

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
MÁSTER UNIVERSITARIO
Ingeniería Informática



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Una revisión sistemática de publicaciones científicas sobre accesibilidad web

Realizado por **Mónica Casas Domínguez**



Universidad de Valladolid
20 de septiembre de 2024
Tutor: David Escudero Mancebo

Universidad de Valladolid



Máster Universitario en Ingeniería Informática

D. David Escudero Mancebo, profesor del Departamento de Informática, área de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial.

Expone:

Que el alumno D. Mónica Casas Domínguez, ha realizado el Trabajo final de Máster en Ingeniería Informática titulado "UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS SOBRE ACCESIBILIDAD WEB".

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Valladolid, 20 de septiembre de 2024

Vº. Bº. del Tutor:

D. David Escudero Mancebo

Resumen

La accesibilidad web se ha convertido en un tema importante para la sociedad, ya que garantiza la inclusión digital para las personas con discapacidades. Desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018, se ha incrementado la necesidad de evaluar el estado actual de la investigación en accesibilidad web. Por ello, este trabajo propone realizar una revisión sistemática de publicaciones científicas en este campo, analizando los objetivos, las metodologías empleadas, el ámbito investigado, el público objetivo y las principales barreras encontrados para cumplir con las WCAG 2.1. Para llevar a cabo este trabajo se identificaron y compararon diferentes metodologías para la realización de revisiones sistemáticas y se seleccionó la metodología Kitchenham por ser la más adecuada para el estudio. Además, se complementó con un análisis cualitativo para la clasificación de los estudios basado en el enfoque metodológico de Saldaña. Se identificaron 204 estudios inicialmente, de los cuales 81 fueron seleccionados para la revisión. Los resultados muestran que el 90 %, aproximadamente, de los estudios se centran en la evaluación de la accesibilidad web. Las herramientas automáticas que más se utilizaron fueron WAVE y AChecker, combinadas con métodos manuales realizados por expertos, principalmente WCAG-EM. El ámbito de estudio de la accesibilidad web se centra principalmente en los sectores de la educación y la salud. Los estudios están dirigidos a un público generalizado, aunque también se incluyen a personas con discapacidades, generalmente visuales. Las principales barreras encontradas con relación al cumplimiento de las WCAG 2.1, se relacionan con los principios Perceptible y Operable, destacando los principales problemas de accesibilidad para personas con discapacidad. Este estudio concluye con recomendaciones para promover una mayor inclusión digital.

Descriptores

Accesibilidad web, WCAG 2.1, revisión sistemática, manual de Saldaña, metodología Kitchenham.

Abstract

Web accessibility has become an important issue for society, as it ensures digital inclusion for people with disabilities. Since the publication of WCAG 2.1 in 2018, the need to assess the current state of web accessibility research has increased. Therefore, this paper proposes to conduct a systematic review of scientific publications in this field, analysing the objectives, the methodologies used, the scope investigated, the target audience and the main barriers found to comply with the WCAG 2.1. To carry out this work, different methodologies for conducting systematic reviews were identified and compared, and the Kitchenham methodology was selected as the most appropriate for the study. This was complemented by a qualitative analysis for the classification of the studies based on Saldaña's methodological approach. A total of 204 studies were initially identified, of which 81 were selected for the review. The results show that approximately 90% of the studies focus on web accessibility evaluation. The most commonly used automatic tools were WAVE and AChecker, combined with manual methods performed by experts, mainly WCAG-EM. The field of study of web accessibility is mainly focused on the education and health sectors. The studies are aimed at a general audience, although people with disabilities, usually visual, are also included. The main barriers found in relation to compliance with WCAG 2.1 are related to the Perceptible and Operable principles, highlighting the main accessibility issues for people with disabilities. This study concludes with recommendations to promote greater digital inclusion.

Keywords

web accessibility, WCAG 2.1, systematic review, Saldaña manual, Kitchenham methodology.

Índice general

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
1. Introducción	1
2. Objetivo general y específicos	3
3. Marco Teórico	5
3.1. Revisiones sistemáticas	5
Cochrane	7
PRISMA	8
Metodología por Kitchenham	8
Análisis y selección de la metodología	9
3.2. Accesibilidad web	10
Web Accessibility Initiative (WAI)	11
Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)	12
Web Content Accessibility Guidelines 2.1	13
Web Content Accessibility Guidelines 2.2	14
Metodologías para la evaluación de la accesibilidad web	15
3.3. Estudios similares de accesibilidad web	18
4. Procedimiento	20
4.1. Identificación de la necesidad de un estudio de revisión sistemática	20
4.2. Preguntas de investigación	21
4.3. Estrategias de búsqueda	21
4.4. Criterios de inclusión y exclusión	23
Criterios de inclusión	23

Criterios de exclusión	23
4.5. Calidad de los estudios	24
4.6. Estrategia de extracción de datos	24
4.7. Síntesis de los datos extraídos	25
5. Resultados	27
5.1. Proceso de búsqueda de los estudios	27
5.2. Selección de los estudios	28
5.3. Análisis de los indicadores de calidad de los estudios	39
5.4. Categorías de clasificación	41
5.5. Distribuciones	44
Distribución de estudios por año	44
Objetivo	45
Metodología	46
Ámbito	48
Usuario objetivo	49
Principios, pautas y criterios de éxito	50
6. Discusión	55
6.1. Búsqueda, selección y clasificación	55
6.2. Indicadores de calidad de las publicaciones	56
6.3. Identificación de objetivos principales	57
6.4. Metodologías para la evaluación de la accesibilidad web	58
6.5. Herramientas y técnicas para la evaluación de la accesibilidad web	58
6.6. Ámbitos de investigación	58
6.7. Público objetivo de los estudios	59
6.8. Principios de accesibilidad	59
6.9. Limitaciones del estudio	61
8. Conclusiones y recomendaciones	62
Bibliografía	64

Índice de figuras

3.1. Fases de la metodología Kitchenham	9
3.2. Componentes esenciales de la accesibilidad web. Fuente [1]	12
3.3. Pautas de accesibilidad web 2.1	14
5.4. Cadenas de búsqueda por base de datos	28
5.5. Distribución porcentual de estudios identificados por base de datos	28
5.6. Proceso de selección y exclusión de estudios	29
5.7. Distribución y selección de estudios por base de datos	30
5.8. Distribución de estudios según el tipo de documento	39
5.9. Clasificación del factor de impacto de las revistas	40
5.10. Distribución y evolución anual del número de estudios publicados (2018-2024)	45
5.11. Distribución de estudios según el objetivo principal	45
5.12. Distribución de estudios según las metodologías	46
5.13. Distribución de herramientas automáticas según su frecuencia de uso	47
5.14. Distribución de los métodos de evaluación manual de accesibilidad web (Usuario y experto)	48
5.15. Distribución de estudios según el ámbito de investigación	49
5.16. Distribución del usuario objetivo	50
5.17. Distribución de errores según los principios WCAG 2.1	51
5.18. Distribución de errores según las pautas WCAG 2.1	51
5.19. Distribución de errores según los criterios de éxito WCAG 2.1	53

Índice de tablas

5.1. Estudios seleccionados	39
---------------------------------------	----

1: Introducción

En la sociedad actual, los sitios web se han convertido en una herramienta fundamental para la interacción y participación de las personas. Sin embargo, muchas personas con necesidades especiales, como discapacidades visuales, auditivas o motoras, enfrentan barreras significativas al intentar utilizar estos sitios web. Por ello, la inclusión digital se ha considerado de gran importancia, ya que garantiza el acceso a la información por parte de todos los usuarios, independientemente de sus capacidades[2].

Se han desarrollado revisiones sistemáticas relacionadas con la accesibilidad web enfocadas en el cumplimiento de las WCAG 2.1, pero centradas principalmente en áreas específicas como la educación, la salud, los sitios web gubernamentales o las aplicaciones móviles. Además, estos estudios generalmente evalúan el cumplimiento de las pautas para usuarios específicos. Aunque se han realizado revisiones sistemáticas relacionadas con el tema de accesibilidad web, se evidencia una necesidad de realizar una investigación más amplia que proporcione una visión general de la situación actual a partir de la publicación de las WCAG 2.1, sin enfocarse en un área en concreto.

Dada la necesidad de tener una perspectiva más amplia, y considerar los diferentes enfoques sobre accesibilidad web en la actualidad, el objetivo principal de esta investigación es realizar una revisión sistemática de publicaciones científicas sobre accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018.

El presente estudio forma parte de una nueva línea de investigación abierta por el Grupo ECA-SIMM: Entornos de Computación Avanzada y Sistemas de Interacción Multimodal de la Universidad de Valladolid¹, en colaboración con el Departamento de Accesibilidad de ASPAYM² (Asociación de personas con lesión medular y otras discapacidades físicas de Castilla y León). La propuesta se desarrolla en relación con la tesis doctoral de Javier Álvar Herrero Alonso, siendo una oportunidad para investigar en profundidad el área de la accesibilidad web, reconociendo la importancia de tener una visión más amplia del estado actual.

¹<https://eca-simm.uva.es/es/presentacion/>

²<https://www.aspaymcyll.org/lineas-de-trabajo/accesibilidad/>

A través de esta investigación se logran identificar los diferentes enfoques relacionados con la accesibilidad web en el ámbito actual, así como las herramientas y metodologías más utilizadas. Con esta visión más amplia, se desatacan las áreas que requieren más atención, dando importancia a la necesidad de una mayor inclusión digital, así como de promover el desarrollo de nuevas herramientas para la evaluación de accesibilidad web.

El estudio se compone de seis capítulos: Objetivo general y específicos, Marco teórico, Procedimiento, Resultados, Discusión y Conclusiones. En el primer capítulo, se presenta el objetivo principal de la investigación y se desglosan los objetivos específicos que orientará el desarrollo del estudio, marcando las metas que se pretenden alcanzar. En el capítulo del Marco teórico se presentan los principales conceptos relacionados con el tema, así como los estudios similares. El capítulo de Procedimiento describirá la metodología que se utilizó para realizar la revisión sistemática de este estudio. En el capítulo de Resultados se presentará los datos obtenidos a partir del análisis realizado. En el capítulo de Discusión se responderá a cada una de las preguntas de investigación a partir de la interpretación de los resultados obtenidos, y se presentará las limitaciones de la investigación. En el capítulo de Conclusiones se resumirá los aspectos importantes del estudio, en conjunto con las recomendaciones a partir del trabajo realizado.

2: Objetivo general y específicos

El objetivo general del presente trabajo es analizar y sintetizar el estado del arte en accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018. Para cumplir con este objetivo, se compararán algunas metodologías ya existentes para realizar revisiones sistemáticas, y se seleccionará la más adecuada para el procedimiento de este estudio. Además, se identificarán los objetivos de las investigaciones, las metodologías empleadas, los ámbitos investigados, el público objetivo, así como las principales barreras encontradas para el cumplimiento de las WCAG 2.1. Por lo tanto se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar y comparar distintas metodologías utilizadas en los procedimientos para la realización de las revisiones sistemáticas.
2. Elegir la metodología más apropiada para el desarrollo de una revisión sistemática en accesibilidad web.
3. Aplicar la metodología seleccionada para realizar la revisión sistemática de las publicaciones científicas sobre accesibilidad web.
4. Identificar los principales objetivos de los estudios recientes sobre accesibilidad web.
5. Analizar las metodologías empleadas en los estudios seleccionados en relación con la accesibilidad web.
6. Identificar las herramientas y técnicas más utilizadas para la evaluación de la accesibilidad web.
7. Analizar los ámbitos de investigación abordados en los estudios, identificando las áreas que necesitan una mayor atención.
8. Determinar el público objetivo al que están dirigido los estudios.
9. Identificar las principales barreras encontradas en el cumplimiento de las WCAG 2.1

10. Proponer recomendaciones para las futuras investigaciones, con el fin de lograr una mayor inclusión digital.

3: Marco Teórico

En este capítulo se desarrolla el fundamento teórico que apoya la investigación. Primero se exploran los conceptos relacionados con las revisiones sistemáticas, junto con algunas metodologías que se utilizan en los procedimientos de recopilación y selección de los estudios. Luego se comparan estas metodologías, y se elige la más adecuada para realizar la revisión sistemática en el ámbito de la accesibilidad web. Además, se presentan los principales conceptos y principios relacionados con la accesibilidad web. También se describen los métodos más utilizados para realizar las evaluaciones de accesibilidad web, y por último, se analizan los estudios similares encontrados.

3.1. Revisiones sistemáticas

Los artículos de revisión, como otros tipos de trabajos científicos, representan un tipo de investigación que utilizan fuentes bibliográficas o electrónicas para obtener hallazgos de investigaciones anteriores, con el fin de respaldar un objetivo específico. Existen dos categorías de artículos de revisión: las revisiones narrativas y las revisiones sistemáticas, y ambas implican un enfoque distinto en su realización[3].

En el caso de las revisiones narrativas se describe y analiza el desarrollo o el “estado del arte” de un tema desde una perspectiva teórica o contextual. En este tipo de revisiones no se especifican las fuentes empleadas, el método de búsqueda de referencias, ni los criterios para evaluar y seleccionar los estudios. En esencia, se trata de un análisis de la literatura publicada en libros y artículos de revistas, tanto impresos como electrónicos, que son interpretados y analizados críticamente por el autor de manera personal. Aunque son importantes para la generación del conocimiento, carecen de una metodología que favorezca la reproducción de datos y tampoco proporcionan respuestas cuantitativas a preguntas concretas[3].

Según el autor Sánchez Meca, en su artículo “*Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis*”[4], a diferencia de la revisión narrativa, la revisión sistemática “*es un tipo de investigación científica mediante la cual se revisa la literatura científica sobre un tema partiendo de una pregunta formulada de forma clara y objetiva, utilizando métodos*

sistemáticos y explícitos para localizar, seleccionar y valorar críticamente las investigaciones relevantes a dicha pregunta y aplicando protocolos sistemáticos para la recogida de datos e información de dichas investigaciones, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas y objetivas sobre qué es lo que dicen las evidencias sobre dicho tópico”.

Se pueden identificar dos categorías de revisiones sistemáticas, aquellas de carácter cualitativo y las de carácter cuantitativo o metaanálisis. Las revisiones sistemáticas de tipo cualitativo proporcionan una exposición descriptiva de las evidencias, sin la utilización de análisis estadísticos (revisiones sistemáticas sin meta-análisis). Por otro lado, las revisiones cuantitativas también pueden presentar información descriptiva, pero se diferencian principalmente de las revisiones cualitativas debido al uso de técnicas estadísticas para resumir de forma numérica los hallazgos en un estimador puntual, el cual es conocido como *meta-análisis*[4].

En el artículo [5], se detallan los cinco pasos fundamentales para realizar una revisión sistemática de calidad:

1. *Paso 1: Enmarcar preguntas para una revisión.*

Es importante establecer de forma clara los problemas que se van a tratar en la revisión sistemática a través de preguntas de investigación bien formuladas antes de comenzar el trabajo.

2. *Paso 2: Identificar el trabajo relevante.*

La búsqueda que se realiza debe ser rigurosa, utilizando fuentes tanto electrónicas como impresas, sin restricciones de idiomas. Los criterios de selección deben basarse en las preguntas de investigación. Se deben documentar los motivos de inclusión y exclusión de los estudios.

3. *Paso 3: Evaluar la calidad de los estudios.*

La elaboración de las preguntas (Paso 1) y los criterios de selección de estudios (Paso 2) deben establecer el estándar mínimo de calidad con relación al diseño. Los estudios seleccionados deben evaluarse con mayor profundidad a través de guías y listas de verificación (Paso3). A partir de estas evaluaciones se identifica la heterogeneidad y se determina si es adecuado realizar el metaanálisis (Paso 4). Además contribuyen a evaluar la consistencias de las conclusiones y desarrollar recomendaciones para futuras investigaciones (Paso 5).

4. *Paso 4: Resumiendo la evidencia.*

La síntesis de los datos consiste en recopilar información relacionada con las características, calidad y resultados de los estudios, así como el uso de estadísticas para realizar el metaanálisis. Se planifica con anterioridad la heterogeneidad (Paso 3). Si no es factible realizar un metanálisis general, se puede considerar realizar un metanálisis de subgrupos.

5. Paso 5: Interpretación de los hallazgos.

Es fundamental considerar los puntos clave mencionados en los cuatro pasos anteriores, así como examinar el riesgo de sesgo de publicación y otros sesgos relevantes. La exploración de la heterogeneidad es clave para evaluar la confiabilidad del resumen general de los datos; si esto no es posible, las conclusiones deben basarse en los resultados de estudios de alta calidad. También es crucial considerar las fortalezas y limitaciones de la evidencia disponible al hacer cualquier recomendación.

Para la realización de las revisiones sistemáticas es necesario utilizar una metodología, que debe aplicarse en cada una de las etapas del proceso de revisión. Es importante documentar y publicar la metodología empleada, independiente de la revisión o como parte de la misma [6]. A su vez, existen diversos enfoques metodológicos que se emplean como base inicial para establecer los protocolos de búsqueda adecuados para cada tipo de revisión sistemática, como la guía Cochrane, PRISMA, Kitchenham, entre otros. En este caso, para realizar la revisión sistemática en accesibilidad web, se analizan tres metodologías existentes y se selecciona la más apropiada en relación al tema.

Cochrane

Cochrane es una organización internacional sin fines de lucro compuesta por investigadores, profesionales de la salud y expertos que elaboran revisiones sistemáticas de alta calidad en el ámbito de la atención médica. En el manual “Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions”, referente a esta metodología, se establece un procedimiento riguroso par la realización de estas revisiones. Además, Cochrane, sigue una serie de principios claves como la colaboración, la prevención de esfuerzo duplicados, la actualización continua de la información, así como el acceso abierto a los resultados. Estos principios demuestran el compromiso de Cochrane en mantener y aumentar la calidad de las revisiones, así como en fomentar la participación amplia en sus actividades[7].

Esta metodología esta estructurada por grupos de trabajo (Cochrane Review Groups, CRG), que cuentan con el apoyo de grupos de metodología, centros y ámbitos. Los grupos de metodologías se encargan de discutir y mejorar los métodos empleados para la revisión, mientras que los centros ofrecen formación y apoyo a los autores de las revisiones. Por otro lado, las área se enfocan en diferentes dimensiones de la salud, como el tipo de intervención o de consumidor, asegurando que las prioridades en estos campos se reflejen en el trabajo de los CRG. Además, un equipo directivo central brinda dirección estratégica y apoyo en el mejoramiento de las revisiones[7].

La información obtenida de los estudios realizados de las revisiones Cochrane se almacena en la base de datos Cochrane de revisiones sistemáticas (Cochrane Database of Systematic Reviews, CDSR), perteneciente a la biblioteca Cochrane. Además, se puede acceder de forma gratuita en varios países a esta biblioteca, ofreciendo información de las revisiones realizadas[7].

La metodología propuesta en el manual [7] sigue una serie de pasos claros, que ofrecen una revisión rigurosa y transparente. En una primera instancia se formula una pregunta de investigación clara y luego se elabora un protocolo de revisión para la búsqueda de los estudios. A partir de los criterios de predefinidos se seleccionan los estudios relevantes y se evalúa la calidad de los mismos. Después se realiza la extracción de los datos, la síntesis de los resultados, y finalmente se analiza la fiabilidad de los hallazgos obtenidos[7].

PRISMA

La metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) fue desarrollada como una guía con el objetivo de mejorar la transparencia y calidad de las revisiones sistemáticas y metaanálisis. La misma está compuesta por una lista de verificación y un diagrama de flujo de cuatro fases (identificación, cribado, elegibilidad, inclusión). La lista de verificación contiene 27 elementos que son recomendaciones que garantizan la integridad y la claridad de los informes sobre estas evaluaciones. Estos incluyen detalles sobre identificación y selección de estudios, la evaluación de la calidad, la extracción de datos, la síntesis de los resultados y los hallazgos presentados. Por otro lado, en el diagrama de flujo se representa el proceso de selección de estudios y la inclusión de artículos en una revisión sistemática o meta-análisis, siguiendo una serie de pasos lógicos y secuenciales[8].

Es importante señalar que la aparición de la metodología PRISMA coincidió con la revisión y actualización de la quinta edición del Manual del Revisor Cochrane, cuyo objetivo es guiar a los autores de revisiones Cochrane a seguir un enfoque sistemático y detallado. Dado que existe una superposición considerable entre los autores de PRISMA y los asesores metodológicos de la Colaboración Cochrane, muchos de los cambios propuestos en PRISMA se han integrado en la actualización del Manual del Revisor Cochrane [9].

Por otra parte, se agregaron nuevos elementos a la lista de verificación como respuesta a cuatro aspectos conceptuales novedosos en la elaboración de revisiones sistemáticas. Estos aspectos consisten en dar detalles sobre el registro de la revisión, explicar de forma clara la elección de los estudios, evaluar el riesgo de sesgo en los estudios seleccionados, la diferencia entre los estudios y el análisis estadístico realizado[9].

Metodología por Kitchenham

La metodología Kitchenham, creada por Bárbara Kitchenham, es un enfoque utilizado para realizar revisiones sistemáticas de la literatura. Esta metodología se utiliza mucho en las áreas de la ingeniería de software, y garantiza la realización de una revisión sistemática objetiva y rigurosa[10].

Para llevar a cabo este procedimiento metodológico existe el informe técnico ‘Procedures for Performing Systematic Reviews’[11] escrito por Bárbara Kitchenham y Stuart Charters, donde se detallan los pasos para realizar una revisión sistemática en esta área. Este documento se basa en una revisión de tres directrices previas, que incluye el Manual

del revisor Cochrane, las directrices preparadas por el Consejo Nacional de Salud e Investigación Médica de Australia, y las directrices CRD (Centro de Revisión y Difusión) para quienes realizan o encargan revisiones[12]. Es importante destacar, que el informe está estructurado en base a las directrices CRD anteriormente mencionadas.

La versión más actual, “Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering”[13], se publicó en el 2007, donde se presentan las pautas generales para realizar revisiones sistemáticas. Estas pautas se dividen en tres fases de una revisión sistemática de la literatura: la planificación, la realización y el reporte, mostradas en la figura 3.1.

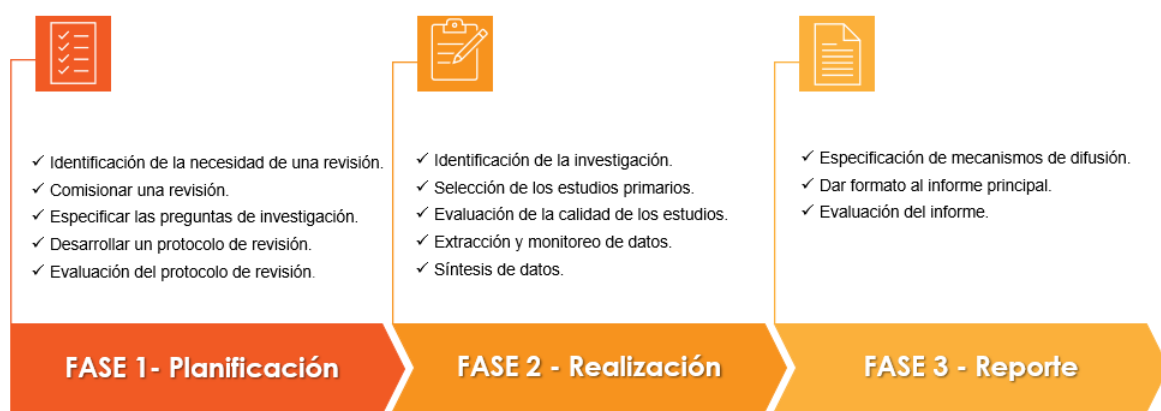


Figura 3.1: Fases de la metodología Kitchenham

A partir de la implementación de estas tres etapas se garantiza un procedimiento estructurado para realizar una revisión sistemática, logrando una transparencia y objetividad en el proceso. Es importante destacar que estas fases pueden ser iterativas, ya que varias tareas se desarrollan durante la fase de desarrollo del protocolo y se van ajustando a medida que avanza la revisión[13].

Análisis y selección de la metodología

Con el objetivo de seleccionar la metodología más adecuada para realizar la revisión sistemática del presente estudio relacionado con la accesibilidad web, se realiza un análisis donde se comparan las tres metodologías mencionadas anteriormente.

Cochrane es una metodología que está muy reconocida en el área de la salud ya que tiene un enfoque riguroso y detallado en el desarrollo de revisiones sistemáticas de intervenciones clínicas. Es por ello, que al estar más orientada a temas relacionados con la medicina, su utilización en estudios tecnológicos es limitado, existiendo la necesidad de realizar ajustes importantes para que se pueda adaptar a este tipo de investigaciones.

La metodología PRISMA es utilizada en una variedad de disciplinas científicas, mostrando cierta flexibilidad. Al presentar una estructura clara, basada en las listas de verificación y los diagramas de flujo, facilita la transparencia en las revisiones sistemáticas. Sin embargo, al no estar especialmente dirigida a la realización de revisiones sistemáticas en el campo de la tecnología, su aplicación en estas áreas puede presentar algunos desafíos, así como requerir de ajustes.

En cambio, la metodología Kitchenham fue creada especialmente para el desarrollo de revisiones sistemáticas en las áreas de la ingeniería de software, lo que la convierte en la metodología más apropiada para llevar a cabo el procedimiento del presente estudio. Esta metodología tiene en cuenta la variabilidad que pueden presentar los estudios relacionados con las áreas tecnológicas, garantizando una evaluación rigurosa y una síntesis sólida de los datos. Esto es relevante en el campo de la accesibilidad web, ya que los estudios pueden variar con relación a su enfoque.

Como se evidencia, cada una de estas metodologías aborda la revisión sistemática de forma distinta. Cochrane se centra en la elaboración clara de las preguntas y la evaluación rigurosa de la calidad de los estudios, mientras que la metodología PRISMA pone más interés en la transparencia y en facilitar que otras personas puedan replicar el proceso a partir de la lista de verificación. Por otro lado, Kitchenham está desarrollada para manejar los propios desafíos tecnológicos, haciéndola más adecuada para realizar una investigación en accesibilidad web, donde la relevancia y calidad de los estudios juegan un papel fundamental. Por estas razones, se ha seleccionado la metodología Kitchenham para realizar la revisión sistemática de las publicaciones científicas sobre accesibilidad web del presente estudio.

3.2. Accesibilidad web

El objetivo principal de la accesibilidad web es garantizar que todas las personas, independientemente de su nivel de conocimientos, habilidades o características técnicas de su equipo, puedan navegar y acceder a la información en las páginas web sin dificultades[14]. Es importante destacar la necesidad de promover la inclusión digital para obtener una igualdad de acceso a todos los usuarios.

En la actualidad, el acceso a la información y los servicios en línea es importante para la interacción y participación de la sociedad. Sin embargo, se puede evidenciar cómo existen personas con discapacidades o necesidades especiales que se enfrentan a barreras en el acceso a la información, siendo una limitante para la utilización de estos servicios.

Entre las discapacidades más comunes que afectan el acceso web se encuentran las deficiencias visuales como la ceguera y la baja visión, las auditivas y motrices, así como deficiencias cognitivas y de lenguaje que afectan la capacidad de comprensión, lectura y memoria[15]. Además se encuentran las limitaciones tecnológicas que pueden afectar la accesibilidad, así como la falta de conocimientos digitales para acceder a la información en línea[16].

Al tener en cuenta tanto las limitaciones personales relacionadas con las discapacidades como los obstáculos derivados del contexto y los dispositivos, se puede lograr una verdadera accesibilidad de los contenidos para todos los usuarios. En este sentido, es fundamental abordar las barreras tanto a nivel individual (discapacidades visuales, auditivas, motrices y cognitivas) como a nivel tecnológico y de conocimientos digitales.

Con el objetivo de promover que el conocimiento a través de las webs pueda ser accesible por todo el mundo, se funda en 1994 por Tim Berners-Lee, la organización internacional World Wide Web Consortium (W3C)³. Esta comunidad está compuesta por miembros individuales y organizacionales, que incluyen empresas, organizaciones sin fines de lucro y gobiernos. Estos miembros colaboran en el desarrollo de estándares abiertos y recomendaciones técnicas que definen cómo se deben usar y desarrollar las tecnologías web [17].

Web Accessibility Initiative (WAI)

La iniciativa de accesibilidad web (WAI) se desarrolla con el objetivo de promover la accesibilidad web a nivel global, incluyendo diferentes sectores, como la industria, las organizaciones dedicadas a la discapacidad, el gobierno, las entidades de investigación en accesibilidad, entre otros.

La WAI, junto con organizaciones internacionales, trabaja en varias áreas claves para mejorar la accesibilidad web. Primero, asegura que los estándares del W3C sean compatibles con la accesibilidad. También se desarrollan pautas para garantizar que tanto el contenido como las aplicaciones web, los navegadores y las herramientas de creación sean accesibles. Además, crean recursos para mejorar los procesos y herramientas de evaluación de la accesibilidad web. También se brinda apoyo a la educación y difusión sobre la accesibilidad web, así como la coordinación con la investigación y desarrollo que puedan afectar en el futuro en la accesibilidad web. Por último, se promueve la aceptación a nivel internacional de las normas de accesibilidad web[18].

Para que la web sea accesible para todas las personas, sin importar sus capacidades, es necesario que varios componentes de la web interactúen en su conjunto, como se muestra en la figura 3.2.

³<https://https://www.w3.org/>

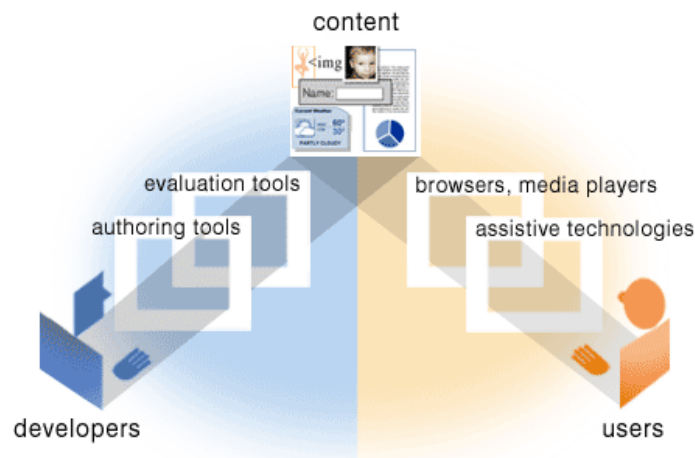


Figura 3.2: Componentes esenciales de la accesibilidad web. Fuente [1]

Estos componentes incluyen tanto el contenido, como texto e imágenes, así como el código que define la estructura y el diseño del sitio web. También se necesitan navegadores web y tecnologías de asistencia, como lectores de pantalla, para garantizar la accesibilidad. Por otro lado, los usuarios desempeñan un papel clave gracias a su conocimiento y experiencia en la navegación. Tanto los desarrolladores como los diseñadores, incluyendo aquellos con discapacidades, contribuyen en la creación de contenido accesible, utilizando herramientas de creación y evaluación para asegurar la accesibilidad[1].

Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)

Las directrices de accesibilidad para el contenido web (WCAG) promovidas por el W3C, son un conjunto de pautas y estándares establecidos que proporcionan criterios técnicos y recomendaciones para asegurar que los sitios web sean accesibles[14].

WCAG 1.0 fue la primera versión de las pautas de accesibilidad para el contenido web, publicada por el W3C en mayo de 1999. A partir de esta versión inicial se establecieron 14 pautas, que son los principios generales del diseño accesible para personas con discapacidades. Para cumplir con cada una de las pautas existe una lista de puntos de verificación. Cada uno de estos puntos, tiene la finalidad de ser lo bastante detallado como para que cualquier persona que revise una página o sitio pueda verificar su cumplimiento. A su vez, cada punto de verificación tiene asociado una prioridad (Prioridad 1, prioridad 2 y prioridad 3), y se establece un nivel de adecuación correspondiente (Nivel A, Nivel AA y Nivel AAA). En el primer nivel se garantiza que se cumplan todos los requisitos de prioridad 1, en el segundo nivel se asegura que se cumplan tanto los requisitos de prioridad 1 como los de prioridad 2, y por último, en el tercer nivel se asegura que se cumplan todos los requisitos de prioridad 1, 2 y 3[19].

A medida que la tecnología web avanzaba y se desarrollaban nuevas formas de interacción en línea, se hizo evidente que era necesario un conjunto de pautas más completo

y actualizado para garantizar la accesibilidad de las personas con discapacidades. Es por esta razón, que en diciembre del 2008, la versión WCAG 1.0 fue reemplazada por WCAG 2.0, y se informó el 15 de octubre de 2012 que las pautas pertenecientes a esta última versión fueron aceptadas oficialmente como el estándar internacional ISO/IEC 40500:2012[20]. De manera similar a la WCAG 1.0, se incluyen una serie de directrices que deben considerarse como puntos de verificación. Estas directrices se dividen en diferentes niveles de cumplimiento (A, AA, AAA), pero también se organizan en torno a cuatro principios fundamentales que deben tenerse en cuenta para garantizar la accesibilidad del contenido: perceptible, operable, comprensible y robusto. Esto significa que el contenido debe ser fácilmente percibido por todos, permitir la interacción efectiva, ser comprensible para todos los usuarios y funcionar correctamente en diferentes tecnologías y dispositivos. De igual manera, cada principio incluye pautas y criterios de éxito específicos que los desarrolladores deben cumplir para lograr la accesibilidad web[21].

Web Content Accessibility Guidelines 2.1

Con el avance continuo de la tecnología web, se identificaron nuevos desafíos y requisitos de accesibilidad que requerían pautas actualizadas. Con el objetivo de abarcar estas necesidades y aspectos específicos de accesibilidad que no se tuvieron en cuenta en las WCAG 2.0, en junio del 2018 se publicó la versión WCAG 2.1. Esta guía se construye sobre la base de la WCAG 2.0 y proporciona una serie de pautas y criterios técnicos que los diseñadores, desarrolladores y creadores de contenido pueden seguir para garantizar que sus sitios web sean más accesibles. Al ser una ampliación de las directrices de accesibilidad web 2.0 publicadas en 2008, al cumplir con las WCAG 2.1 implica cumplir también con las WCAG 2.0. De igual manera, se recomienda el uso de las WCAG 2.1 para garantizar la máxima aplicabilidad futura de la accesibilidad web, aunque las WCAG 2.0 siguen siendo válidas[22].

La WCAG 2.1 se centra en mejorar la accesibilidad para una variedad de discapacidades, incluyendo discapacidades visuales, auditivas, cognitivas, motoras y de habla. Están conformadas por 4 principios, 13 pautas y 78 criterios de conformidad (cumplimiento o éxito), más una colección de técnicas suficientes y técnicas de asesoramiento. De igual manera que las pautas WCAG 2.0, se mantienen los cuatro principios que proporcionan la base para la accesibilidad web: perceptible, operable, comprensible y robusto. Estos principios sirven como guía general para garantizar que el contenido web sea accesible. Bajo los principios se encuentran las 13 pautas, que garantizan los objetivos básicos a los que los autores deben aspirar para hacer que el contenido sea más accesible para usuarios con diversas discapacidades[23]. En la figura 3.3 se observa cada uno de los cuatro principios, las pautas correspondientes, así como los criterios de éxitos identificados en cada una.

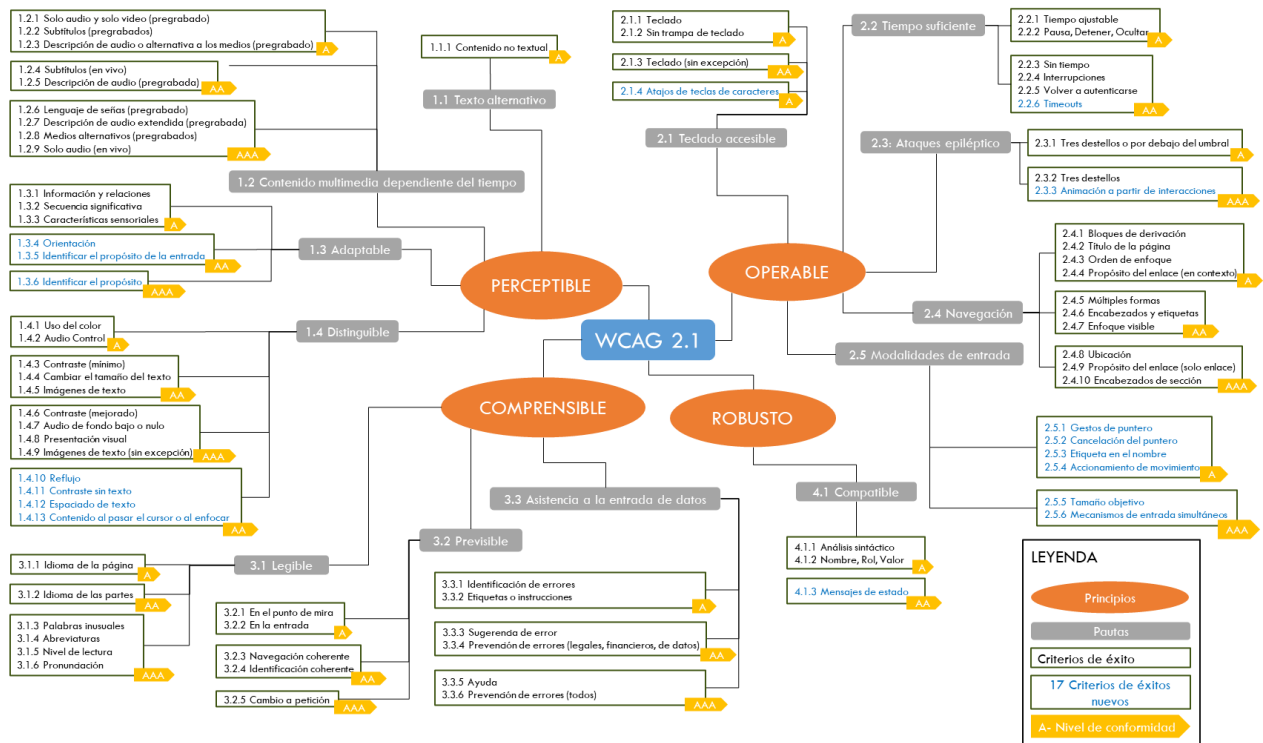


Figura 3.3: Pautas de accesibilidad web 2.1

Entre los 78 criterios de éxito que incluye la WCAG 2.1, 17 son nuevos y específicos de esta versión, introducidos para abordar las necesidades emergentes de accesibilidad en la web. Estos nuevos criterios abordan áreas adicionales de accesibilidad, como la accesibilidad en dispositivos móviles, así como la inclusión de disposiciones en áreas relacionadas con la visión reducida y discapacidades cognitivas y de aprendizaje[24].

Las WCAG 2.1 introduce mejoras importantes en la capacidad de respuesta de las interfaces táctiles, dando orientación para gestos complejos y evitando activaciones involuntarias. Además, estas pautas aumentan los requisitos de contraste para gráficos, lo que es útil para las personas con visión reducida, y permiten personalizar el texto y el diseño, favoreciendo una mejor percepción visual del contenido. También se incluyen requisitos específicos para personas con discapacidades cognitivas, del lenguaje y de aprendizaje, como proporcionar información clara sobre el uso de los controles de entrada y permitir tiempos de espera por inactividad[25].

Web Content Accessibility Guidelines 2.2

En octubre del 2023, se publicaron las WCAG 2.2, siendo esta la actualización más reciente de las pautas de accesibilidad web del W3C. Esta versión añade los siguientes nueve nuevos criterios de éxito que mejoran la accesibilidad, especialmente para personas con discapacidades cognitivas, visuales y motoras[26]:

- 2.4.11 Enfoque no oscurecido (mínimo) (AA)
- 2.4.12 Enfoque no oscurecido (mejorado) (AAA)
- 2.4.13 Apariencia de enfoque (AAA)
- 2.5.7 Movimientos de arrastre (AA)
- 2.5.8 Tamaño objetivo (mínimo) (AA)
- 3.2.6 Ayuda coherente (A)
- 3.3.7 Entrada redundante (A)
- 3.3.8 Autenticación accesible (mínimo) (AA)
- 3.3.9 Autenticación accesible (mejorada) (AAA)

Estos nuevos criterios se enfocan en hacer más accesibles los botones, mejorar la navegación por teclado y gestionar mejor los tiempos de inactividad. Los criterios de éxito en WCAG 2.0 y 2.1 son en su mayoría iguales en WCAG 2.2, con una excepción importante: el criterio 4.1.1 Análisis, que estaba presente en las versiones anteriores, ha sido eliminado en WCAG 2.2 debido a que se considera obsoleto[27].

Las WCAG 2.2 amplían las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web 2.1. El contenido que cumple con WCAG 2.2 también satisface los requisitos de WCAG 2.0 y WCAG 2.1. El objetivo del grupo de trabajo es que, para las políticas que exijan conformidad con WCAG 2.0 o WCAG 2.1, WCAG 2.2 ofrezca una alternativa válida. La publicación de WCAG 2.2 no invalida ni sustituye a WCAG 2.0 o WCAG 2.1. Aunque ambas versiones anteriores siguen siendo recomendaciones del W3C, se sugiere usar WCAG 2.2 para asegurar una mayor relevancia a futuro en las iniciativas de accesibilidad[26].

Las WCAG 2.2 se publicaron en octubre de 2023, por lo que su adopción aún está en una etapa inicial. Implementar estas pautas lleva tiempo, ya que los desarrolladores y organizaciones necesitan ajustar sus procesos. Por esta razón, esta investigación se basa en las WCAG 2.1, que siguen siendo el estándar más utilizado en la mayoría de los sitios web.

Metodologías para la evaluación de la accesibilidad web

Para garantizar que los sitios web sean accesibles para el público en general, es necesario la realización de evaluaciones que identifiquen barreras que obstaculicen el cumplimiento de las pautas de accesibilidad. Es por ello, que existen diferentes métodos para llevar a cabo estas evaluaciones, los cuales se clasifican en automáticos y manuales. Estos enfoques usualmente se utilizan en conjunto para lograr una evaluación más completa y precisa[28].

Los métodos automáticos se caracterizan por la utilización de herramientas y software que están especializados para analizar los sitios web de manera rápida, determinando el grado de cumplimiento de las pautas de accesibilidad web. Este tipo de herramientas

inspeccionan el código HTML y CSS (Hojas de Estilo en Cascada), así como otros elementos del sitio web, identificando las posibles barreras para los usuarios. Además, al ser automáticos garantizan un ahorro de tiempo y de recursos[29]. Entre las herramientas automáticas más utilizadas se encuentran:

- El Servicio de validación de marcado del W3C (W3C Markup Validation Service), es un servicio en línea gratuito que facilita la corrección sintáctica de un documento web. Además, admite una amplia variedad de documentos como la familia HTML, incluyendo HTML 4.01, las versiones 1.0 y 1.1 de XHTML, MathML, SMIL y SVG en sus versiones 1.0 y 1.1, incluyendo perfiles móviles. Por otra parte, este validador cumple con los estándares internacionales ISO/IEC 15445 (HTML) y ISO 8879 (SGML), lo que significa que puede validar documentos según estos estándares además de las recomendaciones del W3C[30].
- El Validador de CSS del W3C es una aplicación de código abierto creada por el W3C para asistir a diseñadores y desarrolladores web en la validación de sus CSS. Puede ser utilizado a través de su servicio en línea gratuito o descargarse para su uso como una aplicación Java independiente o como un servlet Java en un servidor. Su objetivo principal es identificar errores, tipos de letra y usos incorrectos de CSS, ayudando a garantizar la usabilidad y accesibilidad del código CSS en documentos HTML o XHTML. La herramienta también ofrece opciones avanzadas para la validación según diferentes perfiles y versiones de CSS[31].
- TAW es una herramienta automática en línea de referencia en habla hispana que lleva más de 15 años en funcionamiento, destinada para analizar la accesibilidad web. Se crea teniendo como referencia técnica las pautas de accesibilidad al contenido web (WCAG 2.1) establecidos por el W3C, y está destinada para satisfacer las necesidades de dos tipos de usuarios: aquellos que no tienen experiencia y desean evaluar la accesibilidad de su sitio web, y profesionales del campo como desarrolladores y diseñadores de páginas web. Para garantizar la accesibilidad web de todas las personas, independientemente de sus características individuales, TAW se centra en verificar el grado de accesibilidad logrado en el diseño y desarrollo de sitios web. TAW realiza comprobaciones automáticas, detectando problemas de accesibilidad que deben ser solucionados, y comprobaciones manuales, donde señala posibles problemas que el evaluador debe confirmar o descartar[32].
- WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool) es una herramienta en línea desarrollada WebAIM (Web Accessibility in Mind) que permite identificar los problemas de accesibilidad web y evaluar el cumplimiento de las WCAG. Entre los recursos que ofrece esta herramienta se encuentran las extensiones de los navegadores, APIs (Aplicación Programming Interface) que se integran con infraestructuras de desarrollo e informes que detallan la información de las evaluaciones realizadas tanto automáticas como manuales. Por otro lado, esta herramienta no brinda una certificación de accesibilidad web, sino que resalta las áreas que necesitan mayor atención para mejorar la accesibilidad en el sitio evaluado[33].

- AChecker es una herramienta gratuita y de código abierto, que facilita la evaluación de los sitios web de forma interactiva, permitiendo la utilización de pautas predefinidas o configurar directrices personalizadas según las necesidades del evaluador. Entre sus características más destacadas se incluye un gestor de directrices, un gestor de comprobaciones, un evaluador de CSS, una evaluación de contraste de color y la posibilidad de realizar evaluaciones en varios idiomas. A partir de esta herramienta los resultados se clasifican en problemas ya conocidos, probables y potenciales, haciendo más fácil para los usuarios la identificación de las barreras de accesibilidad en los sitios web[34].

A pesar de que las herramientas automáticas facilitan la detección de los errores básicos tienen limitaciones, ya que no pueden analizar la experiencia completa de los usuarios ni detectar los problemas más complejos. Es por ello, que con la utilización de los métodos manuales, se complementa una evaluación más eficiente. Este tipo de evaluaciones realizadas por usuarios o expertos permiten un análisis más detallado como usabilidad y la navegabilidad para todos los usuarios.

Las evaluaciones manuales incluyen diferentes tipo de pruebas, que varían en dependencia del nivel de conocimiento que se necesite. Por ejemplo, la verificación de texto alternativo en imágenes o subtítulos pueden realizarse por personas que no tengan conocimientos técnicos. Sin embargo, otras como las revisiones de códigos de los sitios web requieren de habilidades más específicas. También existen las pruebas realizadas por expertos que analizan cómo las personas con algún tipo de discapacidad utilizan la web, para anticipar y resolver las barreras que estos usuarios podrían encontrar[35]. Algunas de las metodologías y herramientas utilizadas por expertos se describen a continuación:

- Metodología de evaluación de la conformidad de la accesibilidad del sitio web (WCAG-EM): Se trata de un enfoque estructurado, desarrollado por el W3C dentro de la WAI, que se utiliza para verificar cómo un sitio web cumple con las WCAG. Esta metodología está organizada en cinco etapas: primero se define el alcance de la evaluación, luego se explora el sitio web, se selecciona una muestra representativa, se evalúa esta muestra y finalmente se generan informes de los resultados obtenidos. Además, esta diseñada para ayudar a los evaluadores y auditores a realizar evaluaciones de accesibilidad web más robustas[36].
- Método Barrier Walkthrough (BW): Se centra en identificar barreras de accesibilidad en sitios web o aplicaciones analizando la interacción de los usuarios con el sistema. A partir de este método, se observa todo el recorrido que realiza un usuario al completar una serie de tareas específicas, prestando atención en los obstáculos que el mismo pudiera encontrar afectando su experiencia. Este método permite la detección de problemas que no pueden verse a simple vista, ya que se enfoca directamente en la usabilidad real[37].
- Pruebas heurísticas: Es un método de evaluación de usabilidad donde uno o varios expertos revisan la interfaz de un sitio web o aplicación utilizando un conjunto de

principios establecidos. Este método tiene como principal objetivo identificar los posibles problemas que dificulten la experiencia del usuario al interactuar con el sistema[38].

Por otro lado existen las pruebas de usuario, que son llevadas a cabo por usuarios reales. Este tipo de pruebas son importantes, ya que permiten comprobar si las soluciones técnicas existentes realmente cumplen con las necesidades de los usuarios que utilizan la web. A pesar de que existen las normas de accesibilidad web, los estudios han demostrado que no todas las evaluaciones realizadas por expertos detectan todos los problemas. Por eso, es importante realizar este tipo de pruebas con usuarios reales para identificar y resolver de forma más completa las barreras de accesibilidad[35].

Sin embargo, uno de los problemas en este tipo de pruebas es diferenciar entre las barreras de accesibilidad reales y las preferencias o limitaciones de cada usuario. Es por ello, que es importante analizar cada situación en detalle para identificar de forma correcta el problema[35].

Se puede evidenciar, que tanto las evaluaciones automatizadas como las manuales son importantes para tener una visión más completa de la accesibilidad web. Las herramientas automáticas son rápidas y efectivas en la detección de errores, y por otro lado, los métodos manuales permiten identificar los problemas más complejos que las herramientas por sí solas no logran. Con la combinación de ambas metodologías se garantiza una evaluación de la accesibilidad más eficiente y exhaustiva.

3.3. Estudios similares de accesibilidad web

Se han realizado varias investigaciones sobre accesibilidad web en sectores como la educación, la salud, el gobierno, así como en aplicaciones móviles. En este apartado se examinan algunos de estos estudios previos para analizar el estado actual de las investigaciones en accesibilidad web. A continuación se presentan algunos de los estudios más relevantes:

- **Web Accessibility Challenges[39]:** Este estudio realiza un análisis crítico de los principales desafíos relacionados con la accesibilidad web. Se destaca, que a pesar de la importancia de la accesibilidad web, existen muchos sitios que no son accesibles para algunos usuarios. Entre los principales problemas señalados en el estudio está la falta de conocimiento en accesibilidad por parte de los desarrolladores, así como la falta de información más clara sobre cómo identificar rápidamente los problemas utilizando diferentes métodos de evaluación. También propone una serie de recomendaciones a partir de los problemas encontrados.
- **Empirical studies on web accessibility of educational websites: A systematic literature review[40]** realiza una revisión sistemática de los métodos empíricos de la evaluación de la accesibilidad web publicadas hasta el 2020. Esta estudio se enfoca en el ámbito

educativo, las discapacidades y los errores encontrados. Los resultados muestran que todos los sitios web analizados tienen errores de accesibilidad incumpliendo con los estándares establecidos. También destaca la necesidad de combinar los métodos automáticos y manuales para mejorar las evaluaciones.

- *Web Accessibility Evaluation Methods: A Systematic Review*[41] realiza una revisión sistemática de las técnicas y métodos que se emplean actualmente para realizar las evaluaciones de accesibilidad web. Los resultados del estudio demuestran que la utilización de los métodos automáticos es más común en el desarrollo de este tipo de evaluaciones. Por otro lado, la mayoría de los estudios seleccionados se enfocan en el sector educativo, seguido por el sector gubernamental. También las discapacidades son tratadas de forma general en la mayor parte de los estudios.
- *Web Accessibility Performance Analysis Using Web Content Accessibility Guidelines and Automated Tools: A Systematic Literature Review*[42] realiza una revisión sistemática de las herramientas automáticas para las evaluaciones de accesibilidad web de los estudios publicados entre el 2002 y 2021. Los resultados demuestran una tendencia creciente del uso de las herramientas automáticas, así como un predominio de las evaluaciones en el ámbito de la educación.
- *A Systematic Literature Review to Determine the Web Accessibility Issues in Saudi Arabian University and Government Websites for Disable People*[43] realiza una revisión sistemática para identificar los problemas de accesibilidad web de los sitios web de universidades y entidades gubernamentales de Arabia Saudita, incluyendo las investigaciones publicadas entre 2009 y 2017. Los resultados del estudio reflejan que las WCAG 1.0 y 2.0 no incluyen de forma completa todas las necesidades de los usuarios. Además, los hallazgos indican que la mayoría de los sitios no cumplen con las pautas de accesibilidad.

A partir de los estudios previos analizados, se evidencia, que a pesar del avance en la implementación de las WCAG 2.1, la mayoría de los sitios incumplen con las pautas de accesibilidad. También algunos estudios destacan la importancia de combinar los métodos manuales y automáticos para realizar una evaluación de la accesibilidad más completa. Por otro lado, se observa un enfoque en áreas específicas como la educación y el gobierno. Sin embargo, a pesar de los estudios encontrados, se evidencia la necesidad de seguir investigando en el tema de accesibilidad web, lo que justifica un análisis más amplio para lograr una mayor inclusión digital.

4: Procedimiento

La revisión sistemática del presente estudio se llevó a cabo utilizando la metodología Kitchenham, para ello se siguieron los pasos establecidos en el informe técnico ‘Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering’[13].

En este capítulo se presenta la fase de planificación, donde se identifica la necesidad de la revisión sistemática propuesta, se formulan las preguntas de investigación y se realiza el protocolo de revisión, que servirá de guía para llevar a cabo todo el procedimiento del estudio. Además, se identifican las base de datos utilizadas, los términos de búsqueda, así como los criterios de inclusión y exclusión para la selección de los estudios. Se explica cómo se llevará a cabo la evaluación de la calidad de los estudios, la estrategia de extracción de los datos y la síntesis de los mismos. Es importante destacar, que en esta revisión no se tendrán en consideración las etapas: comisionar una revisión, evaluar el protocolo de revisión, ni evaluación del informe, ya que el informe técnico refleja que no son obligatorias.

4.1. Identificación de la necesidad de un estudio de revisión sistemática

Como se explica en el apartado 3.3, es necesario tener una visión mas general de la investigación en accesibilidad web desde la publicación del las WCAG 2.1. Aunque se han encontrado diferentes estudios relacionados con el tema, se enfocan en áreas muy específicas para realizar las evaluaciones web, como es el caso del ámbito educativo y gubernamental. Por otro lado, estas investigaciones estudian herramientas específicas, así como grupos de usuarios en particular. A través de un enfoque más amplio se podrán identificar patrones y tendencias, así como las áreas que necesiten mayor atención para mejorar la inclusión digital. De igual manera, esta revisión sistemática más generalizada permitirá a los desarrolladores y diseñadores de sitios web comprender mejor la aplicación de las WCAG 2.1 en la actualidad, mejorando sus prácticas para lograr que los sitios web sean más accesibles y cumplan con las pautas establecidas.

4.2. Preguntas de investigación

La presente investigación pretende analizar y sintetizar el estado del arte en accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018. Con el objetivo de realizar un análisis estructurado, se identificaron las siguientes las preguntas de investigación:

- P1-¿Qué objetivos principales se identifican en los estudios de accesibilidad web seleccionados? Identificar los principales enfoques tratados en la investigación sobre accesibilidad web.
- P2-¿Qué métodos se utilizan para la evaluación de la accesibilidad de los sitios web en relación con las WCAG 2.1? Clasificar los métodos empleados en la evaluación de la accesibilidad web en relación con las WCAG 2.1
- P3-¿Qué herramientas y técnicas se usan para evaluar la accesibilidad web en estudios recientes en relación con las WCAG 2.1? Identificar las herramientas y técnicas que se emplean para evaluar la accesibilidad web en relación con las WCAG 2.1.
- P4-¿Qué ámbitos específicos están recibiendo mayor atención en la investigación actual sobre accesibilidad web? Identificar las áreas más destacadas en este campo y evaluar su importancia en el contexto de la accesibilidad web.
- P5-¿Cuál es el público objetivo de los estudios recientes sobre accesibilidad web y qué grupos de personas con discapacidades son más considerados en la investigación? Identificar los usuarios más considerados en estas investigaciones.
- P6-¿Cuáles son los principales desafíos y barreras al analizar la accesibilidad web, especialmente en relación con el cumplimiento de las WCAG 2.1? Analizar cómo se aplican los principios, pautas y criterios de éxito de las WCAG 2.1 en la evaluación de la accesibilidad web, e identificar las áreas que requieren mayor atención para mejorar el cumplimiento de estos estándares.

4.3. Estrategias de búsqueda

Siguiendo los pasos de la metodología de Kitchenham, es necesario determinar y seguir una estrategia de búsqueda, con el objetivo de identificar de manera exhaustiva y rigurosa la literatura científica relevante relacionada con el tema de investigación.

Con el objetivo de acceder a los trabajos más relevantes y confiables, se utilizaron como fuentes de datos las siguientes bibliotecas:

- Scopus ⁴: Para asegurar un amplio acceso a los estudios disponibles se utilizó esta base de datos como la fuente principal. En Scopus, los trabajos publicados provienen

⁴<https://www.scopus.com>

de revistas científicas, conferencias y otras fuentes académicas. Por otro lado, las herramientas que utiliza para realizar las búsquedas facilitan la obtención de la información[44].

- IEEE Explorer ⁵: Esta base de datos es útil para los temas relacionados con la informática e ingeniería. Ofrece acceso a los artículos, conferencias y estándares.
- Web of Science ⁶: Esta base de datos ofrece una variedad de estudios revisados por pares en distintos campos. Además, presenta un prestigio que asegura la calidad de los trabajos incluidos.
- Google Scholar ⁷: Esta base de datos se utilizó como apoyo para la consulta de algunos estudios específicos, así como para identificar referencias bibliográficas. Al mismo tiempo, proporciona un amplio acceso a una variedad de publicaciones[45].

Estas plataformas fueron seleccionadas estratégicamente para asegurar una revisión sistemática exhaustiva y bien fundamentada, abarcando la investigación más relevante y actualizada sobre accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1.

Con el objetivo de realizar la evaluación de la calidad de los estudios seleccionados, se emplearon las base de datos Journal Citation Reports (JCR)⁸ y Scimago Journal & Country Rank (SJR)⁹. Estas bases de datos se utilizan para medir el factor de impacto de las revistas donde están publicados los artículos. Por otro lado, se utiliza la herramienta GII-GRIN-SCIE Conference Rating (GGS)¹⁰ para realizar la evaluación de la calidad de los artículos de conferencias, clasificándolas en diferentes categorías según su relevancia. Con el uso de JCR, SJR y GGS, se intenta garantizar la relevancia de los estudios seleccionados.

En la estrategia de búsqueda utilizada se establecieron las **palabras clave**: web accessibility y WCAG 2.1, en los años comprendidos entre 2018 y la actualidad. Se seleccionó este período de búsqueda ya que el objetivo principal de esta investigación se centra en la accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018. La cadena de búsqueda quedó estructurada de la siguiente manera: (“WCAG 2.1” OR “web accessibility”) AND (2018 OR 2019 OR 2020 OR 2021 OR 2022 OR 2023). Dado que cada una de las base de datos utilizadas para la selección de los estudios presentan sintaxis específicas, la cadena de búsqueda establecida se adaptó a los diferentes formatos. Las palabras clave se aplicaron para filtrar por título, resumen y palabras clave de los estudios.

⁵<https://ieeexplore.ieee.org>

⁶<https://www.webofscience.com>

⁷<https://scholar.google.es>

⁸<https://jcr.clarivate.com/jcr/home?Init=Yes&SrcApp=IC2LS>

⁹<https://www.scimagojr.com>

¹⁰<https://www.scie.es/nueva-version-clasificacion-ggs/>

4.4. Criterios de inclusión y exclusión

Con el objetivo de seleccionar los estudios más relevantes relacionados con la presente investigación, se definieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

- CI-1 Disponibilidad: Estudios accesibles en texto completo para la comunidad científica e investigadora.
- CI-2 Idioma: Estudios que estén escritos en los idiomas inglés y español para un mayor alcance.
- CI-3 Tema: Estudios relacionados con la accesibilidad web enfocados en las WCAG 2.1, para garantizar que se alineen con el objetivo de la revisión.
- CI-4 Publicaciones científicas y técnicas de fuentes confiables: Trabajos académicos, informes técnicos y documentos publicados en revistas o conferencias reconocidas e indexadas.
- CI-5 Temporalidad: Estudios publicados en el período comprendido entre el año 2018 hasta la actualidad.

Criterios de exclusión

- CE-1 Duplicados: Estudios duplicados en diferentes bases de datos, para evitar redundancias y sesgos en la revisión.
- CE-2 Disponibilidad: Estudios que no estén disponibles en texto completo y no sean accesibles a través de las afiliaciones de docentes e investigadores.
- CE-3 Idioma: Estudios publicados en idiomas distintos al inglés o español, debido a que estos son los idiomas más populares en la comunidad científica.
- CE-4 Tema: Estudios que no se relacionen con la accesibilidad web enfocados en las WCAG 2.1.
- CE-5 Tipo de documento: Resúmenes, cartas al editor, informes no revisados por pares.
- CE-6 Temporalidad: Estudios publicados antes del año 2018, ya que no son relevantes para el análisis del impacto de las WCAG 2.1.

4.5. Calidad de los estudios

En esta revisión sistemática, para la evaluación de la calidad de los estudios, se realiza un análisis en función del factor de impacto y la clasificación GGS de revistas y conferencias respectivamente. A continuación, se describe el procedimiento utilizado.

- Paso 1: Los estudios serán clasificados según su tipo de documento, como artículos de revistas y artículos de conferencias, ya que estos tienen diferentes procesos de evaluación.
- Paso 2: Para los artículos de revistas, se comprobará si están indexados en las bases de datos JCR y SJR, las cuales proporcionan información clave sobre el impacto de cada revista en la comunidad científica. En el caso de los artículos de conferencias, se utilizará la clasificación GGS, que clasifica las conferencias en categorías basadas en su prestigio, desde A* (máximo prestigio) hasta C (mínimo).
- Paso 3: Los artículos indexados en JCR y SJR serán clasificados según su cuartil, desde Q1 hasta Q4, para medir su impacto académico. El cuartil Q1 representará el máximo impacto, seguido por Q2 (buen impacto), Q3 (impacto moderado) y Q4 (bajo impacto académico). Los artículos serán clasificados utilizando la clasificación GGS, en la cual A* representa conferencias de máxima relevancia, A (conferencias de alta calidad), B (conferencias de impacto moderado) y C (conferencias de menor relevancia).
- Paso 4: Cada estudio será asignado a su respectiva categoría o cuartil, de acuerdo con la base de datos en la que esté indexado. Para los artículos de revistas, se utilizarán los cuartiles de JCR o SJR; para los artículos de conferencias, se utilizará la clasificación GGS. En el caso de los estudios que no estén indexados o clasificados serán analizados por separado.

4.6. Estrategia de extracción de datos

Se realizó un proceso de extracción de datos con el objetivo de recopilar la información más relevante de los estudios seleccionados, y de igual manera responder a las preguntas de investigación planteadas. Al utilizar las bases de datos indexadas Scopus, IEEE Xplore, Google Scholar y Web of Science, el procedimiento de exportación en formato CSV (Comma Separate Values) facilitó este proceso de extracción. Se diseñó una hoja de cálculo Microsoft Excel que incluye los siguientes campos:

- Autor/es: Nombres de los autores que colaboraron en la creación del estudio.
- Título: Título del estudio, que proporciona una idea sobre el tema del mismo.
- Resumen: Resumen del estudio, que proporciona una idea del contenido y los hallazgos más importantes.

- Año de la publicación: Año en que el estudio fue publicado, permitiendo evaluar la vigencia del estudio.
- Título de la fuente: Nombre de la revista, conferencia o fuente donde fue publicado el estudio.
- DOI: Identificador digital del artículo, lo que facilita el acceso del estudio.
- Editorial: Nombre de la editorial u organización responsable de la publicación del estudio.
- Tipo de documento: Tipo de documento, como artículos de revistas, actas de congresos, tesis, entre otros.
- Citas: Cantidad de citas que ha tenido el estudio, facilitando su impacto y relevancia.
- Categorías de codificación: Se agregarán campos adicionales para la codificación cualitativa siguiendo los pasos de “The Coding Manual for Qualitative Researchers” (Manual de Saldaña)[46].

4.7. Síntesis de los datos extraídos

En esta sección se explica el procedimiento para realizar la síntesis de los datos extraídos. Se realizan dos tipos de análisis: cualitativo y cuantitativo. Para llevar a cabo el análisis cualitativo se utiliza el enfoque metodológico de “The Coding Manual for Qualitative Researchers”[46] de Johnny Saldaña (Manual de Saldaña). A través de esta metodología se pretende identificar los patrones más significativos, así como las tendencias reflejadas en la investigación. El procedimiento de codificación se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Paso 1-Preparación: Es importante entender de forma clara la metodología cualitativa, los objetivos del estudio, los datos que van a ser analizados y las preguntas de investigación formuladas inicialmente.
- Paso 2-Organización: Cuando se finaliza el proceso de selección de los estudios, se extraen los datos necesarios de los mismos de forma organizada.
- Paso 3-Lectura de los datos: Una vez los datos extraídos de cada estudio están organizados, se realiza una lectura sistemática de los mismos.
- Paso 4-Identificación de unidades de análisis: Se identifican palabras clave, párrafos o apartados del estudio que facilitan un análisis más detallado.
- Paso 5-Creación de categorías iniciales: Se crean categorías para clasificar los estudios. Estas categorías se establecen a partir de la observación directa de los datos.
- Paso 6-Creación de un sistema de codificación: Después del paso 5, se realiza una codificación más detallada. Se establecen las categorías, y las subcategorías.

- Paso 7-Aplicación de la codificación: Los datos de los estudios se codifican utilizando el sistema del paso 6.
- Paso 8-Revisión y ajustes: Durante la revisión de los estudios se pueden realizar los ajustes necesarios, ya que pueden surgir nuevos patrones.
- Paso 9-Análisis e interpretación: Una vez que se definen las categorías y se codifican los datos, se realiza un análisis más profundo para identificar tendencias y patrones.
- Paso 10-Síntesis de resultados: Por último, se integran los hallazgos de los diferentes estudios para realizar un análisis de los resultados objetivos, y de esta forma responder a las preguntas de investigación.

El proceso de codificación es iterativo, por lo que es importante destacar que la clasificación de las categorías puede variar en la medida que se realiza el análisis. A través de los pasos identificados anteriormente se logra un análisis cualitativo que permite obtener resultados valiosos para el estudio.

A partir de los resultados del análisis cualitativo se realiza un análisis cuantitativo para enriquecer los resultados de la revisión sistemática, y darle respuesta a las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio. Para realizar este análisis se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Paso 1-Conversion de datos cualitativos a cuantitativos: Se convierten las categorías y subcategorías identificadas en el proceso de codificación en variables numéricas, asignando un valor de 1 a cada una para sumar las cantidades correspondientes.
- Paso 2-Creación de una base de datos cuantitativa: Los datos codificados se organizaron en una hoja de cálculo Microsoft Excel, donde cada columna representa una categoría o subcategoría registrando las frecuencias en cada caso.
- Paso 3-Análisis descriptivo: Se realiza un análisis estadístico de las categorías y subcategorías, calculando porcentajes y frecuencias para identificar tendencias y patrones. Se crean gráficos para mostrar las diferentes distribuciones analizadas.

Con la combinación del análisis cualitativo y cuantitativo se garantiza un trabajo más completo, logrando obtener mejores resultados para la presente revisión sistemática.

5: Resultados

En este capítulo se explican los resultados del análisis de la revisión sistemática del presente estudio. Se realiza la selección de los estudios a partir de los criterios de inclusión y exclusión descritos en la sección 4.4. Además, se evalúa la calidad de los estudios seleccionados según los pasos definidos en el apartado 4.5. Se presentan los resultados cualitativos a partir de la codificación empleada, y posteriormente se hace un análisis cuantitativo.

5.1. Proceso de búsqueda de los estudios

El proceso de búsqueda de los estudios comenzó en agosto de 2023. Se establecieron las cadenas de búsqueda en cada una de las bases de datos utilizadas según la estrategia definida en la sección 4.3. Estas cadenas se diseñaron para encontrar los estudios relacionados con la accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018. La figura 5.4 muestra las cadenas de búsqueda utilizadas en cada base de datos:

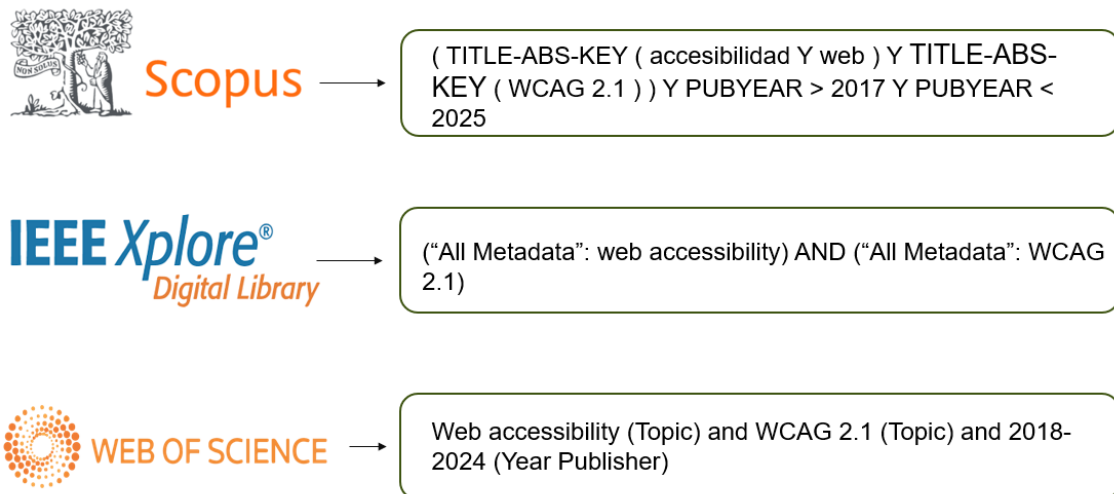


Figura 5.4: Cadenas de búsqueda por base de datos

Los resultados de la búsqueda inicial se resumen en la figura 5.5, mostrando la distribución porcentual de los estudios identificados en cada base de datos.

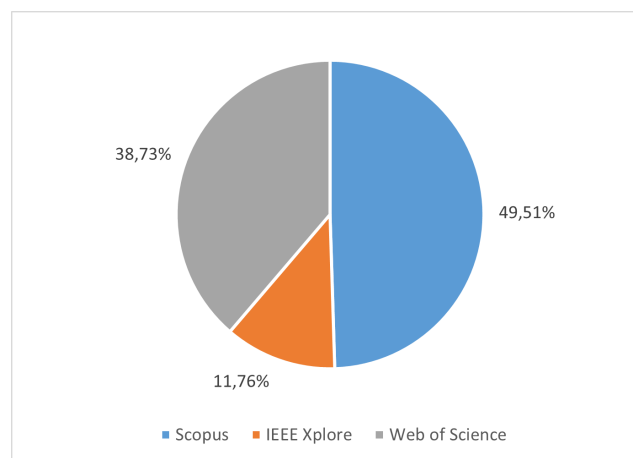


Figura 5.5: Distribución porcentual de estudios identificados por base de datos

En total, se identificaron 204 estudios: 101 en Scopus, 24 en IEEE Xplore y 79 en Web of Science. Casi la mitad de los estudios, un 49.51 %, pertenecen a la base de datos Scopus.

5.2. Selección de los estudios

Para seleccionar los estudios más significativos y relevantes relacionados con el tema investigado, se aplican los criterios de inclusión y exclusión planteados en el apartado 4.4.

Se eliminaron en un inicio todos los estudios duplicados, aplicando el criterio de exclusión CE-1, donde se excluyen 88 estudios. Luego, al aplicar el criterio de exclusión CE-2, se excluyeron 5 estudios ya que no se pudo acceder al texto completo de los mismos. A continuación, se eliminaron 2 estudios al aplicar el criterio CE-3, ya que estaban publicados en portugués. Al aplicar criterio CE-4, se excluyeron 27 estudios: 11 centrados en aplicaciones móviles, 8 que evaluaban únicamente las pautas de WCAG 2.0, y 8 que abordaban temáticas no alineadas con los objetivos de la revisión. Finalmente, se excluyó 1 estudio bajo el criterio CE-5, ya que se trata de un proyecto y no cumple con el tipo de documento requerido para el análisis. La figura 5.6 muestra el proceso de selección de estudios para esta revisión sistemática, resultando en un total de 123 estudios excluidos y 81 estudios incluidos para el análisis.

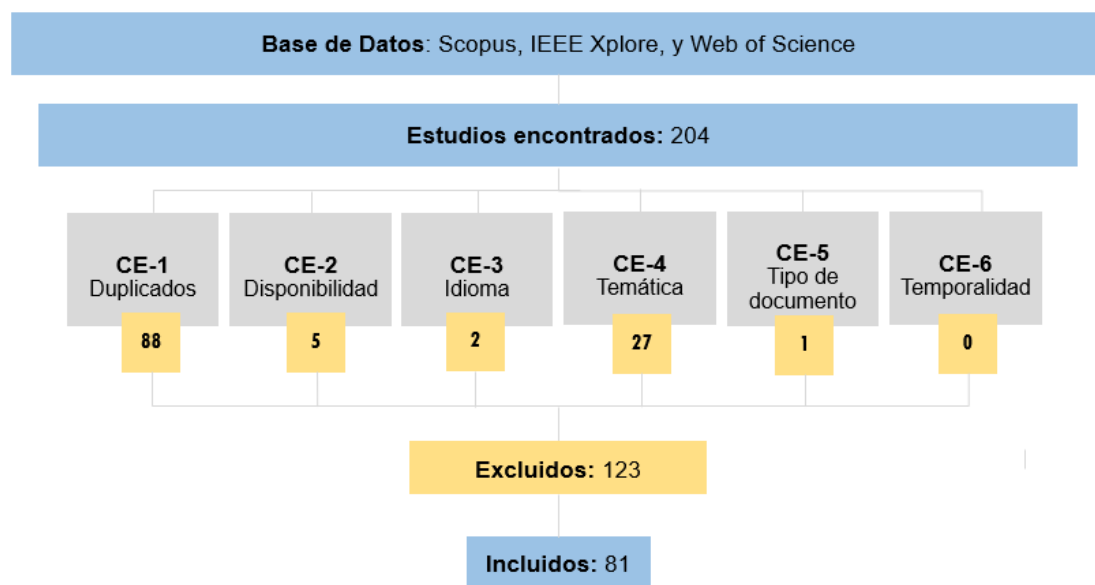


Figura 5.6: Proceso de selección y exclusión de estudios

De estos 81 estudios, la mayoría provienen de la base de datos Scopus, con 71 estudios seleccionados después de eliminar duplicados y estudios no pertinentes, seguidos por 8 estudios de Web of Science y 2 de IEEE Xplore. La figura 5.7 presenta un resumen visual del proceso de selección de estudios, mostrando el total de estudios identificados inicialmente, los estudios descartados tras aplicar los criterios de exclusión, y los estudios seleccionados para el análisis final.

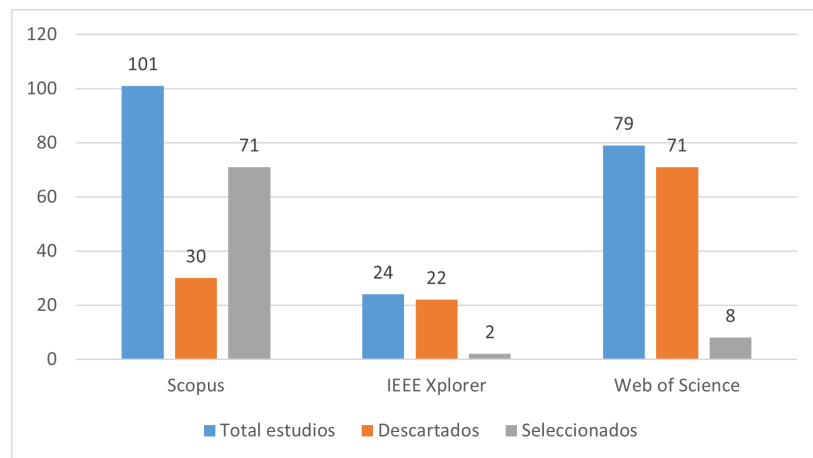


Figura 5.7: Distribución y selección de estudios por base de datos

A continuación, en la tabla 5.2, se muestran los estudios seleccionados finalmente para la realización de la presente revisión sistemática:

No.	Autores	Título	Año
1 [47]	Jorge Villarroel-Ramos; Sandra Sanchez-Gordon; Sergio Luján-Mora	Architectural Metamodel for Requirements of Images Accessibility in Online Editors	2018
2 [48]	Baldiris S.; Mancera L.; Vargas D.; Velez G.	Accessibility evaluation of web content that support the mathematics, geometry and physics's teaching and learning	2019
3 [49]	Gabriel Elías Chanchí G.; Acosta-Vargas P.; Wilmar Yesid Campo M.	Construction of educational resources for the subject of accessibility in the course of human-computer interaction; [Construcción de recursos educativos para la temática de accesibilidad en el curso de interacción humano computador]	2019

continúa desde la página anterior

<i>continúa desde la página anterior</i>			
No.	Autores	Título	Año
4 [50]	del Rey J.T.; Vázquez L.M.	Transferring web accessibility through localization and internationalization standards	2019
5 [51]	Almasoud S.K.; Mathkour H.I.	Instant adaptation enrichment technique to improve web accessibility for blind users	2019
6 [52]	Rodriguez G.; Pérez J.; Benavides D.	Accessibility variability model: The UTPL MOOC case study	2019
7 [53]	Acosta-Vargas P.; Antonio Salvador-Ullauri L.; Lujan-Mora S.	A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users with Low Vision	2019
8 [54]	Fernandez-Diaz, Elena; Jambrino Maldonado, Maria Carmen; Iglesias Sanchez, Patricia P.	Web Accessibility. The new era of WCAG 2.1, the transition to future WCAG 3.0	2019
9 [55]	Acosta, T.; Zambrano-Miranda, J.; Lujan-Mora, S.	Analysis of the accessibility of educational videos in masive open online courses	2019
10 [56]	Acosta-Vargas P.; Hidalgo P.; Acosta-Vargas G.; Gonzalez M.; Guaña-Moya J.; Salvador-Acosta B.	Challenges and improvements in website accessibility for health services	2020
11 [57]	Acosta-Vargas P.; Salvador-Acosta B.; Gonzalez M.; Pérez-Medina J.-L.; Acosta-Vargas G.; Jimenes-Vargas K.; Rybarczyk Y.	Web Accessibility Analysis of a Tele-Rehabilitation Platform: The Physiotherapist Perspective	2020
<i>continúa desde la página anterior</i>			

<i>continúa desde la página anterior</i>			
No.	Autores	Título	Año
12 [58]	Acosta-Vargas P.; González M.; Luján-Mora S.	Dataset for evaluating the accessibility of the websites of selected Latin American universities	2020
13 [59]	Parajuli P.; Eika E.	A comparative study of accessibility and usability of norwegian university websites for screen reader users based on user experience and automated assessment	2020
14 [60]	Acosta-Vargas P.; Gonzalez M.; Zambrano M.R.; Medina A.; Zweig N.; Salvador-Ullauri L.	The Portable Document Format: An Analysis of PDF Accessibility	2020
15 [61]	Fernández-Díaz E.; Iglesias-Sánchez P.P.; Jambrino-Maldonado C.	Exploring who communication during the COVID 19 pandemic through the who website based on W3C guidelines: Accessible for all?	2020
16 [62]	Salvador-Ullauri L.; Acosta-Vargas P.; Gonzalez M.; Luján-Mora S.	Combined method for evaluating accessibility in serious games	2020
17 [63]	Acosta T.; Acosta-Vargas P.; Zambrano-Miranda J.; Lujan-Mora S.	Web Accessibility Evaluation of Videos Published on YouTube by Worldwide Top-Ranking Universities	2020
18 [64]	Acosta-Vargas P.; Ramos-Galarza C.; Salvador-Ullauri L.; Chanchí G.E.; Jadán-Guerrero J.	Improve Accessibility and Visibility of Selected University Websites	2020
19 [65]	Salvador-Ullauri L.; Acosta-Vargas P.; Gonzalez M.; Luján-Mora S.	A heuristic method for evaluating accessibility in web-based serious games for users with low vision	2020

continúa desde la página anterior

<i>continúa desde la página anterior</i>			
No.	Autores	Título	Año
20 [66]	Rubáček F.; Jindřichovská I.; Horváthová Z.; Abrhám J.	Accessibility of websites of the European national tourism boards	2020
21 [67]	Kosova Y.; Izetova M.	Accessibility of mathematics moocs to learners with disabilities	2020
22 [68]	Ilhan U.; Iseri E.I.; Uyar K.	Web Accessibility of e-Government Portals and Ministry Websites of the Cyprus Island	2020
23 [69]	Acosta-Vargas P.; Salvador-Ullauri L.; Pérez-Medina J.L.; Gonzalez M.; Jimenes K.; Rybarczyk Y.	Improving web accessibility: Evaluation and analysis of a telerehabilitation platform for hip arthroplasty patients	2020
24 [70]	Rojas H.; Renteria R.; Acosta E.; Arevalo H.; Pilares M.	Application of accessibility guidelines in a virtual museum.	2020
25 [71]	Acosta-Vargas P.; Hidalgo P.; Acosta-Vargas G.; Salvador-Acosta B.; Salvador-Ullauri L.; Gonzalez M.	Designing an Accessible Website for Palliative Care Services	2020
26 [72]	Panda S.; Chakravarty R.	Evaluating the web accessibility of IIT libraries: a study of Web Content Accessibility Guidelines	2020
27 [73]	Salvador-Ullauri L.; Acosta-Vargas P.; Luján-Mora S.	Accessibility evaluation of video games for users with cognitive disabilities	2020
28 [74]	Lisandra Armas; Hesméralda Rojas; Ronald Renteria	Proposal for an accessible software development model	2020
29 [75]	Acosta-Vargas P.; Dueñas-Espín I.; Armijos L.; Fonseca J.; Santillán N.; Jimbo R.; Rivadeneira M.F.; Sánchez X.; Sevilla C.; Tello B.; Vivas L.	Challenges of Web Accessibility in a Health Application to Predict Neonatal Mortality – The Score Bebe ®	2021

continúa desde la página anterior

continúa desde la página anterior

No.	Autores	Título	Año
30 [76]	Gupta S.; Gjørseter T.; Giannoumis G.A.	Web Accessibility and Web Developer Attitudes Towards Accessibility in Mozambique	2021
3 [77]	Acosta-Vargas G.; Acosta-Vargas P.; Jadán-Guerrero J.; Salvador-Ullauri L.; Gonzalez M.	Improvement of Accessibility in Medical and Healthcare Websites	2021
32 [78]	Pascual-Almenara A.; Granollers-Saltiveri T.	Combining Two Inspection Methods: Usability Heu- ristic Evaluation and WCAG Guidelines to Assess e-Commerce Websites	2021
33 [79]	Barricelli B.R.; Casi- raghi E.; Dattolo A.; Rizzi A.	15 Years of Stanca Act: Are Italian Public univer- sities websites accessible?	2021
34 [80]	Iseri E.I.; Uyar K.; Ilhan U.	The Accessibility of Health Related Websites of Cyprus Island	2021
35 [81]	Campoverde-Molina M.; Luján-Mora S.; Valverde L.	Evaluation of the Accessibility of the Homepages of the Web Portals of Ecuadorian Higher Education Institutions Ranked in Webometrics	2021
36 [82]	Acosta-Vargas P.; Pérez-Medina J.- L.; Carrión-Toro M.; Santórum M.; Samaniego-Santillán L.-P.; Maldonado- Garcés V.-G.; Gaitero C.C.; Ortiz-Carranco N.-Y.	Towards the Development of Serious Games Acces- sible for Users with Cognitive Disabilities	2021

continúa desde la página anterior

continúa desde la página anterior

No.	Autores	Título	Año
37 [83]	Alismail S.; Chipidza W.	Accessibility evaluation of COVID-19 vaccine registration websites across the United States	2021
38 [84]	Azzaoui O.; Lakhouaja A.	Statistical Study to Measure the Accessibility of Websites in Morocco: Evaluation of Three Categories of Websites	2021
39 [85]	Fernández-Díaz E.; Correia M.B.; de Matos N.	Portuguese and Spanish dmos' accessibility apps and websites	2021
40 [86]	Sashnova M.; Zahorulko A.; Liulchak S.; Shabelnyk T.; Kolomiets A.; Yermakova S.	Detection of accessibility and quality of websites of the leading universities of the world	2021
41 [87]	Zare S.; Rahmatizadeh S.; Valizadeh-Haghi S.	Academic medical libraries and accessibility challenges: The conformance of the websites with the wcag2.1	2021
42 [88]	Zulicek L., Tomic S., Bosnic I.	Web content accessibility evaluation of universities' websites - A case study for Universities of Punjab State in India	2021
43 [89]	Azadbakht E.; Schultz T.; Arellano J.	Not open for all: Accessibility of open textbooks	2021
44 [90]	Zulicek L.; Tomic S.; Bosnic I.	Adapting Modularized Web Applications to Web Accessibility Standards	2021
45 [91]	Acosta-Vargas, Patricia; Perez-Medina, Jorge-Luis; Acosta-Vargas, Gloria; Salvador-Acosta, Belen; Esparza, Wilmer; Jimenes-Vargas, Karina; Gonzalez, Mario	Combined Method for Accessibility Evaluation in Tele-Rehabilitation Platforms for Low Vision Users	2021

continúa desde la página anterior

<i>continúa desde la página anterior</i>			
No.	Autores	Título	Año
46 [92]	Acosta-Vargas, Patricia; Guana-Moya, Javier; Acosta-Vargas, Gloria; Villegas-Ch, William; Salvador-Ullauri, Luis	Method for Assessing Accessibility in Videoconference Systems	2021
47 [93]	Cruz A.; Carvalho D.; Rocha T.; Martins P.	Towards an Accessibility Evaluation of eLearning Tools in Emerging 3D Virtual Environments Like Metaverse: Taking Advantage of Acquired Knowledge in Moodle and Second Life	2022
48 [94]	Ara J.; Sik-Lanyi C.	Investigation of COVID-19 Vaccine Information Websites across Europe and Asia Using Automated Accessibility Protocols	2022
49 [95]	Tiurkedzhy N.S.; Davydova I.O.; Marina O.Y.; Marin S.O.	Accessibility Analysis of Digital Libraries and Specialized Library Resources	2022
50 [96]	Todorov T.; Bogdanova G.; Todorova-Ekmekci M.	Accessibility of Bulgarian Regional Museums Websites	2022
51 [97]	Niño-Vega J.A.; Giraldo-Cardona M.T.; Fernández-Morales F.H.	Analysis of web accessibility to Colombian universities under the guidelines proposed by WCAG 2.1; [Análisis de accesibilidad web a universidades colombianas bajo las pautas propuestas por la WCAG 2.1]	2022
52 [98]	Khasawneh B.A.	Websites Accessibility Compliance of Official Agencies for Disabilities	2022
53 [99]	Niom T.; Lin F.	Accessibility of COVID-19 Websites of Asian Countries: An Evaluation Using Automated Tools	2022
54 [100]	Gutierrez M.M.; Carceres J.R.R.; Munoz-Arteaga J.	Accessibility evaluation for deaf users an approach	2022
55 [101]	Moreno L.; Alarcon R.; Martínez P.	Accessibility and readability compliance in Spanish public hospital websites	2022
56 [102]	Johnson P.; Lilley M.	Software Prototype for the Ensemble of Automated Accessibility Evaluation Tools	2022

continúa desde la página anterior

continúa desde la página anterior

No.	Autores	Título	Año
57 [103]	Afonso A.P.; Pinto A.S.; Braga I.; Oliveira R.	E-Commerce Website Accessibility Assessment Portugal Case Overview	2022
58 [104]	Alajarmeh N.	Evaluating the accessibility of public health websites: An exploratory cross-country study	2022
59 [105]	Cortes Fandino, Jaime Enrique; Solano Salinas, Rigoberto	Accessibility on the websites of Colombian public entities	2022
60 [106]	Vejarano Sanchez, Luis Alfonso; Gutierrez Idrobo, Daniela Iboth; Camacho Ojeda, Marta Cecilia; Gomez-Jaramillo, Sebastian	Guide for Website Design for Higher Education Institutions Based on the WCAG 2.1 Standard Applied to Visual Disabilities	2022
61 [107]	Marinho, Leticia; Norberto Rocha, Jessica	The development of an accessibility indicator framework for analyzing online exhibitions: a pathway for social inclusion in museums' activities	2022
62 [108]	Sanchez Medero, Gema; Pastor Albaladejo, Gema; Jimenez Merono, Sergio	Transparency of Political Parties in Spain and e-Accessibility for People with Disabilities	2022
63 [109]	Patvardhan N.; Ranaide M.; Patvardhan K.	Web Accessibility Supporting Diversity Inclusion and Effective Internet Communication in e-commerce, for Sustainable Social Development	2023
64 [110]	Khawaja P.	Accessibility of public library websites in the United States	2023
65 [111]	Lamani A.; Gude R.; Colaco M.; Karpe P.; Simu S.	Disability-friendly Website Design with Recommendation System	2023
66 [112]	Dangol P.	Website accessibility evaluation of the federal government of Nepal	2023
67 [113]	Fernández-Díaz E.; Jambrino-Maldonado C.; Iglesias-Sánchez P.P.; de las Heras-Pedrosa C.	Digital accessibility of smart cities - tourism for all and reducing inequalities: Tourism Agenda 2030	2023

continúa desde la página anterior

<i>continúa desde la página anterior</i>			
No.	Autores	Título	Año
68 [114]	Pandey R.; Kumar V.	Web accessibility of Indian cultural heritage information: an analytical study of museum websites	2023
69 [115]	Paul S.	Accessibility analysis using WCAG 2.1: evidence from Indian e-government websites	2023
70 [116]	Iseri E.I.; Uyar K.; Ilhan U.	Web Accessibility of the Cyprus Island Food Retailers' Websites	2023
71 [117]	Ara J.; Sik-Lanyi C.	Webpage accessibility evaluation using Machine Learning Technique	2023
72 [118]	Othman A.; Dhouib A.; Nasser Al Jabor A.	Fostering websites accessibility: A case study on the use of the Large Language Models ChatGPT for automatic remediation	2023
73 [119]	Abu Doush I.; Sultan K.; Al-Betar M.A.; Almeraj Z.; Alyasseri Z.A.A.; Awadallah M.A.	Web accessibility automatic evaluation tools: to what extent can they be automated?	2023
74 [120]	Almenara A.P.; Elich J.H.; Saltiveri T.G.	Collaborative wiki with accessible and non-accessible examples of WCAG guidelines; [Wiki colaborativa con ejemplos accesibles y no accesibles de pautas WCAG]	2023
75 [121]	Fayyaz N.; Khusro S.; Imranuddin	Enhancing accessibility for the blind and visually impaired: Presenting semantic information in PDF tables	2023
76 [122]	Jordanoski Z.; Meyerhoff Nielsen M.	The challenge of web accessibility: an evaluation of selected government websites and service portals of high, middle and low-income countries	2023
77 [123]	Chadli F.E.; Gretete D.; Moumen A.	Comparison of Free and Open Source WCAG Accessibility Evaluation Tools	2023
78 [124]	Sivayoganathan T.; Ramzan M.	Evaluating webpage performance and web accessibility of Canadian universities' mental health service webpages	2024
79 [125]	Laamanen M.; Ladonlahti T.; Puupponen H.; Kärkkäinen T.	Does the law matter? An empirical study on the accessibility of Finnish higher education institutions' web pages	2024

continúa desde la página anterior

continúa desde la página anterior

No.	Autores	Título	Año
80 [126]	Martins B.; Duarte C.	Large-scale study of web accessibility metrics	2024
81 [127]	Santórum M.; Carrión-Toro M.; Morales-Martínez D.; Maldonado-Garcés V.; Acosta-Vargas G.; Acosta-Vargas P.	PAR: Towards a Reference Architecture for Accessible Platforms in Respiratory Therapies	2024

Tabla 5.1: Estudios seleccionados

5.3. Análisis de los indicadores de calidad de los estudios

Con el fin de evaluar la calidad de los estudios seleccionados en esta revisión sistemática, se clasifican en función de su impacto académico, utilizando diferentes herramientas según el tipo de documento. Para los artículos de revistas, se emplean los cuartiles de las bases de datos JCR y SCIMAGO, mientras que para las conferencias se utiliza la clasificación GGS.

Antes de realizar la clasificación por cuartiles o categorías, es necesario organizar los estudios según su tipo de documento, ya que esto influye en su indexación y clasificación. Los estudios seleccionados se desglosan en artículos de revistas, conferencias y documentos de datos, como se muestra en la figura 5.8.

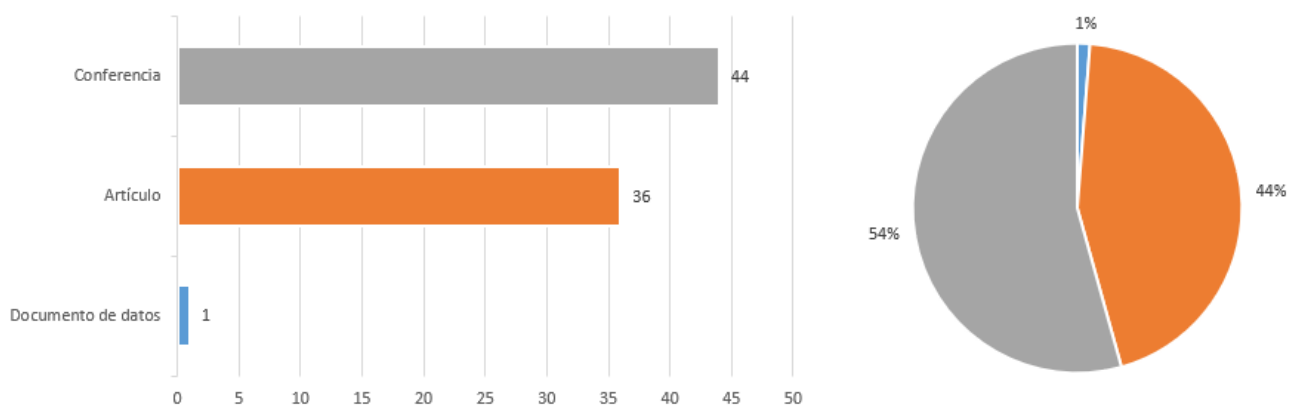


Figura 5.8: Distribución de estudios según el tipo de documento

De los 81 estudios seleccionados, las conferencias representan el 54 % del total de documentos, mientras que los artículos constituyen el 44 %. Solo se encontró un documento de datos entre los estudios seleccionados que ha sido evaluado de manera separada.

Una vez realizada la clasificación de los estudios por tipo de documento, se evaluó la calidad de los artículos incluidos en la revisión. Este análisis se muestra en el gráfico 5.9, donde se distribuyen los estudios en función del cuartil que ocupan.

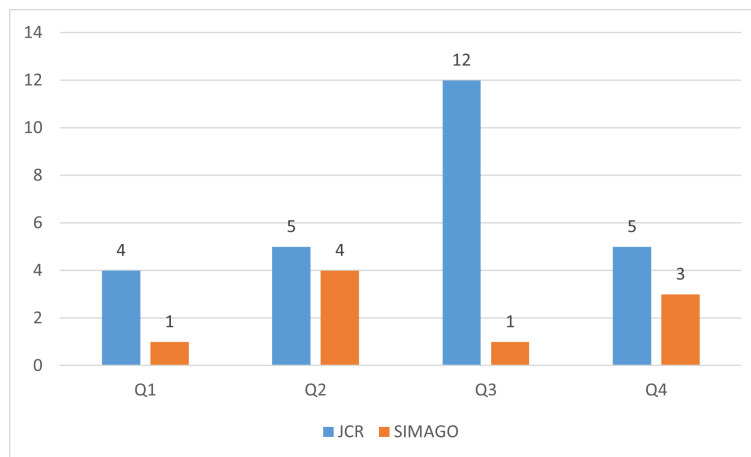


Figura 5.9: Clasificación del factor de impacto de las revistas

Los resultados de la clasificación de los cuartiles se distribuyen de la siguiente manera:

- En el cuartil Q1, se identificaron 4 estudios indexados en JCR y 1 estudio en SCIMAGO, representando los artículos de mayor impacto.
- En el cuartil Q2, se muestra un equilibrio entre JCR y SCIMAGO, con 5 estudios en JCR y 4 en SCIMAGO. Estos estudios mantienen una calidad adecuada, aunque con un impacto académico ligeramente menor que Q1.
- El cuartil Q3 presenta una diferencia significativa entre las dos bases de datos, con 12 estudios indexados en JCR y 1 en SCIMAGO.
- En el cuartil Q4, se identificaron 5 estudios en JCR y 3 en SCIMAGO, que representan artículos de menor impacto académico. Además, se identificó un artículo que no tiene cuartil asignado.

En cuanto a la clasificación de las conferencias, los resultados muestran una calidad más baja en comparación con los artículos revisados:

- De las conferencias incluidas en esta revisión, solo una ha sido clasificada en la categoría B: Proceedings - IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2019).

- Se identificaron tres conferencias clasificadas en la categoría C. Sin embargo, es importante señalar que estas conferencias aparecen como Work in Progress, lo que significa que su clasificación final aún está en proceso de evaluación.
- En el cuartil Q2 se identificaron dos conferencias indexadas en JCR.
- En el cuartil Q4, se encontraron 4 conferencias en JCR y 4 en SCIMAGO.
- Se identificaron 16 conferencias indexadas en SCIMAGO pero sin cuartil asignado y 18 conferencias que no se encontraron en ninguna de las bases de datos revisadas.

Durante el proceso de selección y análisis de los estudios, además de los artículos y conferencias, se identificó un documento de datos. Dado que este tipo de documento sigue un proceso de evaluación y publicación diferente al de los artículos y conferencias, su calidad fue evaluada en base a su indexación en JCR. El documento de datos en cuestión está indexado en el cuartil Q3, lo que le otorga una clasificación moderada en términos de impacto académico, pero aún relevante para esta revisión. Esta inclusión no afecta el proceso de evaluación de los artículos y conferencias, pero se ha tratado por separado para mantener la coherencia en el análisis.

5.4. Categorías de clasificación

Durante el proceso de codificación de los estudios revisados, siguiendo el enfoque de Saldaña[46], se identificaron como categorías principales el objetivo, la metodología, el ámbito de desarrollo, el usuario objetivo y los principios de accesibilidad WCAG 2.1. A partir de estas categorías se identificaron varias subcategorías que se explican en detalle a continuación.

Los estudios seleccionados se clasificaron según su **objetivo** principal, permitiendo organizarlos según su temática. A partir de esta categoría, los estudios se clasifican de la siguiente manera:

- Análisis de pautas y estándares: Agrupa estudios que examinan y analizan las pautas y estándares de accesibilidad web. Estos estudios evalúan la efectividad y las posibles áreas de mejora de los estándares existentes.
- Evaluación de herramientas de accesibilidad web: Incluye estudios que evalúan las herramientas diseñadas para medir el cumplimiento de las pautas de accesibilidad web.
- Desarrollo de herramientas, métodos y guías: Incluye los estudios que se centran en crear nuevas herramientas, métodos o guías para mejorar la accesibilidad web.
- Revisión bibliográfica: Agrupa estudios que realizan una revisión bibliográfica de temas relacionados con la accesibilidad web.

- Evaluación de accesibilidad web: Abarca estudios que evalúan el cumplimiento de las pautas de accesibilidad web.

La categorización de la **metodología** según su enfoque principal, facilitó la clasificación de las diferentes técnicas y métodos en categorías específicas. A partir de esta categorización, la metodología se desglosó de la siguiente manera:

- Evaluación automática: Incluye las herramientas y software para evaluar el cumplimiento de las pautas de accesibilidad web. Las herramientas utilizadas en este tipo de evaluación se explican en detalle en el apartado de resultados.
- Evaluación manual: Abarca las técnicas y métodos donde la evaluación es realizada por personas, permitiendo un análisis más detallado. Esta categoría se divide en dos subcategorías:
 - Usuario: Esta subcategoría incluye métodos como encuestas, cuestionarios y pruebas de usabilidad, realizados por los usuarios finales. Estos métodos permiten obtener una visión directa sobre cómo los usuarios utilizan el servicio, ayudando a identificar problemas y mejorar la experiencia desde su perspectiva.
 - Experto: En este caso, la evaluación es realizada por expertos, quienes realizan un análisis más profundo, identificando problemas y áreas de mejora que podrían no ser encontradas por un usuario común. Se aplican métodos como las heurísticas, que comparan el producto con estándares de usabilidad; el WCAG-EM, que sigue un enfoque sistemático para evaluar la accesibilidad web según las WCAG; el Método Barrier Walkthrough (BW), que simula el recorrido de usuarios con discapacidades para identificar barreras, y entrevistas que recogen información detallada para evaluar aspectos específicos de usabilidad o accesibilidad basados en el conocimiento experto. También se incluye una subcategoría con métodos específicos que abarca investigaciones que desarrollan sus propias metodologías, indicadores o modelos de evaluación de accesibilidad.

Para clasificar el área donde se desarrollan las investigaciones se crea la categoría de **ámbito**. Esta clasificación permite identificar los diferentes sectores en los que la accesibilidad ha sido evaluada. A continuación, se presenta una clasificación detallada de las subcategorías que abarcan los distintos ámbitos de estos estudios.

- Educación: Incluye sitios web de instituciones educativas como universidades y plataformas de aprendizaje en línea que deben ser accesibles para estudiantes y educadores.
- Salud: Incluye sitios web de hospitales, servicios médicos, y recursos de información sobre salud.

- Sitios gubernamentales: Se refiere a los sitios web de agencias gubernamentales, donde es esencial que todos los ciudadanos puedan acceder a servicios públicos, información gubernamental y trámites en línea.
- Web ranking: Se refiere a los sitios web más visitados y populares, basados en criterios como el tráfico web y la cantidad de visitas.
- Bibliotecas: Incluye sitios web de bibliotecas que deben ser accesibles para todos los usuarios, facilitando el acceso a catálogos, recursos digitales, y servicios de préstamo.
- Cultura y arte (Museos virtuales): Abarca sitios web de museos y galerías virtuales donde la accesibilidad es crucial para que todos los visitantes puedan disfrutar de exposiciones y colecciones artísticas en línea.
- Comercio electrónico: Incluye sitios web de tiendas en línea y plataformas de ventas que deben ser accesibles para permitir a todos los usuarios realizar compras y acceder a productos y servicios sin barreras.
- Entretenimiento (Juegos serios): Se refiere a plataformas y sitios web de entretenimiento, incluidos juegos serios (educativos o formativos), donde es importante que la accesibilidad permita a todos los usuarios participar y disfrutar de los contenidos.
- Turismo: Incluye sitios web relacionados con la planificación de viajes, información sobre destinos turísticos, y reservas, donde la accesibilidad es esencial para que todas las personas puedan acceder a estos servicios.
- Arquitectura: Abarca sitios web dedicados a la arquitectura y diseño, donde la accesibilidad permite a profesionales y al público en general acceder a información sobre proyectos arquitectónicos y recursos de diseño.
- Medios de comunicación (Información, periódicos): Se refiere a sitios web de noticias, periódicos, y medios de comunicación que deben ser accesibles para que todos los usuarios puedan acceder a información y noticias sin barreras.
- General: Esta categoría abarca sitios web que no pertenecen a un sector específico pero que deben cumplir con estándares de accesibilidad para asegurar que sean utilizables por cualquier usuario.

La categoría de **usuario objetivo** se refiere a la identificación de los grupos específicos de usuarios en los estudios de accesibilidad web. Estos usuarios se clasificaron de la siguiente manera:

- Personas con discapacidades: Incluye un grupo general de usuarios donde no se especifican las discapacidades.
- Personas con discapacidad visual: Se centra en usuarios con discapacidades visuales, como ceguera o baja visión.

- **Personas mayores:** Incluye a usuarios de edad avanzada, que pueden enfrentar desafíos relacionados con la accesibilidad debido a cambios en la visión, audición y destreza.
- **Profesores/Estudiantes:** Incluye a usuarios en el ámbito educativo, donde el objetivo es asegurar que tanto profesores como estudiantes puedan acceder a recursos educativos y herramientas de aprendizaje sin barreras.
- **Personas con discapacidad cognitiva:** Se centra en usuarios con discapacidades cognitivas, donde la accesibilidad debe abordar las necesidades de aquellos con dificultades en el procesamiento de información, memoria, y aprendizaje, asegurando que los contenidos sean comprensibles y fáciles de usar.
- **Desarrolladores web:** Incluye a los profesionales encargados de crear y mantener los sitios web, con el objetivo de proporcionarles herramientas, recursos, y conocimientos para que puedan diseñar sitios accesibles desde el inicio.
- **Fisioterapeutas:** Incluye a los profesionales en el campo de la fisioterapia, donde la accesibilidad está relacionada con el uso de recursos en línea para el tratamiento y la rehabilitación de pacientes.
- **Desarrolladores de herramientas de accesibilidad:** Se centra en los desarrolladores de software o herramientas específicamente diseñadas para mejorar la accesibilidad web. Estos estudios buscan proporcionar información y directrices para crear herramientas que ayuden a otros desarrolladores y usuarios a mejorar la accesibilidad.
- **Desarrolladores de software:** Se refiere a los profesionales que desarrollan aplicaciones y software, donde el enfoque está en integrar prácticas de accesibilidad en el diseño y desarrollo de productos digitales, asegurando que el software sea accesible para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades.
- **General:** Se refiere a un público amplio y no específico, donde los estudios o evaluaciones están diseñados para ser aplicables a cualquier usuario, sin importar sus características individuales.

5.5. Distribuciones

En esta sección se detallan las distribuciones de los datos extraídos, presentando gráficos que ilustran cómo se distribuyen estos aspectos. Esto proporciona una visión clara de las tendencias y patrones en la evaluación de la accesibilidad web.

Distribución de estudios por año

En la figura 5.10 se muestra el número de estudios publicados por año, así como el porcentaje que cada año representa del total de estudios.. En 2018, se registró un solo estudio, marcando el inicio de la recopilación de datos; es importante destacar que las WCAG 2.1 se publicaron en junio de ese año.

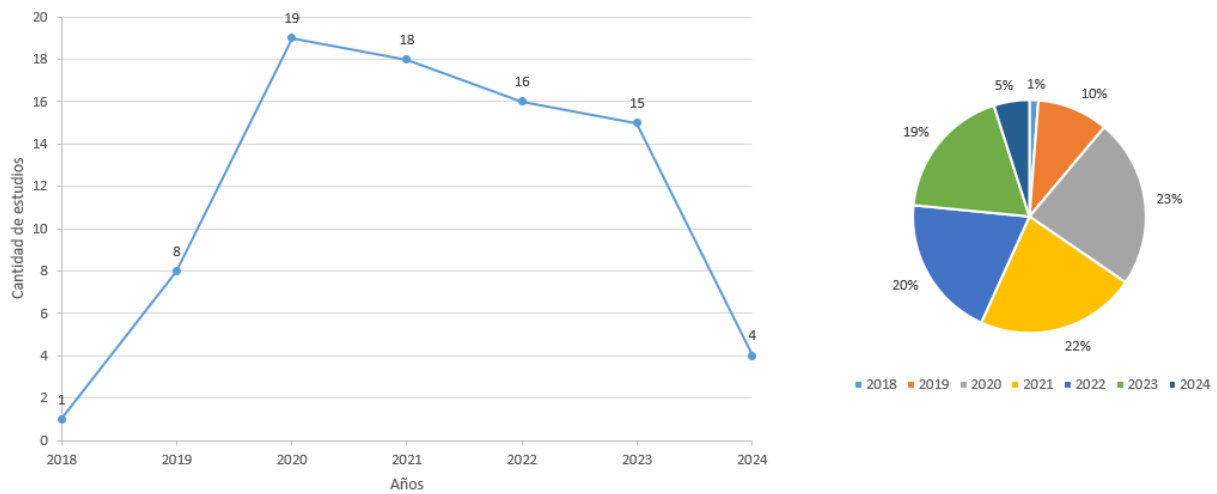


Figura 5.10: Distribución y evolución anual del número de estudios publicados (2018-2024)

Se observa un incremento en 2019 con 8 estudios. El año 2020 marca el punto más alto con 19 publicaciones, lo que representa el 23% del total de estudios en el período analizado. Sin embargo, a partir de 2021 comienza una ligera disminución. Esta tendencia descendente es gradual, reduciéndose de 19 estudios en 2020 a 18 en 2021, 16 en 2022, y 15 en 2023. Finalmente, en 2024, aunque el año aún está en curso, ya se han registrado 4 estudios.

Objetivo

Los estudios se clasificaron en cinco categorías principales según su objetivo como se muestra en la figura 5.11.

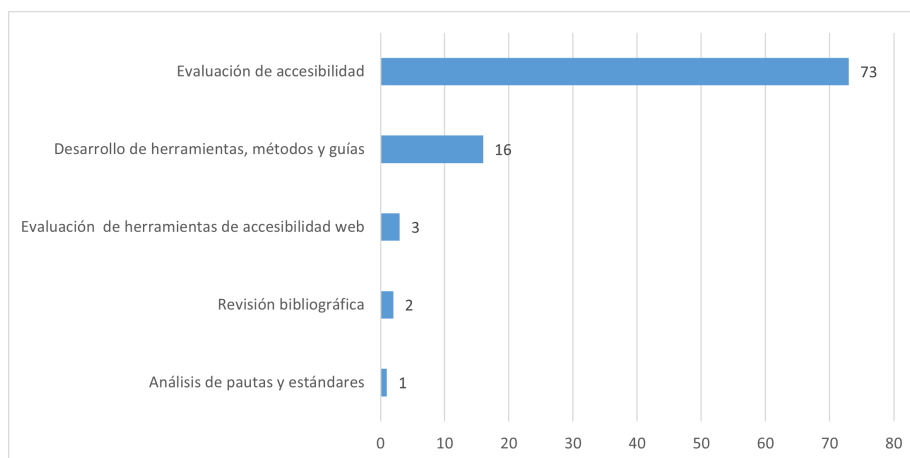


Figura 5.11: Distribución de estudios según el objetivo principal

El análisis realizado muestra que la mayoría de los estudios, un 90% (73 en total), se centran en la evaluación de la accesibilidad. Otros 16 estudios se dedican al desarrollo de herramientas, métodos o guías. Por otro lado, 3 estudios se enfocan en la evaluación de herramientas de accesibilidad web, mientras que 2 estudios realizan una revisión bibliográfica. Solo un estudio se dedica al análisis de pautas y estándares.

Metodología

Para entender la variedad de enfoques disponibles y cómo estos se aplican específicamente en la evaluación de la accesibilidad web conforme a las pautas WCAG 2.1, se clasifican las metodologías de los estudios en dos categorías principales: automática y manual, como se muestra en la figura 5.12.

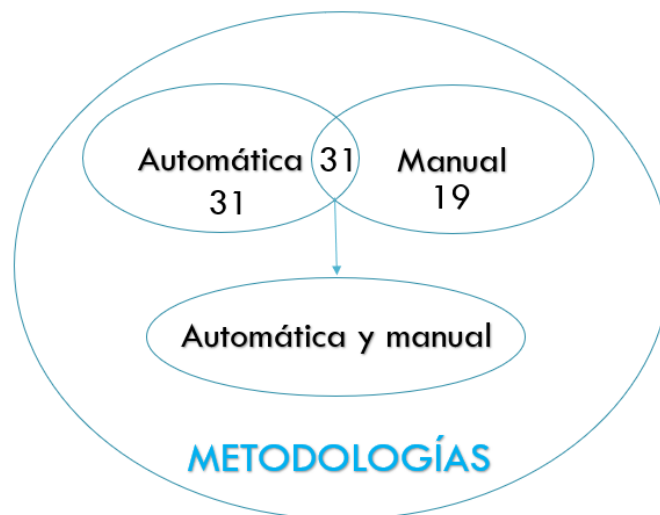


Figura 5.12: Distribución de estudios según las metodologías

El 38% de los estudios (31 estudios) utilizan métodos automáticos, mientras que el 23% (19 estudios) emplean métodos manuales. Adicionalmente, se encuentran 31 estudios (38%) que combinan ambos enfoques.

Para complementar el análisis de las herramientas automáticas utilizadas en la evaluación de la accesibilidad web, la gráfica 5.13 muestra la distribución de estas herramientas según su frecuencia de uso en los estudios revisados.

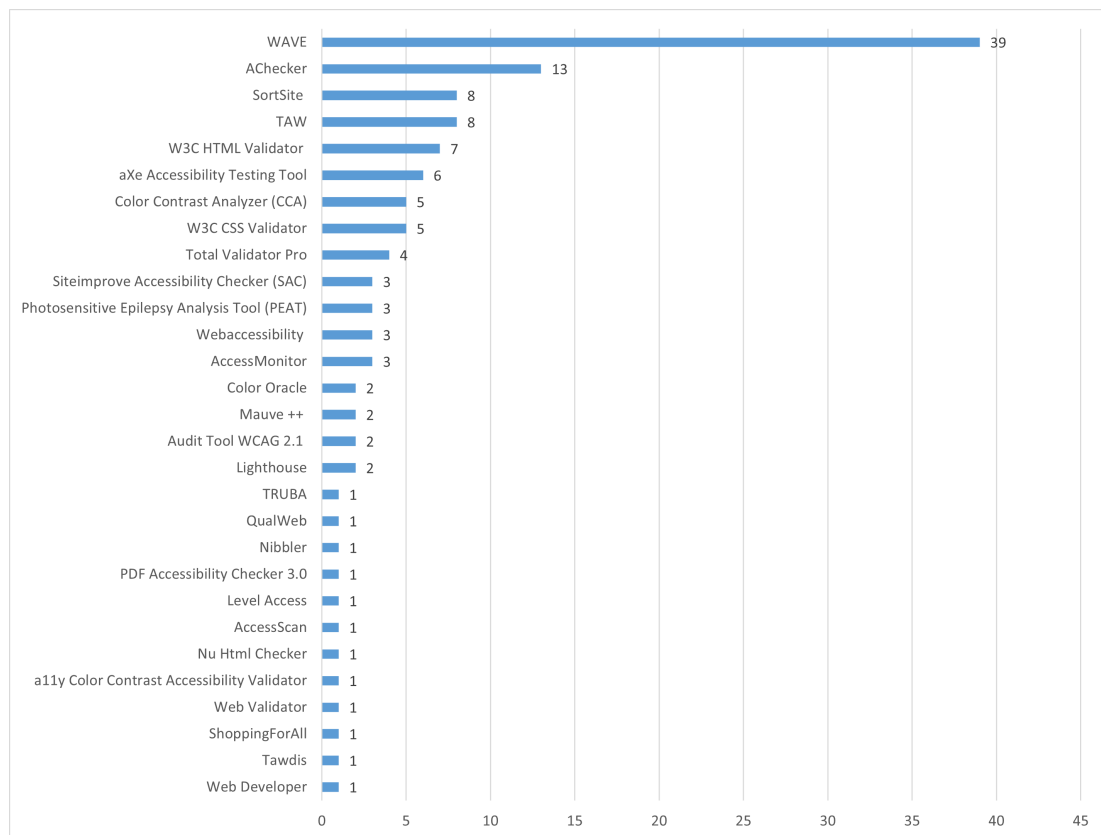


Figura 5.13: Distribución de herramientas automáticas según su frecuencia de uso

Los resultados de la gráfica muestran que la mayoría de los estudios, 39 en total, utilizan WAVE como la herramienta principal para la evaluación de la accesibilidad web. AChecker sigue como la segunda herramienta más utilizada, apareciendo en 13 estudios, mientras que TAW y SortSite han sido utilizadas en 8 estudios cada una.

Además, otras herramientas como W3C HTML Validator (7 estudios), aXe Accessibility Testing Tool (6 estudios) y un conjunto de herramientas especializadas como W3C CSS Validator y Color Contrast Analyzer (CCA) (utilizadas en 5 estudios cada una) también son frecuentes, aunque en menor medida. Estas herramientas cubren aspectos más específicos de la accesibilidad, como la validación del código o el contraste de color.

Por otro lado, las herramientas como Total Validator Pro y otras menos frecuentemente utilizadas aparecen en 3 a 4 estudios cada una. Finalmente, la gráfica también incluye algunas herramientas que han sido empleadas en un número muy reducido de estudios (1 o 2 estudios cada una).

En cuanto a la evaluación de la accesibilidad web mediante la metodología manual, esta se divide en dos enfoques principales: manual de usuario y manual de experto, cada uno con sus propios métodos y aplicaciones. La figura 5.14 muestra la distribución de estos métodos.

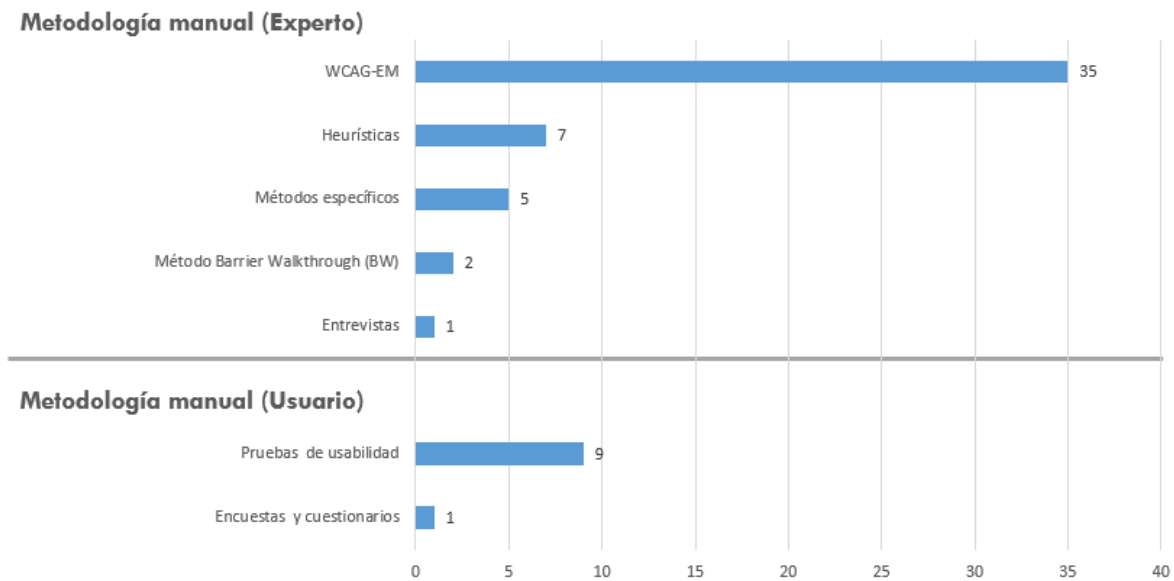


Figura 5.14: Distribución de los métodos de evaluación manual de accesibilidad web (Usuario y experto)

La evaluación realizada por expertos se destaca en el uso del método WCAG-EM, aplicado en 35 estudios, lo que lo convierte en el más frecuente, representando el 43% del total de los estudios. Las heurísticas también son significativas, usadas en 7 estudios, mientras que 5 estudios emplean metodologías específicas. El método Barrier Walkthrough (BW) aparece en 2 estudios y los cuestionarios para expertos se emplean en 1 estudio. En el enfoque manual de usuario, las pruebas de usabilidad son el método más utilizado, presentes en 9 estudios. Las entrevistas solo aparecen en 1 estudio, lo que indica una menor aplicación de este método en esta categoría.

Ámbito

El análisis de la accesibilidad web abarca una diversidad de áreas, reflejando la importancia de garantizar que diferentes sectores y tipos de sitios web sean accesibles para todos los usuarios. La clasificación de estos ámbitos, representada en la figura 5.15, permite identificar las áreas que están recibiendo mayor atención en la investigación actual, así como aquellas que, aunque menos estudiadas, también juegan un papel relevante en la inclusión digital.

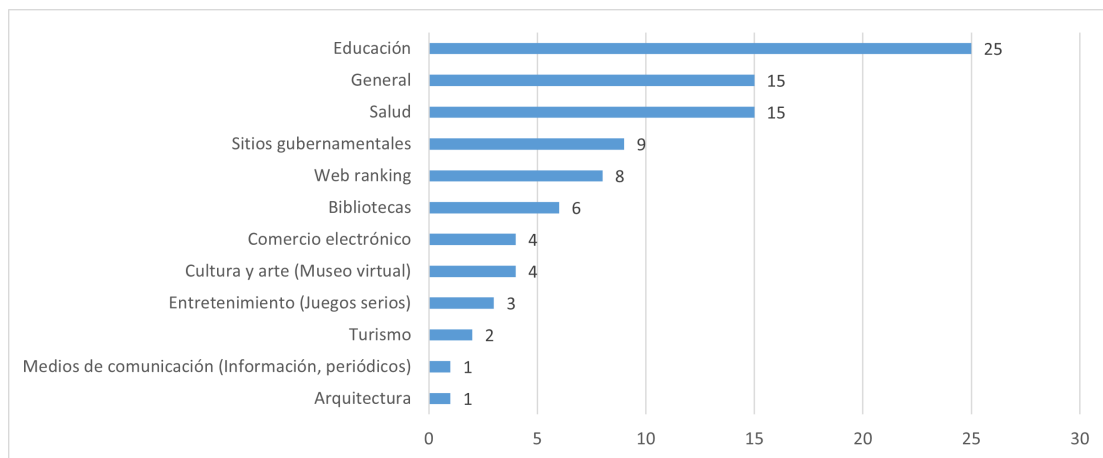


Figura 5.15: Distribución de estudios según el ámbito de investigación

Como se puede observar en la clasificación de ámbitos, el área de educación destaca con 25 estudios. El ámbito de la salud también aparece como un área clave, con 15 estudios, igualando el número de estudios categorizados como General. Los sitios gubernamentales también han sido objeto de una considerable atención, con 9 estudios. También destacan áreas como el ranking web, bibliotecas, cultura y arte, y comercio electrónico.

Finalmente, aunque en menor medida, áreas como el entretenimiento (juegos serios), turismo, arquitectura y medios de comunicación también han sido considerados, con algunos estudios explorando la accesibilidad en estos contextos específicos.

Usuario objetivo

Identificar al **usuario objetivo** es esencial para adaptar el diseño y desarrollo de tecnologías accesibles a sus necesidades y capacidades específicas. Es por ello que se realiza un análisis del comportamiento de los estudios según los tipos de usuarios identificados, destacando cómo las investigaciones se orientan a satisfacer las necesidades específicas de diversos grupos. La figura 5.16 muestra una visión detallada de cómo se distribuyen los estudios según los usuarios objetivo en el ámbito de la accesibilidad web.

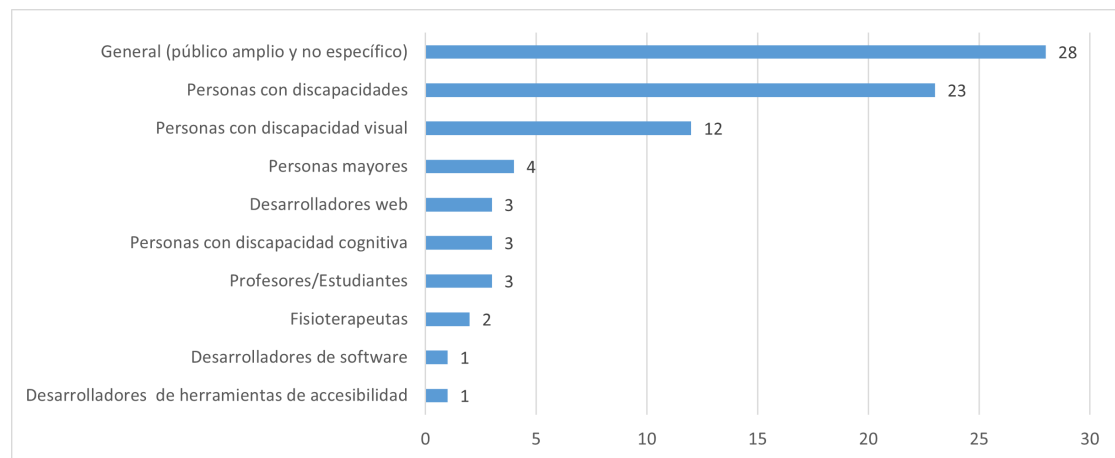


Figura 5.16: Distribución del usuario objetivo

Como se observa en la figura 5.16, la mayor parte de los estudios (28 en total) se enfoca en un público general. En segundo lugar, los estudios se centran principalmente en usuarios con discapacidades, con un total de 23 estudios dedicados a este grupo. Por otro lado, la discapacidad visual es otra de las áreas más exploradas dentro de los estudios específicos, con un total de 12 estudios.

Existen 4 estudios que se centran en personas mayores, teniendo en cuenta el envejecimiento de la población. En el ámbito educativo, 3 estudios se centran en hacer las herramientas de aprendizaje accesibles para profesores y estudiantes, mientras que otros 3 estudios abordan la accesibilidad para personas con discapacidad cognitiva, priorizando un diseño sencillo y claro. Del mismo modo, 3 estudios están dirigidos a desarrolladores web, con el objetivo de proporcionarles las herramientas necesarias para crear sitios accesibles. Además, hay 2 estudios sobre la accesibilidad para fisioterapeutas, y un estudio cada uno que explora el desarrollo de herramientas de accesibilidad y de software accesible desde su diseño.

Principios, pautas y criterios de éxito

Al analizar los errores en relación con los principios de accesibilidad web definidos por las WCAG 2.1, se observa que los problemas se distribuyen de manera desigual entre los cuatro principios clave: perceptible, operable, comprensible y robusto. La figura 5.17 muestra cómo se distribuyen los errores en cada principio, destacando dónde se encuentran los problemas más importantes en cuanto a accesibilidad web.

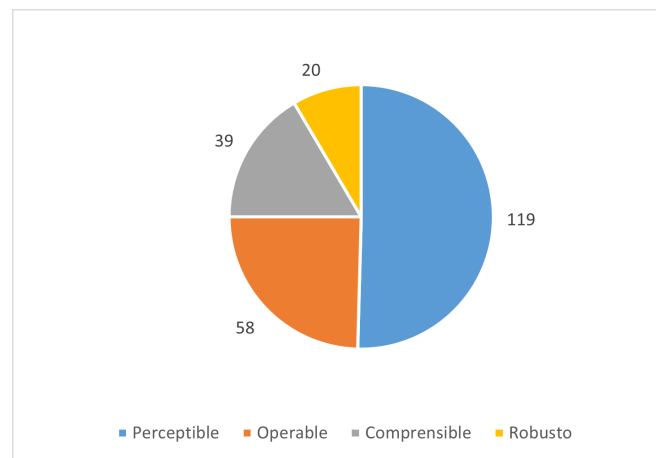


Figura 5.17: Distribución de errores según los principios WCAG 2.1

El análisis de los resultados muestra que el principio **Perceptible** es el área con mayor cantidad de incumplimientos, acumulando 119 errores, lo que indica grandes dificultades en cómo se presenta la información a los usuarios. Le sigue el principio **Operable** con 58 errores, mostrando dificultades en la navegación y operabilidad de los sitios web. El principio **Comprensible** presenta 39 errores, lo que destaca problemas en la claridad y consistencia de la información. Finalmente, el principio **Robusto** es el principio con menos errores, sumando 20, aunque sigue siendo importante para asegurar la compatibilidad con diversas tecnologías y navegadores.

Para identificar mejor las áreas problemáticas y los aspectos que necesitan más atención para mejorar la accesibilidad web, se hace un análisis más detallado de las pautas de accesibilidad web 2.1. La Figura 5.18 muestra un desglose específico de los errores en las diferentes pautas de accesibilidad.

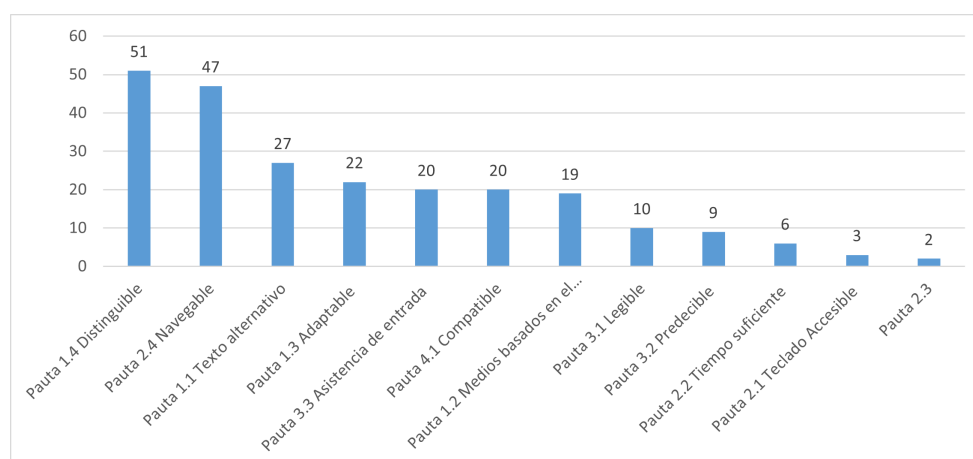


Figura 5.18: Distribución de errores según las pautas WCAG 2.1

De acuerdo con los resultados, la Pauta 1.4 Distinguible es la que acumula la mayor cantidad de errores, con un total de 51 incidencias. Le sigue la Pauta 2.4 Navegable, que registra 47 errores, reflejando problemas significativos en la estructura de navegación.

Por otro lado, la Pauta 1.1 Texto alternativo presenta 27 errores, lo que evidencia deficiencias en la provisión de descripciones alternativas para imágenes y otros medios, un recurso fundamental para los usuarios que dependen de lectores de pantalla.

Las pautas 3.3 Asistencia de entrada y 4.1 Compatible muestran 20 errores cada una. La primera señala problemas en la facilitación de datos y corrección de errores en formularios, mientras que la segunda muestra las dificultades en garantizar la compatibilidad del contenido con diferentes tecnologías, incluidos navegadores y dispositivos de asistencia. La Pauta 1.2 Medios basados en el tiempo también presenta desafíos, con 19 errores, lo que resalta las dificultades para gestionar contenido multimedia que depende del tiempo, como videos y audios, crucial para la accesibilidad de todos los usuarios.

Las pautas con menos errores incluyen Legible (10 errores), que afecta la claridad del texto, Predecible (9 errores), que señala inconsistencias en la navegación, Tiempo suficiente (6 errores), que indica falta de tiempo para completar tareas, y Teclado Accesible (3 errores), esencial para usuarios que dependen del teclado para navegar.

Con el objetivo de identificar más específicamente las áreas que presentan mayores desafíos en cuanto a accesibilidad, se ha llevado a cabo un análisis detallado centrado en los criterios dentro de cada pauta. La Figura 5.19 ofrece una visión clara de cómo se distribuyen los errores según los distintos criterios, permitiendo así un enfoque más preciso en las áreas que requieren intervención.

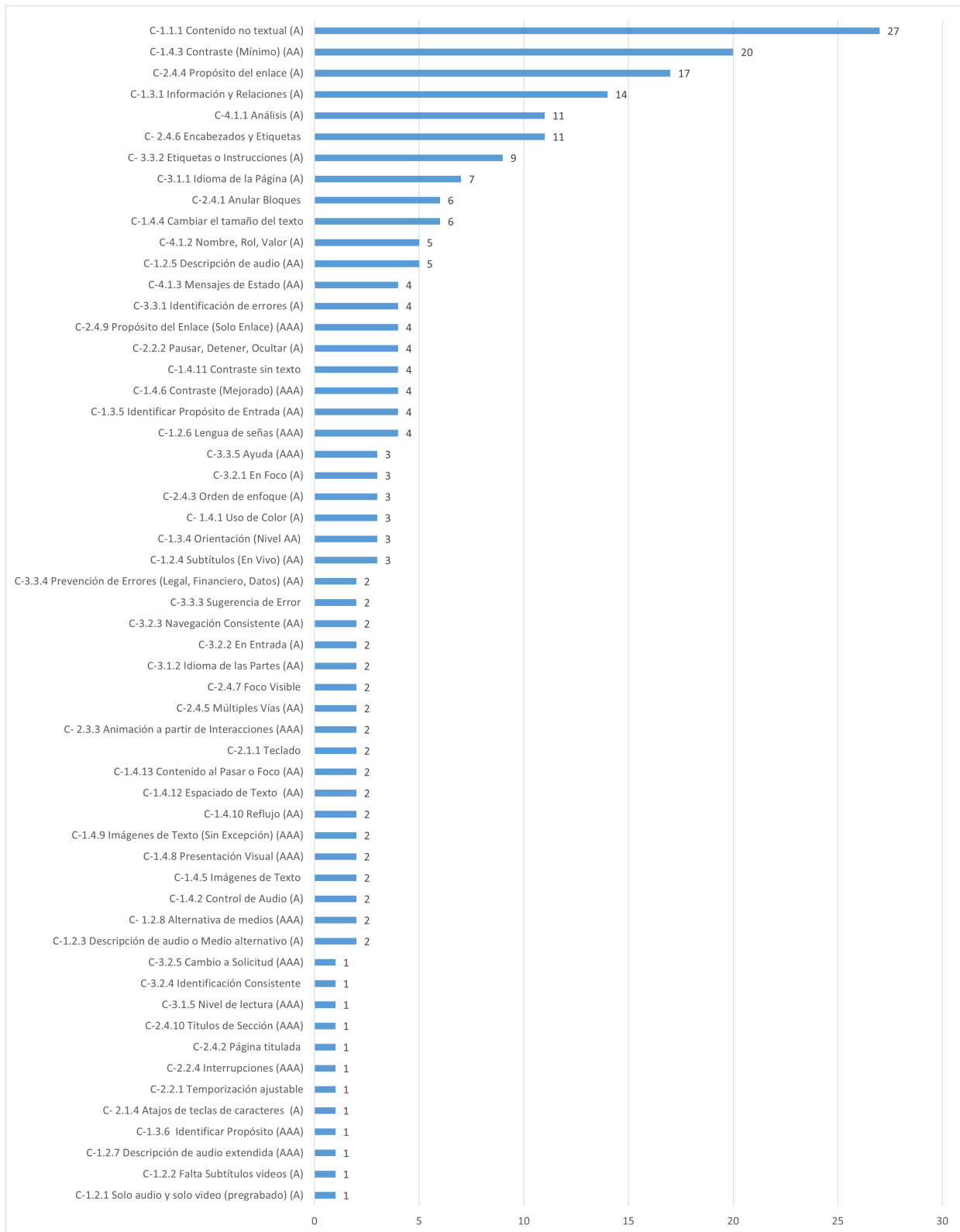


Figura 5.19: Distribución de errores según los criterios de éxito WCAG 2.1

El análisis de los errores por criterios de éxito muestra que los mayores problemas de accesibilidad se concentran en el Criterio C-1.1.1 Contenido no textual (A) es el que presenta más errores, con un total de 27. Le sigue el Criterio C-1.4.3 Contraste (Mínimo) (AA), con 20 errores, indicando que muchos sitios web no cumplen con los requisitos mínimos de contraste, lo que dificulta la lectura y comprensión del contenido para personas con baja visión. El Criterio C-2.4.4 Propósito del enlace (A) acumula 17 errores, reflejando problemas en la claridad y descripción de los enlaces.

Otros criterios con un número significativo de errores incluyen el Criterio C-1.3.1 Información y Relaciones (A), con 14 errores, que señala problemas en la estructura semántica del contenido, afectando la manera en que la información se organiza y presenta. Asimismo, el Criterio C-2.4.6 Encabezados y Etiquetas (A) y el Criterio C-4.1.1 Análisis (A), ambos con 11 errores, destacan deficiencias en el uso correcto de encabezados y etiquetas, así como en la validación de entradas de datos, aspectos esenciales para una navegación eficiente y para la accesibilidad en general.

6: Discusión

En esta sección, se discutirán los resultados obtenidos en el estudio para responder a cada una de las preguntas de investigación formuladas. Para entrar en contexto, se discutirán los aspectos relacionados con el proceso de selección y clasificación de los estudios, su distribución según las bases de datos, el año de publicación, el tipo de documento y los indicadores de calidad, para dar respuesta a las preguntas de investigación formuladas al inicio del estudio, en el apartado [4.2](#).

6.1. Búsqueda, selección y clasificación

El proceso de búsqueda y selección de estudios mostró una distribución variada en la identificación de investigaciones relacionadas con la accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018. La aplicación de los criterios de inclusión y exclusión fue importante para asegurar que solo se incluyeran los estudios más relevantes y de calidad para el análisis. De los 81 estudios finales, la mayoría pertenecen a la base de datos Scopus, con 71 estudios seleccionados, seguido por 8 de Web of Science y 2 de IEEE Xplore.

Scopus abarca una gran variedad de áreas científicas, por lo que es una fuente clave para encontrar estudios sobre accesibilidad web. Por esta razón, se seleccionaron más estudios de esta base de datos. Web of Science también abarca varias áreas, pero es un poco más selectiva, lo que explica la menor cantidad de estudios en comparación con Scopus. Por otro lado, IEEE Xplore está más enfocada en ingeniería y tecnología, por lo que aporta menos estudios. Además, es importante destacar que tanto en IEEE Xplore como en Web of Science se encontraron estudios duplicados, 22 y 66 respectivamente, lo que redujo la selección final de estudios en estas bases de datos. Este análisis destaca la importancia de utilizar varias fuentes para obtener una mayor variedad de estudios en la investigación en accesibilidad web.

Con la ayuda de [\[46\]](#), el proceso de clasificación de estudios se llevó a cabo de manera clara y organizada, dividiéndolos en categorías clave como objetivo, metodología, ámbito de desarrollo, usuario objetivo, y principios de accesibilidad. .

Al realizar la categorización de los estudios acorde a sus objetivos se logra organizar y analizar de resultados, destacando áreas que necesitan más investigación. La clasificación de las metodologías, en automáticas o manuales, muestra la variedad de técnicas disponibles. Al identificar ámbitos específicos, como educación, salud o sitios gubernamentales, la clasificación evidencia la importancia de adaptar las soluciones de accesibilidad a diferentes sectores. Al centrarse en usuarios objetivo, como personas con discapacidades o desarrolladores, se asegura que las soluciones sean útiles para quienes más las necesitan.

Además, la clasificación de los principios, pautas y criterios de accesibilidad basados en las WCAG 2.1 es fundamental. Permite analizar cómo los estudios aplican principios como percepción, operabilidad, comprensibilidad y robustez, y cómo se implementan o evalúan las pautas y criterios de éxito, ofreciendo una comprensión detallada de la integración de las normas de accesibilidad.

La distribución de estudios sobre accesibilidad web desde la publicación de las WCAG 2.1 en 2018 muestra una evolución clara. En 2018, solo se registró un estudio, lo que es entendible porque las directrices eran nuevas. En 2019, el interés creció con 8 estudios, mostrando un mayor enfoque en estas pautas. El año 2020 fue el más activo, con 19 estudios, probablemente debido a la creciente necesidad de accesibilidad digital durante la pandemia de COVID-19.

Desde 2021, el número de publicaciones comenzó a disminuir gradualmente: 18 estudios en 2021, 16 en 2022, y 15 en 2023. Esta tendencia podría indicar que la investigación se está estabilizando, enfocándose más en aplicar lo aprendido. Aunque 2024 aún no ha terminado, con 4 estudios hasta ahora, parece que la disminución podría continuar, aunque es necesario seguir explorando las causas de esta disminución.

6.2. Indicadores de calidad de las publicaciones

La distribución de los estudios según el tipo de documento muestra que la mayoría se publican en conferencias y artículos. De los 81 estudios seleccionados, 44 (54 %) corresponden a conferencias, lo que indica que los investigadores prefieren este formato para compartir sus trabajos sobre accesibilidad web de forma rápida. Los artículos representan 36 estudios (44 %), lo que resalta la importancia de la revisión por pares y la validación científica de los resultados. Solo un estudio se clasifica como documento de datos, lo que sugiere que este tipo de formato es poco común. En resumen, la mayoría de las investigaciones se difunden en conferencias y artículos, equilibrando rapidez y reconocimiento académico.

La clasificación de los estudios por cuartiles y su indexación en bases de datos como JCR y SCIMAGO nos muestra una distribución desigual en cuanto a la calidad de los estudios. En el cuartil Q1 se encuentran 5 estudios (4 en JCR y 1 en SCIMAGO), esto significa que la mayoría de los artículos no están publicados en las revistas más prestigiosas. Sin embargo, es deseable que exista un mayor número de estudios de accesibilidad web que integren este cuartil, dada su importancia para el diseño inclusivo de sitios web. La

mayoría de los estudios están en los cuartiles Q2 y Q3, lo que sugiere que tengan una menor visibilidad.

En particular, en el cuartil Q3, la mayoría de los estudios están indexados en JCR (12 estudios) y solo uno en SCIMAGO, lo que puede deberse a diferencias en los criterios de evaluación de estas dos bases de datos. Finalmente, los estudios publicados en Q4 (5 estudios en JCR y 3 en SCIMAGO) tienen menor impacto académico.

El análisis de la calidad de las conferencias incluidas en esta revisión sistemática revela que su impacto académico es, en general, inferior al de los artículos de revistas. En primer lugar, de las conferencias seleccionadas, solo una fue clasificada en la categoría B, lo que indica un nivel intermedio de calidad, pero claramente por debajo de las conferencias y publicaciones de mayor prestigio en el ámbito académico. Tres conferencias se ubicaron en la categoría C, lo que refuerza la idea de que la calidad de los estudios en estos eventos tiende a ser más baja. Además, al ser Work in Progress, los trabajos aún no han pasado por revisiones exhaustivas o están en etapas preliminares, lo que limita su impacto.

Otro punto importante es que 16 conferencias están en SCIMAGO, pero sin cuartil, lo que indica que aún no tienen suficiente visibilidad para ser clasificadas. Además, 18 conferencias no están indexadas en JCR o SCIMAGO, lo que pone en duda su rigor científico y relevancia. La falta de indexación en bases de datos reconocidas disminuye la confianza en la calidad e impacto de estos estudios.

En general, la mayoría de los artículos sobre accesibilidad web tiene bajo impacto académico, ya que el 60 % están clasificados en cuartiles medios y bajos, y el 77 % de los artículos proceden de conferencias que no presentan índice de impacto. Esto muestra que es necesario mejorar la calidad y visibilidad de las investigaciones.

6.3. Identificación de objetivos principales

Con respecto a la pregunta de investigación **P1**, que se refiere a los objetivos principales identificados en los estudios de accesibilidad web analizados, podemos afirmar que los estudios se clasificaron en cinco categorías principales según su objetivo. El análisis muestra que la mayoría, un 90 % (73 estudios), se centran en la evaluación de la accesibilidad. Esto refleja un claro enfoque en medir el cumplimiento de los estándares de accesibilidad en las páginas web. Sin embargo, esto también indica que hay menos investigación dedicada al desarrollo de nuevas herramientas y métodos.

También es notable el bajo número de estudios dedicados a la evaluación de herramientas de accesibilidad y a la revisión bibliográfica. Aumentar la investigación en estas áreas ayudaría a garantizar la eficacia de las herramientas actuales y ofrecería una visión más actualizada del campo. Además, la falta de estudios sobre pautas y estándares sugiere que se necesita más investigación para entender mejor cómo se están adoptando las WCAG 2.1 y si hay aspectos que requieren ajustes o mejoras.

6.4. Metodologías para la evaluación de la accesibilidad web

En respuesta a la pregunta de investigación **P2**, centrada en las metodologías para evaluar la accesibilidad de sitios web según las WCAG 2.1, se identificaron y clasificaron dos metodologías principales que se utilizan en la evaluación de la accesibilidad web conforme a las WCAG 2.1: los métodos automáticos y los métodos manuales.

La revisión de las metodologías muestra que el uso de métodos automáticos y la combinación de métodos automáticos y manuales son igualmente comunes, con cada uno representando el 38 % de los estudios. Esto indica que, aunque los métodos automáticos son rápidos y eficientes, muchos investigadores reconocen que no son suficientes por sí solos. La combinación de ambos métodos refleja la necesidad de una evaluación más completa, donde las limitaciones de las herramientas automáticas, como su incapacidad para detectar problemas de usabilidad, se complementan con las ventajas de las evaluaciones manuales. El uso exclusivo de métodos manuales es menos común (23 %) debido al tiempo y recursos que requiere.

6.5. Herramientas y técnicas para la evaluación de la accesibilidad web

Para responder a la pregunta de investigación **P3**, que busca identificar las herramientas y técnicas más utilizadas para evaluar la accesibilidad web en estudios recientes en relación con las WCAG 2.1, se observó que herramientas como WAVE y AChecker son las más comunes para evaluaciones automáticas. El uso frecuente de estas herramientas indica que los investigadores las consideran confiables y fáciles de usar.

Por otro lado, el uso de técnicas manuales, como el método WCAG-EM y las pruebas de usabilidad, es menor en comparación con las herramientas automáticas. Sin embargo, estas técnicas son esenciales para evaluar cómo los usuarios interactúan realmente con los sitios web. Sería beneficioso que más estudios incorporaran estas evaluaciones manuales, especialmente aquellas que involucren a usuarios con discapacidades, ya que aportan una perspectiva más detallada y realista sobre las barreras que enfrentan.

6.6. Ámbitos de investigación

Con relación a la pregunta de investigación **P4**, que se enfoca en las áreas específicas que están recibiendo mayor atención en la investigación actual sobre accesibilidad web, la discusión de los resultados destaca que el ámbito educativo recibe la mayor atención, con 25 estudios. Esto refleja una preocupación por garantizar que los recursos educativos sean accesibles para todos, especialmente para personas con discapacidades. Asimismo, el hecho de que el sector de la salud cuente con 15 estudios refleja la creciente conciencia de la necesidad de accesibilidad en este sector. Además, la presencia de una cantidad similar de

estudios en la categoría General sugiere un interés amplio en la accesibilidad que abarca varios sectores, aunque no se enfoca específicamente en ninguno.

Los sitios gubernamentales con 9 estudios, destacan la necesidad de accesibilidad en los servicios públicos, asegurando que todos los ciudadanos puedan acceder a la información y servicios esenciales. Esto es importante porque en muchos países, existen leyes que obligan a los sitios web del gobierno a cumplir con normas de accesibilidad como las WCAG 2.1. Los sectores como el comercio electrónico, cultura, arte y bibliotecas reciben menos atención, lo que demuestra la necesidad de accesibilidad en diversas áreas de la vida cotidiana.

6.7. Público objetivo de los estudios

Con el objetivo de analizar cuál es el público objetivo principal de los estudios de accesibilidad web publicados recientemente y qué grupos de usuarios con discapacidades son más frecuentemente considerados en la investigación, se aborda la pregunta de investigación **P5** que se centra en esta temática.

En cuanto al público objetivo de las investigaciones, se observa que la mayoría de los estudios sobre accesibilidad web se enfocan en un público general con 28 estudios. Esto refleja un esfuerzo por desarrollar tecnologías inclusivas que beneficien a la mayor cantidad de personas posible, independientemente de sus capacidades. También se observa que 23 investigaciones están dirigidas a personas con discapacidades. Además, existen 12 estudios dedicados a la discapacidad visual demostrando la importancia de diseñar herramientas y sitios web que sean accesibles para personas con dificultades visuales.

6.8. Principios de accesibilidad

Para responder a la pregunta de investigación **P6** se identifican los principales desafíos y barreras en el análisis de accesibilidad web. El análisis de los errores evidencia una distribución desigual de los problemas. Se destacan áreas críticas como la falta de contraste de color, la ausencia de descripciones alternativas para el contenido no textual, y la mala estructuración de la navegación en las páginas web, que requieren mayor atención. Esta observación está directamente relacionada con la pregunta de investigación **P6** sobre los principales desafíos y barreras en el cumplimiento de las WCAG 2.1. A continuación se analizan los 4 principios de accesibilidad, en conjunto con las pautas y criterios de cada uno donde se evidencian la mayor cantidad de errores encontrados.

El principio **Perceptible** es el más afectado, con un total de 119 errores, lo que indica problemas importantes en cómo la información es presentada y percibida por los usuarios, especialmente aquellos con discapacidades sensoriales. Dentro de este principio la Pauta 1.4 Distingible, concentra la mayor cantidad de errores con 51 incidencias, lo que muestra deficiencias en aspectos clave como el contraste de color. También las Pautas 1.1 Texto alternativo y 1.3 Adaptable, presentan 27 y 22 cada una.

Uno de los criterios más problemáticos dentro de este principio es el Criterio C-1.1.1 Contenido no textual (A), que acumula 27 errores. Este criterio exige que todo contenido no textual, como imágenes y multimedia, tenga una descripción alternativa en texto. La alta cantidad de errores aquí indica que muchos sitios web no están proporcionando estas descripciones, lo que impide que las personas que dependen de lectores de pantalla puedan acceder a este contenido. Otro es el Criterio C-1.4.3 Contraste (Mínimo) (AA), con 20 errores. Este criterio asegura que el texto sea claramente visible al contrastar adecuadamente con su fondo. Muchos sitios web no cumplen con este requisito, lo que dificulta la lectura del contenido para personas con baja visión. La falta de contraste no solo afecta la legibilidad, sino que también puede hacer que ciertos elementos de la interfaz de usuario sean prácticamente invisibles para algunos usuarios, lo que compromete su capacidad para interactuar con el sitio. Finalmente, el Criterio C-1.3.1 Información y Relaciones (A), con 14 errores, muestra que la estructura del contenido en las páginas web no siempre es clara, tanto visualmente como en el código. Esto puede causar confusión, especialmente para los usuarios que dependen de tecnologías de asistencia como los lectores de pantalla.

El principio **Operable** es el segundo con más problemas, sumando 58 errores, lo que sugiere dificultades en la navegación y la interacción con los sitios web. Dentro de este principio la Pauta 2.4 Navegable destaca con 47 errores, lo que indica que la estructura de navegación en muchos sitios no es lo suficientemente clara o intuitiva para los usuarios.

El Criterio C-2.4.4 Propósito del enlace (A), que acumula 17 errores, exige que los enlaces sean descriptivos y claros sobre su propósito, de modo que los usuarios, incluidos aquellos que utilizan lectores de pantalla, puedan entender a dónde los llevará un enlace sin necesidad de contexto adicional. El alto índice de errores en este criterio sugiere que muchos enlaces en los sitios web evaluados no están adecuadamente etiquetados, lo que puede confundir al usuario en la navegación. Además, el Criterio C-2.4.6 Encabezados y Etiquetas (A), con 11 errores, destaca deficiencias en el uso adecuado de encabezados y etiquetas. Los elementos mencionados anteriormente son esenciales para proporcionar un contenido claro, y esto facilita la navegación al usuario. Cuando el contenido no tiene encabezados y etiquetas correctos pueden dificultar la orientación en la página, haciendo de la navegación una experiencia negativa.

El principio **Comprensible** tiene 39 errores, indicando que la información no siempre se presenta de manera clara y concisa. La Pauta 3.3 Asistencia de entrada es una de las más afectadas, con 20 errores. El Criterio C-3.3.2 Etiquetas o Instrucciones (A) resalta la falta de etiquetas claras o instrucciones adecuadas en formularios y otros elementos interactivos, lo que puede confundir a los usuarios sobre cómo interactuar correctamente con el sitio. La presencia de estos problemas resaltan la necesidad de mejorar el idioma y la claridad en las instrucciones para que se de una mejor comprensión y uso al contenido de la web. La Pauta 3.1 Legible también se destaca con 10 errores, y su Criterio C-3.1.1 Idioma de la Página (A) muestra errores relacionados con la incorrecta declaración del idioma principal de la página, lo que puede llevar a dificultades para los usuarios que

dependen de lectores de pantalla, ya que estos pueden no interpretar correctamente el idioma, afectando la comprensión del contenido.

El principio **Robusto** es el que presenta menos errores con un total de 20. Uno de los aspectos con errores dentro de este principio es la Pauta 4.1 Compatible, que busca asegurar que el contenido sea compatible con la mayor cantidad de tecnologías posibles, incluyendo navegadores y tecnologías de asistencia. El C-4.1.1 Análisis (A) es el que ha presentado errores en esta pauta. Este criterio exige que todos los elementos en una página web, como formularios, botones y scripts, estén correctamente codificados para que puedan ser procesados tanto por navegadores como por tecnologías de asistencia sin problemas. Algunos errores en este criterio indican que hay elementos que no han sido implementados adecuadamente, y esto ocasiona que ciertos componentes de la página no funcionen perjudicando a usuarios que dependen de lectores de pantalla.

6.9. Limitaciones del estudio

En este estudio se han obtenido valiosos resultados, sin embargo, presenta limitaciones que se deben mencionar para futuras investigaciones en este sentido. A continuación, se presentan las principales limitaciones encontradas:

- Se debe tener en cuenta que el estudio limita la revisión a trabajos científicos escritos en idioma inglés o español, esto podría excluir estudios relevantes escritos en otros idiomas.
- Debido a que la búsqueda está basada principalmente en las palabras claves seleccionadas, no es posible asegurar que se haya obtenido la totalidad de estudios relevantes a través de los motores de búsqueda de las bases de datos.
- A pesar de que la búsqueda se enfocó en las bases de datos más reconocidas, se debe tener en cuenta que existen otras bases de datos que pueden incluir estudios importantes.
- Debido a que la búsqueda se realizó en fuentes digitales no se revisaron estudios en formato impreso, en los que puede existir algún estudio relevante que no tenga versión digital o que no esté indexado en las bases de datos objeto de este estudio.

8: Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se realizó una revisión sistemática del estado del arte referente a accesibilidad web, en el período del año 2018 a la actualidad, enfocado en las WCAG 2.1. Se identificaron y compararon diferentes metodologías para la realización de revisiones sistemáticas y se seleccionó la metodología Kitchenham por ser la más adecuada para el estudio. El uso de esta metodología facilitó la identificación y el análisis crítico de los estudios relevantes, demostrando a su vez la utilidad en el contexto de la accesibilidad web.

Se identificó un total de 204 estudios inicialmente, de los cuales 81 fueron seleccionados para la revisión después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión. La mayoría de los estudios provienen de la base de datos Scopus representando aproximadamente el 50 % del total. El 90 % de los estudios se centran en la evaluación de la accesibilidad web con relación a las pautas WCAG 2.1. Un menor número se dedicó al desarrollo de herramientas y métodos. Mientras los estudios relacionados con la evaluación de estas herramientas y las revisiones bibliográficas son poco frecuentes, en conjunto con el análisis de pautas y estándares para una implementación más efectiva de la accesibilidad web.

La metodología utilizada en los estudios seleccionados se clasificó en dos enfoques: automáticas y manual. El 38 % de los estudios utilizan métodos automáticos, el 23 % emplean métodos manuales y un 38 % combina ambos enfoques. Las herramientas WAVE y ACheker fueron las más empleadas para las evaluaciones de accesibilidad, mientras que el método manual WCAG-EM, realizado por expertos, fue el más utilizado.

Se destacaron los sectores de la educación y la salud como los ámbitos más relevantes en la evaluación de la accesibilidad web. También se detectó, que los sectores relacionados con el turismo, los medios de comunicación y la arquitectura necesitan mayor atención.

La mayoría de los estudios se enfocan en un público general, y también se destacan investigaciones dirigidas a personas con discapacidades. Además, existen varios estudios dedicados a la discapacidad visual.

El principio Perceptible es el área con mayor cantidad de incumplimientos, destacando problemas como el contraste de color y la falta de descripciones alternativas para contenido

no textual. Por otro lado el principio Operable presenta errores relacionados con la navegación y la claridad de los enlaces. La falta de etiquetas claras y la incorrecta estructura de la información son los principales errores encontrados en el principio Comprensible. Finalmente, aunque el principio Robusto presenta menos errores, la compatibilidad con tecnologías de asistencia sigue siendo un desafío.

El 54 % del total de estudios relevantes encontrados representan estudios procedentes de conferencias, el 44 % se refiere a artículos de revista y un 1 % a un documento de datos. Este indicador sugiere que este tema es de interés tanto para su discusión en conferencias como para la publicación en revistas científicas. Sin embargo, el 46 % de los artículos publicados en revistas indexadas en JCR pertenecen al tercer cuantil y el 35 % de los artículos, aproximadamente, lo cual evidencia que existe una mayor cantidad de artículos publicados en este sentido en las revistas de menor calidad. Además, se detectó que el 77 % de los estudios procedentes de conferencias no presentan índice de impacto.

De forma general, el estudio aporta una visión clara y actualizada del estado del arte de la accesibilidad web en la literatura, que permite brindar recomendaciones para futuros diseños y desarrollos que contribuyan a una mayor inclusión digital. En este sentido, se recomienda como líneas de trabajo futuro lo siguiente:

- Desarrollar nuevas herramientas de accesibilidad desde la fase inicial del diseño web.
- Ampliar los estudios referentes a la evaluación de herramientas y revisiones bibliográficas debido a la existencia de escasos estudios en este sentido.
- Fomentar el uso de la combinación de métodos automáticos y manuales debido a que con la utilización de ambos enfoques se logra una evaluación más completa.
- Incluir más la perspectiva de los usuarios finales, en especial aquellos con discapacidades, para comprender mejor cómo interactúan con los sitios web accesibles. Esto garantizaría que las soluciones propuestas no solo cumplan con las normas, sino que también mejoren la experiencia de usuario de las personas con discapacidades.
- Explorar la accesibilidad en sectores menos estudiados como el comercio electrónico, la cultura y las bibliotecas.
- Enfocar más estudios en el cumplimiento de las pautas de accesibilidad.

Bibliografía

- [1] W. W. W. C. (W3C), “Essential components of web accessibility.” <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/components/>. Acceso el 5 de noviembre de 2023.
- [2] U. de Alicante, “Accesibilidad web.” <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/>, s.f. Accedido el 5 de octubre de 2023.
- [3] E. T. Rother, “Revisión sistemática x revisión narrativa,” *Acta paulista de enfermagem*, vol. 20, pp. v–vi, 2007. DOI: 10.1590/S0103-21002007000200001.
- [4] J. Sánchez Meca *et al.*, “Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis,” *Aula abierta*, vol. 38, pp. 53–64, 2010.
- [5] K. S. Khan, R. Kunz, J. Kleijnen, and G. Antes, “Five steps to conducting a systematic review,” *Journal of the royal society of medicine*, vol. 96, no. 3, pp. 118–121, 2003. DOI: 10.1177/0141076803096003.
- [6] F. J. García-Peñalvo, “Developing robust state-of-the-art reports: Systematic literature reviews,” *Education in the Knowledge Society*, 2022.
- [7] J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page, and V. Welch, “Cochrane handbook for systematic reviews of interventions,” *Hoboken: Wiley*, 2019.
- [8] A. Liberati, D. G. Altman, J. Tetzlaff, C. Mulrow, P. C. Gøtzsche, J. P. Ioannidis, M. Clarke, P. J. Devereaux, J. Kleijnen, and D. Moher, “The prisma statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration,” *Annals of internal medicine*, vol. 151, no. 4, pp. W–65, 2009.
- [9] G. Urrútia and X. Bonfill, “Declaración prisma: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis,” *Medicina clínica*, vol. 135, no. 11, pp. 507–511, 2010.
- [10] B. A. Kitchenham, D. Budgen, and P. Brereton, *Evidence-based software engineering and systematic reviews*, vol. 4. CRC press, 2015.

- [11] B. Kitchenham, “Procedures for performing systematic reviews,” *Keele, UK, Keele University*, vol. 33, no. 2004, pp. 1–26, 2004.
- [12] K. S. Khan, G. Ter Riet, J. Glanville, A. J. Sowden, J. Kleijnen, *et al.*, *Undertaking systematic reviews of research on effectiveness: CRD’s guidance for carrying out or commissioning reviews*. No. 4 (2n, NHS Centre for Reviews and Dissemination, 2001.
- [13] S. Keele *et al.*, “Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering,” tech. rep., Technical report, ver. 2.3 ebse technical report. ebse, 2007.
- [14] U. de Alicante, “Accesibilidad web.” <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=definicion>, s.f.
- [15] Y. Hassan Montero and F. J. Martín Fernández, “Qué es la accesibilidad web,” *No solo usabilidad*, no. 2, 2003.
- [16] G. Vanderheiden, “Fundamental principles and priority setting for universal usability,” in *Proceedings on the 2000 conference on Universal Usability*, pp. 32–37, 2000. DOI: 10.1145/355460.355469.
- [17] W. W. W. Consortium, “W3C - history.” <https://www.w3.org/about/history/>, 2023. Accedido el 6 de octubre de 2023.
- [18] W. W. W. C. (W3C), “About the web accessibility initiative (wai).” <https://www.w3.org/mission/accessibility/#about-the-web-accessibility-initiative-wai>. Accedido el 5 de enero de 2024.
- [19] U. de Alicante, “Niveles de adecuación de wcag 1.0.” <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=niveles-1.0>. Acceso el 5 de noviembre de 2023.
- [20] U. de Alicante, “Pautas de accesibilidad del contenido en la web 2.0.” <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=wcag-2.0>. Acceso el 6 de octubre de 2023.
- [21] U. de Alicante, “Pautas de accesibilidad al contenido web 2.0 (wcag 2.0).” <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=pautas-2.0>. Acceso el 6 de octubre de 2023.
- [22] W. W. W. C. (W3C), “Pautas de accesibilidad para el contenido web (wcag) - introducción.” <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/es#intro>, 2023. Accedido el 6 de octubre de 2023.
- [23] U. de Alicante, “Pautas de accesibilidad al contenido web 2.1 (wcag 2.1).” <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=pautas-2.1>, 2023. Accedido el 8 de octubre de 2023.
- [24] W. W. W. C. (W3C), “Web content accessibility guidelines (wcag) 2.1.” <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Accedido el 5 de octubre de 2023.

- [25] W. W. W. C. (W3C), “Wcag 2.1 - web content accessibility guidelines.” <https://www.w3.org/press-releases/2018/wcag21/>, 2018. Acceso el 8 de octubre de 2023.
- [26] World Wide Web Consortium (W3C), “Web content accessibility guidelines (wcag) 2.2.” <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>, 2023. Accessed: 2024-02-12.
- [27] World Wide Web Consortium (W3C), “What’s new in wcag 2.2.” <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/new-in-22/>, 2023. Accedido el 12 de enero del 2024.
- [28] E. S. Mascaraque, “Herramientas para la evaluación de la accesibilidad web/tools for the evaluation of web accessibility,” *Documentación de las Ciencias de la Información*, vol. 32, p. 245, 2009.
- [29] S. Harper and Y. Yesilada, *Web accessibility: a foundation for research*. Springer Science & Business Media, 2008.
- [30] M. V. Service, “About the w3c markup validation service.” <https://validator.w3.org/about.html>.
- [31] S. de Validación de CSS, “Acerca del validador de css.” <https://jigsaw.w3.org/css-validator/about.html>.
- [32] TAW, “Test de accesibilidad web (taw).” <https://www.tawdis.net/index>, 2023. Accedido el 11 de octubre de 2023.
- [33] WAVE, “Wave - web accessibility evaluation tool.” <https://wave.webaim.org/>, 2023. Accedido el 11 de diciembre de 2023.
- [34] T. W. A. Checker, “Revisión de achecker.” <https://www.topwebaccessibilitychecker.com/reviews/achecker-accessibility-tool-review/>.
- [35] S. Abou-Zahra, “Web accessibility evaluation,” *Web accessibility: A foundation for research*, pp. 79–106, 2008.
- [36] W. W. A. I. (WAI), “Visión general sobre la evaluación de la accesibilidad web.” <https://www.w3.org/WAI/test-evaluate/es>, 2024. Accedido el 6 de septiembre de 2023.
- [37] G. Brajnik, “Web accessibility testing: when the method is the culprit,” in *International Conference on Computers for Handicapped Persons*, pp. 156–163, Springer, 2006.
- [38] P. E. F. Casado, *Usabilidad web. Teoría y uso*. Ra-Ma Editorial, 2018.

- [39] H. Y. Abuaddous, M. Z. Jali, and N. Basir, “Web accessibility challenges,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 7, no. 10, 2016. DOI: 10.14569/IJACSA.2016.071023.
- [40] M. Campoverde-Molina, S. Lujan-Mora, and L. V. Garcia, “Empirical studies on web accessibility of educational websites: A systematic literature review,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 91676–91700, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2994288.
- [41] A. Nuñez, A. Moquillaza, and F. Paz, “Web accessibility evaluation methods: a systematic review,” in *Design, User Experience, and Usability. Practice and Case Studies: 8th International Conference, DUXU 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019, Orlando, FL, USA, July 26–31, 2019, Proceedings, Part IV 21*, pp. 226–237, Springer, 2019. DOI: doi.org/10.1007/978-3-030-23535-2-17.
- [42] Ş. S. Macakoğlu and S. Peker, “Web accessibility performance analysis using web content accessibility guidelines and automated tools: a systematic literature review,” in *2022 international congress on human-computer interaction, optimization and robotic applications (hora)*, pp. 1–8, IEEE, 2022. DOI: 10.1109/HORA55278.2022.9799981.
- [43] M. Akram and R. B. Sulaiman, “A systematic literature review to determine the web accessibility issues in saudi arabian university and government websites for disable people,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 8, no. 6, 2017. DOI: 10.14569/IJACSA.2017.080642.
- [44] J. F. Burnham, “Scopus database: a review,” *Biomedical digital libraries*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2006.
- [45] R. Vine, “Google scholar,” *Journal of the Medical Library Association*, vol. 94, no. 1, p. 97, 2006. DOI: 10.3163/1536-5050.94.1.097.
- [46] J. Saldaña, *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. SAGE Publications, 2013. Accedido el 5 de abril de 2023.
- [47] J. Villarroel-Ramos, S. Sanchez-Gordon, and S. Luján-Mora, “Architectural metamodel for requirements of images accessibility in online editors,” in *2018 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, pp. 312–319, IEEE, 2018. DOI: 10.1109/INCISCOS.2018.00052.
- [48] S. Baldiris, L. Mancera, D. Vargas, and G. Velez, “Accessibility evaluation of web content that support the mathematics, geometry and physics’s teaching and learning,” in *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, vol. 2161, pp. 295–297, IEEE, 2019. DOI: 10.1109/ICALT.2019.00094.
- [49] G. E. G. Chanchí, P. A. Vargas, and W. Y. M. Campo, “Construcción de recursos educativos para la temática de accesibilidad en el curso de interacción humano computador,” *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, no. E23, pp. 171–183, 2019.

- [50] J. Torres del Rey and L. M. Vázquez, “Transferring web accessibility through localization and internationalization standards,” *The Journal of Internationalization and Localization*, vol. 6, no. 1, pp. 1–24, 2019. DOI: 10.1075/jial.19002.tor.
- [51] S. K. Almasoud and H. I. Mathkour, “Instant adaptation enrichment technique to improve web accessibility for blind users,” in *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Information System and Data Mining*, pp. 159–164, Association for Computing Machinery, 2019. DOI: 10.1145/3325917.3325931.
- [52] G. Rodriguez, J. Pérez, and D. Benavides, “Accessibility variability model: The utpl mooc case study,” in *Proceedings of the 23rd International Systems and Software Product Line Conference-Volume B*, pp. 114–121, Association for Computing Machinery, 2019. DOI: 10.1145/3307630.3342416.
- [53] P. Acosta-Vargas, L. A. Salvador-Ullauri, and S. Luján-Mora, “A heuristic method to evaluate web accessibility for users with low vision,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 125634–125648, 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2939068.
- [54] E. Fernández-Díaz, M. C. Jambrino Maldonado, and P. P. Iglesias Sánchez, “Web accessibility. the new era of wcag 2.1, the transition to future wcag 3.0.,” *GECONTEC: Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología*, vol. 7, no. 2, 2019.
- [55] T. Acosta, J. Zambrano-Miranda, and S. Luján-Mora, “Analysis of the accessibility of educational videos in massive openl online courses,” in *EDULEARN19: 11TH International Conference on Education and New Learning Technologies*, pp. 8321–8331, IATED, 2019. DOI: 10.21125/edulearn.2019.2076.
- [56] P. Acosta-Vargas, P. Hidalgo, G. Acosta-Vargas, M. Gonzalez, J. Guaña-Moya, and B. Salvador-Acosta, “Challenges and improvements in website accessibility for health services,” in *Intelligent Human Systems Integration 2020: Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2020): Integrating People and Intelligent Systems, February 19-21, 2020, Modena, Italy*, pp. 875–881, Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-39512-4_134.
- [57] P. Acosta-Vargas, B. Salvador-Acosta, M. Gonzalez, J.-L. Pérez-Medina, G. Acosta-Vargas, K. Jimenes-Vargas, and Y. Rybarczyk, “Web accessibility analysis of a tele-rehabilitation platform: the physiotherapist perspective,” in *Advances in Human Factors and Systems Interaction: Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 16-20, 2020, USA*, pp. 215–221, Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-51369-6_29.
- [58] P. Acosta-Vargas, M. González, and S. Luján-Mora, “Dataset for evaluating the accessibility of the websites of selected latin american universities,” *Data in brief*, vol. 28, p. 105013, 2020. DOI: 10.1016/j.dib.2019.105013.

- [59] P. Parajuli and E. Eika, “A comparative study of accessibility and usability of norwegian university websites for screen reader users based on user experience and automated assessment,” in *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design Approaches and Supporting Technologies: 14th International Conference, UAHCI 2020, Held as Part of the 22nd HCI International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings, Part I 22*, pp. 300–310, Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-49282-3_21.
- [60] P. Acosta-Vargas, M. Gonzalez, M. R. Zambrano, A. Medina, N. Zweig, and L. Salvador-Ullauri, “The portable document format: an analysis of pdf accessibility,” in *Advances in Human Factors and Systems Interaction: Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 16-20, 2020, USA*, pp. 206–214, Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-51369-6_28.
- [61] E. Fernández-Díaz, P. P. Iglesias-Sánchez, and C. Jambrino-Maldonado, “Exploring who communication during the covid 19 pandemic through the who website based on w3c guidelines: Accessible for all?,” *International journal of environmental research and public health*, vol. 17, no. 16, p. 5663, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17165663.
- [62] L. Salvador-Ullauri, P. Acosta-Vargas, M. Gonzalez, and S. Luján-Mora, “Combined method for evaluating accessibility in serious games,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 18, p. 6324, 2020. DOI: 10.3390/APP10186324.
- [63] T. Acosta, P. Acosta-Vargas, J. Zambrano-Miranda, and S. Lujan-Mora, “Web accessibility evaluation of videos published on youtube by worldwide top-ranking universities,” *Ieee Access*, vol. 8, pp. 110994–111011, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3002175.
- [64] P. Acosta-Vargas, C. Ramos-Galarza, L. Salvador-Ullauri, G. E. Chanchí, and J. Jadán-Guerrero, “Improve accessibility and visibility of selected university websites,” in *Advances in Human Factors and Systems Interaction: Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 16-20, 2020, USA*, pp. 229–235, Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-51369-6_31.
- [65] L. Salvador-Ullauri, P. Acosta-Vargas, M. Gonzalez, and S. Luján-Mora, “A heuristic method for evaluating accessibility in web-based serious games for users with low vision,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 24, p. 8803, 2020. DOI: 10.3390/app10248803.
- [66] F. Rubáček, I. Jindřichovská, Z. Horváthová, and J. Abrhám, “Accessibility of websites of the european national tourism boards,” *International Journal of Economics and Business Administration*, 2020. DOI: 10.35808/ijeba/446.
- [67] Y. Kosova and M. Izetova, “Accessibility of mathematics moocs to learners with disabilities,” *Voprosy Obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, no. 1 (eng), pp. 205–229, 2020. DOI: 10.17323/1814-9545-2020-1-205-229.

- [68] U. İlhan, E. I. Iseri, and K. Uyar, “Web accessibility of e-government portals and ministry websites of the cyprus island,” in *2020 4th International symposium on multidisciplinary studies and innovative technologies (ISMSIT)*, pp. 1–6, IEEE, 2020. DOI: 10.1109/ISMSIT50672.2020.9254996.
- [69] P. Acosta-Vargas, L. Salvador-Ullauri, J. L. Pérez-Medina, M. Gonzalez, K. Jimenes, and Y. Rybarczyk, “Improving web accessibility: Evaluation and analysis of a telerehabilitation platform for hip arthroplasty patients,” in *Advances in Human Factors and Systems Interaction: Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 24-28, 2019, Washington DC, USA 10*, pp. 508–519, Springer Verlag, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-20040-4_46.
- [70] H. Rojas, R. Renteria, E. Acosta, H. Arévalo, and M. Pílares, “Application of accessibility guidelines in a virtual museum,” in *2020 3rd International Conference of Inclusive Technology and Education (CONTIE)*, pp. 73–79, IEEE, 2020. DOI: 10.1109/CONTIE51334.2020.00022.
- [71] P. Acosta-Vargas, P. Hidalgo, G. Acosta-Vargas, B. Salvador-Acosta, L. Salvador-Ullauri, and M. Gonzalez, “Designing an accessible website for palliative care services,” in *International Conference on Applied Technologies*, pp. 371–383, Springer, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-42517-3_28.
- [72] S. Panda and R. Chakravarty, “Evaluating the web accessibility of iit libraries: a study of web content accessibility guidelines,” *Performance Measurement and Metrics*, vol. 21, no. 3, pp. 121–145, 2020. DOI: 10.1108/PMM-02-2020-0011.
- [73] L. Salvador-Ullauri, P. Acosta-Vargas, and S. Luján-Mora, “Accessibility evaluation of video games for users with cognitive disabilities,” in *Intelligent Human Systems Integration 2020: Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2020): Integrating People and Intelligent Systems, February 19-21, 2020, Modena, Italy*, pp. 853–859, Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-39512-4_130.
- [74] L. Armas, H. Rojas, and R. Renteria, “Proposal for an accessible software development model,” in *2020 3rd International Conference of Inclusive Technology and Education (CONTIE)*, pp. 104–109, IEEE, 2020. DOI: 10.1109/CONTIE51334.2020.00028.
- [75] P. Acosta-Vargas, I. Dueñas-Espín, L. Armijos, J. Fonseca, N. Santillán, R. Jimbo, M. F. Rivadeneira, X. Sánchez, C. Sevilla, B. Tello, *et al.*, “Challenges of web accessibility in a health application to predict neonatal mortality—the score bebe®,” in *Advances in Human Factors and System Interactions: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 25-29, 2021, USA*, pp. 242–249, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-79816-1_30.

- [76] S. Gupta, T. Gjørseter, and G. A. Giannoumis, “Web accessibility and web developer attitudes towards accessibility in mozambique,” in *International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 213–231, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-78092-0_14.
- [77] G. Acosta-Vargas, P. Acosta-Vargas, J. Jadán-Guerrero, L. Salvador-Ullauri, and M. Gonzalez, “Improvement of accessibility in medical and healthcare websites,” in *Advances in Human Factors and System Interactions: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 25-29, 2021, USA*, pp. 266–273, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-79816-1_33.
- [78] A. Pascual-Almenara and T. Granollers-Saltiveri, “Combining two inspection methods: usability heuristic evaluation and wcag guidelines to assess e-commerce websites,” in *Human-Computer Interaction: 7th Iberoamerican Workshop, HCI-COLLAB 2021, Sao Paulo, Brazil, September 8–10, 2021, Proceedings 7*, pp. 1–16, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-92325-9_1.
- [79] B. R. Barricelli, E. Casiraghi, A. Dattolo, and A. Rizzi, “15 years of stanca act: are italian public universities websites accessible?,” *Universal Access in the Information Society*, vol. 20, pp. 185–200, 2021. DOI: 10.1007/s10209-020-00711-0.
- [80] E. I. Iseri, K. Uyar, and U. Ilhan, “The accessibility of health related websites of cyprus island,” in *2021 5th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, pp. 581–586, IEEE, 2021. DOI: 10.1109/ISM-SIT52890.2021.9604555.
- [81] M. Campoverde-Molina, S. Luján-Mora, and L. Valverde, “Evaluation of the accessibility of the homepages of the web portals of ecuadorian higher education institutions ranked in webometrics,” in *2021 IEEE Fifth Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, pp. 1–6, IEEE, 2021. DOI: 10.1109/ETCM53643.2021.9590684.
- [82] P. Acosta-Vargas, J.-L. Pérez-Medina, M. Carrión-Toro, M. Santórum, L.-P. Samaniego-Santillán, V.-G. Maldonado-Garcés, C. C. Gaitero, and N.-Y. Ortiz-Carranco, “Towards the development of serious games accessible for users with cognitive disabilities,” in *Advances in Human Factors and System Interactions: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 25-29, 2021, USA*, pp. 227–233, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-79816-1_28.
- [83] S. Alismail and W. Chipidza, “Accessibility evaluation of covid-19 vaccine registration websites across the united states,” *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 28, no. 9, pp. 1990–1995, 2021. DOI: 10.1093/jamia/ocab105.

- [84] O. Azzaoui and A. Lakhouaja, “Statistical study to measure the accessibility of websites in morocco: Evaluation of three categories of websites,” in *2021 8th International Conference on ICT & Accessibility (ICTA)*, pp. 1–6, IEEE, 2021. DOI: 10.1109/ICTA54582.2021.9809432.
- [85] E. Fernández-Díaz, M. B. Correia, and N. d. Matos, “Portuguese and spanish dmos’ accessibility apps and websites,” *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol. 16, no. 4, pp. 874–899, 2021. DOI: 10.3390/jtaer16040050.
- [86] M. Sashnova, A. Zahorulko, S. Liulchak, T. Shabelnyk, A. Kolomiets, and S. Yermakova, “Detection of accessibility and quality of websites of the leading universities of the world,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology 30th June 2021. Vol. 99. No. 12: 2845-2857.*, 2021.
- [87] S. Zare, S. Rahmatizadeh, and S. Valizadeh-Haghi, “Academic medical libraries and accessibility challenges: The conformance of the websites with the wcag2. 1.,” *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, vol. 41, no. 2, 2021. DOI: 10.14429/djlit.41.02.16306.
- [88] V. Gupta and H. Singh, “Web content accessibility evaluation of universities’ websites- a case study for universities of punjab state in india,” in *2021 8th International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, pp. 546–550, IEEE, 2021. DOI: 10.1109/INDIACom51348.2021.00097.
- [89] E. Azadbakht, T. Schultz, and J. Arellano, “Not open for all: accessibility of open textbooks,” *Insights: the UKSG Journal*, vol. 34, 2021. DOI: 10.1629/UKSG.557.
- [90] L. Žuliček, S. Tomić, and I. Bosnić, “Adapting modularized web applications to web accessibility standards,” in *2021 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, pp. 470–475, IEEE, 2021. DOI: 10.23919/MIPRO52101.2021.9596750.
- [91] P. Acosta-Vargas, J.-L. Pérez-Medina, G. Acosta-Vargas, B. Salvador-Acosta, W. Esparza, K. Jimenes-Vargas, and M. Gonzalez, “Combined method for accessibility evaluation in tele-rehabilitation platforms for low vision users,” in *Intelligent Human Systems Integration 2021: Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2021): Integrating People and Intelligent Systems, February 22-24, 2021, Palermo, Italy*, pp. 632–638, Springer, Cham, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-68017-6_93.
- [92] P. Acosta-Vargas, J. Guaña-Moya, G. Acosta-Vargas, W. Villegas-Ch, and L. Salvador-Ullauri, “Method for assessing accessibility in videoconference systems,” in *Intelligent Human Systems Integration 2021: Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2021): Integrating People and Intelligent Systems, February 22-24, 2021, Palermo, Italy*, pp. 669–675, Springer, Cham, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-68017-6_99.

- [93] A. Cruz, D. Carvalho, T. Rocha, and P. Martins, “Towards an accessibility evaluation of elearning tools in emerging 3d virtual environments like metaverse: Taking advantage of acquired knowledge in moodle and second life,” in *International Conference on Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education*, pp. 131–144, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-22918-3_10.
- [94] J. Ara and C. Sik-Lanyi, “Investigation of covid-19 vaccine information websites across europe and asia using automated accessibility protocols,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 5, p. 2867, 2022. DOI: 10.3390/ijerph19052867.
- [95] N. Tiurkedzhy, I. Davydova, O. Y. Marina, and S. Marin, “Accessibility analysis of digital libraries and specialized library resources,” in *University Library at a New Stage of Social Communications Development. Conference Proceedings*, no. 7, pp. 218–231, Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2022. DOI: 10.15802/unilib/2022_270121.
- [96] T. Todorov, G. Bogdanova, and M. Todorova-Ekmekci, “Accessibility of bulgarian regional museums websites,” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 3, 2022. DOI: 10.14569/IJACSA.2022.0130305.
- [97] J. A. Niño-Vega, M. T. Giraldo-Cardona, and F. H. Fernández-Morales, “Analysis of web accessibility to colombian universities under the guidelines proposed by wcag 2.1,” *Gaceta Médica De Caracas*, vol. 130, no. 3S, 2022. DOI: 10.47307/GMC.2022.130.s3.15.
- [98] B. A. KHASAWNEH, “Websites accessibility compliance of official agencies for disabilities,” in *Proceedings of the 13th International Conference on Society and Information Technologies (ICSIT 2022)*, pp. 62–67, International Institute of Informatics and Cybernetics, IIIC, 2022. DOI: 10.54808/ICSIT2022.01.62.
- [99] T. Niom and F. Lin, “Accessibility of covid-19 websites of asian countries: An evaluation using automated tools,” *SN Computer Science*, vol. 3, no. 6, p. 498, 2022. DOI: 10.1007/s42979-022-01412-6.
- [100] M. M. Gutiérrez, J. R. R. Cáceres, and J. Muñoz-Arteaga, “Accessibility evaluation for deaf users an approach,” in *2022 International Conference on Inclusive Technologies and Education (CONTIE)*, pp. 1–5, IEEE, 2022. DOI: 10.1109/CONTIE56301.2022.10004409.
- [101] L. Moreno, R. Alarcon, and P. Martínez, “Accessibility and readability compliance in spanish public hospital websites,” in *Proceedings of the 10th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, pp. 185–194, Association for Computing Machinery, 2022. DOI: 10.1145/3563137.3563143.

- [102] P. Johnson and M. Lilley, “Software prototype for the ensemble of automated accessibility evaluation tools,” in *International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 532–539, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-06417-3_71.
- [103] A. P. Afonso, A. S. Pinto, I. Braga, and R. Oliveira, “E-commerce website accessibility assessment portugal case overview,” in *Advances in Tourism, Technology and Systems: Selected Papers from ICOTTS 2021, Volume 2*, pp. 491–500, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2022. DOI: 10.1007/978-981-16-9701-2_40.
- [104] N. Alajarmeh, “Evaluating the accessibility of public health websites: an exploratory cross-country study,” *Universal access in the information society*, vol. 21, no. 3, pp. 771–789, 2022. DOI: 10.1007/s10209-020-00788-7.
- [105] J. Cortés Fandio and R. Solano Salinas, “Accessibility on the websites of colombian public entities,” *Revista Española de Discapacidad*, vol. 10, no. 1, pp. 147–183, 2022. DOI: 10.5569/2340-5104.10.01.07.
- [106] L. A. Vejarano Sánchez, D. I. Gutiérrez Idrobo, M. C. Camacho Ojeda, and S. Gómez-Jaramillo, “Guide for website design for higher education institutions based on the wcag 2.1 standard applied to visual disabilities,” *Revista Academia y Virtualidad*, 2022. DOI: 10.18359/ravi.5601.
- [107] J. N. R. Leticia Marinho, “The development of an accessibility indicator framework for analyzing online exhibitions: a pathway for social inclusion in museums’ activities,” in *II Congreso internacional de museos y estrategias digitales, CIMED 2022*, pp. 209–219, Coleccion Congresos UPV, 2022. DOI: 10.4995/CIMED22.2022.15562.
- [108] G. Sanchez Medero, G. Pastor Albaladejo, and S. Jimenez Merono, “Transparency of political parties in spain and e-accesibility for people with disabilities,” *REVISTA DEL CLAD REFORMA Y DEMOCRACIA*, no. 82, pp. 185–224, 2022. DOI: 10.69733/clad.ryd.n82.a291.
- [109] N. Patvardhan, M. Ranade, and K. Patvardhan, “Web accessibility supporting diversity inclusion and effective internet communication in e-commerce, for sustainable social development,” in *2022 OPJU International Technology Conference on Emerging Technologies for Sustainable Development (OTCON)*, pp. 1–5, IEEE, 2023. DOI: 10.1109/OTCON56053.2023.10113942.
- [110] P. Khawaja, “Accessibility of public library websites in the united states,” *Universal Access in the Information Society*, vol. 22, no. 3, pp. 1047–1057, 2023. DOI: 10.1007/s10209-022-00866-y.
- [111] A. Lamani, R. Gude, M. Colaco, P. Karpe, and S. Simu, “Disability-friendly website design with recommendation system,” in *2023 IEEE North Karnataka Subsection Flagship International Conference (NKCon)*, pp. 1–6, IEEE, 2023. DOI: 10.1109/NK-Con59507.2023.10396590.

- [112] P. Dangol, “Website accessibility evaluation of the federal government of nepal,” *Universal Access in the Information Society*, pp. 1–17, 2023. DOI: 10.1007/s10209-023-01076-w.
- [113] E. Fernández-Díaz, C. Jambrino-Maldonado, P. P. Iglesias-Sánchez, and C. de las Heras-Pedrosa, “Digital accessibility of smart cities-tourism for all and reducing inequalities: tourism agenda 2030,” *Tourism Review*, vol. 78, no. 2, pp. 361–380, 2023. DOI: 10.1108/TR-02-2022-0091.
- [114] R. Pandey and V. Kumar, “Web accessibility of indian cultural heritage information: an analytical study of museum websites,” *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 2023. DOI: 10.1108/JCHMSD-08-2021-0153.
- [115] S. Paul, “Accessibility analysis using wcag 2.1: evidence from indian e-government websites,” *Universal access in the information society*, vol. 22, no. 2, pp. 663–669, 2023. DOI: 10.1007/s10209-021-00861-9.
- [116] E. I. Iseri, K. Uyar, and U. Ilhan, “Web accessibility of the cyprus island food retailers’ websites,” in *2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, pp. 1–5, IEEE, 2023. DOI: 10.1109/HORA58378.2023.10156791.
- [117] J. Ara and C. Sik-Lanyi, “Webpage accessibility evaluation using machine learning technique,” in *2023 14th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, pp. 000069–000074, IEEE, 2023. DOI: 10.1109/CogInfoCom59411.2023.10397496.
- [118] A. Othman, A. Dhouib, and A. Nasser Al Jabor, “Fostering websites accessibility: A case study on the use of the large language models chatgpt for automatic remediation,” in *Proceedings of the 16th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, pp. 707–713, Association for Computing Machinery, 2023. DOI: 10.1145/3594806.3596542.
- [119] I. Abu Doush, K. Sultan, M. A. Al-Betar, Z. Almeraj, Z. A. A. Alyasseri, and M. A. Awadallah, “Web accessibility automatic evaluation tools: to what extent can they be automated?,” *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*, vol. 5, no. 3, pp. 288–320, 2023. DOI: 10.1007/s42486-023-00127-8.
- [120] A. P. Almenara, J. H. Elich, and T. G. Saltiveri, “Collaborative wiki with accessible and non-accessible examples of wcag guidelines,” in *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pp. 1–6, IEEE Computer Society, 2023. DOI: 10.23919/CISTI58278.2023.10211515.
- [121] N. Fayyaz, S. Khusro, *et al.*, “Enhancing accessibility for the blind and visually impaired: Presenting semantic information in pdf tables,” *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, vol. 35, no. 7, p. 101617, 2023. DOI: 10.1016/j.jksuci.2023.101617.

- [122] Z. Jordanoski and M. Meyerhoff Nielsen, “The challenge of web accessibility: an evaluation of selected government websites and service portals of high, middle and low-income countries,” in *Proceedings of the 16th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, pp. 101–110, Association for Computing Machinery, 2023. DOI: 10.1145/3614321.3614343.
- [123] F. E. Chadli, D. Gretete, and A. Moumen, “Comparison of free and open source wcag accessibility evaluation tools,” in *Proceedings of the 6th International Conference on Networking, Intelligent Systems & Security*, pp. 1–6, Association for Computing Machinery, 2023. DOI: 10.1145/3607720.3607722.
- [124] T. Sivayoganathan and M. Ramzan, “Evaluating webpage performance and web accessibility of canadian universities’ mental health service webpages,” *Universal Access in the Information Society*, pp. 1–9, 2024. DOI: 10.1007/s10209-024-01097-z.
- [125] M. Laamanen, T. Ladonlahti, H. Puupponen, and T. Kärkkäinen, “Does the law matter? an empirical study on the accessibility of finnish higher education institutions’ web pages,” *Universal access in the information society*, vol. 23, no. 1, pp. 475–491, 2024. DOI: 10.1007/s10209-022-00931-6.
- [126] B. Martins and C. Duarte, “Large-scale study of web accessibility metrics,” *Universal Access in the Information Society*, vol. 23, no. 1, pp. 411–434, 2024. DOI: 10.1007/s10209-022-00956-x.
- [127] M. Santórum, M. Carrión-Toro, D. Morales-Martínez, V. Maldonado-Garcés, G. Acosta-Vargas, and P. Acosta-Vargas, “Par: Towards a reference architecture for accessible platforms in respiratory therapies,” *Applied Sciences*, vol. 14, no. 2, p. 840, 2024. DOI: 10.3390/app14020840.