

Visualizaciones de datos accesibles con *Highcharts JS*

Accessible data visualizations with *Highcharts JS*

Rubén Alcaraz-Martínez

Cómo citar este artículo:

Alcaraz-Martínez, Rubén (2024). "Visualizaciones de datos accesibles con *Highcharts JS* [Accessible data visualizations with *Highcharts JS*"]". *Infonomy*, 2(3) e24035.
<https://doi.org/10.3145/infonomy.24.035>



Rubén Alcaraz-Martínez

<https://orcid.org/0000-0002-7185-0227>

<https://directorioexit.info/ficha2806>

Universitat de Barcelona

Facultat d'Informació i Mitjans Audiovisuels

Centre de Recerca en Informació, Comunicació i Cultura (CRICC), Grup d'Innovació Docent Adaptabit

Melcior de Palau, 140. 08014 Barcelona, España

ralcaraz@ub.edu

Resumen

La alfabetización en datos es clave para la alfabetización informacional. En un contexto en el que cada vez más sectores se valen de la visualización de datos, resulta imprescindible incorporar la accesibilidad en el diseño de estos recursos para garantizar el acceso de todos los ciudadanos a la información. El objetivo de este trabajo es presentar la biblioteca *Highcharts* para la creación de visualizaciones de datos. Se muestra el proceso de instalación, la creación de un gráfico simple y la integración de múltiples características de accesibilidad.

Palabras clave

Highcharts JS; Visualizaciones de datos; Gráficos estadísticos; Accesibilidad digital; Bibliotecas de software.

Abstract

Data literacy is a key element of information literacy. In a context where more and more sectors are making use of data visualization, it is essential to incorporate accessibility into the design of these resources to ensure access to information for all citizens. The aim of this paper is to introduce the *Highcharts*

library for creating data visualizations. The installation process, the creation of a simple chart, and the integration of multiple accessibility features are shown.

Keywords

Highcharts JS; Data visualization; Statistical charts; Digital accessibility; Software libraries.

1. Introducción

En su obra seminal, **Carlson y Johnston** (2015) abogan por la alfabetización en datos como una habilidad clave para los futuros investigadores. **Hunt** (2004) define la alfabetización en datos como la comprensión de su significado, incluida la lectura adecuada de gráficos, la capacidad para extraer conclusiones correctas a partir de los mismos, así como para reconocer cuándo los datos se utilizan de forma engañosa o inadecuada. Por su parte, **Shield** (2004) detecta “un terreno común en los datos, la estadística y la alfabetización informacional”, afirmando

La alfabetización en datos permite la comprensión de su significado, incluida la lectura adecuada de gráficos, la capacidad para extraer conclusiones correctas a partir de los mismos, así como para reconocer cuándo los datos se utilizan de forma engañosa o inadecuada

que los estudiantes alfabetizados en información deben ser capaces de pensar críticamente sobre conceptos, afirmaciones y argumentos. Esto es saber leer, interpretar y evaluar la información. Este mismo autor afirma que “la alfabetización en datos es un requisito para la alfabetización estadística y, a su vez, la alfabetización estadística es necesaria para la alfabetización informacional”. A medida que la sociedad depende cada vez más de los datos y la tecnología, la alfabetización en datos se ha convertido en una habilidad esencial también para toda la ciudadanía (**Chevalier et al.**, 2018).

Las visualizaciones facilitan la comprensión de grandes volúmenes de datos al reducir la carga cognitiva asociada a la lectura y procesamiento de la información de carácter textual y tabular (**UNECE**, 2009). En este sentido, los gráficos desempeñan un papel fundamental por su capacidad de simplificar mensajes asociados a grandes volúmenes de datos, resultando más accesibles para todos (**McCathieNevile y Koivunen**, 2000). De hecho, para **Schepers** (2019), la visualización de datos es en sí misma una ayuda técnica, un tipo de accesibilidad cognitiva mediante la cual es posible utilizar el sistema visual para reducir el esfuerzo que supone interpretar datos tabulares.

Las visualizaciones de datos y los gráficos estadísticos tienen una presencia significativa en diversas áreas como la educación, la investigación, el periodismo, el marketing o la inteligencia empresarial, entre otras. Concretamente, los gráficos son esenciales en el proceso de comunicación de conceptos científicos abstractos (**Arteaga et al.**, 2011) y pueden hacer visibles relaciones que son difíciles de entender a través de otras representaciones (**Postigo y Pozo**, 2000). La comunicación científica es especialmente rica en gráficos, hasta el punto de

que las visualizaciones de datos juegan un papel fundamental en la comunicación de los resultados de las investigaciones por su capacidad para sintetizar ese conocimiento (**Durbin**, 2004). En tanto que estas representaciones contienen, en la mayoría de los casos, un resumen de los resultados más importantes de una investigación (**Cohen et al.**, 2003), si estas no son accesibles, muchos lectores pueden verse excluidos, limitando esto también la visibilidad de esos trabajos o, incluso, la adquisición de los recursos que los contienen por parte de la administración pública, debido a su obligación de cumplir con unos requisitos mínimos de accesibilidad.

Por otro lado, el movimiento de datos abiertos y la distribución abierta de grandes conjuntos de datos de las administraciones han tenido un gran impacto en el auto-denominado “periodismo de datos”, incrementándose sustancialmente este tipo de recursos de información en los medios de comunicación, así como el interés por esta disciplina entre periodistas, pero también entre académicos, informáticos y diseñadores (**Meeks et al.**, 2019).

El movimiento de datos abiertos y la distribución abierta de grandes conjuntos de datos de las administraciones han tenido un gran impacto en el “periodismo de datos”, incrementándose sustancialmente este tipo de recursos de información en los medios de comunicación, así como el interés por esta disciplina entre periodistas, pero también entre académicos, informáticos y diseñadores (**Meeks et al.**, 2019).

Aunque en la última década se han producido muchos avances en el campo de la accesibilidad, las visualizaciones accesibles siguen siendo un reto pendiente (**Simon et al.**, 2019; **Alcaraz y Ribera**, 2020a; **Alcaraz et al.**, 2020b; **Alcaraz et al.**, 2022). En este contexto, tanto la academia (**Alcaraz et al.**, 2021; **Elavsky et al.**, 2022), como el sector del software orientado a la creación de visualizaciones de datos ha incorporado diferentes metodologías, herramientas, funciones y características para facilitar a los autores la creación de contenido accesible. El objetivo de este texto es presentar, explicar el funcionamiento y mostrar las posibilidades en materia de accesibilidad de la biblioteca *Highcharts JS*.

2. Highcharts

*Highcharts*¹ es una biblioteca de JavaScript basada en los estándares SVG y canvas/WebGL, orientada a la creación de gráficos estadísticos dinámicos para la Web. Permite representar una gran variedad de gráficos, mapas, cuadros de mando o diagramas Gantt².

Highcharts usa el estándar JSON para almacenar los datos a partir de los cuales se generan las visualizaciones, así como para especificar los valores de diferentes atributos HTML necesarios para definir la apariencia de los gráficos y algunos datos disponibles para ayudas técnicas como los lectores de pantalla.

Concretamente, *Highcharts*, implementa WAI-ARIA (W3C, 2023) para enriquecer la descripción de los elementos que forman los gráficos. WAI-ARIA (*WAI - Accessible Rich Internet Applications*) es una especificación del *World Wide Web Consortium* que proporciona una ontología de roles, estados y propiedades que se pueden utilizar para mejorar la accesibilidad de los contenidos y aplicaciones web enriquecidas.

De acuerdo con este estándar, los roles definen la función de un elemento en la interfaz; las propiedades permiten extender la capacidad semántica del estándar HTML aportando información adicional sobre el elemento descrito que no tiende a cambiar durante el ciclo de vida de la aplicación; finalmente, los estados definen la condición actual de un elemento. Además, mediante WAI-ARIA también es posible identificar regiones que están pensadas para permitir a los usuarios de ayudas técnicas navegar entre ellas rápidamente.

Highcharts cuenta con un módulo opcional³ que añade algunas características relacionadas con la accesibilidad como el soporte completo para la navegación por los gráficos a través de una interfaz de teclado, mejoras en la compatibilidad con lectores de pantalla y una sección oculta, pero disponible para las ayudas técnicas, con información adicional sobre el contenido, por ejemplo, el resumen o información sobre las series y puntos o el tipo de gráfico representado.

La biblioteca también ofrece funciones que pueden ser útiles con vistas a mejorar la accesibilidad del contenido a través de los módulos que permiten la exportación del gráfico en diferentes formatos, entre los cuales formatos de imagen de mapa de bits, ficheros CSV o XLS, o la generación automática de tablas HTML dentro de la misma página, estas últimas de gran utilidad para las personas ciegas⁴. Otro módulo⁵, permite el uso de tramas de patrones SVG en cualquier elemento que admita el uso de color. También cuenta con un módulo específico para implementar técnicas de sonificación⁶, definidas como representación de la información a través del sonido, pero en la que se prescinde de la voz (**Kramer**, 1994) con la que es posible comunicar, por ejemplo, tendencias a personas ciegas.

Finalmente, y, a diferencia de otras bibliotecas como *D3*, *Highcharts* cuenta con un servicio en la nube⁷ que ofrece un editor visual a través del cual la implementación de este tipo de visualizaciones se democratiza al dejar de ser necesarios conocimientos sobre HTML, CSS o JavaScript. Esta tecnología también se encuentra disponible en forma de módulos para algunos de los principales sistemas de gestión de contenidos del mercado, como *WordPress*, *Squarespace* o *Drupal*, lo que facilita aún más su integración en los sitios y aplicaciones web.

Empresas de todo el mundo como *Google*, *Netflix*, *SAP*, o *Samsung*, entre otras muchas, utilizan *Highcharts*. Dentro del ámbito de la comunicación científica, hace algunos años se incorporaron en los productos de *ScienceDirect* (**Gies**, 2018).

2.1. Instalación

Partiendo de la base de que se desea incorporar un gráfico dentro de una página HTML, lo primero que será necesario hacer es incluir una llamada a la biblioteca de *Highcharts* en la cabecera del documento HTML (figura 1).

```
1 <!doctype html>
2 <html lang="es">
3   <head>
4     <script src="https://code.highcharts.com/highcharts.js"></script>
5   </head>
```

Figura 1. Llamada a la biblioteca *Highcharts*.

Esta línea de código incorpora la última versión disponible de la biblioteca. No obstante, si se desea garantizar la máxima compatibilidad a largo plazo, quizá sea preciso utilizar la versión específica con la que se esté trabajando en cada momento. Por ejemplo, si se desea utilizar la versión, 10.1, el código sería el siguiente (figura 2):

```
1 <!doctype html>
2 <html lang="es">
3   <head>
4     <script src="https://code.highcharts.com/10.1/highcharts.js"></script>
5   </head>
```

Figura 2. Llamada a la versión 10.1 de la biblioteca *Highcharts*.

A partir de aquí, es posible añadir llamadas al resto de módulos que se desee implementar (figura 3).

```
1 <!doctype html>
2 <html lang="es">
3   <head>
4     <script src="https://code.highcharts.com/highcharts.js"></script>
5     <script src="https://code.highcharts.com/modules/accessibility.js"></script>
6     <script src="https://code.highcharts.com/modules/exporting.js"></script>
7     <script src="https://code.highcharts.com/modules/export-data.js"></script>
8     <script src="https://code.highcharts.com/modules/sonification.js"></script>
9   </head>
```

Figura 3. Llamada a la biblioteca *Highcharts* y a los módulos *accessibility*, *exporting* y *sonification*.

2.2. Inicializar un gráfico simple

El siguiente paso es incluir un bloque `<div>` dentro del cuerpo de la página, con un identificador. Dentro de esta caja genérica en la que no hay contenido, se cargará dinámicamente el gráfico que se generará en pasos posteriores. Mediante CSS será necesario también especificar, como mínimo, el alto y el ancho del bloque `<div>` o, dicho de otra manera, el tamaño del gráfico (figura 4).

```

1 <!doctype html>
2 <html lang="es">
3   <head>
4     <script src="https://code.highcharts.com/highcharts.js"></script>
5     <script src="https://code.highcharts.com/modules/accessibility.js"></script>
6     <script src="https://code.highcharts.com/modules/exporting.js"></script>
7     <script src="https://code.highcharts.com/modules/export-data.js"></script>
8     <script src="https://code.highcharts.com/modules/sonification.js"></script>
9     <style>
10      #container{width:800px;height:400px;}
11    </style>
12  </head>
13  <body>
14    <div id="container"></div>
15  </body>
16 </html>

```

Figura 4. Creación de un contenedor genérico y sus estilos.

El gráfico se inicializa mediante una etiqueta `<script></script>` dentro de la que se invocará el constructor de *Highcharts* (*Highcharts.chart()*). Un constructor es una función especial que se utiliza para crear objetos y que funciona como una “plantilla” que permite instanciar múltiples veces un mismo objeto con las mismas propiedades y métodos, pero con distintos valores. En el contexto de uso de *Highcharts*, un objeto es un gráfico, un mapa o cualquier otro tipo de visualización, pero también algunos de los elementos que los conforman. Por su parte, las propiedades se definen, como se ha comentado anteriormente, en formato JSON y permiten almacenar los datos en bruto, así como definir la apariencia de la visualización. Además del constructor principal, también se cuenta con el constructor *Highcharts.setOptions*, que permite personalizar simultáneamente todos los gráficos presentes en una misma página. Los estilos definidos se aplicarán siempre y cuando cada gráfico individual no especifique estilos propios.

La figura 5 muestra un ejemplo completo con los datos de un gráfico de barras simple y la figura 6 el resultado final. En el código se observan diferentes objetos y algunas de sus propiedades más elementales. Por ejemplo, el objeto *chart* se define mediante la propiedad *type*, indicando que se desea crear un gráfico de barras. El objeto *title* se define mediante la propiedad *text*, indicando el valor del título del gráfico. Los objetos *xAxis* e *yAxis* incluyen la propiedad *categories* y el objeto *title* con la propiedad *text*, en las que se almacena un vector con los valores del eje x y un título para el eje y, respectivamente. El objeto *legend* se define mediante las propiedades *align* y *verticalAlign* que permiten determinar la posición de la leyenda. Finalmente, el objeto *series* almacena un vector con grupos de propiedades *name* (nombre de la serie) y *data* (valores de la serie) para cada categoría del eje x.


```

1 <script>
2   Highcharts.chart('container', {
3     chart: {
4       type: 'bar'
5     },
6     title: {
7       text: 'Préstamos totales en las bibliotecas pública de Cataluña por provincia',
8     },
9     xAxis: {
10      categories: ['Barcelona', 'Girona', 'Lleida', 'Tarragona'],
11    },
12    yAxis: {
13      title: {
14        text: 'Préstamos'
15      },
16    },
17    legend: {
18      align: 'center',
19      verticalAlign: 'bottom'
20    },
21    series: [{
22      name: 'Año 2022',
23      data: [9847040, 1301179, 599029, 984589]
24    }, {
25      name: 'Año 2021',
26      data: [8821117, 1216586, 506732, 856157]
27    }, {
28      name: 'Año 2020',
29      data: [5293704, 884194, 370970, 587963]
30    }
31  ]});
32 </script>

```

Figura 5. Objeto con los datos y características de un gráfico.

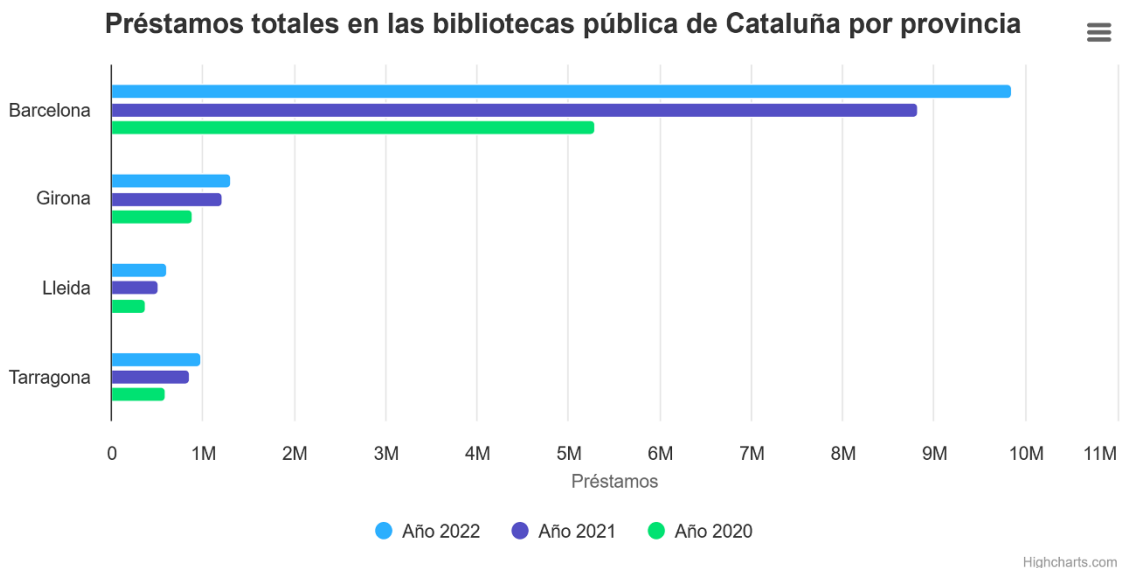


Figura 6. Resultado final obtenido con los datos de la figura 5.

2.3. Opciones y características de accesibilidad

Como hemos comentado anteriormente, *Highcharts* incorpora múltiples características pensadas para incrementar la accesibilidad de los gráficos que se pueden generar con esta biblioteca. Algunas son nativas o, incluso, inherentes a las tecnologías que implementa. Por ejemplo, el hecho de utilizar SVG permite redimensionar el gráfico tanto como sea necesario sin perder calidad. Además, al tratarse todos los componentes del gráfico de elementos HTML, es posible personalizar hasta el último detalle de cada uno de ellos, implementar opciones de personalización o, incluso, resultar mucho más compatibles con las ayudas

técnicas que permiten customizar la apariencia de las páginas web (familia y tamaño de la fuente, color, interlineado...).

A continuación se recogen algunas de las características de accesibilidad adicionales que ofrece *Highcharts*:

- Al añadir el módulo *accessibility* se da soporte automático a la navegación con el teclado, la cual puede personalizarse mediante el objeto *keyboardNavigation.seriesNavigation*. También se añade un borde para ver con mayor facilidad el elemento interactivo con el foco del ratón o del teclado.
- Simplemente añadiendo los módulos para activar las opciones de exportación (figura 7) es posible permitir a los usuarios descargar el gráfico en varios formatos de imagen, así como obtener los datos en formato CSV o XLS para leerlos en terceras aplicaciones. También es posible ver una tabla en formato HTML que, por defecto, aparece en la parte inferior del gráfico. Finalmente, si se activa también el módulo de sonificación, es posible descargar un fichero MIDI o reproducir el sonido vinculado al gráfico.
- El objeto *accessibility* permite incorporar múltiples propiedades para añadir información adicional disponible para las ayudas técnicas. Por ejemplo, una descripción larga mediante la propiedad *description*, o el cambio automático a un modo en alto contraste para aquellos usuarios que lo tengan activado, con la propiedad *highContrastMode*, entre otros.
- El objeto *title*, así como el resto de los elementos textuales son totalmente personalizables mediante un objeto *style*, por lo que es posible utilizar diversas propiedades como *color*, *fontSize* o *fontWeight* para incrementar la legibilidad de estos elementos. También se dispone de otras propiedades como *align* para determinar su posición.
- Mediante el objeto *subtitle* es posible añadir un subtítulo o cualquier otra información que se considere relevante para el lector como, por ejemplo, la fuente de los datos. Para ello, se utiliza la propiedad *text*. Como en el resto de los objetos de texto, lo podemos personalizar mediante un objeto *style*.
- Para añadir un pie de figura se dispone del objeto *caption* con las mismas propiedades que el objeto anterior.
- El objeto *labels* se puede utilizar dentro de los ejes (*xAxis* e *yAxis*) para personalizar las etiquetas de sus valores. En el ejemplo que estamos viendo, los nombres de las provincias y el rango de préstamos.
- La propiedad *gridLineColor* del objeto *yAxis* permite modificar el color gris sutil por uno con más contraste si la cuadrícula se considera importante para la lectura del gráfico. A su vez, el objeto *title* de ambos ejes puede personalizarse con las propiedades vistas anteriormente (tamaño, color, alineación...).
- Por defecto, *Highcharts* implementa un sistema de *tooltips* que se activan al pasar el cursor sobre las diferentes marcas (barras, líneas, puntos...) del gráfico. El objeto *tooltip* permite editar su color de fondo, el del texto, el tamaño de la fuente, entre otros.

- El objeto *plotOptions* permite mostrar etiquetas con los valores de cada barra o punto en todo momento, sin necesidad de situar el cursor o el foco del teclado en cada elemento. Como el resto de las funcionalidades de texto, podemos editar su estilo con el objeto *style*.
- Con el módulo *pattern-fill* es posible rellenar las barras de los gráficos con patrones que faciliten la diferenciación de cada una de ellas a las personas daltónicas. El módulo incluye varios patrones prediseñados, aunque también pueden dibujarse con SVG patrones personalizados. Sin necesidad de implementar este módulo, otras marcas como las líneas también pueden personalizarse. Concretamente, se ofrecen 11 estilos diferentes.
- El objeto *responsive* permite establecer reglas *media query* para conseguir que la visualización se adapte automáticamente a diferentes tamaños de pantalla. Para ello podemos establecer en qué momento deseamos aplicar puntos de ruptura.

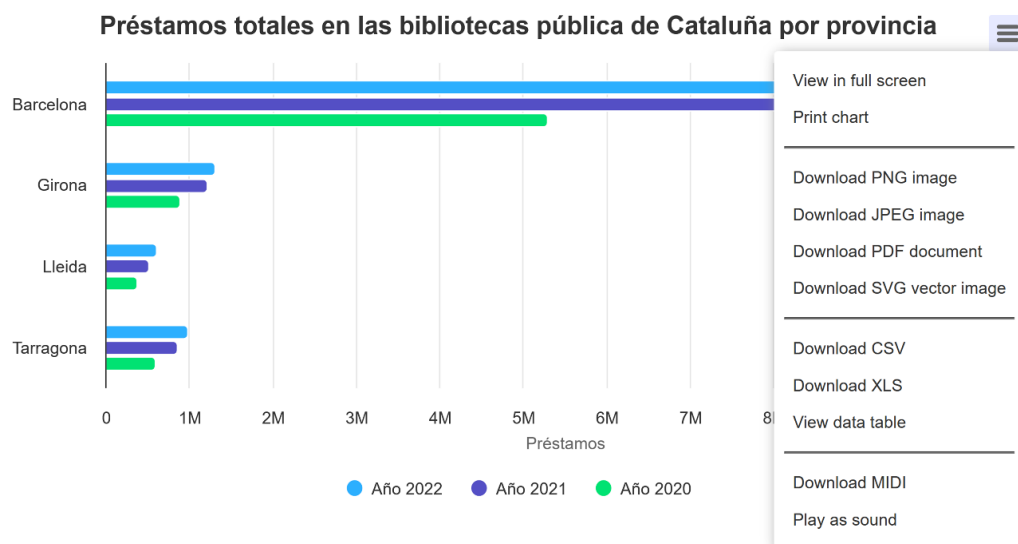
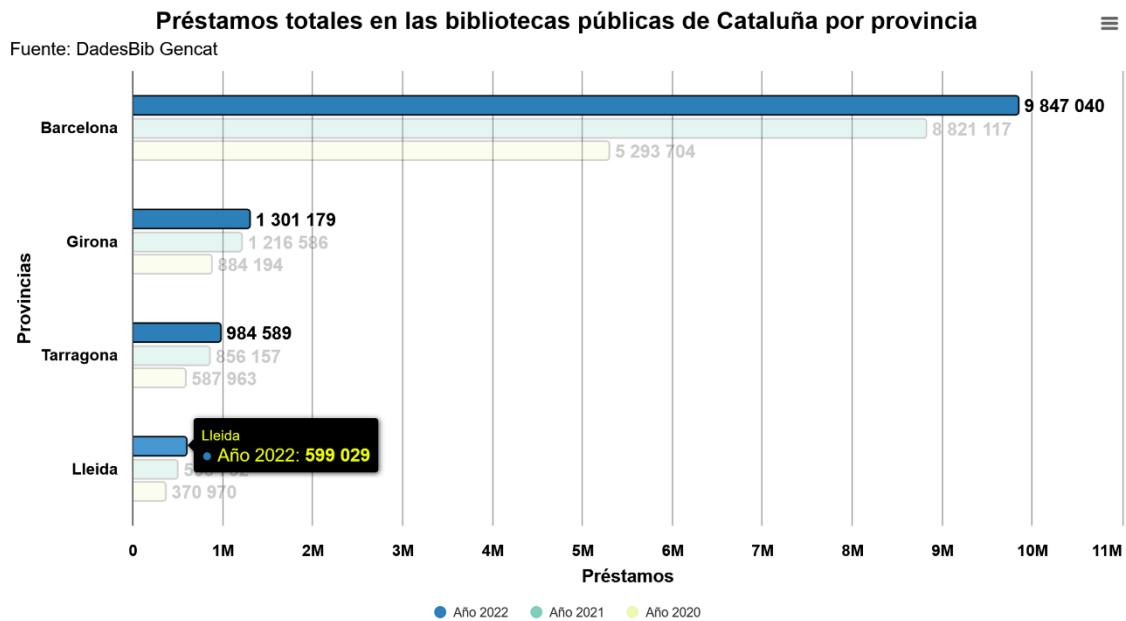


Figura 7. Opciones de exportación disponibles en el botón situado por defecto en la parte superior derecha de la interfaz.

El código fuente del gráfico anterior, así como el resultado tras aplicar las opciones de accesibilidad que se han mencionado en este apartado pueden encontrarse online⁸ y se muestran en la figura 8.



La provincia con más préstamos en el periodo es Barcelona, seguida por Girona, Tarragona y Lleida. Todas las provincias han incrementado el número de préstamos año tras año.

Préstamos totales en las bibliotecas públicas de Cataluña por provincia

Provincias	Año 2022	Año 2021	Año 2020
Barcelona	9847040	8821117	5293704
Girona	1301179	1216586	884194
Tarragona	984589	856157	587963
Lleida	599029	506732	370970

Figura 8. Resultado tras aplicar las opciones de accesibilidad, con la tabla de datos y un *tooltip* visible.

Finalmente, y, en la línea de lo comentado anteriormente, una de las grandes ventajas de utilizar bibliotecas como *D3* o *Highcharts* es que sobre ellas pueden implementarse personalizaciones y funciones adicionales. La figura 9 muestra otro gráfico creado por el autor de este texto, en el que se ofrece al usuario un editor que permite personalizar la fuente tipográfica, el tamaño y color del texto y el fondo, el color y el tipo de líneas o, incluso, el tipo de gráfico, todos ellos elementos que pueden incidir en la accesibilidad final de la visualización. También, al hacer clic en cualquiera de las líneas, se activa el módulo de sonificación⁹.

Evolució de la valoració del professorat per curs a nivell de centre, titulació i universitat

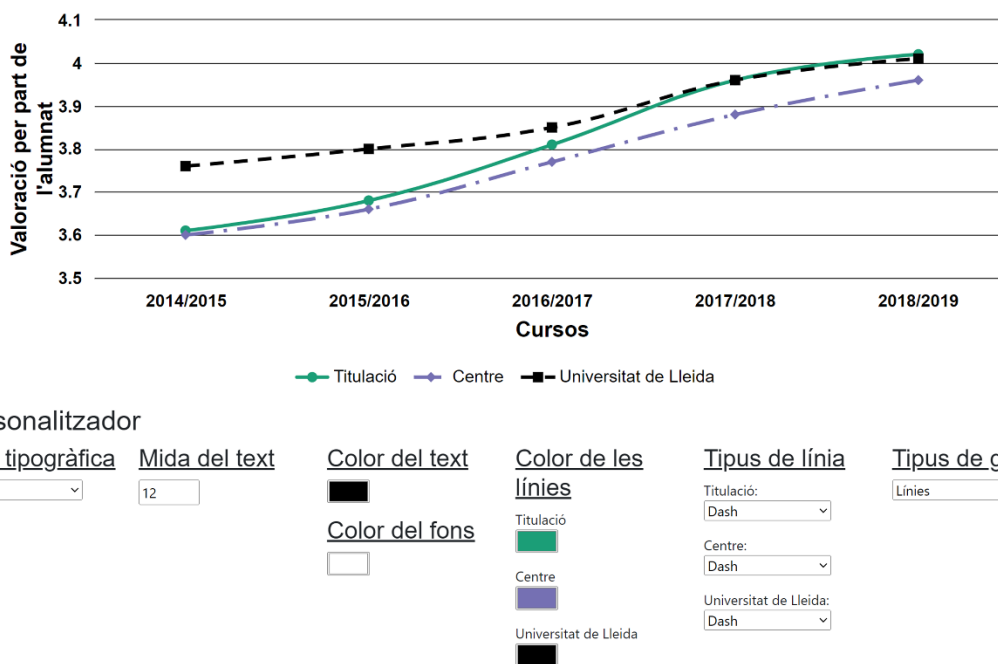


Figura 9. Gràfico creado con *Highcharts* sobre el que se han implementado opciones de personalización no presentes en la biblioteca, añadidas por el autor.

3. Reflexiones finales

Highcharts es una biblioteca con enormes posibilidades, relativamente fácil de implementar y basada íntegramente en estándares ampliamente consolidados y aceptados por la industria como HTML, JavaScript, SVG o WAI-ARIA. Su integración con sistemas de gestión de contenidos facilita aún más la creación de este tipo de recursos para los creadores de contenido, no necesariamente familiarizados con el trabajo directo con el código fuente (figura 10).

Finalmente, al integrar este tipo de recursos entre los activos de comunicación de cualquier empresa u organización o el catálogo de recursos docentes de una universidad, resulta imprescindible incorporar las características de accesibilidad que permitan el acceso al contenido a la mayor cantidad posible de usuarios con independencia de su eventual discapacidad o, incluso, nivel formativo. *Highcharts* ofrece muchas soluciones precocinadas, mientras que, para el resto, nos proporciona total libertad a través de una solución extremadamente personalizable, flexible y extensible.

✓ The chart decorations have been saved.

A chart decoration consists of a set of chart options, selected below. Apart from the features you wish to include in each chart decoration, you specify the pages the chart(s) should appear on.

CHART DECORATIONS ON THIS SITE

CHART DECORATION #1

<p>Chart type</p> <p>Column (Bar)</p> <p>The type of chart to appear above the table.</p>	<p>Chart title</p> <p>Product price and </p> <p>Appears above the chart. You may use most HTML tags. Example: emphasis</p>	<p>Legend style</p> <p>Items shown horizontally</p> <p>The chart's legend style.</p>
<p>Colour 1</p> <p>purple</p> <p>Color of the first series. You may use a #RGB code, like #ff6611 or one of the standard color names, like <i>lightpink</i>.</p>	<p>Colour 2</p> <p>olive</p> <p>Color of the second series, if present.</p>	<p>Colour 3</p> <p></p> <p>Color of the third series, if present.</p>
<p>Height</p> <p>400 px</p> <p>The height of the chart in pixels.</p>	<p><input type="checkbox"/> Swap axes</p> <p>Invert horizontal and vertical axes.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Superimpose labels</p> <p>Whether to display the value of each data point.</p>

Pages to be adorned with the above chart features

products-chart

Enter relative paths, one per line. Do not start with a slash. You may use path aliases. <front> means the front page. The asterisk * is the wildcard character, i.e. admin/* denotes all pages that have a path starting with admin/

CSS-selector for tables targeted

If you have only one table on each of the pages mentioned on the left, then you can leave this empty. If you wish to decorate on the same page say a Views block and a Views attachment, but no other tables on that page, then target the individual tables, like this: .view-display-id-block_1 table, .view-display-id-attachment_1 table

Add another chart decoration Remove last decoration

Figura 10. Detalle de un módulo de *Drupal* para crear gráficos con *Highcharts*. Fuente: <https://www.drupal.org/project/highcharttable>

4. Notas

1. <https://www.Highcharts.com>
2. <https://www.Highcharts.com/demo>
3. <https://www.Highcharts.com/docs/accessibility/accessibility-module>
4. <https://www.Highcharts.com/docs/export-module/export-module-overview>
5. <https://www.Highcharts.com/docs/chart-design-and-style/pattern-fills>
6. <https://www.Highcharts.com/docs/sonification/getting-started>
7. <https://www.Highcharts.com/blog/products>
- 8 y 9. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.25672263>

5. Referencias

Alcaraz-Martínez, Rubén; Ribera-Turró, Mireia (2020a). "An evaluation of accessibility of COVID-19 statistical charts of governments and health organisations for people with low vision". *El profesional de la información*, v. 29, n. 5, e290514. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.sep.14>

Alcaraz-Martínez, Rubén; Ribera-Turró, Mireia; Granollers-Saltiveri, Toni (2021). "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*, v. 21, pp. 863-894. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00816-0>

Alcaraz-Martínez, Rubén; Ribera-Turró, Mireia; Granollers-Saltiveri, Toni; Pascual, Afra (2020b). "Accesibilidad para personas con baja visión de los

gráficos estadísticos en la prensa digital: una propuesta metodológica basada en indicadores heurísticos”. *El profesional de la información*, v. 29, n. 5, e290515.

<https://doi.org/10.3145/epi.2020.sep.15>

Alcaraz-Martínez, Rubén; Ribera, Mireia; Roig, Jordi; Pascual, Afra; Granollers Saltiveri, Toni (2022). “Accessible charts are part of the equation of accessible papers: a heuristic evaluation of the highest impact LIS journals”. *Library hi tech*, v. 40, n. 3, pp. 594-622.

<https://doi.org/10.1108/LHT-08-2020-0188>

Arteaga, José-Pedro; Batanero, María-del-Carmen; Cañadas, Gustavo R.; Contreras, José-Miguel (2010). “Las tablas y gráficos estadísticos como objetos culturales”. *Números: revista de didáctica de las matemáticas*, n. 76, pp. 55-67.

<http://funes.uniandes.edu.co/3571>

Carlson, Jake; Johnston, Lisa R. (2015). *Data information literacy: librarians, data, and the education of a new generation of researchers*. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press, 15 pp.

Chevalier, Fanny; Riche, Nathalie H.; Alper, Basak; Plaisant, Catherine; Boy, Jeremy; Elmqvist, Niklas (2018). “Observations and reflections on visualization literacy in elementary school”. *IEEE computer graphics and applications*, v. 38, n. 3, pp. 21-29.

<https://doi.org/10.1109/MCG.2018.032421650>

Cohen, William W.; Wang, Richard; Murphy, Robert F. (2003). “Understanding captions in biomedical publications”. In: *Proceedings of the Ninth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pp. 499-504.

<https://doi.org/10.1145/956750.956809>

Durbin, Charles G. (2004). “Effective use of tables and figures in abstracts, presentations, and papers”. *Respiratory care*, v. 49, n. 10, pp. 1233-1237.

Elavsky, Frank; Bennett, Cynthia; Moritz, Dominik (2022). “How accessible is my visualization? Evaluating visualization accessibility with Chartability”. *Computer Graphics Forum*, v. 41, n. 3, pp. 57-70.

<https://doi.org/10.1111/cgf.14522>

Hunt, Karen (2004). “The challenges of integrating data literacy into the curriculum in an undergraduate institution”. *IASSIST quarterly*, v. 28, n. 2-3, pp. 12-15.

http://www.iassistdata.org/downloads/iqvol282_3hunt.pdf

Gies, Ted (2018). “The Science Direct accessibility journey: a case study”. *Learned publishing*, v. 31, n. 1, pp. 69-76.

<https://doi.org/10.1002/leap.1142>

Kramer, Gregory (1994). *Auditory display: sonification, audification, and auditory interfaces*. Reading, MA: Addison-Wesley.

McCathieNevile, Charles; Koivunen, Marja-Riitta (2020). *Accessibility features of SVG*.

<https://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SVG-access-20000807>

Meeks, Elijah; Cesal, Amy; Pettit, Mollie (2019). "Introducing the Data Visualization Society". *Nightingale: the Journal of the Data Visualization Society*.

<https://medium.com/datavisualization-society/introducing-the-data-visualizationsociety-d13d42ab0bec>

Postigo, Yolanda; Pozo, Juan-Ignacio (2000). "Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes". *Journal for the study of education and development: infancia y aprendizaje*, v. 23, n. 90, pp. 89-110.

<https://doi.org/10.1174/021037000760087982>

Schepers, Doug (2019). "Why accessibility is at the heart of data visualization". *Nightingale: the journal of the Data Visualization Society*.

<https://medium.com/nightingale/accessibility-is-at-the-heart-of-data-visualization-64a38d6c505b>

Schild, Milo (2004). "Information literacy, statistical literacy and data literacy". *IASSIST quarterly*, v. 28, n. 2/3, pp. 6-11.

<http://dx.doi.org/10.29173/iq790>

Simon, Simple; Becker, Brett A.; Hamouda, Sally; McCartney, Robert; Sanders, Kate; Sheard, Judy (2019). "Visual portrayals of data and results at ITiCSE". In: *ITiCSE'19. Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, pp. 51-57.

<https://doi.org/10.1145/3304221.3319742>

UNECE (2009). *Making data meaningful. Part 2: a guide to presenting statistics*. United Nations, Geneva.

https://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/writing/MDM_Part2_English.pdf

W3C (2023). *Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.2*.

<https://www.w3.org/TR/wai-aria>