



Proceso metodológico para el análisis comparativo de validadores automáticos de accesibilidad Web

Methological process for the comparative analysis of automatic Web accessibility validators

José Montes-Gil¹
Luis Londoño-Rojas²
Valentina Tabares-Morales³

¹ Universidad Nacional de Colombia (Colombia). Correo electrónico: joamontesgi@unal.edu.co; orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7117-3051>

² Universidad Nacional de Colombia (Colombia). Correo electrónico: lfondonor@unal.edu.co; orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9580-3898>

³ Universidad Nacional de Colombia (Colombia). Correo electrónico: vtabaresm@unal.edu.co; orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8078-8525>

Recibido: 06-08-2019 Aceptado: 15-11-2019

Cómo citar: Montes-Gil, José; Londoño-Rojas, Luis; Tabares-Morales, Valentina (2019). Proceso metodológico para el análisis comparativo de validadores automáticos de accesibilidad web. *Informador Técnico*, 84(1), 35-47. <https://doi.org/10.23850/22565035.2303>

Resumen

La accesibilidad web es aquella característica que permite que cualquier persona sin importar sus condiciones pueda acceder a los contenidos de los sitios web. El uso de validadores automáticos permite realizar un primer análisis acerca del nivel de accesibilidad de un sitio web. Sin embargo, la selección de estas herramientas tiende a no ser trivial, debido a las diferencias técnicas que presenta cada validador. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis comparativo entre validadores automáticos de accesibilidad, buscando establecer criterios de selección a la hora de elegir un validador para realizar una evaluación de accesibilidad. Se propuso una metodología basada en tres etapas que permitieron seleccionar 14 validadores que fueron analizados bajo diferentes criterios. Además, permitió concluir que ninguno de los validadores analizados cumple con todas las características, por lo que no sería suficiente seleccionar solo uno para realizar un proceso de evaluación de accesibilidad. Por lo tanto, este proceso metodológico se constituye como una herramienta de gran utilidad para la selección de validadores de accesibilidad.

Palabras clave: validadores de accesibilidad; validadores automáticos; accesibilidad; herramientas de evaluación de accesibilidad web; evaluación automática.

Abstract

Web accessibility is that feature that allows anyone, regardless of their conditions, to access the contents of websites. The use of automatic validators allows a first analysis to be made about the level of accessibility of a website. However, the selection of these tools tends not to be trivial due to the technical differences presented by each validator. The objective of this work was to carry out a comparative analysis between automatic accessibility validators, seeking to establish selection criteria when choosing a validator to carry out an accessibility evaluation. A methodology was proposed based on three stages that allowed the selection of 14 validators that were analyzed under different criteria. In addition, it allowed to conclude that none of the analyzed validators fulfills all the characteristics, reason why it would not be enough to select only one to carry out an accessibility evaluation process. Therefore, this methodological process constitutes a very useful tool for the selection of accessibility validators.

Keywords: accessibility validators; automatic validators; accessibility; web accessibility evaluation tools; automatic evaluation.

1. Introducción

Con el crecimiento continuo de la cantidad de sitios web que se encuentran en Internet, es importante contar con herramientas que permitan verificar si estos sitios cumplen pautas de accesibilidad web que permitan el acceso a todas las personas (Shawn-Lawton, 2005), las cuales están definidas dentro de las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) establecidas por el consorcio internacional de generación de recomendaciones y estándares World Wide Web Consortium (W3C) y en la Sección 508 que hace parte de la Ley de Rehabilitación de 1973 en Estados Unidos. Por esta razón, son creados los validadores de accesibilidad web como herramientas con las que disponen los desarrolladores, diseñadores, expertos y usuarios para realizar la evaluación de accesibilidad automática de un sitio web.

Actualmente existe una gran cantidad de validadores de accesibilidad en la web, de los cuales 128 son herramientas que cuentan con el aval del Web Accessibility Initiative (WAI). Sin embargo, los validadores de accesibilidad automáticos presentan diferentes problemas; uno de ellos es que evalúan una pequeña proporción de los criterios definidos en los estándares (Abuaddous; Zolisham-Jali; Basir, 2016). Otro problema es la forma como se presentan los resultados que puede ser confusa para el usuario, tal como lo evidenciaron Brajnik; Vigo; Yesilada; Harper (2016) cuyo experimento consistió en evaluar de forma individual y en grupos el nivel de accesibilidad de varios sitios web, concluyendo que la interpretación de los resultados es mejor cuando varios usuarios cooperan, debido al nivel de dificultad que puede llegar a tener este proceso.

Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta el trabajo de Akram y Sulaiman (2017), quienes realizaron una revisión de artículos para evaluar la accesibilidad en diferentes sitios web a nivel mundial se demostró que 87 % de estos documentos usan herramientas automáticas para la evaluación de accesibilidad y se identifica como problemática la selección de validadores de accesibilidad, de acuerdo a la forma como son presentados los resultados.

Para el presente trabajo se aplica un proceso sistemático de evaluación y comparación de validadores de accesibilidad web enfocado en el análisis de cómo se entregan y visualizan los resultados de las evaluaciones tanto en los validadores que comúnmente son utilizados en la literatura como en los validadores emergentes de los últimos dos años.

Los resultados de este trabajo pueden servir como herramienta de apoyo en la selección de los validadores automáticos de accesibilidad web tanto para los expertos evaluadores de accesibilidad como para desarrolladores, diseñadores e instituciones que deseen determinar el nivel de accesibilidad de sus sitios web.

2. Marco teórico

2.1 Accesibilidad web

La accesibilidad es comprendida como el conjunto de características que permiten que una persona independientemente de sus condiciones físicas, cognitivas o psicológicas, pueda acceder fácilmente a un producto o servicio. Por lo tanto, accesibilidad web se refiere a las características con las que cuentan los sitios web para permitir el acceso a cualquier persona sin importar sus condiciones (Shawn-Lawton, 2005).

Según el W3C, la accesibilidad web implica que cualquier persona sin importar sus condiciones, pueda percibir, comprender, navegar e interactuar con la web (Ismailova; Kimsanova, 2017). Por su parte, la Sección 508 define accesibilidad como el grado en que un producto, dispositivo, servicio o entorno está disponible para la mayor cantidad de personas posible (Krepp, 2014).

2.2 Estándares de accesibilidad web

Los estándares de accesibilidad son las normas, guías y pautas creadas por entidades gubernamentales o iniciativas de consorcios, con el fin de dar lineamientos de cómo se debe construir un sitio web para que este pueda ser accedido por la mayor cantidad de personas posibles, de tal forma que no se excluya ningún tipo de usuario por tener algún tipo de discapacidad (Varela *et al.*, 2012). A continuación, son presentados algunos estándares internacionales e iniciativas de accesibilidad web.

- **Accessible Rich Internet Applications (ARIA):** es un proyecto de la iniciativa Web Accessibility Initiative (WAI) de la W3C que tiene como fin la mejora de la accesibilidad de los elementos dinámicos de las interfaces desarrolladas en AJAX, HTML, Javascript y otras tecnologías (Watanabe; Fortes; Dias, 2017).

- **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG):** son las guías que el W3C diseñó para la creación de sitios web accesibles. En la actualidad, se encuentra en la versión 2.1, la cual es la prueba beta de la versión 3.0 (Alonso-Virgós; Rodríguez-Baena; Pascual-Espada; González-Crespo, 2018; Kirkpatrick; Connor; Campbell; Cooper, 2018).

- **Sección 508:** es la norma de Estados Unidos en la que se define que todos los productos deben cumplir con requerimientos funcionales que permitan el acceso a cualquier persona sin importar sus condiciones, además, incluye las pautas que se deben tener en cuenta al momento de crear productos accesibles, entre ellos páginas web (Jaeger, 2004; Krepp, 2014; United States Access Board, 2000).

- **Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) y User Agent Accessibility Guidelines (UAAG):** son dos guías que la W3C creó como soporte a las WCAG respecto a las tecnologías emergentes, como lo son los sistemas multiagentes y las herramientas de autor (Agüero; Perea, 2009; Richards; Spellman; Treviranus, 2015; Spellman; Allan; Shawn-Lawton, 2016).

2.3 Evaluación de accesibilidad

La evaluación de accesibilidad consiste en la validación de algunas características de un sitio web con base en un estándar de accesibilidad. Las evaluaciones de accesibilidad tienen dos enfoques; el primero es la evaluación manual, realizada por un usuario experto en el tema de accesibilidad y utiliza como herramienta de validación un instrumento con una serie de criterios definidos para revisar si se cumplen o no en el sitio web. El segundo enfoque es la evaluación automática, la cual puede ser aplicada por cualquier usuario, ya que para realizarla se utiliza como herramienta uno o varios validadores de accesibilidad web, los cuales, por medio de la dirección del sitio web acceden a él y con base en las normas de accesibilidad, evalúan el código de la página.

Actualmente, la mayor parte de los trabajos que se encuentran en la literatura sobre evaluación de accesibilidad, se centran en sitios web gubernamentales (Ismailova; Kimsanova, 2017; King; Youngblood, 2016; Power, Pimenta-Freire; Petrie, 2009) e instituciones universitarias (Akram; Sulaiman, 2017; Ismailova; Inal, 2018; Ismailova; Kimsanova, 2017; Kurt, 2017; Laufer-Nir; Rimmerman, 2018). Esto tiene mucho sentido, ya que corresponde a las instituciones que deben ser pioneras en la construcción de sitios web accesibles, teniendo en cuenta que son portales a los cuales accede una gran cantidad de personas con diferentes características.

2.4 Validadores de accesibilidad web

Como se mencionó anteriormente, los validadores de accesibilidad web son herramientas que permiten realizar evaluación de accesibilidad de forma automática. En la actualidad existe una gran cantidad de validadores de accesibilidad que pueden ser de tipo web, aplicaciones de escritorio o extensiones de navegador. Algunos de estos validadores se enfocan más en la evaluación de la accesibilidad en cuanto a contrastes de la página, otros en el diseño responsivo del sitio web en diferentes tipos de dispositivos y, por lo general, la mayor parte de los validadores evalúan los criterios de estándares de accesibilidad

como las WCAG y la Sección 508, aunque algunos nuevos validadores evalúan con base en adaptaciones de los criterios de las WCAG a necesidades específicas.

3. Trabajos relacionados

Se realizó una búsqueda de trabajos relacionados a la comparación de validadores de accesibilidad web y metodologías de evaluación de validadores de accesibilidad.

López-Zambrano, Moreira-Pico; Alava-Cagua (2018) presentaron un modelo metodológico para valorar y clasificar las herramientas automáticas de evaluación de accesibilidad web. Dentro del caso de estudio de este trabajo se compararon los validadores de accesibilidad TAW, Analizador Web Ecuatoriano, Functional Accessibility Evaluator, Achecker, Ainspector, Access Monitor, Examiner, Vamolá, Tingtun Accessibility Checker, aXe, Total Validator, SortSite, Tenon Wave, Cynthia Says, WCAG Contrast Checker y Juicio Studio Toolbar, con base en los tres niveles de conformidad (A, AA, AAA) y los cuatro principios de las WCAG (operable, robusto, comprensible y perceptible), obteniendo como resultado varios cuadros comparativos con los mejores cinco validadores, de acuerdo a los niveles de conformidad. Se concluye que la evaluación automática de accesibilidad debe ser complementada con la evaluación manual, además, se recomienda utilizar metodologías de evaluación de validadores de accesibilidad basadas en las normas definidas por la W3C, para determinar cuál validador se debe usar en cada caso específico de evaluación de accesibilidad.

En el trabajo de Ismail, Kuppusamy y Nengroo (2018) se realizó la evaluación de accesibilidad con múltiples herramientas de los sitios web de los departamentos gubernamentales. Antes de empezar esta evaluación, se elaboró un análisis comparativo de los validadores automáticos de accesibilidad que se usarían (Achecker, Cynthia Says, Tenon, WAVE, Mauve, y Hera), utilizando como mecanismo de comparación de guías, chequeos automáticos, servicios en línea, accesibilidad chequeada por parámetro, API, extensión de navegador, idioma, formatos soportados, testeo por niveles (A, AA, AAA), testeo por prioridades (P1, P2, P3), reportes de la revisión de accesibilidad, formato de los reportes, licencia de software y asistencia para la generación de reporte, obteniendo dentro de las conclusiones que cada validador detecta diferentes características de accesibilidad, de manera que, para tener una mejor evaluación, debe utilizarse más de un validador.

Por su parte, Kaur y Dani (2017) llevaron a cabo el análisis comparativo de los validadores automáticos de accesibilidad web para móviles MobileOK Checker, TAW, EvalAccess Mobile y MobiReady. La comparación de estos se hace con base en tres parámetros, a saber; corrección, integridad y cobertura. Como resultado se obtuvo que los mejores validadores para evaluación automática de accesibilidad en dispositivos móviles son EvalAccess y MobileOK.

En la investigación de Al-Ahmad; Ahmaro; Mustafa (2015) se hizo un análisis comparativo de los validadores automáticos de accesibilidad web WAVE, ADesigner, A-Prompt, Web Accessibility Inspector y ATRC Accessibility Checker. En este estudio se realizaron unas pruebas a cada herramienta por cada criterio y se concluyó que ninguno de los validadores evalúa todas las pautas de accesibilidad definidas por la W3C, por lo que sugieren utilizar más de un validador para la evaluación automática de accesibilidad y aplicar evaluación manual de accesibilidad para garantizar la evaluación de todos los criterios de las normas de accesibilidad.

Pacheco, Amorim; Barbosa; Ferreira (2017) realizaron un análisis comparativo de herramientas de evaluación de accesibilidad, para valorar los validadores de accesibilidad AccessMonitor, ASES y TAW. Dentro de las conclusiones de este trabajo los autores sugieren el uso de más de un validador de accesibilidad para garantizar una mejor evaluación y también mencionan que para este caso en particular, el validador AccessMonitor presenta tanto falsos negativos como falsos positivos en los resultados.

Martín, Amado-Salvatierra; Hilera (2016) efectuaron la evaluación de accesibilidad de plataformas MOOC utilizando los validadores Examitator, Functional Accessibility Evaluator y Tingtun, en donde obtuvieron como resultado un ranking de accesibilidad de estos ocho MOOCs, recomendando el uso de los validadores de accesibilidad usados en el estudio.

Por otro lado, Al-Khalifa; Baazeem; Alamer (2017) llevaron a cabo la revisión de accesibilidad de los portales web del Gobierno de Arabia Saudita con el de generar conciencia respecto a la accesibilidad de los servicios e-government, así como validar si las nuevas políticas para mejorar la accesibilidad de estos sitios han sido efectivos o no. Para hacer esto se utilizaron como herramientas los validadores Achecker, Total Validator y WAVE y concluyeron que sí se ha mejorado considerablemente la accesibilidad de estos portales en los últimos años.

En el trabajo de Akram y Sulaiman (2017) se realizó una revisión sistemática de literatura para determinar los problemas de accesibilidad web en los portales de universidades y del Gobierno de Arabia Saudita para personas en situación de discapacidad. Dentro de los hallazgos de este trabajo se destaca que, del resumen de estudios de investigación existentes de accesibilidad web que realizan, el 87 % de los artículos revisados usan herramientas de evaluación automática de accesibilidad web y el validador de accesibilidad más usado es TAW, seguido de Achecker y EvalAccess.

4. Metodología

Con el objetivo de realizar un análisis comparativo de validadores de accesibilidad, se planteó una metodología integrada por tres etapas, las cuales se describen a continuación:

Etapla 1: en esta etapa se realizó una selección inicial de 21 validadores de accesibilidad, después de realizar la revisión de literatura, teniendo en cuenta solo aquellos que aparecen por lo menos una vez referenciados en la literatura consultada. A esos validadores seleccionados se les analizaron dos criterios básicos:

- **Tipo de aplicación:** este criterio permitió determinar si el validador es una herramienta web, de escritorio y/o extensión de navegador.
- **Licencia:** este criterio permitió identificar si el validador era gratuito o tenía algún costo su uso.

Etapla 2: se realizó la selección de los validadores que cumplieron como criterio ser aplicaciones web y de licencia gratuita, teniendo en cuenta la clasificación hecha en la etapa 1. También se realizó la revisión de disponibilidad de cada uno de los validadores seleccionados y su descripción.

Etapla 3: una vez descritos los validadores, se realizó la comparación de los validadores, de acuerdo a los criterios de evaluación que se presentan a continuación:

- **Estándares:** se identificó cuáles son los estándares bajos, con los cuales el validador realizó el análisis de accesibilidad.
- **Categorías de evaluación:** se analizaron los parámetros de clasificación de los resultados obtenidos por el validador, estas clasificaciones podían ser propias de la herramienta o definidas con base en los principios de las WCAG u otros estándares.
- **Medidas de evaluación:** se observó si los resultados de la evaluación de accesibilidad obtenida por el validador se mostraban en forma numérica y/o porcentual.
- **Cómo se visualizan los resultados:** se observó la forma como el validador presenta los resultados. Se identificó si lo hace de forma gráfica, si se listaron los criterios de las normas, si se presentó el código fuente, si se ubicaron los errores en la interfaz, si se analizó la cantidad de elementos frente a cantidad de elementos aprobados o si se indicó cómo corregir el error.
- **Descarga de resultados:** se determinó si los resultados de la evaluación de accesibilidad pueden ser descargados.
- **Cantidad de citas:** asociado con el proceso de análisis de las características de los validadores de accesibilidad, se realizó un proceso de revisión sistemática de literatura donde se seleccionaron artículos científicos que responden a

palabras claves relacionadas con evaluación de accesibilidad. Además, se realizaron búsquedas con el nombre de cada uno de los validadores seleccionados. Finalmente, se estableció la cantidad de citas que han tenido en publicaciones científicas.

5. Resultados y discusión

Esta sección presenta los resultados obtenidos al aplicar la metodología propuesta, con su respectivo análisis. Al aplicar la primera etapa, fueron seleccionados 21 validadores de accesibilidad después de analizar los 128 disponibles a través del sitio web del W3C. Como se mencionó, la selección de estos validadores se hizo teniendo en cuenta su aparición en literatura especializada donde se realicen evaluaciones de accesibilidad.

Los validadores seleccionados y su descripción respecto al tipo de aplicación y a su licenciamiento se presentan en la Tabla 1.

Como resultado de la segunda etapa, se seleccionaron 14 validadores que cumplían con los criterios de ser aplicación

Tabla 1.
Preselección de validadores automáticos de accesibilidad

Validadores	Tipo de Aplicación			Licencia	
	Web	Escritorio	Extensión	Gratuita	Pago
TAW	X			X	X
WAVE	X		X	X	X
Examinator	X			X	
Achecker	X			X	
Tenon	X		X	X	
Koa11y		X		X	
HTML CodeSniffer			X	X	
Adesigner		X		X	
Analizador Web	X			X	
Functional Accessibility Evaluator 2.0	X			X	
Total Validator		X		X	X
SortSite	X	X		X	X
Mauve	X			X	
European Internet Inclusion Initiative	X			X	
Siteimprove			X	X	X
CynthiaSays	X			X	
HERA FFX			X	X	
AXE			X	X	
Tanaguru	X			X	
AccessMonitor	X			X	
Nibbler	X			X	X

Fuente: elaboración propia.

web y con licencia gratuita. Se revisó la disponibilidad de cada uno de ellos y se realizó una corta descripción, de acuerdo a la información entregada a través de sus sitios web. A continuación, se presentan los validadores seleccionados:

- **TAW (<https://www.tawdis.net/>):** esta herramienta permite analizar los niveles de accesibilidad (A, AA, AAA) de un sitio web. Soporta las tecnologías HTML, CSS y Javascript. La evaluación es realizada por el ingreso de la URL del sitio web, y se establecen 3 categorías, las cuales se denominan Problemas, Advertencias y No verificados. En cada categoría existe un total de elementos distribuidos en los 4 principios de las WCAG (Operable, Robusto, Comprensible, Perceptible). En el caso particular de los no verificados, el validador recomienda evaluar estos criterios por medio de una evaluación manual. El reporte puede ser enviado vía correo electrónico.

- **WAVE (<https://wave.webaim.org/>):** por medio de este validador es posible determinar la cantidad de errores, alertas, características, elementos estructurales, HTML, ARIA y errores de contraste encontrados en un sitio web. Entre las funcionalidades de WAVE es posible analizar el sitio habilitando o deshabilitando los estilos y los elementos de contraste. También cuenta con dos pestañas en las cuales se puede observar una lista con cada elemento identificado y documentación acerca de su importancia, significado y corrección, en caso de ser necesario. Una característica particular en WAVE es que permite ver la ubicación de cada uno de los elementos en la interfaz del sitio.

- **Examinator (<http://examinator.ws/>):** evalúa la accesibilidad usando como referencia las WCAG 2.0. La validación de accesibilidad se hace a través de una URL, cargando el código fuente o pegando una porción de código en particular. Los elementos encontrados en el sitio son clasificados en cuatro categorías (Excelente, Regular, Mal, Muy mal) y por cada uno se muestra su nombre, propósito y relación con otros criterios. Examinator muestra una tabla resumen con la cantidad total de elementos, su puntaje obtenido y el ponderado final que determinará el nivel de accesibilidad del sitio. La herramienta también realiza un análisis orientado por tipo de discapacidad y un resultado en particular por cada limitación.

- **Achecker (<https://achecker.ca/checker/index.php>):** el uso de esta herramienta determina por medio de una evaluación de accesibilidad la cantidad de problemas conocidos, problemas probables, problemas potenciales, validación HTML y CSS que se encuentran en un sitio web. La evaluación de una página puede realizarse desde la selección de las pautas BITV1.0 (Nivel 2), Sección 508, Acta Stanca, WCAG 1.0 y 2.0 (Niveles A, AA, AAA). El validador no determina un nivel de accesibilidad general, no obstante, por cada uno de los elementos encontrados muestra la porción de código y la manera en la que se puede corregir. Otra característica particular de la herramienta radica en que permite descargar la evaluación en cuatro formatos (PDF, RDF, HTML y CSV).

- **Tenon (<https://tenon.io/>):** determina el nivel de prioridad de cada uno de los elementos en un sitio web clasificándolos en errores y advertencias, mostrando la porción de código que los relaciona y una solución recomendada por la WCAG 2.0. Este validador determina el tiempo que requirió para realizar la evaluación, el tamaño de la pantalla y de la página, además, el nivel de accesibilidad es mostrado al usuario por medio de un gráfico y de manera porcentual. El reporte generado por la aplicación puede ser descargado en formato CSV.

- **Analizador Web (<http://observatorioweb.ups.edu.ec>):** este validador establece el nivel de accesibilidad de un sitio en función de los cuatro principios establecidos por las WCAG; Perceptible, Operable, Robusto y Comprensible. Cada elemento es categorizado en cuatro niveles de medición (Exitoso, Error, Advertencia y No aplica). En los resultados se muestra la porción de código en caso de Error y/o Advertencia, el nivel de criticidad que representa para determinar el nivel de accesibilidad del sitio y una descripción de cómo se debe implementar una corrección adecuada.

- **Functional Accessibility Evaluator 2.0 (<https://fae.disability.illinois.edu/>):** con la ayuda de esta herramienta se verifican los elementos pertenecientes a un sitio en función de cuatro categorías (Violaciones, Advertencias, Controles manuales y Aprobados). La evaluación puede realizarse usando HTML 5 y Aria o las técnicas heredadas desde HTML 4.

- **Tanaguru (<https://www.tanaguru.com/en/>):** este validador clasifica los elementos en función de pasa - no pasa, No aplica, Preclasificados y No evaluados, con el fin de determinar el nivel de accesibilidad del sitio. Como estándar de evaluación toma RGGA 3.0 y sus resultados se muestran por medio de gráficos, de manera porcentual y numérica. Algunas características de la herramienta permiten descargar el resultado final, identificar los criterios de las normativas, la cantidad total de elementos implementados y una descripción acerca de cómo se puede abordar la corrección de los fallos.

- **AccessMonitor (<http://www.acessibilidade.gov.pt/accessmonitor/>):** una de las principales características de este validador cuya evaluación puede hacerse por medio de la WCAG 1.0 o 2.0, está en la posibilidad de cargar un fichero con el código fuente, pegar solo una porción de código o usando la URL del sitio. La finalidad de esta herramienta consiste en cuantificar el nivel de accesibilidad del sitio. La clasificación de resultados se hace teniendo en cuenta los elementos HTML encontrados y la cantidad total de estos elementos con una implementación adecuada. Las pruebas realizadas al sitio se clasifican en función de Errores, Advertencias y Aprobaciones. El validador muestra un nivel de accesibilidad numérico.

- **Nibbler (<https://nibbler.silktide.com/>):** por medio de este validador es posible valorar las siguientes cinco categorías: General, Accesibilidad, Experiencia, Marketing y Diseño. Para cada una de las categorías el validador determina un puntaje general y recomendaciones para una implementación adecuada.

- **CynthiaSays (<http://www.cynthiasays.com/>):** este validador evalúa un sitio indicando con anterioridad las pautas de accesibilidad necesarias (WCAG 1.0 y 2.0) y la Sección 508. Su informe muestra una lista con los criterios y normativas, la cantidad de elementos y el total de elementos implementados de manera correcta, añadiendo una descripción y ayuda para corregir el error.

- **SortSite (<https://www.powermapper.com/>):** la aplicación determina de manera porcentual los problemas que tiene un sitio web evaluando aspectos como accesibilidad, compatibilidad, normativas, usabilidad, errores (como enlaces rotos) y problemas con los motores de búsqueda. SortSite realiza su análisis teniendo en cuenta la Sección 508 y la WCAG 2.0. Para cada elemento muestra una descripción general y en algunos casos el impacto, según una herramienta asistiva.

- **Mauve (<https://mauve.isti.cnr.it/>):** este validador realiza su análisis en función de las pautas WCAG 2.0, WCAG 2.1. Deficiencias visuales y Acta Stanca que pueden ser seleccionadas por el usuario al momento de hacer la evaluación. Para efectos de los resultados de una evaluación las categorías usadas son denominadas como Errores y Advertencias. Con respecto a los criterios de conformidad, esta herramienta muestra una descripción, su código fuente y anexa un enlace que redirige al sitio web del W3C.

- **European Internet Inclusion Initiative (<http://checkers.eiii.eu/>):** esta herramienta determina por medio de un valor numérico el nivel de accesibilidad en una página, clasificando los elementos del sitio en Fallos, Verificaciones y Aprobaciones. Las pruebas realizadas por el validador, determinan la cantidad total de elementos por cada criterio de éxito de las WCAG 2.0, establece una descripción y ayudas técnicas para su adecuada corrección, así como también muestra el extracto de código en el cual se encuentra el error o el elemento a verificar.

Como se presentó, en la tercera etapa se hizo el análisis de un conjunto de criterios definidos para evaluar las principales características de los validadores de accesibilidad. En la Tabla 2 se presentan los resultados asociados con los tres primeros criterios. De acuerdo a la Tabla 2, se pudo evidenciar que doce de los catorce validadores realizan la evaluación de accesibilidad con base en las WCAG 2.0, solo Nibbler y Tanaguru no lo hacen, ya que no aplican ninguno de los estándares analizados en este estudio. Cuatro de las herramientas evalúan siguiendo las WCAG 2.1 y SortSite es el único de los validadores examinados que brinda la opción al usuario de poder elegir uno de los cuatro estándares para hacer la evaluación de accesibilidad. Por otro lado, solo Tenon no aplica medidas de evaluación numéricas y apenas cuatro validadores usan medidas de evaluación porcentuales. Respecto a las categorías de evaluación las más comunes entre los validadores analizados son Errores-Problemas-Fallos y Alertas-Advertencias-Avisos.

Tabla 2.
Criterios evaluados en tercera etapa – Parte 1

Validadores	Estándares					Categorías de evaluación	Medida	
	WCAG 1.0	WCAG 2.0	WCAG 2.1	Sección 508	Otros ¿Cuáles?		Númerica	Porcentual
T.A.W		X				Problemas, Advertencias, No verificados	X	
WAVE		X	X	X		Errores, Alertas, Características, Elementos estructurales, HTML 5 y Contraste con Aria	X	
Examinator		X				Excelente, Regular, Mal, Muy mal	X	
Achecker	X	X		X	Acta Stanca, BITV 1.0	Problemas, Conocidos, Problemas probables, Problemas potenciales, Validación HTML, Validación CSS	X	
Tenon		X	X	X		Errores, Advertencias		X
Analizador Web		X			ISO 40500	Comprensible, Operable, Perceptible, Robusto, Criterios analizados, Criterios no aplicados	X	X
Functional Accessibility Evaluator 2.0		X				Violaciones, Advertencias, Chequeos manuales, Aprueba	X	
Tanaguru					RGAA 3.0	Pasa, Falla, No aplica, Precalificado, No ha sido evaluado	X	X
Access Monitor	X	X				OK, Errores, Avisos	X	
Nibbler					No identificado	Accesibilidad global, Experiencia, Mercadeo, Tecnología	X	
CynthiaSays	X	X				Niveles de conformidad de la WCAG	X	
SortSite	X	X	X	X		Calidad total, Errores, Accesibilidad, Compatibilidad, Búsqueda, Estándares, Usabilidad	X	X
Mauve		X			Acta Stanca, deficiencias visuales	Errores y Advertencias	X	
European Internet Inclusion Initiative		X				Fallos, Por verificar, Aprobó	X	

Fuente: elaboración propia.

La segunda parte de los criterios de evaluación definidos en la tercera etapa son presentados en la Tabla 3, los cuales están asociados con la presentación de resultados, la posibilidad de su descarga y las citaciones encontradas para cada validador. Se evidenció que solo cinco de los catorce validadores permite la descarga de los resultados de la evaluación automática de accesibilidad. Las herramientas WAVE y Access Monitor son las únicas que permiten visualizar los errores de accesibilidad en la interfaz del sitio web. Por otro lado, todos los validadores examinados muestran los criterios de las normativas que se están incumpliendo. Solo seis de las herramientas muestran gráficos para representar los resultados y nueve le brindan al usuario formas en las cuales puede corregir los errores de accesibilidad detectados.

Tabla 3.
Criterios evaluados en tercera etapa – Parte 2

Validadores	Presentación de resultados						Descarga de resultados		Cantidad de citaciones
	Gráficos	Criterios de las normas	Código fuente	Ubicación del error en la interfaz	Cantidad elementos / Cantidad elementos aprobados	¿Cómo corregir el error?	Sí	No	
T.A.W		X			X		X		28
WAVE		X	X	X		X		X	29
Examinator		X	X		X			X	8
Achecker		X	X				X		20
Tenon	X	X	X				X		2
Analizador Web	X	X	X		X	X		X	1
Functional Accessibility Evaluator2.0	X	X			X	X	X		5
Tanaguru	X	X			X	X	X		1
Access Monitor		X	X	X	X	X		X	3
Nibbler	X	X	X		X	X		X	0
Cynthia Says		X			X	X		X	10
SortSite	X	X			X	X		X	11
Mauve		X	X					X	4
European Internet Inclusion Initiative		X	X		X	X		X	3

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la citación de cada uno de los validadores analizados, se obtiene el siguiente ranking que es presentado a continuación en la Tabla 4. El análisis de las citaciones permitió identificar cuáles son los validadores que más se están utilizando para realizar evaluaciones de accesibilidad en diferentes contextos. Los resultados mostraron que WAVE y TAW son los que más han sido referenciados en trabajos a nivel investigativo, lo que podría indicar en términos generales que son los que mejor apoyan este tipo de procesos.

Tabla 4.
Validadores de accesibilidad más referenciados

Validador de accesibilidad	Cantidad de citaciones
WAVE	29
TAW	28
Achecker	20
SortSite	11
CynthiaSays	10
Examinator	8

Fuente: elaboración propia.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Se presentó un proceso metodológico que permitió realizar un análisis comparativo de herramientas disponibles para validar de forma automática la accesibilidad de sitios web. Se analizaron diferentes criterios de catorce validadores seleccionados con el fin de ofrecer un apoyo en el proceso de evaluación de accesibilidad. Los validadores de accesibilidad son herramientas fundamentales en el proceso de mejora de la accesibilidad web. Sin embargo, de los validadores analizados en este trabajo, ninguno cumplió con todos los criterios examinados respecto a la forma en la que entregaban los resultados, lo cual es un problema para los usuarios en la interpretación de la información obtenida en los análisis de accesibilidad.

Después de analizar los resultados obtenidos, se puede concluir que en el proceso de evaluación de accesibilidad no es suficiente utilizar un solo validador, debido a que ninguno incluye todos los criterios, mecanismos de visualización y características para hacer un completo análisis de accesibilidad. Este trabajo puede servir como un instrumento de apoyo para un usuario en la selección de los validadores a utilizar para la evaluación de accesibilidad automática de un sitio web, de acuerdo con sus preferencias de cómo puede ser más comprensible la entrega de los resultados.

Como trabajo futuro se plantea analizar una cantidad mayor de validadores de accesibilidad, incluyendo validadores web, extensiones y herramientas de escritorio. Otro trabajo futuro será analizar las observaciones que tengan usuarios reales respecto a la forma en la que entregan los resultados los validadores existentes, para identificar cuáles son sus preferencias y los validadores que las cubren mejor. Se plantea realizar una evaluación de accesibilidad de un conjunto de sitios web de un mismo campo, utilizando los validadores de accesibilidad analizados, con el fin de comparar sus resultados en un caso concreto.

7. Agradecimientos

El trabajo presentado en este artículo se enmarca en el proyecto “Tecnologías para apoyo a procesos de aprendizaje en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales” financiado por la Universidad Nacional de Colombia.

8. Referencias

- Agüero, Dante; Perea, Antonio (2009). *Diseño de Sitios Web Accesibles*. Universidad Nacional de la Rioja, Argentina. Recuperado de <http://www.virtualeduca.info/ponencias2010/8/AWUNLAR.pdf>
- Abuaddous, Hayfa; Zalışam-Jali, Mohd; Basir, Nurlida (2016). Web Accessibility Challenges. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 7(10), 172–181. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2016.071023>

- Akram, Muhammad; Sulaiman, Rosnafisah (2017). 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 (IJACSA)*, 8(6), 321–329. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2017.080642>
- Al-Ahmad, Ahmad; Ahmaro, Ibraheem; Mustafa, Malik (2015). Comparison between web accessibility Evaluation tools. *Al-Madinah Technical Studies*, 1(4).
- Al-Khalifa, Hend; Baazeem, Ibtehal; Alamer, Reem (2017). Revisiting the accessibility of Saudi Arabia government websites. *Universal Access in the Information Society*, 16(4), 1027–1039. <https://doi.org/10.1007/s10209-016-0495-7>
- Alonso-Virgós, Lucía; Rodríguez-Baena, Luis; Pascual-Espada, Jordán; González-Crespo, Rubén (2018). Web page design recommendations for people with down syndrome based on users' experiences. *Sensors (Switzerland)*, 18(11), 4047. <https://doi.org/10.3390/s18114047>
- Brajnik, Giorgio; Vigo, Markel; Yesilada, Yeliz; Harper, Simon. (2016). Group vs individual web accessibility evaluations: Effects with novice evaluators. *Interacting with Computers*, 28(6), 843–861. <https://doi.org/10.1093/iwc/iww006>
- Ismailova, Rita; Inal, Yavuz (2018). Accessibility evaluation of top university websites: a comparative study of Kyrgyzstan, Azerbaijan, Kazakhstan and Turkey. *Universal Access in the Information Society*, 17(2), 437–445. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0541-0>
- Ismailova, Rita; Kimsanova, Guilda (2017). Universities of the Kyrgyz Republic on the Web: accessibility and usability. *Universal Access in the Information Society*, 16(4), 1017–1025. <https://doi.org/10.1007/s10209-016-0481-0>
- Ismail, A.; Kuppusamy, K. S.; Nengroo, A. S. (2018). Multi-tool accessibility assessment of government department websites: a case-study with JKGAD. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 13(6), 504–516. <http://doi.org/10.1080/17483107.2017.1344883>
- Jaeger, Paul (2004). Beyond Section 508: The spectrum of legal requirements for accessible e-government Web sites in the United States. *Journal of Government Information*, 30(4), 518–533. <https://doi.org/10.1016/j.jgi.2004.09.010>
- Kaur, Arvinder; Dani, Diksha (2017). Comparing and evaluating the effectiveness of mobile Web adequacy evaluation tools. *Universal Access in the Information Society*, 16(2), 411–424. <https://doi.org/10.1007/s10209-016-0466-z>
- King, Bridgett; Youngblood, Norman (2016). E-government in Alabama: An analysis of county voting and election website content, usability, accessibility, and mobile readiness. *Government Information Quarterly*, 33(4), 715–726. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.09.001>
- Kirkpatrick, Andrew; Connor, Joshue; Campbell, Alastair; Cooper, Michael (5 de junio de 2018). W3C Web Accessibility Initiative: Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. Recuperado de <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- Krepp, Benjamin (2014). Development of section 508-compliant document production protocols and websites. *Transportation Research Record*, 2469(1), 100–107. <https://doi.org/10.3141/2469-11>

- Kurt, Serhat (2017). Accessibility of Turkish university Web sites. *Universal Access in the Information Society*, 16(2), 505–515.
<https://doi.org/10.1007/s10209-016-0468-x>
- Laufer-Nir, Hila; Rimmerman, Arie (2018). Evaluation of Web content accessibility in an Israeli institution of higher education. *Universal Access in the Information Society*, 17(3), 663–673.
<https://doi.org/10.1007/s10209-018-0615-7>
- López-Zambrano, Javier; Moreira-Pico, Ramón; Alava-Cagua, Nathaly (2018). Metodología para valorar y clasificar herramientas de evaluación de accesibilidad web. *E-Ciencias de la información* 8(1), 1-18.
<https://doi.org/10.15517/eci.v8i1.30012>
- Martín, José; Amado-Salvatierra, Héctor; Hilera, José (2016). MOOCs for all. Evaluating the accessibility of top MOOC platforms. *International Journal of Engineering Education*, 32(Extra 5), 2274-2283.
- Pacheco, Humberto; Amorim, Patricia; Barbosa, Priscyla; Ferreira, Simone (2017). Comparative Analysis of Web Accessibility Evaluation Tools. En *IHC '16 Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. Sao Paulo, Brazil.
<https://doi.org/10.1145/3033701.3033747>
- Power, Christopher; Pimenta-Freire, André; Petrie, Helen (2009). Integrating accessibility evaluation into web engineering processes. *International Journal of Information Technology and Web Engineering*, 4(4), 54–77.
<https://doi.org/10.4018/jitwe.2009100104>
- Richards, Jan; Spellman, Jeanne; Treviranus, Jutta (24 de septiembre de 2015). *W3C Web Accessibility Initiative: Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) 2.0*. Recuperado de
<https://www.w3.org/TR/ATAG20/>
- Shawn-Lawton, Henry (Febrero de 2005). *W3C Web Accessibility Initiative: Introduction to Web Accessibility*. Recuperado de
<https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>
- Spellman, Jeanne; Allan, Jim; Shawn-Lawton, Henry (2016). *W3C Web Accessibility Initiative: User Agent Accessibility Guidelines (UAAG)*. Recuperado de
<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/uaag/>
- United States Access Board (21 de diciembre de 2000). *United States Access Board: Section 508 Standards for Electronic and Information Technology*. Recuperado de
<https://www.access-board.gov/guidelines-and-standards/communications-and-it/about-the-section-508-standards/section-508-standards>
- Varela, C., Miñán, A., Hilera, J., Restrepo, F., Amado, H., Córdova, M. y Villaverde, A. (2012). Estándares y legislación sobre accesibilidad web. En *IV Congreso Internacional ATICA 2012*. Loja, Ecuador (pp. 46–53). Recuperado de
http://www.esvial.org/wp-content/files/Atica2012_pp47-54.pdf
- Watanabe, Willian; Fortes, Renata; Dias, Ana (2017). Acceptance tests for validating ARIA requirements in widgets. *Universal Access in the Information Society*, 16(1), 3–27.
<https://doi.org/10.1007/s10209-015-0437-9>