

# Evaluación de la accesibilidad web de las entidades de ciencia, tecnología e innovación de Cuba

Evaluation of the web accessibility of science, technology and innovation entities in Cuba

*Leandro Bernal Pérez*

*Instituto de Información Científica y Tecnológica, Cuba*

bernal@idict.cu

 <https://orcid.org/0000-0002-3360-5933>

*Yudayly Stable-Rodríguez*

*Instituto de Información Científica y Tecnológica, Cuba*

yuly@idict.cu

 <https://orcid.org/0000-0002-4635-7991>

## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la accesibilidad web de las entidades de ciencia, tecnología e innovación (ECTI) de Cuba, con base a las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG), en su versión 2.1, a partir de una metodología que combina la evaluación automática, mediante el empleo de los validadores TAW y AChecker, con una evaluación manual, la cual se realizó por medio de la extensión *Web Accessibility Evaluation Tool*. Los resultados obtenidos muestran que, de las 92 entidades evaluadas, la gran mayoría (79) presenta un nivel de accesibilidad deficiente, mientras que otras 3 poseen una accesibilidad muy deficiente. Solamente 10 alcanzan un nivel moderado. Se concluye que todas las páginas *web* evaluadas presentan dificultades de acceso a la información digital para las personas en situación de discapacidad, entre otros tipos de usuarios, pues ninguna alcanza un nivel de accesibilidad del 100%. Se sugiere llevar a cabo las modificaciones pertinentes de acuerdo con las medidas propuestas, con el fin de resolver los inconvenientes que obstaculizan el acceso a la página principal de estas organizaciones y ejecutar chequeos de manera periódica con las herramientas empleadas en este estudio o con otras que así lo permitan.

**Palabras clave:** Accesibilidad web, Discapacidad, Entidades de ciencia, W3C, WCAG, Cuba.

## Abstract

The purpose of this work is to evaluate the web accessibility of the science, technology and innovation Entities (ECTI) of Cuba, based on the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), in its version 2.1, from a methodology that combines automatic evaluation, through the use of the TAW and AChecker validators, with a manual evaluation, which was carried out through the Web Accessibility Evaluation Tool extension. The results obtained show that, of the 92 entities evaluated, the vast majority (79) have a poor accessibility level, while another 3 have very poor accessibility. Only 10 reach a moderate level. It is concluded that all the evaluated webpages present difficulties in accessing digital information for people with disabilities, among other types of users, since none of them reaches a 100% accessibility level. It is suggested that the relevant modifications be made in accordance with the proposed measures, in order to resolve the problems that hinder access to the main page of these organizations, and that periodic checks be carried out with the tools used in this study or with others that allow it.

**Keywords:** Web accessibility, Disability, Science entities, W3C, WCAG, Cuba.

Recepción: 10 Octubre 2024 | Aceptación: 12 Noviembre 2024 | Publicación: 01 Octubre 2025

**Cita sugerida:** Bernal Pérez, L. y Stable-Rodríguez, Y. (2025). Evaluación de la accesibilidad web de las entidades de ciencia, tecnología e innovación de Cuba. *Palabra Clave (La Plata)*, 15(1), e262. <https://doi.org/10.24215/18539912e262>

## 1. Introducción

Si bien en sus orígenes la accesibilidad *web* se asociaba únicamente con las personas en situación de discapacidad, se ha ampliado su significado, incluyendo a otros grupos, tales como adultos mayores, inmigrantes, individuos con poca experiencia en el uso de las tecnologías o con escasa alfabetización en entorno digital (Díaz, Harari & Amadeo, 2020). Por lo tanto, para que la sociedad utilice la información digital de los sitios web, es necesario que estos cumplan con normas que les permitan ser accesibles para la mayor cantidad de personas posible, con independencia de su edad, condición física, conocimientos, capacidades, equipo utilizado y lugar desde donde se acceda. Sin embargo, en la sociedad cada vez más digital, se encuentran usuarios que, por no disponer de la tecnología correspondiente, encuentran dificultades para acceder a los contenidos web, así como afectaciones derivadas del entorno, como insuficiente iluminación, ambiente ruidoso o espacio reducido (Riaño Herrera, Ballesteros-Ricaurte, & Medina Riaño, 2018; W3C, 2019; Yáñez Fuentes, 2021).

Con el objetivo de lograr una *web* universalmente accesible, y por tanto inclusiva, se ha desarrollado un conjunto de normas internacionales, entre ellas la norma ISO/IEC 40500:2012 “*Information technology — W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*” publicada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) de conjunto con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC); la norma europea EN 301 549 V3.2.1 (2021-03) “*Requisitos de accesibilidad para los productos y servicios de las TIC*”, publicada por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). Cabe mencionar además a la Sección de la Ley de Rehabilitación de 1973 de los Estados Unidos; y finalmente, las Pautas de Accesibilidad al Contenido *Web* o *Web Content Accessibility Guidelines* (en adelante WCAG), y reconocidas como una norma ISO, las cuales constituyen el estándar internacional más aceptado a nivel mundial (Simhadri & Chaitanya, 2023).

En América Latina, varios países han promulgado leyes y normativas para garantizar la accesibilidad web y la inclusión de personas en situación de discapacidad en el entorno digital. En Brasil, el e-MAG establece directrices de accesibilidad para los sitios web federales, mientras que en Argentina se promulgó la Ley de accesibilidad de la información en las páginas web. En Ecuador se aprobó la norma NTE INEN-ISO/IEC 40500 y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 288 para garantizar la accesibilidad web. Colombia cuenta con la Norma Técnica Colombiana NTC 5854 y la Ley N° 1680 para asegurar el acceso de personas ciegas y débiles visuales a la información. En Chile se han establecido normas técnicas para los sitios web de los organismos públicos y en Perú, la Ley N° 28530 y la Resolución Ministerial 126-2009-PCM definen lineamientos de accesibilidad web para instituciones públicas. Estas medidas buscan garantizar el acceso equitativo de todas las personas a la información y los servicios en línea.

En el caso de Cuba, aún no existe un marco legal bien definido sobre el tema de la accesibilidad web, pues hasta el momento, los esfuerzos normativos han estado más enfocados en la usabilidad y no específicamente en temas de accesibilidad. Ejemplo de ello son las normas NC ISO/IEC 25010: 2016 y NC ISO/IEC 25023: 2018, las cuales describen un modelo de calidad para el desarrollo de aplicaciones informáticas. Dicho modelo considera la accesibilidad web como una subcaracterística de la usabilidad. Los autores de la presente investigación no coinciden con dicho enfoque, al considerar la accesibilidad *web* como una característica diferente, aunque relacionada con la usabilidad, pero no como parte de la misma.

Respecto a estudios relacionados con la evaluación de sitios *web*, la revisión de la literatura pone de manifiesto la ausencia de investigaciones aplicadas a entidades de ciencia, tecnología e innovación. Lo anterior se traduce en una falta de concientización, por parte de los desarrolladores e investigadores en dichas entidades, sobre cuáles estándares deben ser empleados para la creación de sitios *web* plenamente accesibles, lo que puede contribuir al incremento de los recursos electrónicos propios sin que necesariamente se incremente el acceso a los mismos.

Por otra parte, hasta el momento existen escasas metodologías que definan, desde un punto de vista integral, cómo se deben combinar y organizar los diferentes métodos para evaluar la accesibilidad *web* y que establezcan, de manera específica, los criterios de evaluación a emplear (Abascal, Arrue & Valencia, 2019; Debevc, Škraba, Cerovac, Kožuh & Rajh, 2023). Lo cual crea una oportunidad de plantear una metodología adaptada al contexto de Cuba, que brinde métodos y procedimientos específicos para realizar la evaluación, sea sencilla de aplicar y facilite la lectura de los resultados, optimizando de esta manera el tiempo empleado.

A partir de lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la accesibilidad *web* de las Entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación de Cuba (ECTI), a partir del desarrollo de una metodología que combina la evaluación automática, mediante el empleo de los validadores TAW y AChecker, con vistas a mejorar los niveles de accesibilidad *web*.

### 1.1. Algunos elementos sobre la accesibilidad *web*

Son numerosos los trabajos que han tratado el tema de la accesibilidad web desde diferentes perspectivas (Acosta-Vargas, Salvador-Acosta, Salvador-Ullauri & Jadán-Guerrero, 2022; Das, Das, Awasthi & Tripathi, 2024; Eusébio, Silveiro & Teixeira, 2020; Macakoğlu & Peker, 2022; Ortiz Ruiz, 2022; Stable-Rodríguez, Álvarez Calderón, Bernal Pérez & Sam-Anlas, 2020; Wentz, Pham, Feaser, Smith, Smith & Wilson, 2019). Los resultados muestran que la mayoría de los sitios web no cumplen con las pautas de accesibilidad WCAG 2.0 y 2.1. Esto evidencia que la simple aplicación de dichas pautas, así como el establecimiento de normativas que exijan el diseño de sitios *web* accesibles, no es suficiente para transformar las prácticas de accesibilidad de las instituciones.

Igualmente, las investigaciones consultadas tienen en común el uso de las pautas de accesibilidad (WCAG), las cuales brindan un conjunto de recomendaciones que permiten evaluar el nivel de accesibilidad de un sitio o página web, con el objetivo de que el contenido sea más accesible para todas las personas, independientemente del tipo de discapacidad que posean, reduciendo o incluso eliminando las barreras detectadas (Álvarez Guzhñay, 2018).

A partir de la versión 2.0, las pautas WCAG se estructuran en cuatro principios generales (Tabla 1), los cuales contienen a su vez pautas o directrices, y cada una de estas se componen de un número determinado de criterios de éxito (también conocidos como criterios de cumplimiento o de verificación), que constituyen los elementos a verificar. Estos criterios se distribuyen en diferentes niveles de conformidad (Tabla 2), que se refieren al grado de exigencia en que una página o sitio *web* cumple con lo establecido en las pautas de accesibilidad WCAG.

**Tabla 1**  
Principios básicos de las pautas WCAG

| Principio           | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Perceptible</b>  | El contenido informativo y la interfaz de usuario se mostrarán de forma que todos los usuarios sean capaces de percibirlos (ya sea en forma visual, sonora, táctil, etc.). Este principio se puede asociar principalmente con discapacidades sensoriales.                                                                                                                                                                                              |
| <b>Operable</b>     | Las personas podrán interactuar con todos los elementos de la interfaz de navegación mediante distintas alternativas (mouse, teclado, interacción táctil, gestual o a través de la voz). Se proporcionará una ayuda que le permita a los usuarios entender en qué parte del sitio están y cómo navegarlo. Afecta principalmente (aunque no exclusivamente) a personas en situación de discapacidad motora.                                             |
| <b>Comprensible</b> | Los usuarios serán capaces de comprender de manera sencilla tanto el contenido como los elementos de control de la interfaz para su utilización. Implica el uso de lenguaje entendible y que no sea ambiguo, además de brindar la posibilidad de evitar y corregir errores. Constituye el principio más difícil de cumplir y de evaluar, ya que se relaciona principalmente con discapacidades de tipo cognitivo o con limitaciones en el aprendizaje. |
| <b>Robusto</b>      | El diseño del contenido permite su interpretación por una amplia gama de tecnologías (agentes de usuario y tecnologías de asistencia), tanto actuales como futuras, y bajo diversas circunstancias. Este principio implica que la accesibilidad no debe depender de la tecnología utilizada para acceder al contenido web.                                                                                                                             |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2**  
Niveles de conformidad de las pautas WCAG

| Nivel de conformidad | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nivel A</b>       | Se alcanza cuando las páginas cumplen con todos los criterios de éxito del Nivel A. Es el nivel mínimo de accesibilidad y no lograrlo hará que un grupo de usuarios no pueda acceder al contenido web.                                                                                               |
| <b>Nivel AA</b>      | Las páginas web satisfacen todos los criterios de éxito de los Niveles A y AA. Es el nivel intermedio y no alcanzarlo hará que un grupo de usuarios tenga muchas dificultades para acceder al contenido web. Es el más requerido por las entidades que expiden certificaciones de accesibilidad web. |
| <b>Nivel AAA</b>     | Se cumplen todos los criterios de éxito de los 3 niveles. Es el más exigente y no lograrlo hará que un grupo de usuarios experimente algún tipo de dificultades para acceder al contenido web. Una web que alcance el nivel AAA podrá ser accedida por un mayor número de personas.                  |

Fuente: W3C (2016).

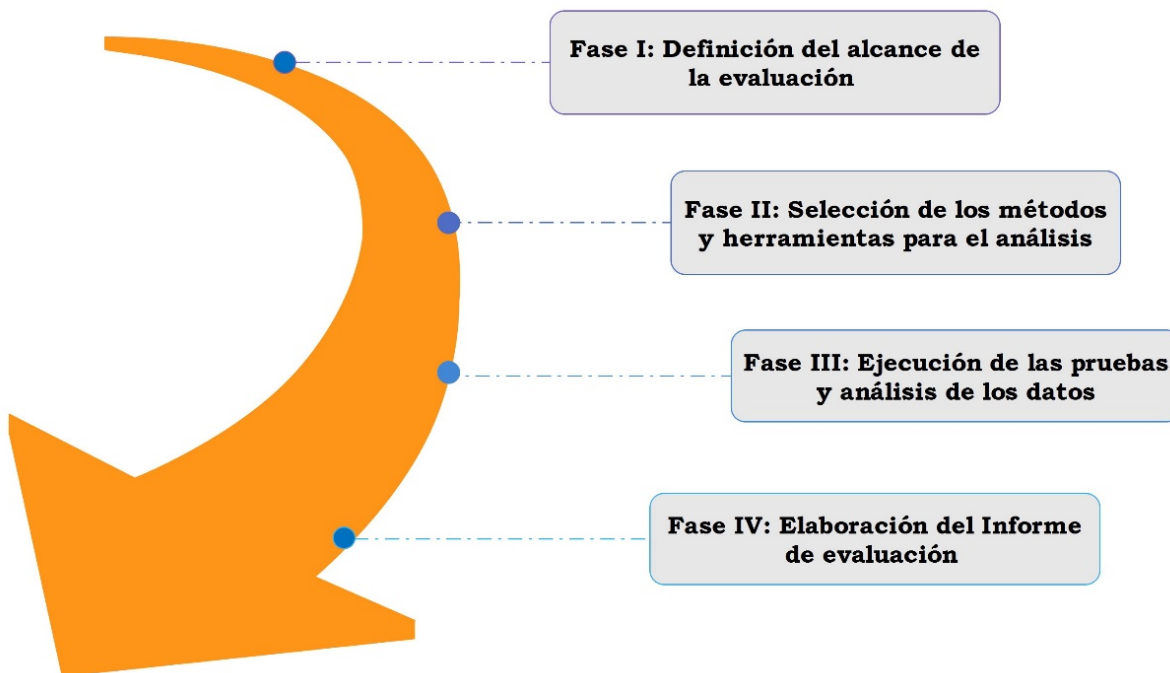
El 5 de octubre de 2023 se publicó la recomendación de la versión 2.2 de las WCAG, y en paralelo se está trabajando en la versión 3.0.

## 2. Metodología

Con el propósito de evaluar la accesibilidad *web* en las ECTI, se desarrolló una metodología denominada AMWAEM por sus siglas en inglés (*Automatic and manual web accessibility evaluation methodology*). Está compuesta por cuatro fases (Figura 1) y combina diversas herramientas automáticas y manuales. Para desarrollar este procedimiento se tomó como base la Metodología de Evaluación de Conformidad de Accesibilidad de Sitios Web (WCAG-EM) 1.0, y se utilizó la versión 2.1 de las pautas WCAG.

La evaluación se efectuó entre los meses de octubre y diciembre de 2023.

**Figura 1**  
Metodología AMWAEM



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detallan las diferentes fases:

### Fase I: Definición del alcance de la evaluación

Está integrada por la selección de la muestra objeto de estudio, la identificación de las páginas *web* a evaluar, la determinación del nivel de conformidad y la selección de los indicadores para el análisis.

- **Selección de la muestra.** Está relacionada con el objetivo del estudio, el cual puede ser una organización o un grupo de organizaciones, siempre que cumplan los siguientes requisitos:

- Entidades que posean una página web.
- Disponible en línea la web en el momento de efectuarse la evaluación.
- Posibilidad de evaluar la página web con todas las herramientas que cumplan los requisitos de las pautas WCAG.

En dependencia del tamaño de la población se considerará realizar o no un muestreo aleatorio simple, estableciéndose para ese caso un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 5%.

- **Identificación de las páginas *web* a evaluar.** Para la presente investigación se ha seleccionado la página web principal por ser considerada la más representativa y de mayor importancia, al ser generalmente el primer contacto que tiene un usuario con el sitio web y el origen de todos los vínculos a las restantes páginas del sitio (Kimmons & Smith, 2019; Máñez Carvajal, 2020; Reina-Alvarado, 2020; Simhadri & Chaitanya, 2023; Zhang, Wang, Bu, Li & Yu, 2017).

- **Definición del nivel de conformidad.** Si bien las evaluaciones de accesibilidad generalmente solo llegan hasta el nivel AA (que es el que exige la mayoría de las legislaciones), esta vez la accesibilidad *web* se midió en el máximo nivel (AAA), a fin de ofrecer un diagnóstico más cercano a la realidad de accesibilidad del sitio evaluado.

- **Selección de los criterios para el análisis.** En primer lugar, se realizó un análisis del comportamiento global de la accesibilidad de las ECTI, de acuerdo a los datos obtenidos por cada herramienta empleada. Los indicadores que se han tenido en cuenta para el análisis son los siguientes:

- % de errores detectados en cada nivel de conformidad (Evaluación automática).
- % de errores detectados en cada principio (Evaluación automática).
- % de errores detectados en cada pauta (Evaluación automática).
- % de errores detectados en cada criterio de éxito (Evaluación automática).
- % de errores detectados de forma global (Evaluación manual).

Posteriormente se determinó el nivel de accesibilidad de cada sitio *web*, con el objetivo de establecer en qué medida son accesibles para todas las personas, incluidas aquellas en situación de discapacidad. El presente estudio se apoya en un método utilizado en trabajos anteriores (Hilera, Fernández, Suárez & Vilar, 2013; Karhu, Hilera, Fernández & Ríos, 2012; Stable-Rodríguez & Sam-Anlas, 2018), que calcula el porcentaje de accesibilidad a partir de las comprobaciones realizadas con la herramienta TAW a los criterios de éxito de las pautas WCAG 2.1, en sus tres niveles (A, AA y AAA), mediante la expresión (1):

$$NAW = \frac{[(\sum PC * 100\%) + (\sum PV * 50\%)] - \sum PI}{TPV} \quad (1)$$

Donde:

**NAW:** nivel de accesibilidad web establecido en %.

**PC:** puntos correctos (Cuando el criterio de éxito verificado cumple los requisitos establecidos).

**PV:** puntos por verificar (La comprobación automática detecta posibles problemas, cuya comprobación definitiva requiere una revisión manual).

**PI:** Puntos incorrectos (Existen problemas): cuando el criterio de éxito verificado no cumple los requisitos establecidos y es necesario realizar correcciones.

**TPV:** total de puntos verificables (total de los criterios de éxito recogidos en las pautas WCAG 2.1 menos la sumatoria de los puntos imposibles de verificar y los no aplicables).

El porcentaje de accesibilidad *web* del sitio evaluado se sitúa en un rango de 0 a 100, con la siguiente escala asociada al nivel de accesibilidad (Tabla 3), propuesta por Hilera *et al.* (2013), y utilizada también por otros autores (Orozco Moreno, 2020; Pino & Reyes Huamán, 2021; Rodríguez Morales, 2019).

**Tabla 3**  
Escala de medición de la accesibilidad *web*

| Porcentaje     | Nivel          | Descripción                                                                                                                                                                          |
|----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Entre 76 y 100 | Alto           | El nivel de accesibilidad es alto o notable, lo que resulta en escasas limitaciones para acceder a los contenidos y funciones del sitio <i>web</i> .                                 |
| Entre 51 y 75  | Moderado       | El nivel de accesibilidad es moderado o aceptable, lo que implica que habrá pocas limitaciones en el acceso a los contenidos y funciones del sitio <i>web</i> .                      |
| Entre 26 y 50  | Deficiente     | El nivel de accesibilidad es bajo o deficiente, lo que genera muchas dificultades y barreras al acceso de las personas a los contenidos y las funcionalidades del sitio <i>web</i> . |
| Entre 0 y 25   | Muy deficiente | El nivel de accesibilidad es muy deficiente, lo cual se traduce en un acceso extremadamente complicado al contenido y las funciones del sitio <i>web</i> .                           |

Fuente: adaptado de Rodríguez Morales (2019).

## Fase II: Selección de los métodos y herramientas para el análisis

En esta fase se determinan los métodos y las herramientas a emplear para realizar la evaluación, en función de los objetivos de la evaluación y la disponibilidad de recursos.

- **Selección de los métodos de evaluación.** Se empleó la evaluación automática, la cual se complementa con una revisión manual. No se han incluido pruebas con usuarios en situación de discapacidad por no disponerse actualmente de la tecnología necesaria para ello.

- **Selección de las herramientas para la evaluación automática.** Para el presente estudio se utilizaron los validadores TAW y AChecker, por responder a los siguientes criterios: se basan en las normas WCAG 2.0 y versiones posteriores, son de acceso libre y se encuentran disponibles de manera online, posibilitan la elección del nivel de conformidad a evaluar, presentan los resultados en forma legible y comprensible y, por último, ofrecen la relación de los problemas detectados, posibilitando de esta manera la corrección de los mismos.

- **Selección de las herramientas para pruebas manuales.** Si bien la evaluación automática presenta ciertas ventajas, es necesario complementarla con revisiones de tipo manual, mediante el uso de herramientas que permiten identificar aquellos problemas que no son detectados por medios automáticos, y que simulan determinados entornos de discapacidad (Rijo García, 2023). Para la presente investigación se empleó el complemento *Web Accessibility Evaluation Tool*, el cual permite analizar las páginas almacenadas localmente, las que estén protegidas por contraseñas o las que sean dinámicas.

## Fase III: Ejecución de las pruebas y análisis de los datos

En primer lugar, se llevó a cabo la evaluación con las herramientas automáticas y posteriormente se efectuó la evaluación manual. Los resultados obtenidos en cada evaluación se registraron en *Excel*, para proceder al análisis cuantitativo y cualitativo de los datos. Posteriormente se realizó un análisis general de los errores identificados, considerando los niveles de conformidad, principios y pautas de accesibilidad, criterios de éxito propuestos por las pautas WCAG 2.1, así como los errores más comunes identificados en ambas evaluaciones.

Finalmente se determinó el nivel de accesibilidad para cada entidad evaluada, generándose un ranking que muestra la posición relativa de los sitios *web* evaluados y permitirá compararlos entre sí.

#### Fase IV: Elaboración del informe de evaluación

Por último, se documentaron los resultados obtenidos a lo largo del proceso, mediante un informe que incluye los principales resultados, conclusiones, y posibles recomendaciones para realizar los ajustes correspondientes por los desarrolladores de los sitios y responsables de la calidad.

### 3. Resultados y discusión

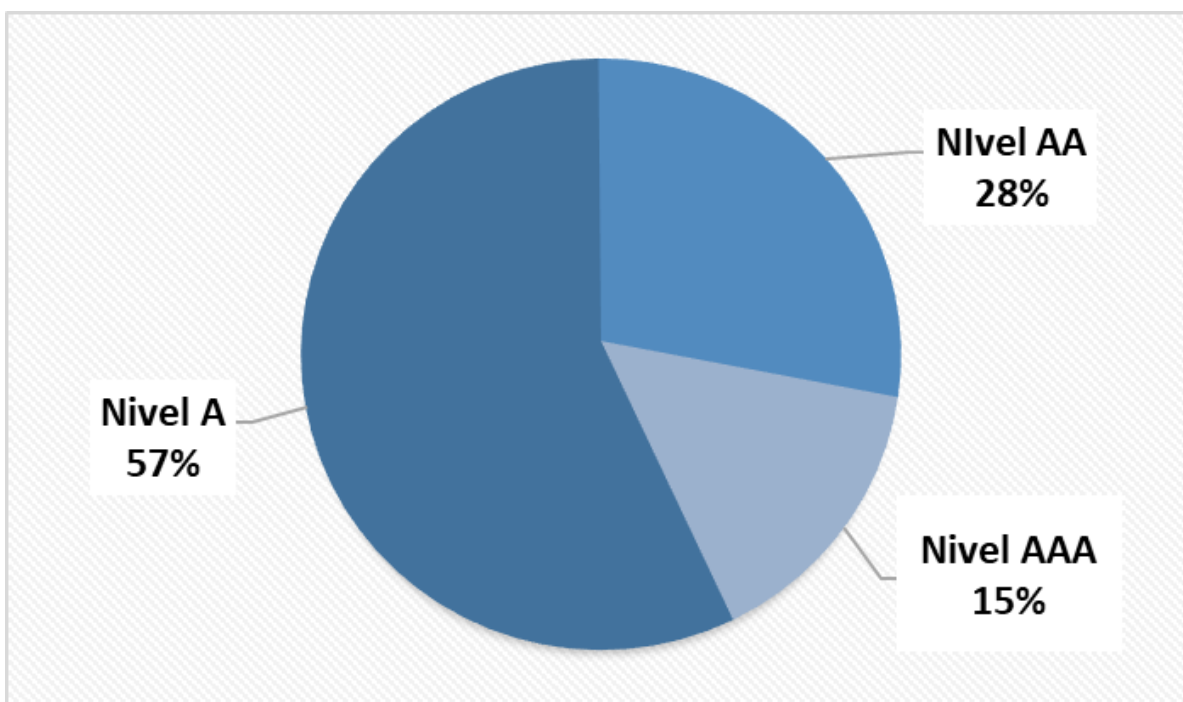
Para la selección de la muestra se consultó el Registro Nacional de Entidades de Ciencia, Tecnología e Innovación de Cuba. De una población constituida por 234 organizaciones registradas, solamente 92 cumplieron con los tres requisitos definidos en la Fase I, por lo que se decidió tomar dicha muestra en su totalidad. La lista de las entidades se encuentra disponible en el repositorio Zenodo (Bernal Pérez & Stable-Rodríguez, 2024). Se evaluó la página principal de cada entidad según las normas WCAG 2.1 para el máximo nivel de conformidad (AAA). El estudio se efectuó entre los meses de octubre y diciembre de 2023.

#### 3.1. Resultados de la evaluación automática

En la Figura 2 se observa que los problemas identificados responden en su gran mayoría al Nivel de conformidad A; es decir, no se cumple el nivel mínimo de accesibilidad requerido por las pautas WCAG. Esto implica que determinados usuarios (con o sin discapacidad) no pueden acceder al contenido de las páginas evaluadas. Este dato es muy importante, ya que los criterios de nivel A siempre deben cumplirse.

**Figura 2**

Porcentaje de errores agrupados por niveles de conformidad

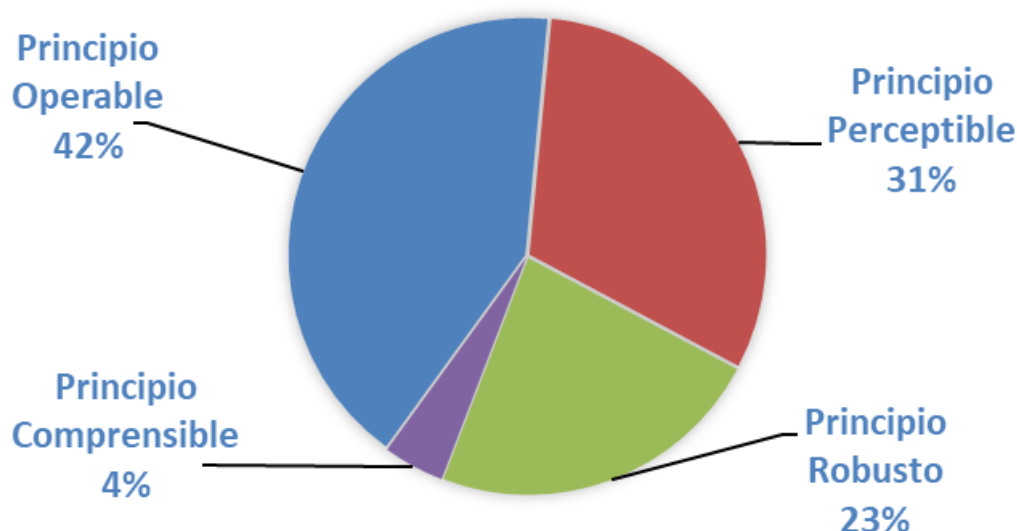


Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el segundo nivel con más incumplimientos es el nivel AA. Por consecuencia, un grupo de personas podría afrontar muchas dificultades para acceder a la información que proporciona el sitio web. En cuanto al nivel AAA, los errores detectados ocasionan que algunas personas tengan determinadas dificultades en el acceso a la información.

**Figura 3**

Porcentaje de errores agrupados por principios de accesibilidad *web*

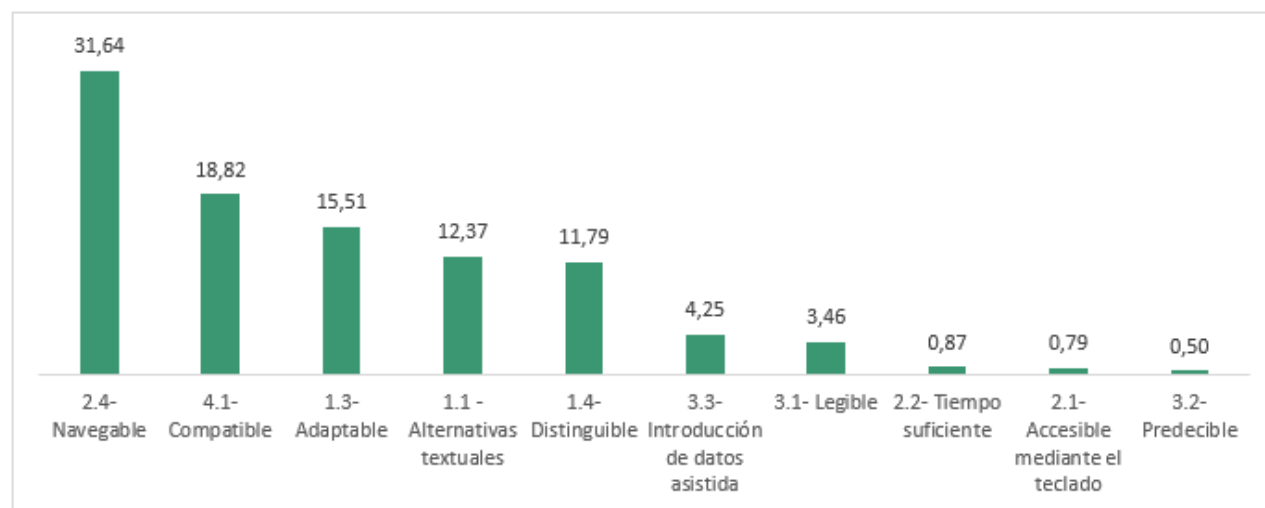


Fuente: elaboración propia.

Tal como se aprecia en la Figura 3, el principio Operable ocupa el primer lugar en cuanto al número de errores de accesibilidad web (42%), afectándose la interacción de los usuarios con los diversos componentes de la interfaz de navegación y el empleo de los periféricos de entrada (*mouse* y teclado), por lo cual las personas en situación de discapacidades motoras no pueden entender en qué parte del sitio están y cómo navegarlo. El segundo principio con mayor porcentaje de errores es el Perceptible (31%). El incumplimiento de la accesibilidad en este nivel puede afectar la capacidad de los usuarios con ciertas limitaciones sensoriales (visual, sonora o táctil) para percibir correctamente la información mostrada en el sitio *web*.

El tercer principio con mayor porcentaje de errores es el Robusto con un 23%. La existencia de errores en dicho principio ocasionará que los agentes de usuario y las tecnologías de asistencia empleadas por personas en situación de discapacidad tengan dificultades para interpretar el contenido *web*. Por último, solo el 4% de los errores se incluye dentro del principio Comprensible. Eso significa que no existen barreras significativas que impidan a los usuarios comprender fácilmente el contenido y la interfaz del sitio *web*.

**Figura 4**  
Porcentaje de errores agrupados por pautas de accesibilidad



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las Pautas de Accesibilidad *web*, los resultados del análisis muestran que el mayor número de errores se localiza en la pauta 2.4- *Navegable* con un 31,64%, lo que incide negativamente en la capacidad de los usuarios para la localización de los contenidos que necesitan y poder navegar a través de los mismos. Este hallazgo es coherente con el hecho de que el principio al que pertenece (Operable) es el que más errores acumula (Figura 4).

Por su parte, las pautas 2.2- *Tiempo suficiente* y 2.1- *Accesible mediante el teclado*, fueron las que menos errores arrojaron, posibilitándoles a los usuarios acceder a todas las funciones existentes a través del teclado y garantizando que puedan completar las tareas requeridas por el contenido según sus tiempos de respuesta individuales.

Otras pautas que también presentan un alto número de errores son: 4.1- *Compatible* (18,82%), 1.3- *Adaptable* (15,51%), 1.1- *Alternativas textuales* (12,37%) y 1.4- *Distinguible* (11,79%), y, por tanto, las que precisan de una mayor atención por los desarrolladores. Es de notar que, excepto la pauta 4.1 (perteneciente al principio Robusto), las otras tres pautas citadas pertenecen al segundo principio con más errores (Perceptible), lo cual afecta a uno o más sentidos de cualquier persona (ciegas o que presentan baja visión y también con limitaciones auditivas). Con respecto al principio Comprensible, se detectan errores de accesibilidad principalmente en la pauta 3.3- *Introducción de datos asistida*, seguida muy de cerca por la pauta 3.1- *Legible*.

De acuerdo a la Figura 5, el 62% de todos los errores se concentran en solo cuatro criterios de éxito: 4.1.1- *Procesamiento* (17,36%), 2.4.4- *Propósito de los enlaces* (17,23%), 1.3.1- *Información y relaciones* (15,51%) y 1.1.1- *Contenido no textual* (12,37%). Estos criterios están asociados al nivel A de conformidad.

En referencia al criterio 4.1.1, los errores detectados afectan a la estructura de las páginas web y pueden impedir que el contenido de las mismas pueda ser interpretado correctamente por las tecnologías de asistencia, dificultando la experiencia del usuario.

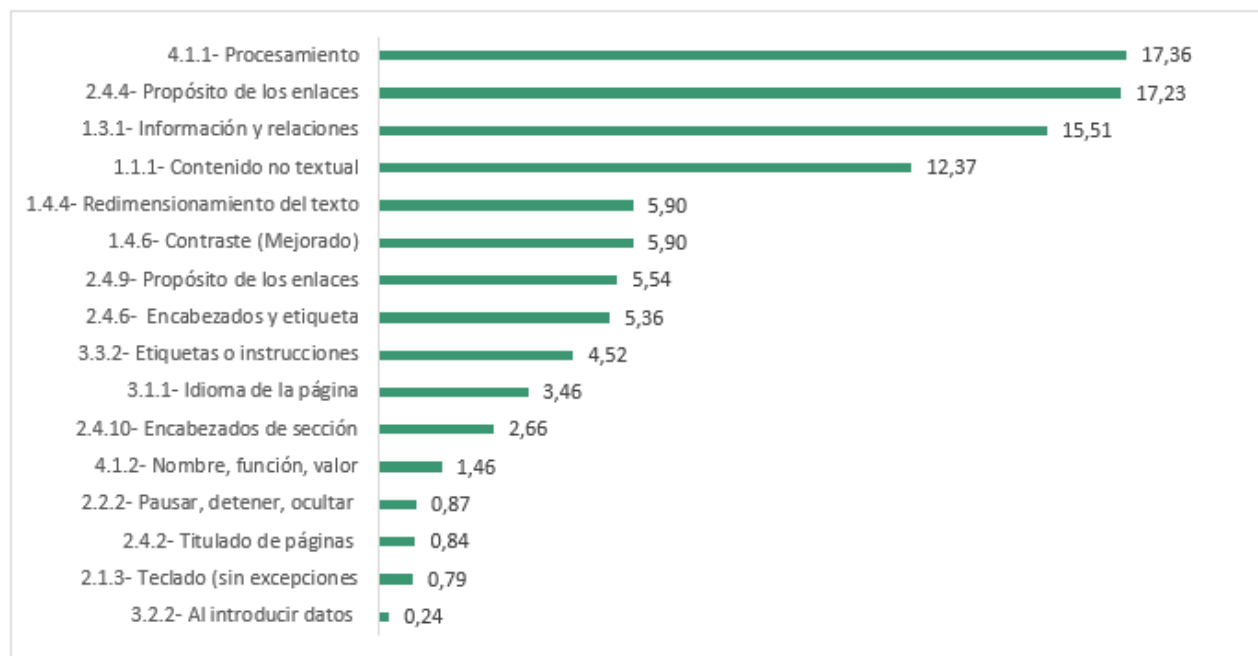
Por otra parte, en el criterio 2.4.4, los errores que más se repiten son los enlaces sin contenido textual, así como los que poseen un mismo texto, pero destinos diferentes. Describir el propósito de los enlaces posibilitaría a los usuarios orientarse de manera sencilla durante la navegación dentro del sitio.

Los errores más comunes en el criterio 1.3.1 residen en la utilización inadecuada de etiquetas de presentación, elementos de entrada que no presentan una etiqueta asociada, que poseen más de una o que no

tienen texto en la etiqueta. Estos problemas afectan a las personas en situación de discapacidad que utilizan tecnologías de asistencia (lectores de pantalla, por ejemplo).

Respecto al criterio de éxito 1.1.1, las herramientas detectan la ausencia del atributo *alt* (texto alternativo) para los contenidos no textuales. El incumplimiento de este criterio dificulta a los usuarios una adecuada percepción de la información, especialmente aquellos que hacen uso de las tecnologías de asistencia.

**Figura 5**  
Porcentaje de errores agrupados por criterios de éxito

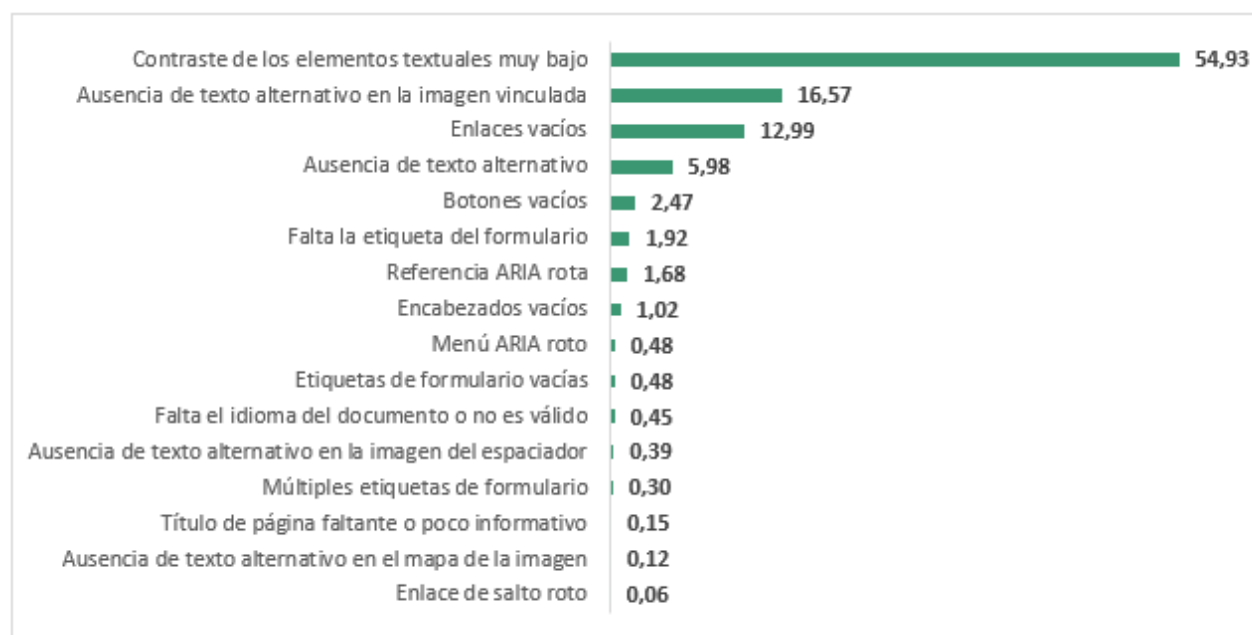


Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Resultados de la evaluación manual

La Figura 6 muestra que más de la mitad de todos los errores detectados (54,93%) pertenecen a la categoría de errores de contraste entre el color del texto y el color de fondo de la página, lo cual constituye una barrera para las personas en situación de discapacidad visual. Los otros tres errores más comunes son la ausencia de texto alternativo en la imagen vinculada (16,57%), los enlaces vacíos (12,99%) y la ausencia de texto alternativo (*alt*) en las imágenes (5,98%). Estas cuatro categorías constituyen el 90,47% de todos los errores detectados.

**Figura 6**  
Porcentaje de errores detectados en la evaluación manual



Fuente: elaboración propia.

De manera general, los errores registrados por la herramienta *Web Accessibility Evaluation Tool* coinciden con los detectados por las herramientas automáticas anteriormente analizadas.

### 3.3. Errores más comunes

Después de analizados los resultados arrojados por cada evaluación, se observan determinadas coincidencias respecto a un conjunto de errores identificados en cada una de ellas. El error más frecuente es la existencia de enlaces vacíos, es decir, aquellos proporcionados en la página *web* que no contienen texto. Esto provoca dificultades a las personas para orientarse durante la navegación dentro del sitio. Para corregir este error, el *webmaster* debe proporcionar el texto vinculado al enlace, así como también ayudas de texto en los enlaces que les permitan a los usuarios una correcta navegación dentro del sitio.

La segunda incidencia más alta de errores se relaciona con la ausencia de alternativas textuales para las imágenes. Básicamente, un texto alternativo proporciona una opción al contenido sin texto del sitio, permitiendo que éste se presente a los usuarios como su contenido original. Por tanto, este error requiere una atención especial por parte del desarrollador al constituir una barrera para la accesibilidad, especialmente para las personas que utilizan lectores de pantalla. Constituye una de las inexactitudes más fáciles de solucionar y se encuentra de manera frecuente en las investigaciones de este tipo.

El tercer error con más ocurrencias se refiere a los encabezados vacíos (que no presentan contenido). Algunas personas, principalmente las que emplean teclados y lectores de pantalla, a menudo navegan por la página *web* basándose en los elementos del encabezado. Por lo tanto, un encabezado vacío no producirá información y puede causar confusión a los usuarios. El *webmaster* debe garantizar que todos los encabezados posean contenido informativo.

El problema del contraste de los colores también se registra entre las ocurrencias más altas según el presente estudio. La aplicación de un contraste de color más bajo provoca dificultades para que ciertos usuarios vean o

lean el contenido web, de ahí que cumplir con la relación de contraste especificada permite a los usuarios reconocer fácilmente el texto y separar el primer plano del fondo de la página *web*.

Si bien durante la evaluación automática pueden aparecer falsos positivos (errores que en realidad no existen), de manera general los problemas de accesibilidad detectados por las herramientas automáticas fueron corroborados por la validación manual. Esto demuestra lo necesario de combinar los resultados de ambos tipos de evaluación para poder evaluar de manera fiable la accesibilidad de un sitio *web*.

### 3.4. Nivel de accesibilidad

La Tabla 4 muestra que la mayoría de las ECTI evaluadas presenta un nivel de accesibilidad deficiente.

**Tabla 4**  
Distribución de las ECTI de acuerdo a su nivel de accesibilidad *web*

| Nivel de accesibilidad | Número de ECTI | %     |
|------------------------|----------------|-------|
| Deficiente             | 79             | 85,87 |
| Moderado               | 10             | 10,87 |
| Muy deficiente         | 3              | 3,26  |
| Totales                | 92             | 100   |

Fuente: elaboración propia.

El listado con el nivel de accesibilidad obtenido por cada ECTI evaluada, así como el *ranking* de accesibilidad generado, se encuentran disponibles en el citado repositorio Zenodo.

## Conclusiones

De manera general, los hallazgos de la evaluación automática han sido confirmados por la validación manual. Esto demuestra la necesidad de combinar ambos métodos para establecer de manera fiable el estado de accesibilidad de un sitio *web*.

De las 92 entidades evaluadas, únicamente 10 alcanzan el nivel moderado de accesibilidad. La gran mayoría (79) presenta un nivel de accesibilidad deficiente, mientras que otras tres poseen una accesibilidad muy deficiente. Aunque el resultado de esta revisión no puede asociarse de manera conclusiva con la accesibilidad *web* de todas las páginas que conforman cada uno de los sitios analizados, sí permite resumir el estado de accesibilidad de los mismos y detectar los problemas que pueden incidir negativamente en el acceso a sus contenidos.

Los hallazgos de la presente investigación muestran similitudes con estudios anteriores, principalmente en lo referido a la tipología de los errores detectados, independientemente del tipo de herramientas utilizadas (Ali, 2021; Cortés Fandiño & Solano Salinas, 2022; Dash, 2024; Fernandes, Paramanathan, Cockburn & Nganji, 2023; Ishaq, 2023; Khasawneh, 2022; Minaya de León, 2023; Yousafzai *et al.*, 2022). Lo anterior demuestra la necesidad de continuar trabajando en esta temática, a fin de garantizar el principio de accesibilidad web para todas las personas de la sociedad.

Se recomienda a los desarrolladores y diseñadores de las ECTI que, a partir de las pautas de accesibilidad, se evalúe cada una de las páginas que contienen los sitios; no solo de forma manual y automática, sino que incluyan, además, pruebas de usuarios a fin de complementar la evaluación necesaria.

## **Roles de colaboración**

**Leandro Bernal Pérez:** Análisis formal, conceptualización, curaduría de datos, escritura - revisión y edición, investigación, metodología, redacción – borrador original.

**Yudayly Stable-Rodríguez:** Conceptualización, escritura - revisión y edición, investigación, metodología.

## Referencias

- Abascal, J., Arrue, M., & Valencia, X. (2019). Tools for web accessibility evaluation. In Y. Yesilada & S. Harper (Eds.). *Web accessibility: a foundation for research* (2nd ed., pp. 479-503). Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-7440-0\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-7440-0_26)
- Acosta-Vargas, P., Salvador-Acosta, B., Salvador-Ullauri, L., & Jadán-Guerrero, J. (2022). Accessibility challenges of e-commerce websites. *PeerJ computer science*, (8), e891. <https://peerj.com/articles/cs-891/>
- Ali, L. (2021). Accessible websites for everyone. A case of UAE universities websites. *International journal of information and education technology*, 11(4), 164-170. <http://www.ijiet.org/vol11/1506-EL028.pdf>
- Álvarez Guzhñay, P. C. (2018). *Desarrollo de recomendaciones para la creación de recursos educativos accesibles basados en estándares WCAG* [Tesis de maestría]. Universidad Internacional de La Rioja, Logroño. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/6932>
- Bernal Pérez, L. & Stable-Rodríguez, Y. (2024). *Nivel de accesibilidad web de las entidades de ciencia, tecnología e innovación* [Data set]. Zenodo. <https://zenodo.org/records/12794985>
- Cortés Fandiño, J. E. & Solano Salinas, R. (2022). Accesibilidad en los sitios web de las entidades públicas colombianas. *Revista española de discapacidad*, 10(1), 147-183. <https://www.cedid.es/redis/index.php/redis/article/view/759>
- Das, S., Das, A. K., Awasthi, S. & Tripathi, M. (2024). Comparison of open science portals of India: web accessibility study. *Collection and curation*, 43(3), 94-102. <http://dx.doi.org/10.1108/CC-12-2023-0045>
- Dash, S. K. (2024). AI-powered real-time accessibility enhancement: A solution for web content accessibility issues. *Jurnal online informatika*, 9(1), 80-88. <https://join.if.uinsgd.ac.id/index.php/join/article/view/1310>
- Debevc, M., Škraba, T., Cerovac, B., Kožuh, I. & Rajh, N. (2023). Monitoring website accessibility: Evaluating current approaches and a proposal for improvements. *Journal of accessibility and design for all*, 13(2), 162-187. <https://www.jaccs.org/index.php/jaccs/article/view/485>
- Díaz, J., Harari, I., & Amadeo, P. (2020). *Accesibilidad web: una mirada integral*. Universidad Nacional de La Plata; EDULP.
- Eusébio, C., Silveiro, A. & Teixeira, L. (2020). Website accessibility of travel agents: An evaluation using web diagnostic tools. *Journal of accessibility and design for all*, 10(2), 180-208. <http://www.jaccs.org/index.php/jaccs/article/view/277>
- Fernandes, K., Paramanathan, S., Cockburn, L. & Nganji, J. (2023). Readily available but how accessible?: An analysis of the web accessibility of healthcare-related resources. *Journal of accessibility and design for all*, 13(2), 188-215. <https://www.jaccs.catac.upc.edu/index.php/jaccs/article/view/421>
- Hilera, J. R., Fernández, L., Suárez, E. & Vilar, E. T. (2013). Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales. *Revista española de documentación científica*, 36(1), 1-16.
- Ishaq, M. (2023). Improved web accessibility evaluation of open learning contents for individuals with learning disabilities. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2306.10039>
- Karhu, M., Hilera, J. R., Fernández, L. & Ríos, R. (2012). Accessibility and readability of university websites. *Journal of accessibility and design for all*, 2(2), 178-189. <http://cataci1.catac.upc.edu/index.php/jaccs/article/view/70>

- Khasawneh, B. A. (2022). Websites accessibility compliance of official agencies for disabilities. In *Proceedings of the 13th International Conference on Society and Information Technologies (ICSIT 2022)*, Winter Garden, United States. <https://www.iiis.org/CDs2022/CD2022Spring/papers/HB079KI.pdf>
- Kimmons, R. & Smith, J. (2019). Accessibility in mind? A nationwide study of K-12 Web sites in the United States. *First monday*, 24(2). <https://journals.uic.edu/ojs/index.php/fm/article/download/9183/7722>
- Macakoğlu, Ş. S. & Peker, S. (2022). Accessibility evaluation of university hospital websites in Turkey. *Universal access in the information society*, 1-9. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-022-00886-8>
- Máñez Carvajal, C. (2020). Evaluación de accesibilidad web de las universidades chilenas. *Formación universitaria*, 13(5). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v13n5/0718-5006-formuniv-13-05-69.pdf>
- Minaya de León, Y. (2023). *Evaluación de la accesibilidad y usabilidad web en iniciativas lácteas ecológicas y no ecológicas de la Comunidad de Cantabria* [Tesis de Maestría. Universidad de Cantabria, Santander]. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/29625>
- Orozco Moreno, A. L. (2020). *Modelo para evaluación de accesibilidad web orientado por tipos de discapacidad* [Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78510>
- Ortiz Ruiz, Y. T. (2022). Accesibilidad web en Chile: evaluación de portal educativo. *Revista educación y tecnología*, 10(15), 1-10.
- Pino, D. D. & Reyes Huamán, A. M. (2021). Método de evaluación de accesibilidad web en archivos audiovisuales de Lima-Perú. *Revista de investigación de sistemas e informática*, 14(2), 23-37. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/23147>
- Reina-Alvarado, J. M. (2020). Desarrollo de un portal web accesible para el Laboratorio Human Computer Interaction de la Universidad Católica de Cuenca. *Dominio de las ciencias*, 6(4), 1001-1025. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1519>
- Riaño Herrera, J. A., Ballesteros-Ricaurte, J. A. & Medina Riaño, C. (2018). Proceso de validación nivel de accesibilidad web en sitios del Gobierno en línea del estado Colombiano. *Revista Espacios*, 39(48). <http://www.revistaespacios.com/a18v39n48/a18v39n48p08.pdf>
- Rijo García, E. (2023). *Diseño de un plan de auditoría sobre accesibilidad web en organismos públicos y su posterior aplicación práctica* [Tesis de Maestría. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares]. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/58020>
- Rodríguez Morales, G. (2019). *Framework para construir plataformas de Recursos Educativos Abiertos (OCW y MOOC) orientadas a la Accesibilidad y Usabilidad*. [Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid]. <https://oa.upm.es/id/eprint/57249>
- Simhadri, N. & Chaitanya, K. (2023). Web accessibility evaluation of private and government websites for people with disabilities through fuzzy classifier in USA. *Research square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2829103/v1>
- Stable-Rodríguez, Y., Álvarez Calderón, E., Bernal Pérez, L. & Sam-Anlas, C. A. (2020). Estado de la accesibilidad web de los portales de gobierno electrónico en América Latina. *Bibliotecas. Anales de investigación*, 16(1).
- Stable-Rodríguez, Y. & Sam-Anlas, C. A. (2018). Bibliotecas nacionales y accesibilidad web. Situación en América Latina. *Revista interamericana de bibliotecología*, 41(3), 253-265. <http://eprints.rclis.org/33411/1/v41n3a04.pdf>
- W3C. (2016). *Understanding conformance*. <http://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/conformance.html>

- W3C. (2019). *Introducción a la Accesibilidad Web*. <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/es>
- Wentz, B., Pham, D., Feaser, E., Smith, D., Smith, J. & Wilson, A. (2019). Documenting the accessibility of 100 US bank and finance websites. *Universal access in the information society*, 18(4), 871-880. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-018-0616-6>
- Yáñez Fuentes, R. (2021). La accesibilidad para las personas con discapacidad en los sistemas y tecnologías de información: la deuda pendiente en Chile. *Revista Inclusiones*, 1(1), 127-130. <https://revistainclusiones.org/index.php/inclu/article/view/2738/2722>
- Yousafzai, U., Bakhsh, M., Salam, A., Ahmed, S., Nawaz, A., Jan, S. & Aadil, M. (2022). Accessibility evaluation of mobile-based citizen services for visually impaired users. *Journal of mechanics of continua and mathematical sciences*, 17(7), 10-24.
- Zhang, M., Wang, C., Bu, J., Li, L. & Yu, Z. (2017). An optimal sampling method for web accessibility quantitative metric and its online extension. *Internet research*, 27(5), 1190-1208. <https://www.emerald.com/intr/article-abstract/27/5/1190/183377/An-optimal-sampling-method-for-web-accessibility?redirectedFrom=fulltext>