentación tecnológica. Este estudio extiende dicha discusión al evidenciar que la integración de la inteligencia artificial no es solo una tendencia emergente, sino la respuesta necesaria a la rigidez de los validadores automáticos reportada en trabajos anteriores.

¿Qué criterios o estándares se aplican en la evaluación automática?

El estándar principal y universalmente aplicado son las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), utilizando las versiones 2.0, 2.1 y 2.2, y enfocándolas principalmente en los niveles A y AA (Abdulreda, Abu Doush y AlMeraj, 2025: 124; Acosta-Vargas *et al.*, 2017: 242, 2024: 3; Akram *et al.*, 2023: 1200; Ismail y Kuppusamy, 2018: 272; Nganji, 2018: 724; Niom y Lin, 2022: 1; Sato *et al.*, 2025: 725). Para aplicaciones de internet enriquecidas (RIA, por sus siglas en inglés) se aplican las especificaciones WAI-ARIA (Abu Doush *et al.*, 2013: 2), y para documentos PDF el estándar PDF/UA (Costa *et al.*, 2025: 2; Kumar, Padath y Wang, 2025: 3). Adicionalmente, se incorporan criterios como el índice de niebla de Gunning para medir la legibilidad de la información (Ismail y Kuppusamy, 2018: 273), y el análisis de errores de inclusividad cognitiva/género a través de modelos como GenderMag/AID (Chatterjee *et al.*, 2022: 357).

En la *tabla 1* se presenta una síntesis de los estándares identificados y su enfoque específico dentro de la evaluación automática.

Estándar o criterio	Ámbito de aplicación	Enfoque de evaluación
WCAG	Contenido web	Niveles de conformidad; principios de perceptibilidad y operatividad
PDF/UA	Documentos digitales	Estructura semántica, etiquetado y accesibilidad en archivos PDF
WAI-ARIA	Aplicaciones web	Accesibilidad en contenidos dinámicos y estados de interfaz de usuario

Niebla de Gunning / GenderMag	Legibilidad e inclusividad	Análisis de la complejidad del lenguaje y sesgos de género en el contenido
-------------------------------	----------------------------	--

Tabla 1. Estándares y criterios de evaluación identificados
Fuente: elaboración de Luis David Jiménez Martínez, 2026

¿Qué tecnologías se usan para automatizar la evaluación?

La automatización en páginas web se basa en el análisis algorítmico del *document object model* (DOM) de la página para extraer HTML, CSS, JavaScript y capturas de pantalla (Abu Doush *et al.*, 2013: 2; Avila *et al.*, 2017: 185; He, Huq y Malek, 2025: 2270; Mandava, 2024: 9204). Las herramientas avanzadas integran inteligencia artificial y aprendizaje automático, que emplean algoritmos como redes neuronales convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) y bosques aleatorios (*random forests*) (Mandava, 2024: 9199), para la detección y remediación automática. Los grandes modelos de lenguaje (LLM) se utilizan para el análisis semántico y contextual, superando la verificación sintáctica (He, Huq y Malek, 2025: 2265; Kumar, Padath y Wang, 2025: 7). Para la evaluación de contenido dinámico, se usan simuladores de interacción (Fernandes *et al.*, 2013: 5) y técnicas de procesamiento de lenguaje natural (NLP) para modelar funcionalidades e interfaces (Ara y Sik-Lanyi, 2025: 16; Chiou *et al.*, 2024: 5).

La *tabla 2* contrasta estas tecnologías, resaltando sus mecanismos de funcionamiento y los componentes que permiten evaluar.

Categoría tecnológica	Herramientas o métodos	Componentes evaluados
Análisis algorítmico (<i>document object model</i> [DOM])	WAVE, AChecker, aXe	Extracción de DOM para verificación sintáctica
Inteligencia artificial (aprendizaje automático [ML] / redes neuronales convolucionales [CNN])	Soluciones personalizadas	Detección de patrones visuales y remediación automática de errores
Modelos de lenguaje (grandes modelos de lenguaje [LLM])	GenA11y, GPT-4	Análisis semántico, contextual y comprensión de la intención del contenido
Procesamiento de lenguaje natural (NLP)	Simuladores de interacción	Modelado de interfaces dinámicas y funcionalidades complejas

Tabla 2. Tecnologías empleadas para la automatización de la evaluación
Fuente: elaboración de Luis David Jiménez Martínez, 2026

DOI: <https://dx.doi.org/10.22201/ibi.24488321ve.2026.107.59144>

¿Qué métricas se utilizan para validar la precisión de las evaluaciones frente a auditorías manuales?

Las métricas de rendimiento fundamentales son la precisión (He, Huq y Malek, 2025: 2274; Mandava, 2024: 9200), la exhaustividad o completitud, que minimiza falsos negativos, y la corrección o precisión, que minimiza falsos positivos (Chiou *et al.*, 2024: 8; Mandava, 2024: 9200; Vigo, Brown y Conway, 2013: 3). Se propone y utiliza la tasa de error de caracteres ponderada (*weighted character error rate*), que prioriza la detección de problemas críticos al asignar pesos a los errores WCAG (A=3, AA=2, AAA=1) (Nguyen, 2024). La validación se complementa con la medición de la confiabilidad interevaluador kappa de Fleiss (Iniesto y Rodrigo, 2024: 92), y métricas estadísticas como la tasa estricta/ tasa optimista/ tasa conservadora (Lopes, Gomes y Carriço, 2010: 4), además del análisis de asimetría y curtosis (Ismail y Kuppasamy, 2022: 904).

¿Qué tipos de contenido son más evaluados en los estudios?

El contenido más evaluado se enfoca en la educación superior; incluye páginas web de universidades y colegios, con un énfasis recurrente en las páginas de inicio (Abdulreda, Abu Doush y AlMeraj, 2025: 128; Acosta-Vargas *et al.*, 2024: 4; Fakrudeen, 2025: 1885; Ismail y Kuppasamy, 2018: 277, 2022: 904; Kous *et al.*, 2019: 1499; Niom y Lin, 2022: 4). Los documentos PDF constituyen otro foco principal; abarcan archivos PDF académicos (Acosta-Vargas *et al.*, 2017: 244; Costa *et al.*, 2025: 2; Kumar, Padath y Wang, 2025: 13; Kumar y Wang, 2024: 4; Nganji, 2018: 722) y archivos generados desde LaTeX (Zulfiqar *et al.*, 2020). También se evalúan los cursos abiertos masivos en línea (MOOC) y material didáctico digital (*courseware*) (Chatterjee *et al.*, 2022: 369; Costa *et al.*, 2025, 2; Iniesto y Rodrigo, 2024: 97; Sato *et al.*, 2025: 724), y las aplicaciones de internet enriquecidas (Abu Doush *et al.*, 2013: 3; Fernandes *et al.*, 2013: 3), debido a la complejidad de su contenido dinámico. El contenido multimedia, como las imágenes, es evaluado indirectamente a través de la verificación de textos alternativos (Kumar y Wang, 2024: 5; Rodríguez Vázquez, 2016: 5).

La prevalencia de la evaluación en páginas de inicio de universidades, observada en este corpus, coincide con los patrones de publicación analizados por Yusubaliyeva *et al.* (2025: 682), quienes sugieren que la investigación suele priorizar la puerta de entrada digital de las instituciones. Sin embargo, al seguir los modelos de revisión de literatura más rigurosos, este estudio identifica que existe una desatención crítica hacia los recursos de aprendizaje internos como documentos PDF y exámenes; un hallazgo que complementa las revisiones de Dias *et al.* (2022a: 450), quienes ya advertían sobre la falta de herramientas adaptativas para contenidos educativos no estructurados.

Aunque en los artículos revisados se mencionan muchas soluciones técnicas, se notó que algunas se utilizan mucho más que otras. Para mostrar claramente qué tecnologías son las favoritas en los estudios educativos, se contó cuántas veces aparece citada cada herramienta. La *figura 4* presenta cuáles son las herramientas más recurrentes en la literatura.

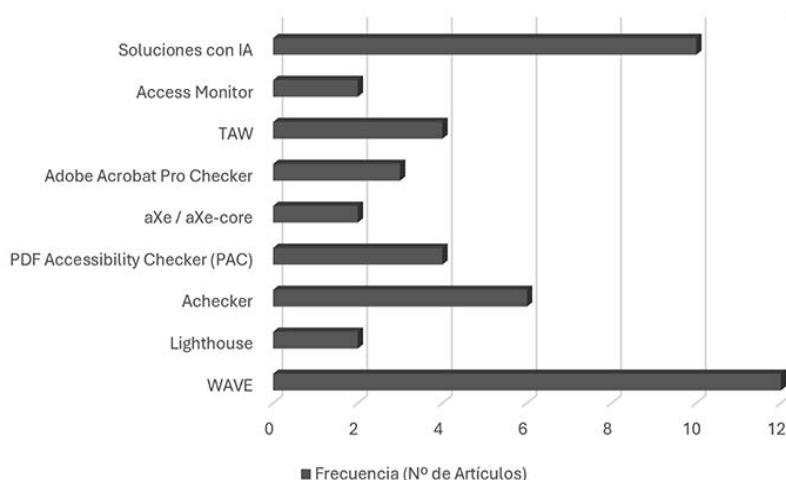


Figura 4. Frecuencia de aparición de tecnología

Fuente: elaboración de Luis David Jiménez Martínez, 2025

Como se observa en la *figura 4*, lo primero que destaca es que WAVE sigue siendo la herramienta estándar más utilizada para evaluar páginas web, pues aparece en 12 estudios. Esto confirma que es la referencia principal cuando se busca una evaluación técnica tradicional.

Sin embargo, el hallazgo más interesante está en el segundo lugar: se encontraron 10 artículos que proponen soluciones propias basadas en inteligencia artificial con aprendizaje automático o modelos de lenguaje tipo GPT. Esto indica una tendencia muy clara, la investigación está dejando de depender solo de validadores estáticos, como AChecker o Lighthouse, y se está moviendo hacia herramientas inteligentes capaces de entender el contexto y la semántica, algo que los validadores antiguos no pueden hacer bien.

Por último, las herramientas para documentos, como PAC y Adobe Acrobat, aparecen en un nivel intermedio, lo que sugiere que, aunque se estudia la accesibilidad en documentos PDF, el mayor esfuerzo de innovación actual se está concentrando en la web y en el uso de nuevos algoritmos de inteligencia artificial.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta revisión sistemática permite ver que el campo de la evaluación de accesibilidad está en plena evolución. Los principales hallazgos indican que, aunque las herramientas web tradicionales como WAVE siguen siendo el estándar más utilizado, existe una clara tendencia hacia la adopción de la inteligencia artificial, la cual ya se posiciona como la segunda categoría más importante en la literatura.

El análisis también reveló un desequilibrio significativo: mientras abundan las opciones para evaluar sitios web, las soluciones para validar documentos digitales, como documentos PDF, son mucho más escasas. Esto demuestra que los validadores actuales, centrados en revisar código, ya no son suficientes para las necesidades educativas modernas. Por tanto, se evidencia una oportunidad clara y necesaria para desarrollar nuevos sistemas que combinen la solidez de los estándares actuales con la capacidad de la inteligencia artificial para entender el contexto y el significado del contenido. Esta transición hacia la inteligencia artificial no es solo una mejora técnica, sino un cambio de paradigma necesario para pasar de verificar código a garantizar la comprensión del contenido.

La disparidad identificada entre la evaluación de entornos web y documentos digitales se fundamenta en la madurez de los estándares HTML frente a la complejidad estructural y semántica de archivos como el PDF. En el contexto pedagógico, la diversidad de recursos, que incluye exámenes, guías de estudio y presentaciones, exige una validación que supere la verificación sintáctica para abordar la intención educativa. La necesidad de procesar estos materiales tan variados justifica el desplazamiento de la investigación hacia modelos que puedan interpretar el contenido en su totalidad, superando las limitaciones de los validadores estáticos tradicionales ante las demandas de la educación virtual contemporánea.

También los hallazgos de este estudio subrayan que la evaluación de la accesibilidad no debe percibirse como un mero trámite técnico, sino como una dimensión crítica de la calidad en las ciencias de la educación contemporáneas. La prevalencia de herramientas estáticas frente a la emergencia de soluciones inteligentes revela una tensión entre la masificación de contenidos educativos y la capacidad real de las instituciones para garantizar un aprendizaje equitativo. Al ubicar este problema dentro de la literatura pedagógica, se hace evidente que el valor de esta revisión sistemática no reside únicamente en la catalogación de *software*, sino en su función como herramienta de diagnóstico del estado del arte educativo. Esta síntesis bibliográfica permite concluir que, para que las plataformas digitales cumplan su promesa de democratización del conocimiento, la investigación debe trascender la validación de código hacia una comprensión contextual y pedagógica de los recursos, asegurando que la innovación tecnológica esté siempre al servicio de la inclusión real y efectiva.

Agradecimientos

Expresamos nuestros agradecimientos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti) por el apoyo económico otorgado a través de la beca de estudios de posgrado, la cual fue fundamental para la realización de esta investigación. Asimismo, agradecemos a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por las facilidades institucionales y el acceso a los recursos bibliográficos necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Abdulreda, Hawraa, Iyad Abu Doush y Zainab AlMeraj. 2025. "E-government Mobile Web Accessibility Challenges Facing People with Visual Impairments: A Multi-Method Evaluation". En *Proceedings of the 11th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-Exclusion (DSAI '24)*, editado por Leontios Hadjileontiadis, Habiba Al Safar, João Barroso y Hugo Paredes, 124-32. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3696593.3696651>
- Abu Doush, Iyad, Faisal Alkhateeb, Eslam Al Maghayreh y Mohammed Azmi Al-Betar. 2013. "The Design of RIA Accessibility Evaluation Tool". *Advances in Engineering Software* 57: 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2012.11.004>
- Acevedo-Zapata, Sandra, Ricardo Arrubla Sánchez y José Antonio Torres Ortiz. 2023. "Accesibilidad web en la virtualidad: análisis del tejido cultural de internet y lenguaje digital". *Hallazgos* 20 (39): 216-34.
<https://doi.org/10.15332/2422409X.7928>
- Acosta-Vargas, Patricia, Gloria Acosta-Vargas, Belén Salvador-Acosta y Janio Jadán-Guerrero. 2024. "Addressing Web Accessibility Challenges with Generative Artificial Intelligence Tools for Inclusive Education". En *2024 Tenth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*, coordinado por Matthes Fleck, 1-7. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
<https://doi.org/10.1109/ICEDEG61611.2024.10702085>
- Acosta-Vargas, Patricia, Sergio Luján-Mora, Tania Acosta y Luis Salvador-Ullauri. 2017. "Accesibilidad de documentos PDF en repositorios educativos de Latinoamérica". En *ATICA2017/Tecnología. Accesibilidad. Educar en la sociedad red*, editado por Luis Bengochea Martínez, Nilber Javier Mosquera Perea, Elena Campo Montalvo y José Ramón Hilerá González, 239-46. Universidad de Alcalá.
- Adobe. s. f. "PDF/UA: cómo crear PDF accesibles". Adobe Acrobat Resources. Consultado el 6 de marzo de 2025.
<https://www.adobe.com/es/acrobat/resources/document-files/pdf-types/pdf-ua.html>
- Akram, Muhammad, Ghassan Ahmed Ali, Adel Sulaiman y Mahmood ul Hassan. 2023. "Accessibility Evaluation of Arabic University Websites for Compliance with Success Criteria of WCAG 1.0 and WCAG 2.0". *Universal Access in the Information Society* 22 (4): 1199-1214.
<https://doi.org/10.1007/s10209-022-00921-8>
- Aljedaani, Wajdi, Sandeep Kumar Rudhravaram, Akhila Chintham, Abdulrahman Habib y Marcelo M. Eler. 2024. "A11yPDF: Bridging the Gap to Inclusive PDFs". En *Proceedings of the 21st International Web for All Conference (W4A '24)*, coordinado por Scott Hollier y Ruchi Permvattana, 37-38. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3677846.3677859>

- Ara, Jinat, y Cecilia Sik-Lanyi. 2025. "Automated Evaluation of Accessibility Issues of Webpage Content: Tool and Evaluation". *Scientific Reports* 15, 9516.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-92192-5>
- Avila, Cecilia, Silvia Baldiris, Ramon Fabregat y Sabine Graf. 2017. "ATCE: an Analytics Tool to Trace the Creation and Evaluation of Inclusive and Accessible Open Educational Resources". En *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference (LAK '17)*, coordinado por Alyssa Wise, Phillip H. Winne y Grace Lynch, 183-87. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3027385.3027413>
- Bates, Anthony William. 2019. *Teaching in a Digital Age/Guidelines for Designing Teaching and Learning*, 2.^a ed. BCCampus.
- Bertossi, Valeria, Lucila Romero y Milagros Gutiérrez. 2022. "Sistema recomendador para desarrollar objetos de aprendizaje para ingenierías bajo el enfoque por competencias: análisis y diseño". En *X Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNaIISI)*, coordinado por Augusto Nasrallah, 391-402. Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional de la Argentina.
<http://hdl.handle.net/20.500.12272/10057>
- Castañeda, Linda, y Neil Selwyn. 2018. "More than Tools? Making Sense of the Ongoing Digitizations of Higher Education". *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 15, 22.
<https://doi.org/10.1186/s41239-018-0109-y>
- Chatterjee, Amreeta, Lara Letaw, Rosalinda Garcia, Doshna Umma Reddy, Rudrajit Choudhuri, Sabyatha Sathish Kumar, Patricia Morreale, Anita Sarma y Margaret Burnett. 2022. "Inclusivity Bugs in Online Courseware: A Field Study". En *Proceedings of the 2022 ACM Conference on International Computing Education Research (ICER '22)*, vol. 1, editado por Jan Vahrenhold, Kathi Fisler, Matthias Hauswirth y Diana Franklin, 356-72. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3501385.3543973>
- Chiou, Paul T., Robert Winn, Ali S. Alotaibi y William G. J. Halfond. 2024. "Automatically Detecting Reflow Accessibility Issues in Responsive Web Pages". En *Proceedings of the IEEE / ACM 46th International Conference on Software Engineering (ICSE '24)*, coordinado por Ana Paiva y Rui Abreu, 1-13. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3597503.3639229>
- Costa, José P., Radka Nacheva, Sofia Coelho y Oliva M. D. Martins. 2025. "AI-Driven Solutions for Enhancing Digital Accessibility in Higher Education". En *59th Amsterdam International Congress on Research in Science, Technology, Social Sciences & Education (STSSE-25)*, coordinado por Ali Saberi Mehr, Gordon Moffat y Omar Alananzeh, 1-3. Eminent Association of Pioneers.
<https://doi.org/10.17758/EARES21.DIR0325104>
- Dias, João, Diana Carvalho, Hugo Paredes, Paulo Martins, Tânia Rocha y João Barroso. 2022a. "Automated Evaluation Tools for Web and Mobile Accessibility: A Systematic Literature Review". En *Innovations in Bio-inspired Computing and Applications/Proceedings of the 12th International Conference on Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications (IBICA 2021)*, editado por Ajith Abraham, Ana Maria Madureira, Arturas Kaklauskas, Niketa Gandhi, Anu Bajaj, Azah Kamilah Muda, Dalia Kriksciuniene y João Carlos Ferreira, 447-56. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-96299-9_43

- Dias, João, Diana Carvalho, Tânia Rocha y João Barroso. 2022b. "Automated Evaluation Tools for Web and Mobile Accessibility: Proposal of a New Adaptive Interface Tool". *Procedia Computer Science* 204: 297-304.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.036>
- Fakrudeen, Mohammed. 2025. "Evaluation of the Accessibility and Usability of University Websites: A Comparative Study of the Gulf Region". *Universal Access in the Information Society* 24 (2): 1883-98.
<https://doi.org/10.1007/s10209-024-01160-9>
- Fernandes, Nádia, Ana Sofia Batista, Daniel Costa, Carlos Duarte y Luís Carriço. 2013. "Three Web Accessibility Evaluation Perspectives for RIA". En *Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A '13)*, coordinado por Giorgio Brajnik y Paola Salomoni, 1-9. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/2461121.2461122>
- García Aretio, Lorenzo. 2020. "Bosque semántico: ¿educación/enseñanza/aprendizaje a distancia, virtual, en línea, digital, eLearning...?". *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* 23 (1): 9-28.
<https://doi.org/10.5944/ried.23.1.25495>
- García Peñalvo, Francisco José. 2017. "Revisión sistemática de literatura para artículos". Diapositivas presentadas en un seminario impartido en el Tecnológico de Monterrey, México, 25 de enero de 2017.
<http://repositorio.grial.eu/handle/grial/756>
- He, Ziyao, Syed Fatiul Huq y Sam Malek. 2025. "Enhancing Web Accessibility: Automated Detection of Issues with Generative AI". *Proceedings of the Association for Computing Machinery on Software Engineering 2 (FSE)*: 2264-87.
<https://doi.org/10.1145/3729371>
- Iniesto, Francisco, y Covadonga Rodrigo. 2024. "The Use of WCAG and Automatic Tools by Computer Science Students: A Case Study Evaluating MOOC Accessibility". *Journal of Universal Computer Science* 30 (1): 85-105.
<https://doi.org/10.3897/jucs.101704>
- Ismail, Abid, y K. S. Kuppusamy. 2018. "Accessibility of Indian Universities' Homepages: An Exploratory Study". *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 30 (2): 268-78.
<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.06.006>
- Ismail, Abid, y K. S. Kuppusamy. 2022. "Web Accessibility Investigation and Identification of Major Issues of Higher Education Websites with Statistical Measures: A Case Study of College Websites". *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 34 (3): 901-11.
<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.03.011>
- Johnson, Peter, y Mariana Lilley. 2022. "Software Prototype for the Ensemble of Automated Accessibility Evaluation Tools". En *HCI International 2022 Posters / 24th International Conference on Human-Computer Interaction (HCII 2022)*, vol. 1, editado por Constantine Stephanidis, Margherita Antona y Stavroula Ntoa, 532-39. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-06417-3_71
- Kous, K., S. Kuhar, M. Pusnik y B. Sumak. 2019. "Comparative Analysis of Faculties' Websites Accessibility Based on an Automatic Evaluation". En *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, editado por Marko Koracic, Zeljko Butkovic, Karolj Skala, Zeljka Car, Marina Cicin-Sain, Snjezana Babic, Vlado Sruk et al., 1498-502. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
<https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8757202>

- Kumar, Anukriti, Tanushree Padath y Lucy Lu Wang. 2025. "Benchmarking PDF Accessibility Evaluation: A Dataset and Framework for Assessing Automated and LLM-Based Approaches for Accessibility Testing". En *Proceedings of the 27th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '25)*, editado por Shaun Kane, Kristen Shinohara, Cynthia Bennett y Martez Mott, art. 64. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3663547.3746380>
- Kumar, Anukriti, y Lucy Lu Wang. 2024. "Uncovering the New Accessibility Crisis in Scholarly PDFs: Publishing Model and Platform Changes Contribute to Declining Scholarly Document Accessibility in the Last Decade". En *Proceedings of the 26th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '24)*, editado por David Flatla, Faustina Hwang, Tiago Guerreiro y Robin Brewer, art. 36. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3663548.3675634>
- Lamproupos, Georgios. 2023. "Recommender Systems in Education: A Literature Review and Bibliometric Analysis". *Advances in Mobile Learning Educational Research* 3 (2): 829-50.
<https://doi.org/10.25082/AMLER.2023.02.011>
- Lopes, Rui, Daniel Gomes y Luís Carriço. 2010. "Web Not for All: A Large Scale Study of Web Accessibility". En *Proceedings of the 2010 International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A '10)*, coordinado por Chieko Asakawa y Hironobu Takagi, art. 10. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/1805986.1806001>
- Mandava, Sarath Krishna. 2024. "AI-Powered Accessibility: Using Machine Learning to Detect and Correct Accessibility Gaps in Web Interfaces". *Frontiers in Health Informatics* 13 (3): 9196-214.
<https://healthinformaticsjournal.com/index.php/IJMI/article/view/880>
- Nganji, Julius T. 2018. "Supporting the Information Journey of Students with Disabilities Through Accessible Learning Materials". *Information and Learning Sciences* 119 (12): 721-32.
<https://doi.org/10.1108/ILS-07-2018-0062>
- Nguyen, Thai. 2024. "Evaluating Automated Accessibility Checker Tools". Tesis de licenciatura, Western Washington University.
https://cedar.wvu.edu/wwu_honors/805
- Niom, Telcia, y Frank Lin. 2022. "Accessibility of COVID-19 Websites of Asian Countries: An Evaluation Using Automated Tools". *SN Computer Science* 3, 498.
<https://doi.org/10.1007/s42979-022-01412-6>
- Padilla Zambrano, Jennifer Pamela, Rosa Magaly Zambrano Mala, Hellen Raquel López Coronel y Michelle Lucía Catagua Vélez. 2025. "La educación inclusiva en la era digital: desafíos y oportunidades para estudiantes con discapacidades". *Reincisol* 4 (7): 2274-98.
[https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(7\)2274-2298](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(7)2274-2298)
- Ramos Aguiar, Luis Roberto, y Francisco Javier Álvarez Rodríguez. 2024. "Digital Content for Libraries Considering Extended Reality, Physical Interaction Disabilities, Universal Design for Learning, and User-Centered Design: A Systematic Review". *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información* 38 (99): 109-27.
<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2024.99.58872>

- Rodríguez Vázquez, Silvia. 2016. "Measuring the Impact of Automated Evaluation Tools on Alternative Text Quality: A Web Translation Study". En *Proceedings of the 13th International Web for All Conference (W4A '16)*, coordinado por Greg Gay y Tiago Guerreiro, art. 32. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/2899475.2899484>
- Sato, Mariana H. K., Felipe F. da Silva, Aline M. M. Amaral, Gislaine C. L. Leal, Guilherme C. Guerino y Renato Balancieri. 2025. "Assessing Accessibility in MOOCs: A Comparison of Moodle and Coursera for Users with Hearing Impairments, Visual Impairments, and the Elderly". En *Anais do XXXIII Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2025)*, coordinado por Luiz Bittencourt, Mariza Ferrero y Angela Peres, 722-33. SBC.
<https://doi.org/10.5753/wei.2025.8486>
- Vigo, Markel, Justin Brown y Vivienne Conway. 2013. "Benchmarking Web Accessibility Evaluation Tools: Measuring the Harm of Sole Reliance on Automated Tests". En *Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A '13)*, coordinado por Giorgio Brajnik y Paola Salomoni, art. 1. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/2461121.2461124>
- World Wide Web Consortium. 2026. "Web Content Accessibility Guidelines 2 Overview". Standards/Guidelines, Web Accessibility Initiative. Última modificación el 26 de mayo de 2026.
<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>
- Yussubaliyeva, Madina, Zhadyra Konurbayeva, Jolanta Sloniec y Alfonso Infante Moro. 2025. "Digital Accessibility of Higher Education Websites: A Bibliometric Mapping of the Research Literature (2015-2024)". *Asian Journal of University Education* 21 (3): 677-94.
<https://doi.org/10.24191/ajue.v21i3.46>
- Zapata-Ros, Miguel. 2018. "La universidad inteligente". *Revista de Educación a Distancia (RED)* (57), e327431.
<https://revistas.um.es/red/article/view/327431>
- Zulfiqar, Shaban, Safa Arooj, Umar Hayat, Suleman Shahid y Asim Karim. 2020. "Automated Generation of Accessible PDF". En *Proceedings of the 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '20)*, editado por Tiago Guerreiro, Hugo Nicolau y Karyn Moffatt, art. 91. Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/3373625.3418045>

Para citar este texto:

Jiménez Martínez, Luis David, y Francisco Javier Álvarez-Rodríguez 2026. "Tendencias en la evaluación automática de accesibilidad en contenidos educativos digitales: una revisión sistemática de la literatura" *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información* 40 (107): 47-68.
<https://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2026.107.59144>

Luis David Jiménez Martínez
Centro de Ciencias Básicas,
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Centro de Ciencias Básicas - Avenida Universidad,
nro. 940, 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México
Tel. +52 44 9275 2163
al221273@edu.uaa.mx

Francisco Javier Álvarez-Rodríguez
Departamento de Ciencias de la Computación,
Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma
de Aguascalientes
Centro de Ciencias Básicas - Avenida Universidad,
nro. 940, 20131, Aguascalientes, Aguascalientes, México
Tel. +52 4 4910 7400 ext. 51158
fjalvar.uaa@gmail.com

Anexo

Tabla comparativa de los artículos utilizados en la investigación

Referencia	Tipo de contenido	Tecnología de evaluación	Estándares
Acosta-Vargas <i>et al.</i> (2024)	Web	WAVE	WCAG 2.2
Abdulreda, Abu Doush y AlMeraj (2025)	Web móvil	AChecker, WAVE y evaluación experta (<i>voice-over</i>)	WCAG 2.1
Kumar y Wang (2024)	PDF	Adobe Acrobat Pro y PAC3	No especificado
He, Huq y Malek (2025)	Web	Inteligencia artificial generativa / grandes modelos de lenguaje (GPT-4o) y análisis estático	WCAG
Chatterjee <i>et al.</i> (2022)	Web	Herramienta automatizada AID / material didáctico digital	Heurísticas GenderMag
Aljedaani <i>et al.</i> (2024)	PDF	Algoritmos de extracción RGB y <i>k-means clustering</i>	WCAG 2.2
Fernandes <i>et al.</i> (2013)	Web	Esquema de trabajo QualWeb (simulador de interacción)	WCAG 2.0
Vigo, Brown y Conway (2013)	Web	<i>Benchmarking</i> de 6 herramientas automáticas	WCAG 2.0
Rodríguez Vázquez (2016)	Web	aDesigner y Acrolinx (lenguaje controlado)	No especificado
Lopes, Gomes y Carriço (2010)	Web	Infraestructura Map/Reduce (Hadoop) y NekoHTML	WCAG 1.0
Chiou <i>et al.</i> (2024)	Web	Prototipo SALAD (análisis dinámico UIIM)	WCAG
Ismail y Kuppusamy (2018)	Web	AChecker, WAVE e índice de niebla de Gunning	WCAG 2.0
Nganji (2018)	PDF	Adobe Acrobat XI Pro, PAC 3 y NVDA	WCAG 2.0
Abu Doush <i>et al.</i> (2013)	Web	Ontología RDF / OWL y consultas SPARQL	WAI-ARIA
Ismail y Kuppusamy (2022)	Web	TAW y aXe	WCAG

Akram <i>et al.</i> (2023)	Web	ACheckery y TAW	WCAG 1.0 y WCAG 2.0
Fakrudeen (2025)	Web	WAVE, TAW y GTMetrix	WCAG 2.0 y WCAG 2.1
Niom y Lin (2022)	Web	Access Monitor y AChecker	WCAG 2.0 y WCAG 2.1
Johnson y Lilley (2022)	Web	Python, WAVE, Sort-Site, AccessMonitor, aXe	WCAG 2.1
Ara y Sik-Lanyi (2025)	Web	WCAEE (algoritmos estructurales y procesamiento del lenguaje natural)	WCAG 2.2
Avila <i>et al.</i> (2017)	Web	API de AChecker y Learning Analytics (ATCE)	WCAG
Costa <i>et al.</i> (2025)	Web, PDF y multimedia	Aprendizaje automático supervisado	WCAG 2.1 y PDF/UA
Zulfiqar <i>et al.</i> (2020)	PDF	Analizador de LaTeX (<i>parser</i>) y Adobe Checker	No especificado
Kous <i>et al.</i> (2019)	Web	Web Accessibility Checker	WCAG 2.0
Iniesto y Rodrigo (2024)	Web	TAW y WAVE	WCAG 2.X
Sato <i>et al.</i> (2025)	Web	WAVE	WCAG 2.0
Nguyen (2024)	Web	WAVE, SiteImprove y tasa de error de caracteres ponderada	WCAG 2.1
Mandava (2024)	Web	Aprendizaje automático (redes neuronales convolucionales, bosques aleatorios, TensorFlow.js)	WCAG
Kumar, Padath y Wang (2025)	PDF	Grandes modelos de lenguaje (GPT-4-Turbo)	WCAG 2.2 y PDF/UA
Acosta-Vargas <i>et al.</i> (2017)	PDF	PDF Accessibility Checker 2.0 (PAC 2.0)	WCAG 2.0

Fuente: elaboración de Luis David Jiménez Martínez, 2025