

¿Es Posible Crear Gráficos Estadísticos Accesibles con Microsoft Excel? Una Revisión de las Posibilidades y Límites con Especial Atención a los Usuarios con Baja Visión

Can we Create Accessible Charts with Microsoft Excel? A Review of Possibilities and Limits, with a Special Focus to Users with Low Vision

Rubén Alcaraz-Martínez

Departament de
Biblioteconomia,
Documentació i Comunicació
Audiovisual
Universitat de Barcelona
Barcelona, España
ralcaraz@ub.edu

Mireia Ribera

Departament de Matemàtiques
i Informàtica
Universitat de Barcelona
Barcelona, España
ribera@ub.edu

Jordi Roig

Departament de Matemàtiques
i Informàtica
Universitat de Barcelona
Barcelona, España
jordi.roig@ub.edu

Afra Pascual Almenara

Departament d'Informàtica i
Enginyeria Industrial
Universitat de Lleida
Lleida, España
afra.pascual@udl.cat

Recibido: 29.10.2024 | Aceptado: 16.04.2025

Palabras Clave

Gráficos estadísticos
Baja visión
Accesibilidad digital
Microsoft Excel
ATAG 2.0
WCAG 2.2
Documentos digitales

Resumen

Introducción: los gráficos estadísticos son clave para la alfabetización en datos y esenciales en el proceso de comunicación de conceptos científicos abstractos y relaciones difíciles de entender a través de otras representaciones. Este tipo de visualizaciones puede presentar numerosos desafíos para los usuarios con baja visión, un grupo a menudo pasado por alto a pesar de su enorme prevalencia. Metodología: se evalúa a) el cumplimiento de Microsoft Excel como herramienta de autor con las pautas ATAG 2.0; y b) la accesibilidad de los gráficos generados por MS Excel con un conjunto de principios heurísticos. Para la evaluación heurística, además del gráfico original creado con MS Excel (XLSX), se crearon tres versiones exportadas (DOCX, HTML y SVG) del mismo gráfico utilizando todas las funciones de accesibilidad disponibles en el software. Resultados: en cuanto al cumplimiento de las ATAG, se identificaron 48 características de accesibilidad deseadas aplicables a MS Excel, de las cuales el software cumple con solo 26 de ellas (54,17%). Respecto a la evaluación heurística, las cuatro versiones del gráfico presentan un porcentaje de cumplimiento con los heurísticos igual o superior al 66,66%. Las versiones que obtuvieron las mejores puntuaciones son el gráfico original en formato MS Excel y el exportado a MS Word con un 72,2% de indicadores alcanzados, seguidos por los gráficos exportados en formato SVG y HTML, ambos con un 66,66%. A pesar de que MS Excel no cumple con buena parte de los criterios contemplados en las ATAG 2.0, ha sido posible crear gráficos con un buen nivel de accesibilidad siguiendo los principios heurísticos sugeridos.

Keywords

- Statistical charts
- Low vision
- Digital accessibility
- Microsoft Excel
- ATAG 2.0
- WCAG 2.2
- Digital documents

Abstract

Introduction: Statistical charts are key to data literacy and essential in the process of communicating abstract science concepts and relationships that are difficult to understand through other representations. These types of visualization can present numerous challenges for users with low vision, an often-overlooked group despite its enormous prevalence. Methodology: evaluate a) the compliance of Microsoft Excel software as an authoring tool with ATAG 2.0 guidelines; and b) the compliance of MS Excel-generated charts with a domain heuristic set proposed by the authors. For the heuristic evaluation, apart from the original MS Excel chart (XSLX), three exported versions (DOCX, HTML and SVG) of the same chart were created using all the accessibility features available in the software. Results: regarding ATAG compliance, 48 desired accessibility features applying to MS Excel have been identified and the software meets just 26 of them (54.17%). Regarding heuristic evaluation, the four versions of the chart present a percentage of compliance with the heuristics equal to or greater than 66.66%. The versions that have obtained the best scores are MS Excel original and MS Word exported charts with 72.2% of indicators achieved, followed by SVG and HTML exported charts, both with 66.66%. Even though MS Excel does not meet a good part of the ATAG 2.0 success criteria, it has been possible to create charts with a good level of accessibility following the suggested heuristic principles.

1. Introducción

Carlson y Johnston (2015) en su trabajo seminal sobre la alfabetización en datos, abogan por esta habilidad como una competencia clave para los futuros investigadores. Se basan en la definición de Hunt (2004) quien afirma que la alfabetización en datos “implica comprender lo que significan los datos, lo cual incluye cómo leer gráficos y tablas apropiadamente, extraer conclusiones correctas a partir de los datos y reconocer cuándo estos se están utilizando de manera engañosa o inapropiada”. Los gráficos juegan un papel crucial en la comunicación de conceptos científicos abstractos (Arteaga y otros, 2010) y permiten hacer visibles relaciones también complejas que son difíciles de entender a través de otros tipos de representaciones (Postigo y Pozo, 2000). Si se considera que la alfabetización en datos es crucial y los gráficos estadísticos son fundamentales para transmitir datos, la accesibilidad de los gráficos es, por tanto, esencial para garantizar la inclusividad en cualquier sector en el que se manejen datos y visualizaciones.

Entre los usuarios con discapacidades, existe un grupo a menudo olvidado que no ha recibido suficiente atención a pesar de su significativa prevalencia. Este grupo es el de personas con baja visión, una discapacidad visual que afecta a unos 217 millones de individuos en todo el mundo, lo que representa el 85,77% de las personas con discapacidades visuales (Bourne y otros, 2017). La baja visión abarca una diversa gama de perfiles de usuarios, con diferencias significativas en la agudeza visual o el campo de visión (central o periférico) (WebAIM, 2013), así como por lo que respecta a otras afecciones sobre la vista relacionadas con enfermedades como la retinopatía diabética, cataratas o hemianopsia, lo que resulta en manchas oscuras en el campo visual, un efecto borroso o nebuloso, o ceguera en la mitad del campo visual, respectivamente. Otros individuos con baja visión pueden

experimentar sensibilidad al contraste, la luz o el resplandor, o presentar visión cromática deficiente (VCD).

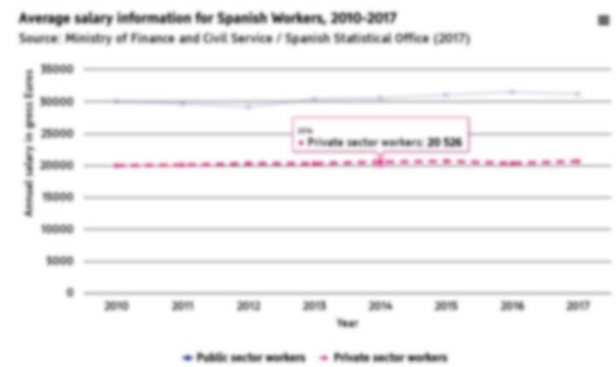


Figura 1: Simulación de un gráfico visto por una persona con baja agudeza visual. Generado con NoCoffee vision simulator

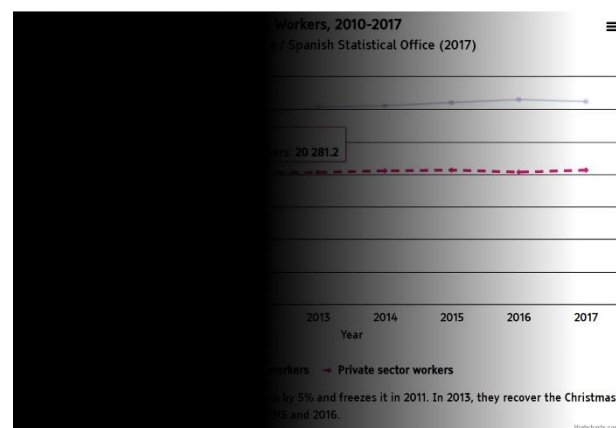


Figura 2: Simulación de un gráfico visto por una persona hemianopsia. NoCoffee vision simulator.

El hecho de que muchos usuarios con baja visión sean capaces de desenvolverse de forma autónoma a pesar de ciertas

limitaciones sin la ayuda de bastones blancos o perros guía, hace que pasen desapercibidos en el día a día. Esto ha llevado a describir la baja visión como una «discapacidad invisible» (Shinohara y Wobbrock, 2011). Las condiciones anteriormente citadas afectan a su capacidad para percibir información, particularmente cuando se trata de fórmulas matemáticas, dibujos técnicos, diagramas, gráficos u otros tipos de visualizaciones complejas y con muchos detalles. Además, las personas con baja visión utilizan un importante y muy diverso conjunto de ayudas técnicas, siendo los magnificadores de pantalla los más populares entre los usuarios de este colectivo, seguidos por otros como lectores de pantalla, opciones de zoom integradas en los navegadores web, configuraciones de alto contraste, etc. Todo ello implica que satisfacer las necesidades particulares de este colectivo resulta harto complicado por la importante diversidad que lo define, caracterizada por diferentes barreras técnicas, preferencias y configuraciones.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar Microsoft (MS) Excel como herramienta de autor capaz de crear gráficos estadísticos accesibles. Entre todas las herramientas disponibles para crear gráficos estadísticos, se ha optado por evaluar MS Excel por su enorme adopción en tanto que forma parte de la suite ofimática por excelencia del sistema operativo más utilizado en entornos domésticos y profesionales para ordenadores de sobremesa. Además, un número significativo de organizaciones de muy diversos ámbitos y sectores profesionales ha integrado los servicios de MS como el conjunto de herramientas que ofrecen a su personal. Las alternativas a MS Excel incluyen paquetes estadísticos altamente especializados como IBM SPSS o SAS/STAT o paquetes muy específicos para crear visualizaciones, como Tableau o bibliotecas de software como Bokeh, Plotly o similares. Estas herramientas suelen estar dirigidas a sectores aún más específicos y requieren conocimientos especializados; en cambio, MS Excel es un software ampliamente adoptado en diferentes áreas de negocio, centros educativos de distintos niveles (Warner y Meehan, 2001) y organizaciones gubernamentales y que presenta una curva de aprendizaje menos pronunciada. Concretamente, la versión analizada de esta aplicación fue la más actual en el momento de llevar a cabo la investigación: MS Excel MSO 16.0.10356.20006 para sistemas operativos de escritorio de 64 bits de Windows.

2. Marco teórico

Las *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) (W3C, 2023) son el documento normativo de referencia en el ámbito de la accesibilidad web. Respecto a versiones anteriores, su versión actual (2.2) se centró en mejorar la accesibilidad para dispositivos móviles, así como en abordar algunos requisitos no satisfechos anteriormente, relacionados precisamente con las necesidades específicas propias de las personas con baja visión y discapacidades cognitivas. Por lo que respecta a la

accesibilidad de los gráficos estadísticos, las WCAG son demasiado generalistas y no abordan ningún criterio de conformidad que se refiera específicamente a estos tipos de objetos. En los últimos años, no obstante, han aparecido otras propuestas de directrices más específicas (Alcaraz; Ribera y Granollers, 2022; Elavsky, Bennett y Moritz, 2022). Esta investigación se basa en la primera (Alcaraz; Ribera y Granollers, 2022), un conjunto específico de indicadores heurísticos desarrollado para evaluar la accesibilidad de un gráfico estadístico. Los resultados de varias evaluaciones heurísticas (EU) conducidas en trabajos anteriores (Alcaraz y otros, 2020; Alcaraz y Ribera, 2020; Alcaraz y otros, 2021) y de un test de usuarios realizado para validar este conjunto de indicadores (Alcaraz y otros, 2024) demostraron que estos principios permiten detectar un mayor número de problemas únicos, ofrecen una mejor distribución de los problemas entre los heurísticos y permiten identificar problemas más graves y específicos que las WCAG. La evaluación también podría basarse en el conjunto de principios heurísticos de Elavsky y otros (2022), pero abarca un ámbito más amplio, en lugar de centrarse específicamente en las personas con baja visión, las cuales son el perfil de usuario en el que se centra este trabajo.

El conjunto de indicadores heurísticos propuesto está formado por 18 principios que cubren aspectos relacionados con la información que transmite el gráfico (título, ejes, alternativas de texto, pie de foto...), su presentación visual (legibilidad, uso del color, contraste...), y el comportamiento y características que ofrece (personalización, indicador de foco...). La Tabla 1 resume el conjunto de heurísticos propuesto, así como las barreras de accesibilidad asociadas a cada uno de ellos.

Por otro lado, las *Authoring Tool Accessibility Guidelines* (ATAG) 2.0, cuya última versión data de 2015 (W3C, 2015), tienen como objetivo establecer los requisitos necesarios para que las herramientas de autor permitan, apoyen y promuevan la producción de contenidos web más accesibles. Estas directrices se dividen en dos partes: la parte A contempla una serie de directrices para asegurar la accesibilidad de la interfaz de las herramientas de autor con el objetivo de que puedan ser utilizadas por personas con discapacidad; mientras que la parte B se centra en la capacidad de estas herramientas para dar soporte a los autores en la creación de contenidos accesibles.

Adicionalmente, el W3C también ha trabajado en una lista de requisitos de accesibilidad específicos para personas con baja visión a través de un documento no normativo (Allan, Kirkpatrick y, 2019). En cuanto a otros estudios similares centrados en el análisis de herramientas de autor mediante las ATAG 2.0, encontramos diversos trabajos (López, et al., 2011; Calvo, Iglesias y Moreno, 2012; Iglesias y otros, 2014; Villarroel, Sanchez y Luján, 2018), aunque no se ha podido localizar en la literatura publicada ningún otro análisis centrado específicamente en el cumplimiento de las ATAG por parte de

MS Excel, así como tampoco en el nivel de accesibilidad que es posible alcanzar al crear gráficos con esta herramienta

Tabla 1: Indicadores heurísticos propuestos y barreras de accesibilidad relacionadas.

| ID | Heurístico | Barreras relacionadas |
|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H1 | Título | No proporcionar elementos textuales como el título, leyendas, títulos de los ejes, pies de foto o etiquetas puede dificultar la comprensión del gráfico para cualquier perfil de usuario (Cohen, Wang y Murphy, 2003; Elzer y otros, 2007; Yu, y otros, 2009; Evergreen y Metzner, 2013). |
| H2 | Leyenda | |
| H3 | Ejes | |
| H4 | Pie de imagen | |
| H5 | Abreviaturas | Las abreviaturas pueden confundir a algunos lectores en distintos sentidos, además de dificultar el acceso al contenido a las personas con discapacidad visual, tanto por lo que respecta a los que basan su interacción en lectores de pantalla, como en el caso de los usuarios de magnificadores de texto (W3C, 2020a). |
| H6 | Fuente de los datos | Esta recomendación, más allá de ser una buena práctica (garantizar la fiabilidad y confiabilidad de los datos), resuelve la necesidad de algunos usuarios de acceder a los datos en bruto y abrirlos con sus aplicaciones favoritas. |
| H7 | Versión impresa | La lectura en pantalla puede introducir dificultades adicionales para algunos usuarios con baja visión. En este sentido, es habitual que estos usuarios lean a muy poca distancia de la pantalla, lo que implica una postura incómoda que provoca fatiga (Allan, Kirkpatrick y, 2019). En algunas situaciones, pueden preferir imprimir el contenido para leerlo en papel. |
| H8 | Texto alternativo | Las personas con dificultades para percibir contenidos visuales o para comprender el significado de los gráficos pueden necesitar una alternativa textual. Si la información se transmite exclusivamente a través de una imagen, algunos usuarios podrían perderse ciertos detalles o características importantes presentes en el gráfico. Por otro lado, las imágenes de texto, un tipo de solución ampliamente adoptado en la web para distribuir gráficos en todo tipo de medios de información, también imponen barreras en este sentido, ya que ese contenido tampoco está disponible para los lectores de pantalla si no es en forma de texto alternativo (Koivunen y McCathieNevile, 2001; Brajnik, 2011; Splendiani, 2015; W3C, 2019). |
| H9 | Descripción larga | Los gráficos estadísticos son imágenes de naturaleza compleja para las cuales en una gran mayoría de las situaciones se requieren alternativas de texto más ricas y extensas. Estas descripciones largas abordan el contenido del gráfico, lo contextualizan e incorporan el acceso a una tabla con los datos a partir de los cuales se generó el gráfico (W3C, 2019; Ault y otros, 2002; DIAGRAM Center, 2015). |

| ID | Heurístico | Barreras relacionadas |
|-----|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H10 | Colores seguros | Las personas con VCD pueden presentar dificultades o ser incapaces de distinguir determinadas combinaciones de colores utilizadas para diferenciar categorías en un gráfico. Cuando los colores no ofrecen suficiente contraste, suponen una barrera para los usuarios con VCD (Allan, Kirkpatrick y, 2019; Brajnik, 2011; Splendiani, 2015; Reinecke, Flatla y Brooks, 2016; Konecki y otros, 2017). |
| H11 | Contraste | Las personas con baja sensibilidad al contraste pueden tener problemas para diferenciar determinadas combinaciones de colores utilizadas para el texto y su fondo. (Allan, Kirkpatrick y, 2019; Brajnik, 2011; W3C, 2020b). Cuando el contraste entre el primer plano y el fondo tanto en el texto como entre elementos gráficos no es suficiente, muchos usuarios no son capaces de distinguir los diferentes elementos presentes en las figuras o les supone un reto leer el contenido (Allan, Kirkpatrick y, 2019; W3C, 2020c). Cuando se utiliza el color para codificar variables y los distintos valores no ofrecen suficiente contraste, los usuarios con VCD pueden no ser capaces de distinguirlos (Allan, Kirkpatrick y, 2019; Koivunen y McCathieNevile, 2001; Brajnik, 2011). |
| H12 | Legibilidad | Un tamaño de letra muy pequeño, un interlineado insuficiente, un espacio entre letras (<i>tracking</i>) muy pobre o la selección de una fuente tipográfica poco legible, impiden o dificultan a algunos usuarios interactuar con el contenido (Allan, Kirkpatrick y, 2019; Bernard, Liao y Mills, 2001; Rubin y otros, 2006; Legge, 2016; Russell y otros, 2007; Calabrèse y otros, 2010; McCathieNevile y Koivunen, 2000). |
| H13 | Calidad de la imagen | Las imágenes de texto distribuidas en formatos de mapa de bits pierden calidad cuando se amplían (Splendiani, 2015; McCathieNevile y Koivunen, 2000). Si tenemos en cuenta que en Internet se tiende cada vez más, por un lado, a optimizar el peso de los recursos que se comparten y, por el otro, los importantes niveles de zoom a los que los usuarios con baja visión someten a estos gráficos, el resultado puede ser imágenes extremadamente pixeladas e ilegibles. |
| H14 | Redimensionado | Un porcentaje significativo de usuarios con baja visión depende de la ampliación del contenido para adaptar el tamaño de los elementos de la interfaz a su nivel de agudeza visual. Si el tamaño de la fuente es demasiado pequeño y no se puede ampliar, la legibilidad no está garantizada. Si los elementos del gráfico se codifican con unidades absolutas o el diseño no es responsivo, las lupas que reducen el área visual podrían provocar solapamientos de contenidos, desplazamientos horizontales o la desaparición de elementos de la vista de los usuarios, requiriendo que estos realicen un mayor número de movimientos por la pantalla para localizar aquellas partes del |

| ID | Heurístico | Barreras relacionadas |
|-----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H15 | Sin obstáculos en la visualización | contenido con las que desean interactuar (Allan, Kirkpatrick y, 2019; Konecki y otros, 2017). |
| | | Las marcas de agua o los banners publicitarios sobre una imagen pueden impedir la visión total o parcial de los gráficos publicados (Alcaraz y otros, 2020). |
| H16 | Foco visible | Los usuarios con baja visión precisan de métodos que les permitan localizar rápidamente el componente o elemento activo en la interfaz, puesto que, normalmente, la interacción con magnificadores de pantalla implica acercarse y alejarse constantemente con cambios importantes de contexto. En este sentido, visibilizar el foco del ratón o el teclado les permite resituarse de una manera más eficiente (Allan, Kirkpatrick y, 2019; W3C, 2020d). |
| H17 | Navegación independiente del dispositivo | Los usuarios de lectores de pantalla dependen del teclado para navegar por el contenido, por lo que cuando los elementos sólo reaccionan a las interacciones del ratón, dejar de ser utilizables para estas personas (Guarino y Snow, 2009; W3C, 2020e). |
| H18 | Personalización | Las imágenes de texto no permiten a los usuarios que requieren una presentación visual particular del contenido poder ajustar la presentación de acuerdo con sus necesidades y preferencias (tamaño de la fuente, color, interlineado). Algunos usuarios con VCD utilizan una hoja de estilo personalizada en el navegador para adaptar algunas de estas características. Si el sistema impide o dificulta este tipo de personalizaciones, se impone una barrera adicional a este colectivo (Allan, Kirkpatrick y, 2019; Koivunen y McCathieNevile, 2001). |

3. Metodología

Esta investigación se divide en dos partes: a) la evaluación de la capacidad de MS Excel para crear gráficos estadísticos accesibles, centrándose en la Parte B de las ATAG como marco de referencia; y b) la evaluación heurística (EU) de un gráfico creado mediante MS Excel, así como el análisis de otras tres versiones derivadas de este mismo gráfico exportadas a otros formatos, utilizando todas las funciones de accesibilidad disponibles en la herramienta, así como teniendo en cuenta todos los requisitos de accesibilidad establecidos en el conjunto de principios heurísticos recogido en la tabla 1 (Alcaraz; Ribera y Granollers, 2022). En concreto, el gráfico se exportó de MS Excel a MS Word (copiando y pegando el gráfico para incrustarlo en el documento), a HTML (seleccionando la opción por defecto guardar como > HTML) y, por último, a MS PowerPoint para, posteriormente, guardarse como imagen vectorial en formato SVG (copiando y

pegando el gráfico para incrustarlo en el documento y luego guardando la diapositiva en formato SVG desde el mismo MS PowerPoint). Estas cuatro versiones del gráfico fueron evaluadas utilizando el conjunto heurístico antes mencionado.

La primera evaluación (Parte B de las ATAG) corrió a cargo de los tres primeros autores, dos de los cuales tenían experiencia previa en el uso de las ATAG. La evaluación heurística corrió a cargo de los cuatro autores, todos ellos expertos con experiencia previa en este tipo de evaluaciones.

Las ATAG son un conjunto de principios de carácter muy general. Es por esta razón que las directrices del W3C se han adaptado y particularizado a los diferentes componentes que forman un gráfico estadístico. En este sentido, resultó necesario asimilar los principios heurísticos propuestos con los requisitos planteados por las ATAG. Concretamente, más allá de los que las directrices contemplan, se incorporaron los siguientes: H2 (Leyenda), H3 (Ejes), H4 (Pie de foto), H6 (Fuente de datos), H7 (Versión para impresión), H12 (Legibilidad), H13 (Calidad de la imagen), H14 (Redimensionamiento, que sólo se aplica al texto en las WCAG), H15 (Sin obstáculos en la visualización) y H18 (Personalización). Por ejemplo, los requisitos establecidos en el criterio de conformidad B.1.1.2 (Autogeneración de contenidos durante las sesiones de trabajo) de las ATAG se han repetido para cada elemento relevante de los gráficos. En total, se identificaron 48 requisitos considerados esenciales para la creación de un gráfico estadístico accesible.

En el caso de la evaluación heurística, para cada característica, los autores determinaron el cumplimiento positivo (sí) o el fallo (no), optando por no utilizar una escala Likert más amplia como en estudios anteriores. La evaluación se complementó con un breve razonamiento en caso de darse una puntuación negativa. Cada evaluador realizó su evaluación de manera independiente y, tras ello, se celebró una reunión final para revisar y consolidar los resultados.

La lista de criterios y el resultado de su análisis se recoge en la tabla 6.

4. Resultados

4.1 Evaluación ATAG de MS Excel

Los tres primeros autores, por orden de firma, realizaron la evaluación mediante los principios obtenidos tras la asimilación de los indicadores heurísticos y los criterios de conformidad propuestos por las ATAG. Este análisis se realizó individualmente para, posteriormente, pasar a consolidar los resultados en grupo. La tabla 6 resume el resultado de la evaluación. También indica los principios heurísticos relacionados con cada criterio de conformidad planteado. La columna «Justificación» ofrece una explicación y contexto para el resultado. Finalmente, para ofrecer al lector posibles

soluciones alternativas en aquellos casos en los que la herramienta no cumple con el criterio de conformidad, se añadió una columna con una sugerencia de solución alternativa.

De los 48 criterios de conformidad identificados, MS Excel cumple 26 (54,17%) y falla en 22 (45,83%). MS Excel ofrece mecanismos para añadir y editar algunos de los componentes más importantes de un gráfico estadístico accesible, como el título, la leyenda, los títulos de los ejes o el texto alternativo. Sin embargo, carece de opciones o campos específicos para otros, como la leyenda, la fuente de datos o la descripción larga. Aunque éstos pueden añadirse en celdas cercanas al gráfico o en otras hojas, la relación programática entre ellos sólo puede establecerse mediante un enlace interno.

Por otro lado, MS Excel no proporciona plantillas predeterminadas accesibles, ni tampoco información sobre el nivel de accesibilidad o las posibles barreras que pueden generar las plantillas precargadas. Ejemplos de características que podrían tenerse en cuenta en las plantillas por defecto son el tamaño de letra, el uso de combinaciones de colores seguras o las ratios de contraste entre texto y fondo y colores adyacentes en las marcas del gráfico. Los autores pueden seleccionar cualquier tamaño de fuente y crear sus propias combinaciones de colores seguras mediante selecciones manuales, pero la herramienta no ofrece ninguna orientación ni advierte al usuario cuando esta operación no se hace correctamente. Los autores también pueden crear nuevas plantillas más accesibles y guardarlas o compartirlas para usos posteriores.

Como característica positiva, MS Excel ofrece una herramienta de validación de la accesibilidad automática que comprueba diversos aspectos importantes de la accesibilidad que se basan en un conjunto de reglas que desencadenan los errores y advertencias que se recogen a continuación. Errores: a) todo el contenido no textual debe contar con un texto alternativo; b) las tablas especifican información sobre el encabezado de las columnas; c) las celdas de una hoja de cálculo no utilizan exclusivamente el color (formato de sólo rojo) para los números negativos; d) el acceso al documento no está restringido mediante la protección de hojas o celdas; Advertencias: a) la tabla presenta una estructura simple; b) las pestañas de las hojas tienen nombres significativos; c) existe suficiente contraste entre el texto y el fondo. En cuanto a estos errores y advertencias, en el contexto de este trabajo se probaron todas las características implicadas en gráficos reales y se pudo comprobar que todas funcionaban correctamente excepto en el caso de un contraste insuficiente entre el texto y el fondo, el cual, si bien funcionaba correctamente en las celdas, no disparaba ninguna advertencia cuando se daba dentro de un gráfico.

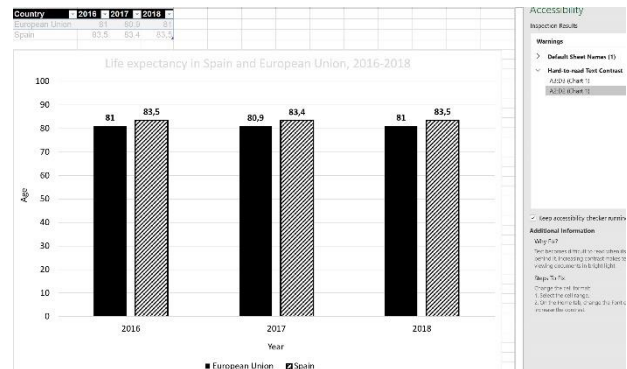


Figura 3: La herramienta de validación automática de la accesibilidad advierte de la presencia de texto con contraste insuficiente en la tabla, pero no del mismo error en el caso del título del gráfico, los ejes o la leyenda.

Todas estas características de accesibilidad se incluyen en la documentación integrada en la herramienta, así como en la documentación disponible en formato web. En concreto, la documentación interna incluye información sobre cómo añadir textos alternativos, cómo utilizar el color y el contraste o cómo cambiar el nombre de las pestañas de las hojas de cálculo y utilizar el comprobador de accesibilidad. La documentación web explica cómo incluir textos alternativos, añadir textos de hipervínculos significativos, utilizar ratios de contraste adecuadas para el texto y los colores de fondo, la importancia de proporcionar nombres únicos a las pestañas de las hojas, cómo estructurar tablas y especificar la información de los encabezados de las columnas.

Por lo que respecta a la publicación de los gráficos, una práctica habitual consiste en reutilizar los gráficos generados con MS Excel en documentos de MS Word o MS PowerPoint, ambas herramientas incluidas en el paquete Microsoft Office y que comparten muchas características con MS Excel. La reutilización suele realizarse mediante una simple operación de copiar y pegar desde MS Excel a la nueva herramienta. Al tratarse de programas estrechamente relacionados, esta operación conserva toda la información de accesibilidad incluida en el gráfico original. Por el contrario, cuando el gráfico se exporta a otros formatos como HTML, gran parte de esta información se pierde.

4.2 Evaluación heurística

Las tablas 2-5 recogen el resultado consolidado de las evaluaciones heurísticas. La transcripción de los comentarios de los evaluadores se incluye en la columna homónima.

Tabla 2: Resultados de la evaluación heurística del gráfico 1 XLSX

| Heurístico | ¿Cumple? | Comentarios |
|------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H1 (título) | Sí | - |
| H2 (leyenda) | Sí | - |
| H3 (ejes) | Sí | - |
| H4 (pie) | No | «Aunque es posible añadir el pie de imagen en algún lugar del documento, no existe un campo específico para ello». |
| H5 (abreviaturas) | Sí | «Sí, pero no de forma programática». |
| H6 (fuente de los datos) | No | «Aunque es posible añadirla en algún lugar del documento, no existe un campo específico para ello». |
| H7 (versión impresa) | No | «Aunque se puede configurar el documento para que se imprima correctamente, si el autor no modifica ningún parámetro, el gráfico aparece cortado por defecto». «Entran en conflicto dos de los principios relacionados con el tamaño del gráfico: más grande es mejor para pantalla, pero imposible de imprimir en una página sin que el gráfico aparezca cortado». |
| H8 (texto alternativo) | Sí | - |
| H9 (descripción larga) | Sí | - |
| H10 (colores seguros) | Sí | «Sí, aunque no por defecto». |
| H11 (contraste) | Sí | «Sí, aunque no por defecto». |
| H12 (legibilidad) | Sí | - |
| H13 (calidad de la imagen) | Sí | - |
| H14 (redimensionado) | Sí | - |
| H15 (sin obstáculos en la visualización) | Sí | - |
| H16 (foco visible) | No | «No, la implementación de la descripción larga además modifica el comportamiento del cursor cuando se posiciona sobre el gráfico. Ahora pasa a comportarse todo el gráfico como un enlace y para enfocar cada elemento es necesario presionar una nueva combinación de teclas». |

| Heurístico | ¿Cumple? | Comentarios |
|------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H17 (navegación independiente del dispositivo) | No | «La implementación de la descripción larga además dificulta el acceso al gráfico mediante el teclado, ya que pasa a comportarse como un enlace y es necesario presionar una nueva combinación de teclas». |
| H18 (personalización) | Sí | «Utilizando las herramientas de autor propias de Excel». |

Tabla 3: Resultados de la evaluación heurística del gráfico 2 DOCX

| Heurístico | Evaluación | Comentarios |
|------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H1 (título) | Sí | - |
| H2 (leyenda) | Sí | - |
| H3 (ejes) | Sí | - |
| H4 (pie) | No | «No, aunque es posible añadir un pie de imagen mediante la opción específica de MS Word». |
| H5 (abreviaturas) | Sí | «Sí, pero no de forma programática». |
| H6 (fuente de los datos) | No | «No, aunque es posible añadirla en el pie de imagen». |
| H7 (versión impresa) | Sí | - |
| H8 (texto alternativo) | Sí | - |
| H9 (descripción larga) | No | «No, la descripción larga asociada al gráfico desaparece tras la conversión (se mantiene un vínculo con el texto 'Gráfico 1 Descripción larga!A1'. Sin embargo, el texto de la descripción larga podría añadirse después del gráfico en el documento de MS Word». |
| H10 (colores seguros) | Sí | - |
| H11 (contraste) | Sí | - |
| H12 (legibilidad) | Sí | - |
| H13 (calidad de la imagen) | Sí | - |
| H14 (redimensionado) | Sí | - |
| H15 (sin obstáculos en la visualización) | Sí | - |

| Heurístico | Evaluación | Comentarios |
|------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H16 (foco visible) | No | «No, la implementación de la descripción larga además modifica el comportamiento del cursor cuando se posiciona sobre el gráfico. Ahora pasa a comportarse todo el gráfico como un enlace y para enfocar cada elemento es necesario presionar una nueva combinación de teclas». |
| H17 (navegación independiente del dispositivo) | No | - |
| H18 (personalización) | Sí | «Utilizando las opciones propias de MS Word ». |

Tabla 4: Resultados de la evaluación heurística del gráfico 3 HTML

| Heurístico | Evaluación | Comentarios |
|--------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H1 (título) | Sí | - |
| H2 (leyenda) | Sí | - |
| H3 (ejes) | Sí | - |
| H4 (pie) | No | «No, aunque es posible añadir un pie de imagen mediante el elemento <figcaption>». |
| H5 (abreviaturas) | Sí | «Sí, pero no de forma programática». |
| H6 (fuente de los datos) | No | «No, aunque es posible añadirla en el pie de imagen». |
| H7 (versión impresa) | No | «Aunque el documento se puede configurar para que se imprima correctamente, en el momento de la evaluación se cortó al imprimirlo». |
| H8 (texto alternativo) | Sí | - |
| H9 (descripción larga) | Sí | «Sí, pero el mensaje 'descripción larga' asociado al enlace se ha convertido en un atributo <i>title</i> asociado a la imagen del gráfico en lugar de al enlace HTML». |
| | | «Sí, en una pestaña. De hecho, al cargar el gráfico muestra primero esta pestaña, lo que hace difícil deducir dónde está el gráfico real». |
| H10 (colores seguros) | Sí | - |
| H11 (contraste) | Sí | - |
| H12 (legibilidad) | Sí | - |

| Heurístico | Evaluación | Comentarios |
|------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H13 (calidad de la imagen) | Sí | «Sí, MS Excel convierte la imagen vectorial original en una imagen en formato PNG que, a pesar de mantener una calidad decente, dista mucho de la calidad del gráfico original». |
| | | «Sí, la imagen es tan simple que presenta suficiente calidad incluso tras convertirla a PNG. Además, se crean dos versiones, una aproximadamente el doble de grande que la otra». |
| H14 (redimensionado) | Sí | - |
| H15 (sin obstáculos en la visualización) | Sí | - |
| H16 (foco visible) | No | «No, la imagen tras la conversión se aplana en una única imagen en formato de mapa de bits». |
| H17 (navegación independiente del dispositivo) | No | «No, la imagen tras la conversión se aplana en una única imagen en formato de mapa de bits». |
| H18 (personalización) | No | «No, la imagen tras la conversión se aplana en una única imagen en formato de mapa de bits». |

Tabla 5: Resultados de la evaluación heurística del gráfico 4 SVG

| Heurístico | Evaluación | Comentarios |
|--------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H1 (título) | Sí | - |
| H2 (leyenda) | Sí | - |
| H3 (ejes) | Sí | - |
| H4 (pie) | No | «No, aunque es posible añadir un pie de imagen mediante el elemento <figcaption>». |
| | | «Sí, pero si se desean implementar de forma programática, el autor debe añadirlas mediante el elemento <abbr> en el código del objeto SVG». |
| H5 (abreviaturas) | Sí | - |
| H6 (fuente de los datos) | No | «No, aunque es posible añadirla en el pie de imagen». |
| H7 (versión impresa) | Sí | - |
| H8 (texto alternativo) | No | «No, el texto alternativo desaparece tras el proceso de conversión». |
| | | «No, aunque es posible añadirlo en el código fuente». |

| Heurístico | Evaluación | Comentarios |
|------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H9 (descripción larga) | No | «No, aunque es posible añadir una descripción larga a través del código fuente». «No, aunque es posible añadir una descripción larga a continuación dentro la página HTML». |
| H10 (colores seguros) | Sí | - |
| H11 (contraste) | Sí | - |
| H12 (legibilidad) | Sí | - |
| H13 (calidad de la imagen) | Sí | - |
| H14 (redimensionado) | Sí | - |
| H15 (sin obstáculos en la visualización) | Sí | - |
| H16 (foco visible) | No | «No, aunque es posible implementarlo mediante CSS». |
| H17 (navegación independiente del dispositivo) | No | «No, ya que el orden de lectura generado no es correcto». |
| H18 (personalización) | Sí | «Sí, pero no es sencillo para los creadores de contenido y menos para el usuario final». |

Las cuatro versiones del gráfico generado presentan un porcentaje de cumplimiento de los heurísticos igual o superior al 66,66%. Las versiones que han obtenido las mejores puntuaciones son los gráficos en formato MS Excel y en formato MS Word con un 72,2% de los principios alcanzados, seguidos de los gráficos en formato SVG y HTML, ambos con un 66,66% de cumplimiento. Entre las limitaciones más importantes detectadas en las cuatro versiones, cabe destacar la inexistencia de campos específicos para añadir una leyenda (H4); para indicar la forma completa de las abreviaturas (H5); y para incluir la fuente de datos (H6); sin embargo, todos estos elementos podrían añadirse en otras partes del documento. Por ejemplo, en la versión incrustada en MS Word, es posible añadir un pie de imagen utilizando las opciones específicas que ofrece esta otra aplicación o, en el caso de las versiones HTML y SVG, implementando el elemento <figcaption>.

Los esquemas de color por defecto propuestos por MS Excel no ofrecen combinaciones de colores seguras para las personas con VCD (H10). Además, no garantizan que se alcance el contraste mínimo (H11) exigido por las WCAG.

Los textos alternativos (H8) añadidos originalmente en el gráfico creado con MS Excel se preservan tras copiar el objeto a las versiones de MS Word y HTML, pero desaparecen tras convertir el gráfico a formato SVG. Algo similar ocurre con la descripción larga; aunque permanece vinculada al gráfico en la

versión HTML, no se exporta automáticamente al convertir el gráfico a los formatos MS Word (gráfico 2) y SVG (gráfico 4). Al exportar en formato HTML, se crean dos pestañas, una con el gráfico y otra con la descripción larga; pero por defecto, la de la descripción larga se muestra al primer lugar, lo que dificulta la localización del gráfico.

Otro principio heurístico que no alcanza ninguno de los gráficos es el H16 (foco visible), aunque podría resolverse en la versión SVG mediante el uso de estilos CSS. Aunque MS Excel genera los gráficos en formato vectorial, al exportar el gráfico a formato HTML, estos pasan a convertirse en una imagen en formato de mapa de bits, lo que limita la implementación de muchas características o funcionalidades relacionadas con la accesibilidad. Esta conversión afecta también a la calidad de la imagen (H13), ya que el gráfico se exporta a una resolución determinada que puede no ser suficiente cuando se amplía. Por otro lado, imposibilita la navegación por las marcas (barras, ejes...) (H17). Finalmente, también limita mucho la posibilidad de personalización (H18). En este último sentido, los dos formatos más flexibles en términos de personalización del gráfico son el formato XLSX y el formato DOCX.

Si el usuario intenta generar una versión en papel del gráfico, imprimiéndolo, en el caso de las versiones MS Excel y HTML, aunque se puede configurar el documento para que se imprima correctamente, por defecto, el gráfico aparece cortado entre dos páginas. En consecuencia, los autores se ven obligados a tomar una decisión conflictiva a la hora de decidir el tamaño del gráfico: un tamaño grande resulta más adecuado para el perfil de usuarios con baja visión que acceden a este contenido a través de una pantalla, mientras que el tamaño por defecto para poder imprimir eficientemente el documento debe ser mucho menor.

5. Discusión y conclusiones

Hasta ahora, la accesibilidad se ha limitado sobre todo al cumplimiento de las WCAG, es decir, se ha abordado desde un punto de vista normativo y evaluativo/correctivo. Por otro lado, estas directrices si bien pretenden ser totalmente inclusivas en cuanto a la diversidad de barreras y necesidades presentes en el colectivo de personas con discapacidad, lo cierto es que se han orientado principalmente a las personas ciegas. Por otro lado, si bien las WCAG se han incorporado en el marco legal de muchos territorios, entre los cuales el europeo, hasta ahora los requisitos propios de las herramientas de autor no solo no han gozado de la misma popularidad, sino que han sido desatendidos por los gobiernos. En este sentido, las directrices ya están evolucionando hacia nuevas direcciones. Por ejemplo, las WCAG 2.2 incorporaron nuevos criterios de conformidad de interés para las personas con baja visión, las WCAG 3.0 prometen tener una visión más global de la diversidad que supone la discapacidad. Por otro lado, la Directiva (UE)

2019/882 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de abril de 2019, sobre los requisitos de accesibilidad de los productos y servicios, también supone un avance significativo, al incluir las ATAG y adoptar una visión más holística de los requisitos de accesibilidad, abarcando todos los productos tecnológicos, no solo los contenidos basados en la web.

Dentro de esta nueva tendencia, esta investigación evalúa un tipo particular de documento, los gráficos estadísticos, para usuarios con baja visión –un perfil de usuario habitualmente olvidado– e incluye a las ATAG junto a un conjunto de requisitos más específicos y complementario a las WCAG para su evaluación. En este camino compartido hacia una accesibilidad holística y generalizada, y como solución temporal, los autores de este trabajo intentan ayudar a los creadores de contenido a comprender en profundidad las posibilidades de MS Excel, seguir buenas prácticas y ofrecer un conjunto de principios heurísticos, junto a diferentes soluciones prácticas que pueden ser de utilidad para lograr alcanzar el objetivo de contar con una mayor cantidad de contenidos accesibles para todo el mundo.

Tradicionalmente, la responsabilidad de lograr una mayor accesibilidad en los documentos digitales se enfocó fundamentalmente a nivel de especificaciones técnicas y en la capacitación de los creadores de contenido. Prueba de ello es la nada despreciable cantidad de tutoriales destinados a orientar a los autores sobre cómo hacer accesibles ciertos tipos de documentos en diferentes ámbitos, todos ellos con un denominador común: la ausencia de crítica a las limitaciones o dificultades que tradicionalmente han impuesto las herramientas de autor.

Nuestro trabajo muestra que MS Excel, una herramienta muy popular y ampliamente adoptada, no cumple una parte significativa de los criterios de conformidad planteados por las ATAG, y que los gráficos generados (tanto los originales, como los exportados a otros formatos) presentan importantes deficiencias a nivel de accesibilidad.

Como trabajo futuro, los investigadores en accesibilidad deben estar atentos a algunos cambios recientes, como la introducción de Phyton en MS Excel, la inclusión de la inteligencia artificial en la generación de gráficos o la integración de nuevas características específicas, incorporadas al paquete Office tras la finalización de este trabajo, como la posibilidad de filtrar las combinaciones de colores que ofrecen un alto contraste para facilitar esta tarea a los autores sin necesidad de recurrir a terceras herramientas. Todas ellas características que esperamos que redunden en una mayor accesibilidad general del contenido generado con esta herramienta y ayuden a acercar la accesibilidad a un mayor número de autores, muchos todavía desconocedores de las barreras que pueden imponer a través de sus decisiones de diseño.

Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo del Grupo de investigación consolidado «Cultura, Bibliotecas i Continguts Digitals (CBCD)» (subvención nº SGR-2021-00282 / Generalitat de Catalunya).

Este trabajo también ha contado con el apoyo parcial del proyecto español PID2022-136436NB-I00 (AEI-MICINN).

Tabla 6: Resultados de la evaluación de los criterios de conformidad ATAG para MS Excel

| ID | Características de accesibilidad requeridas por las ATAG, particularizadas para los gráficos | Heurísticos relacionados | Criterio de conformidad ATAG 2.0 | Conforme con las ATAG 2.0 | Justificación | Soluciones alternativas |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Si el título se genera automáticamente es accesible por defecto o se avisa al autor mediante algún mecanismo. | H1 | B.1.1.2 | No | MS Excel genera un cuadro de texto para el título con un título de ejemplo (título del gráfico). El título se genera durante la sesión, por lo que no se aplica B.1.1.1. | Editar el título de ejemplo. La herramienta no ofrece ningún mecanismo de aviso o comprobación específico. |
| 2 | La leyenda no se genera automáticamente. | H2 | B.1.1.2 | No | MS Excel genera por defecto una leyenda en la parte inferior del gráfico a partir de los valores de las series de datos y con los colores de la paleta por defecto. | Editar la leyenda por defecto (posición, tamaño...). |
| 3 | Los títulos de los ejes no se generan automáticamente. | H3 | B.1.1.2 | Sí | MS Excel no genera automáticamente títulos para los ejes durante la sesión. | - |

| ID | Características de accesibilidad requeridas por las ATAG, particularizadas para los gráficos | Heurísticos relacionados | Criterio de conformidad ATAG 2.0 | Conforme con las ATAG 2.0 | Justificación | Soluciones alternativas |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | El autor puede especificar de alguna manera que los títulos de los ejes generados automáticamente sean accesibles. | H3 | B.1.1.1 | Sí | MS Excel no genera automáticamente títulos para los ejes, sino que se basa en la información disponible en la tabla aportada por el autor. | Los títulos de los ejes son importantes, por lo que el autor debería incluirlos en cualquier gráfico. MS Excel incorpora una opción para hacerlo. |
| 5 | No se genera automáticamente un pie de imagen. | H4 | B.1.1.1 | Sí | MS Excel no genera pies de imagen ni hace sugerencias al autor en este sentido. | - |
| 6 | No se genera automáticamente un texto alternativo. | H8 | B.1.1.1 | Sí | MS Excel no genera automáticamente textos alternativos ni hace sugerencias al autor en este sentido. | - |
| 7 | No genera automáticamente una descripción larga. | H9 | B.1.1.1 | Sí | MS Excel no genera automáticamente descripciones largas ni hace sugerencias al autor en este sentido. | - |
| 8 | Se avisa al autor cuando los elementos textuales del gráfico se convierten en imágenes en formato de mapa de bits. | H1-H6 | B.1.2.1 | No | Al exportar el gráfico en formato HTML, este se convierte en una imagen de mapa de bits sin avisar al autor. | - |
| 9 | Todas las características de accesibilidad presentes en el gráfico se conservan al exportarlo en formato HTML. | - | B.1.2.1, B.1.2.4 | No | Cuando el gráfico se exporta como HTML, se conserva el texto alternativo, pero otros elementos textuales como el título, los títulos de los ejes o la leyenda se convierten en una imagen. | En este caso es mejor añadir algunos de estos elementos textuales más tarde utilizando etiquetas HTML. |
| 10 | Todas las características de accesibilidad se conservan cuando la herramienta de autor es tanto el origen como el destino del gráfico copiado y pegado. | - | B.1.2.2, B.1.2.4 | Sí | Al copiar y pegar el gráfico en otra hoja o documento de MS Excel, se conservan todas las características del gráfico (título, leyenda, colores...), incluido el texto alternativo. | - |
| 11 | Todas las características de accesibilidad se conservan cuando el gráfico se copia y pega desde la herramienta de autor a un documento de MS Word o PowerPoint. | - | B.1.2.2, B.1.2.4 | Sí | Al copiar y pegar el gráfico en un documento Word o PowerPoint, se conservan todas las características del gráfico (título, leyenda, colores...), incluido el texto alternativo. | Si la paleta difiere entre el documento de origen y el de destino, los colores pueden cambiar. Los autores deben estar atentos a este aspecto. |
| 12 | Se permite insertar un título para el gráfico desde la interfaz de usuario. | H1 | B.2.1.1 | Sí | MS Excel permite añadir un título a cualquier tipo de gráfico. | - |
| 13 | Se permite insertar una leyenda para el gráfico desde la interfaz de usuario. | H2 | B.2.1.1 | Sí | MS Excel permite añadir una leyenda a cualquier tipo de gráfico. | - |
| 14 | Se permite insertar ejes con títulos para el gráfico desde la interfaz de usuario. | H3 | B.2.1.1 | Sí | MS Excel permite añadir títulos a los ejes en cualquier tipo de gráfico, excepto a los gráficos que no tienen ejes (gráficos circulares, de anillos...). | - |

| ID | Características de accesibilidad requeridas por las ATAG, particularizadas para los gráficos | Heurísticos relacionados | Criterio de conformidad ATAG 2.0 | Conforme con las ATAG 2.0 | Justificación | Soluciones alternativas |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | Se permite insertar un pie de imagen para el gráfico desde la interfaz de usuario. | H4 | B.2.1.1 | No | MS Excel no ofrece una opción específica para añadir un pie de imagen. | El autor puede añadir un pie de imagen utilizando una celda cercana, una etiqueta HTML o la opción específica para añadir pies de imagen de MS Word de Microsoft, según el caso. |
| 16 | Se permite indicar la forma completa o una explicación de una abreviatura en su primera aparición. | H5 | B.2.1.1 | No | MS Excel no dispone de una opción específica para añadir indicar ningún tipo de aclaración respecto a las abreviaturas. | Evitar abreviaturas innecesarias o especificar su forma completa en su primera aparición. |
| 17 | Se permite insertar una referencia a la fuente de datos del gráfico desde la interfaz de usuario. | H6 | B.2.1.1 | No | MS Excel no dispone de una opción específica para añadir la fuente de datos. | En este caso, la fuente de datos debe puede incluirse en una celda cercana o en el pie de imagen (ver criterio 15). |
| 18 | Se permite generar una versión impresa accesible. | H7 | B.2.1.1 | Sí | MS Excel permite generar una versión de impresa accesible y totalmente personalizada del gráfico. | - |
| 19 | Se permite insertar un texto alternativo desde la interfaz de usuario. | H8 | B.2.1.1 | Sí | MS Excel dispone de un cuadro de texto específico para insertar un texto alternativo de hasta 65532 caracteres. | - |
| 20 | Se permite insertar un URL para la descripción larga desde la interfaz de usuario. | H9 | B.2.1.1 | Sí | MS Excel permite añadir un enlace a la descripción larga en cualquier tipo de gráfico. | - |
| 21 | Se permite editar el título desde la interfaz de usuario. | H1 | B.2.2.2 | Sí | El autor tiene la opción de editar el título, pero no dispone de ningún control sobre las propiedades de accesibilidad. | El usuario debe ser consciente de los problemas de accesibilidad relacionados con los títulos. |
| 22 | Se permite editar la leyenda desde la interfaz de usuario. | H2 | B.2.2.1, B.2.2.2 | Sí | El autor tiene la opción de editar la leyenda, pero no tiene ningún control sobre las propiedades de accesibilidad. | El usuario debe ser consciente de los problemas de accesibilidad relacionados con las leyendas. |
| 23 | Se permite editar los títulos de los ejes desde la interfaz de usuario. | H3 | B.2.2.1, B.2.2.2 | Sí | El autor tiene la opción de editar el título de los ejes, pero no tiene ningún control sobre las propiedades de accesibilidad. | El usuario debe ser consciente de los problemas de accesibilidad relacionados con el título de los ejes. |
| 24 | Se permite editar la versión completa o la explicación de una abreviatura desde la interfaz de usuario. | H5 | B.2.2.2 | No | MS Excel no dispone de una opción específica para añadir una abreviatura. | En este caso, el autor debe atender a este requisito tal y como se detalla en el criterio 16. |
| 25 | Se permite editar la fuente de datos del gráfico desde la interfaz de usuario. | H6 | B.2.2.2 | No | MS Excel no tiene una opción específica para editar la información sobre la fuente de datos. | En este caso, la fuente de datos puede generarse de acuerdo con lo aconsejado en el criterio 17. |

| ID | Características de accesibilidad requeridas por las ATAG, particularizadas para los gráficos | Heurísticos relacionados | Criterio de conformidad ATAG 2.0 | Conforme con las ATAG 2.0 | Justificación | Soluciones alternativas |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 26 | Se permite editar las características de la versión impresa desde la interfaz de usuario. | H7 | B.2.2.2 | Sí | El autor tiene la opción de editar las características de la versión impresa en cualquier momento. | - |
| 27 | Se permite editar el texto alternativo desde la interfaz de usuario. | H9 | B.2.2.2 | Sí | El autor tiene la opción de editar el texto alternativo en cualquier momento. | - |
| 28 | Permite editar el URL de la descripción larga desde la interfaz de usuario. | H7 | B.2.2.2 | Sí | El autor tiene la opción de editar el URL del enlace a la descripción larga en cualquier momento. | - |
| 29 | Se proporcionan plantillas accesibles para crear nuevos gráficos o se incluye un mecanismo de selección de plantillas que muestra distinciones entre las accesibles y las no accesibles. | - | B.2.4.1, B.2.4.2 | No | MS no dispone de plantillas accesibles para los nuevos gráficos, ni se ha implementado ningún mecanismo adicional relacionado. | MS Excel permite al usuario crear una colección de plantillas de gráficos accesibles personalizadas. Una vez creadas, estas plantillas están disponibles en la galería de plantillas de gráficos de la interfaz de usuario. |
| 30 | Se proporcionan paletas de colores seguras por defecto para los gráficos. | H10 | B.4.1.1, B.2.2.1 | No | MS Excel no proporciona paletas de colores seguras por defecto para todos los perfiles VCD. | MS Excel permite al usuario seleccionar una paleta de colores más segura en sus plantillas o diseños personalizadas. |
| 31 | Se proporciona suficiente contraste entre los elementos textuales del gráfico (título, ejes, leyendas...) por defecto. | H11 | B.4.1.1, B.2.2.1 | Sí | MS Excel proporciona suficiente contraste entre los elementos textuales del gráfico (por defecto: relación de contraste 7:1). | MS Excel permite al usuario seleccionar colores para los elementos textuales del gráfico con una relación de contraste suficiente en sus plantillas personalizadas. |
| 32 | Se proporciona suficiente contraste entre las marcas del gráfico. | H11 | B.4.1.1, B.2.2.1 | No | MS Excel no proporciona suficiente contraste entre elementos no textuales adyacentes (por defecto, relación de contraste 1,7:1 entre el azul y naranja por defecto). | MS Excel permite al usuario seleccionar colores para las marcas del gráfico con una relación de contraste suficiente en sus plantillas personalizadas. |
| 33 | Se avisa al autor si este no proporciona un título. | H1 | B.3.1.1 | No | MS Excel genera un cuadro de texto con un título de relleno, pero no avisa al autor si este no lo modifica. | - |
| 34 | Se avisa al autor cuando no proporciona la forma completa de una abreviatura. | H5 | B.3.1.1 | No | MS Excel no avisa al autor cuando se incluyen abreviaturas sin haberlas explicado previamente. | - |
| 35 | Se avisa al autor si la versión impresa no es accesible. | H7 | B.1.2.1 | No | MS Excel sí avisa al autor cuando la versión impresa no es accesible, pero no ofrece información sobre versiones impresas accesibles. | - |

| ID | Características de accesibilidad requeridas por las ATAG, particularizadas para los gráficos | Heurísticos relacionados | Criterio de conformidad ATAG 2.0 | Conforme con las ATAG 2.0 | Justificación | Soluciones alternativas |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 36 | Se advierte al autor si no ha proporcionado un texto alternativo. | H8 | B.3.1.1 | Sí | MS Excel no avisa al autor por defecto cuando no se proporciona el texto alternativo, pero sí que lo hace si este utiliza la herramienta integrada de validación automática de la accesibilidad. | - |
| 37 | Se advierte al autor de la posibilidad de que el texto alternativo no proporcione el mismo contenido o transmita la misma información que el gráfico. | H8 | B.3.1.1, B.2.3.2 | No | MS Excel no avisa al autor cuando el texto alternativo no proporciona o transmite la misma información que el gráfico. | - |
| 38 | Se advierte al autor si la combinación de colores no es segura. | H10 | B.3.1.1 | No | MS Excel no avisa al autor cuando la combinación de colores no es segura. | MS Excel permite al autor seleccionar combinaciones de colores que garanticen la accesibilidad de las personas con VCD en sus plantillas personalizadas. |
| 39 | Se advierte al autor si el contraste entre texto y fondo no es suficiente. | H11 | B.3.1.1 | No | MS Excel no avisa al autor cuando el contraste entre el texto y el fondo no es suficiente. La herramienta de validación automática sólo funciona para el contenido de las celdas. | MS Excel permite al autor seleccionar colores que accesibles para personas con VCD en sus plantillas personalizadas. |
| 40 | Se advierte al autor si el contraste no textual no es suficiente. | H11 | B.3.1.1 | No | MS Excel no avisa al autor cuando el contraste no textual no es suficiente. | - |
| 41 | La herramienta proporciona un informe sobre el nivel de accesibilidad basado en los resultados de diversas comprobaciones. | - | B.3.1.4 | Sí | MS Excel proporciona un informe desde su herramienta de verificación de la accesibilidad, el cual ofrece información sobre los problemas de accesibilidad (texto alternativo, contraste, encabezados...) | - |
| 42 | Tras la inserción de un texto alternativo no accesible, se indica al autor cómo describir correctamente la imagen. | H8 | B.3.2.1 | No | MS Excel no proporciona ninguna indicación o ejemplo sobre cómo debe ser un texto alternativo. | - |
| 43 | La herramienta proporciona funciones de soporte disponibles por defecto para la creación de contenido accesible | - | B.4.1.1 | No | Funciones como el tamaño del texto o la paleta de colores, entre otras, no son accesibles por defecto. | El autor debe basar su contenido en plantillas accesibles creadas previamente. |
| 44 | Las características integradas en la herramienta que dan soporte a la creación de contenido accesible aparecen igual de destacadas que los errores de marcado, ortográficos o gramaticales. | - | B.4.1.4 | No | El comprobador de accesibilidad no se encuentra activado por defecto y los problemas de accesibilidad sólo se muestran cuando el autor lo activa. Una vez activado, el mensaje que indica que existen problemas de accesibilidad aparece discretamente en la parte inferior izquierda de la interfaz. | Activar el validador de accesibilidad al empezar a trabajar y dejar abierta la ventana con los resultados de la inspección. |

| ID | Características de accesibilidad requeridas por las ATAG, particularizadas para los gráficos | Heurísticos relacionados | Criterio de conformidad ATAG 2.0 | Conforme con las ATAG 2.0 | Justificación | Soluciones alternativas |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 45 | Se proporcionan ejemplos que muestran buenas prácticas para la creación de gráficos accesibles. | - | B.4.2.1 | Sí | Tanto en la ayuda integrada en la aplicación, como en la documentación web, se incluyen ejemplos que contemplan buenas prácticas. | - |
| 46 | Se proporcionan instrucciones para utilizar las funciones o herramientas de soporte a la creación de contenido accesible. | - | B.4.2.2 | Sí | Tanto en la ayuda integrada en la aplicación, como en la documentación web, MS Excel proporciona instrucciones para utilizar todas las funciones de soporte a la creación de contenido accesible disponibles. | - |
| 47 | Se proporciona un tutorial específico para esta herramienta que detalla cómo crear contenido accesible. | - | B.4.2.3 | Sí | Tanto en la ayuda integrada en la aplicación, como en la documentación web, MS Excel ofrece recursos para facilitar el proceso de creación de contenido accesible con la propia herramienta. | - |
| 48 | La documentación de la herramienta incluye un índice que da acceso a los apartados en los que se ofrece información sobre las funcionalidades relacionadas con el contenido accesible. | - | B.4.2.4 | Sí | La documentación de la herramienta de autor contiene un índice que da acceso a las instrucciones para utilizar todas las funciones, incluidas las de soporte a la creación de contenidos accesibles. | - |

Referencias

- Alcaraz-Martínez, R., Ribera, M., Roig, J., Pascual Almenara, A. y Granollers Saltiveri, T. (2021). Accessible charts are part of the equation of accessible papers: a heuristic evaluation of the highest impact LIS journals. *Library Hi-Tech*, 40(3), 594-622. <https://doi.org/10.1108/LHT-08-2020-0188>
- Alcaraz-Martínez, R., Ribera, M. y Granollers, T. (2022). Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency. *Universal access in the information society*, 21, 863-894. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00816-0>
- Alcaraz-Martínez, R., Ribera, M., Adeva Fillol, A. y Pascual Almenara, A. (2024). Enhancing statistical chart accessibility for people with low vision: insights from a user test". *Universal access in the information society*. Special issue, New trends in the design and evaluation of accessible human-computer interfaces. <https://doi.org/10.1007/s10209-024-01111-4>
- Allan, J., Kirkpatrick, A. y Henry, S. L. (2019). W3C World Wide Web Consortium, Editor's Draft. W3C. <https://w3c.github.io/low-vision-a11y-tf/requirements.html>
- Arteaga, P., Batanero, C., Cañadas, G. y Contreras, M. (2010). Las tablas y gráficos estadísticos como objetos culturales. *Números: revista de didáctica de las matemáticas* 76, 55-67. http://www.sinewton.org/numeros/numeros/76/Articulos_02.pdf
- Ault, H. K., Deloge, J. W., Lapp, R. W., Morgan, M. J. y Barnett, J. R. (2002). Evaluation of long descriptions of statistical graphics for blind and low vision web users. In 8th International Conference, ICCHP 2002, 517-526.
- Bernard, M., Liao, C. H. y Mills, M. (2001). The effects of font type and size on the legibility and reading time of online text by older adults. *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 175-176. <http://dx.doi.org/10.1145/634067.634173>
- Bourne, R., Flaxman, S., Braithwaite, T. y otros (2017). Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *Lancet global health* 5(9), 888-897. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(17\)30293-0](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(17)30293-0)
- Brajnik, G. (2011). Barrier walkthrough. <https://people.uniud.it/node/3465>
- Calabrèse, A., Bernard, J. B., Hoffart, L., Faure, G., Barouch, F., Conrath, J. y Castet, E. (2010). Small effect of interline spacing on maximal reading speed in low-vision patients with central field loss irrespective of scotoma size. *Investigative ophthalmology & visual science* 51(2), 1247-1254. <https://doi.org/10.1167/iovs.09-3682>

- Calvo, R., Iglesias, A. y Moreno, L. (2012). Is Moodle accessible for visually impaired people? En Filipe, J., Cordeiro, J (eds.). *Web Information Systems and technologies 7th International Conference, WEBIST 2011*, 207-220. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-28082-5_15
- Carlson, J. y Johnston, L. R. (2015). *Data information literacy: librarians, data, and the education of a new generation of researchers*. Purdue University Press, 15.
- Cohen, W. W., Wang, R. y Murphy, R. F. (2003). Understanding captions in biomedical publications. En *KDD '03: Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 499-504. <https://doi.org/10.1145/956750.956809>
- DIAGRAM Center (2015). *Image description guidelines*. <http://diagramcenter.org/table-of-contents-2.html>
- Elavsky, F., Bennett, C. y Moritz, D. (2022). How accessible is my visualization? evaluating visualization accessibility with Chartability. *Computer graphics forum* 41(3), 57-70. <https://doi.org/10.1111/cgf.14522>
- Elzer, S., Carberry, S., Chester, D., Demir, S., Green, N., Zukerman, I. y Trnka, K. (2007). Exploring and exploiting the limited utility of captions in recognizing intention in information graphics. En *Proceedings of the 43rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL'05)*, 223-230.
- Evergreen, S. y Metzner, C. (2013). Design principles for data visualization in evaluation. En Azzam, T., & Evergreen, S. (Eds.). *Data visualization, part 2. New directions for evaluation*, 140, 5-20.
- Guarino, L. y Snow-Weaver, A. (2009). WCAG 2.0 for designers: beyond screen readers and captions. En Stephanidis, C. (eds). *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services. UAHCI 2009. Lecture Notes in Computer Science*, 5616. Springer, Berlin, Heidelberg, 674-682. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02713-0_71
- Hunt, K. (2004). The challenges of integrating data literacy into the curriculum in an undergraduate institution. *IASSIST quarterly* 28(2-3), 12-15. <https://doi.org/10.29173/iq791>
- Iglesias, A., Moreno, L., Martínez, P. y Calvo, R. (2014). Evaluating the accessibility of three open-source learning content management systems: a comparative study. *Computer applications in engineering education* 22(2), 320-328. <http://dx.doi.org/10.1002/cae.20557>
- Koivunen, Marja-Riitta y McCathieNevile, C. (2001). *Accessible graphics and multimedia on the Web*. World Wide Web Consortium (W3C)/MIT. <https://www.w3.org/2001/05/hfweb/heuristics.htm>
- Konecki, M., LaPierre, C., MA, S. A. y Berrier, J. (2017). Providing accessible data visualization. En *Proceeding of IAC in Vienna 2017*, 159-162. <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/213104122>
- Legge, G. E (2016). Reading digital with low vision. *Visible Language* 50(2), 102-125.
- López, J. M., Pascual Almenara, A., Masip, L., Granollers, T. y Cardet, X. (2011). Influence of web content management systems in web content accessibility. En P. Campos et al. (eds.). *Human-Computer Interaction – INTERACT 2011. Lecture notes in computer science*, 6949. Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23768-3_79
- McCathieNevile, C. y Koivunen, M. R. (2000). Accessibility features of SVG. W3C. <https://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SVG-access-20000807>
- Postigo, Y. y Pozo, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y aprendizaje*, 90, 89-110. <http://dx.doi.org/10.1174/021037000760087982>
- Reinecke, K., Flatla, D. R. y Brooks, C. (2016). Enabling designers to foresee which colors users cannot see. En *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'16)*. ACM, 2693-2704. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858077>
- Rubin, G. S., Feely, M., Perera, S., Ekstrom, K. y Williamson, E. (2006). The effect of font and line width on reading speed in people with mild to moderate vision loss. *Ophthalmic and physiological optics* 26(6), 545-554. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2006.00409.x>
- Russell-Minda, E., Jutai, J. W., Strong, J. G., Campbell, K. A., Gold, D., Pretty, L. y Wilmot, L. (2007). The legibility of typefaces for readers with low vision: a research review. *Journal of visual impairment & blindness* 101(7), 402-415. <https://doi.org/10.1177%2F0145482X0710100703>
- Shinohara, K. y Wobbrock, J. (2011). In the shadow of misperception: assistive technology use and social interactions. En *CHI '11: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 705-714. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979044>
- Splendiani, B. (2015). *A proposal for the inclusion of accessibility criteria in the authoring workflow of images for scientific articles*. Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/386242>
- Villarroel-Ramos, J., Sanchez-Gordon, S. y Luján Mora, S. (2018). Architectural metamodel for requirements of images accessibility in online editors. En *2018 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, 312-319. <https://doi.org/10.1109/INCISCOS.2018.00052>
- W3C (2015). *Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) 2.0*. <https://www.w3.org/TR/ATAG20>
- W3C (2019). *Complex images*. En *Web accessibility tutorials: guidance on how to create websites that meet WCAG*. <https://www.w3.org/WAI/tutorials/images/complex>
- W3C (2020a). *Understanding success criterion 3.1.4: abbreviations*. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/abbreviations.html>
- W3C (2020b). *Understanding success criterion 1.4.3: Contrast (Minimum)*. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/contrast-minimum.html>
- W3C (2020c). *Understanding success criterion 1.4.11: Non-text Contrast*. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/nontext-contrast.html>
- W3C (2020d). *Understanding success criterion 2.4.7: focus visible*. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/focus-visible.html>

- W3C (2020e). Understanding success criterion 2.1.1: keyboard. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/Understanding/keyboard.htm>
- W3C (2023). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. <https://www.w3.org/TR/WCAG22>
- Warner, C. B. y Meehan, A. M. (2001). Microsoft MS Excel as a tool for teaching basic statistics. *Teaching of psychology*, 25(4), 295-298. https://doi.org/10.1207/S15328023TOP2804_11
- WebAIM (2013). Visual disabilities. Page 3. Low vision. <https://webaim.org/articles/visual/lowvision>
- Yu, H., Agarwal, S., Johnston, M. y Cohen, A. (2009). Are figure legends sufficient? evaluating the contribution of associated text to biomedical figure comprehension. *Journal of biomedical discovery and collaboration* 4(1). <http://dx.doi.org/10.1186/1747-5333-4-1>