

SMALL DATA PARA EDUCACIÓN: MÁS DE UN MILLÓN DE PIRÁMIDES DE POBLACIÓN DE ESPAÑA

Benito M. Zaragozaí-Zaragozí¹, José Torres-Prieto¹, Antonio Belda-Antolí¹, Andrea Rosado-Abad¹, Carlos Cortés-Samper¹, Alfredo Ramón-Morte¹

¹Universidad de Alicante, Instituto Interuniversitario de Geografía, Carr. San Vicente del Raspeig, s/n, 03690 Sant Vicent del Raspeig, Alicante, España. benito.zaragozi@ua.es

RESUMEN

La visualización de datos es una disciplina transversal que utiliza el inmenso poder de comunicación de las imágenes para explicar de manera comprensible los patrones que se pueden encontrar entre los grandes volúmenes de datos que generan los procesos científicos y sociales de hoy en día. El auge del *Big Data* y la creciente conciencia de su gran potencial en el mundo de los negocios han propiciado un mayor desarrollo de la visualización como disciplina. Las técnicas de visualización de datos también han sido aplicadas como apoyo a metodologías de aprendizaje constructivistas. Los estudiantes suelen ser más comprometidos en un aprendizaje activo de lo que son en los enfoques tradicionales, pero el impacto de estos enfoques sobre el aprendizaje no está claro y se carece de estudios suficientes. El mayor impedimento para la adopción de estas técnicas por parte de los docentes es el tiempo necesario para encontrar buenos ejemplos, aprender, instalar, desarrollar visualizaciones y luego integrarlas en un curso. Esta comunicación presenta los avances realizados en una propuesta tecnológica que ayuda a resolver los problemas mencionados.

Palabras clave: aplicación web; pirámides de población; constructivismo; aprendizaje interactivo; small data;

ABSTRACT

Data visualization is a cross cutting discipline that uses the immense power of images to understandably communicate and explain the patterns that can be found among the large volumes of data generated by scientific and social processes. The rise of Big Data and the growing awareness of its great potential in the business world have led to further development of visualization as a discipline. Data visualization techniques have also been applied to support constructivist learning methodologies. Students tend to be more engaged in active learning than they are in traditional learning approaches, but the impact of these teaching approaches is unclear and lacks of enough studies. The biggest pitfall to the adoption of these techniques by teachers is the time to find good examples, learn, install, develop visualizations and then integrate them into a course. This communication presents the progress made on a technology proposal that helps in overcoming the above mentioned problems.

Keywords: web app; population pyramids; constructivism; interactive learning; small data;

1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de visualización de datos han sido aplicadas como apoyo a metodologías de aprendizaje constructivistas (Day, 2012). La mayor parte de las visualizaciones se utilizan en un marco en el que los alumnos construyen el conocimiento de forma que tenga sentido para ellos. La teoría constructivista es la base para una amplia gama de enfoques de aprendizaje activo, como el aprendizaje basado en la investigación y el aprendizaje basado en problemas (Beringer, 2007). Estos enfoques inductivos se basan en que los estudiantes construyan teoría y generalizaciones a partir de estudios de caso y ejemplos, en lugar de enfoques más tradicionales en los que los estudiantes aprenden la teoría y luego estudian un pequeño conjunto de ejemplos. Se considera que los estudiantes suelen ser más comprometidos en su aprendizaje activo de lo que son en los

enfoques tradicionales, pero el impacto de estos enfoques sobre el aprendizaje no está claro y se carece de estudios suficientes (Day, 2012).

Principalmente, el impacto educativo de los métodos de visualización depende de dos componentes: (1) la mejora que las visualizaciones pueden producir en la formación de los alumnos y (2) el despliegue de la visualización en el aula. En estudios anteriores se ha comprobado que hay una desconexión significativa entre la creencia intuitiva de que la visualización mejora el aprendizaje de los estudiantes y la voluntad y capacidad de los docentes para desplegar la visualización en sus aulas (Naps *et al.*, 2003). Sin embargo, para poder comprobar si se dan mejoras educativas, primero es necesario tener la capacidad de utilizar las visualizaciones en el aula.

Según Price *et al.* (1998), existen cuatro roles distintos en el despliegue de técnicas de visualización en el proceso educativo: desarrolladores, diseñadores, docentes y estudiantes. Cada uno de estos roles desarrolla funciones específicas en las visualizaciones. Por ejemplo, los desarrolladores de herramientas de visualización están interesados en optimizar sus desarrollos para los otros tres roles. Los diseñadores de visualización se esfuerzan por lograr visualizaciones que sean valiosas para una gran audiencia. Los docentes quieren integrar las visualizaciones entre sus materiales, siempre que estas sean capaces de mejorar su enseñanza y la motivar el aprendizaje de los estudiantes. Finalmente, los estudiantes esperan aprender los conceptos mejor y de una manera más divertida.

Naps *et al.* (2003) indican que la mayor parte de los estudios sobre herramientas de visualización se han centrado en los roles del desarrollador y diseñador, mientras que la investigación en ciencias sociales se ha centrado en la efectividad de la visualización para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. En cambio, hay pocas investigaciones que se hayan centrado en las necesidades del docente. Por ejemplo, según Shaffer *et al.* (2011), las encuestas anuales realizadas en el SIGCSE'10 indicaron que, a pesar de la opinión positiva de la mayor parte de los profesores encuestados (90%), solamente el 10% confirmaron haber utilizado frecuentemente las visualizaciones entre sus materiales. En cambio, un porcentaje más amplio indicó haber utilizado estas técnicas de una manera ocasional (50-75%). Según los encuestados, los principales impedimentos para la integración de las visualizaciones en el aula serían:

1. Problemas para encontrar buenos ejemplos
2. Aprender a utilizar nuevas herramientas
3. Carencia de herramientas de desarrollo efectivas
4. El tiempo necesario para integrar las visualizaciones dentro de los contenidos de un curso más amplio.
5. Dudas respecto al valor pedagógico de las visualizaciones.
6. Limitaciones tecnológicas en las aulas.

En su conjunto, el mayor impedimento para la adopción de estas técnicas por parte de los docentes es el tiempo necesario para encontrar buenos ejemplos, aprender, instalar y desarrollar visualizaciones y luego integrarlas en un curso. Así pues, el impacto global de las visualizaciones en el aula será mínimo hasta que más docentes opten por integrar estas técnicas en sus clases. Finalmente, queda por aportar evidencias que respalden los beneficios de las distintas visualizaciones en el aprendizaje, pero los estudios basados en encuestas son costosos y difíciles de mantener en el tiempo.

Estrechamente relacionado con el impacto de estas tecnologías en el aula, se ha apuntado que el uso de datos locales en las lecciones facilita que los estudiantes participen más activamente en el aprendizaje (Keiper 1999; Liu *et al.*, 2010). Los estudiantes muestran una curiosidad natural acerca de sus áreas locales (Doering y Veletsianos 2007). Por ejemplo, según Audet y Abegg (1996) el uso de datos locales es fundamental para implementar con éxito los SIG en la educación secundaria. Por este motivo, no basta con generar buenas visualizaciones, sino que estas deben incorporar datos locales de un modo sencillo y fácil de explotar. No obstante, la falta de estándares y la multitud de medios para compartir los datos públicos dificultan esto y

requieren el 80% del tiempo necesario (Extracción, Transformación y Carga) para preparar medios de estas características (Maimon & K, 2010).

Esta comunicación presenta los últimos avances en el desarrollo de una plataforma de aplicaciones web que pretende superar los mencionados obstáculos (Zaragozaí *et al.* 2015). Evidentemente, tratándose de aplicaciones web, no serán necesarios procesos de instalación, ni conocimientos tecnológicos específicos y se trata de una plataforma donde podrían participar los 4 roles mencionados por Price *et al.* (desarrolladores, diseñadores, docentes y estudiantes). Las mejoras planteadas en este trabajo tienen que ver con facilitar el despliegue y escalabilidad de esta plataforma, así como facilitar el proceso de incorporación de nuevos datos. Finalmente, la referencia en el título a “más de un millón de pirámides de población” indica el próximo objetivo a cumplir.

2. PIRÁMIDES DE POBLACIÓN

Las pirámides de población fueron seleccionadas como un punto de partida excelente para generar visualizaciones, ya que no es necesario diseñar una nueva visualización y su integración entre los materiales de un curso de Ciencias Sociales no será complicada. Las pirámides de población tienen un gran poder explicativo y se han utilizado durante varias décadas en la enseñanza de la estructura de la población.

Dada su amplia difusión, no faltan ejemplos de visualizaciones interactivas de pirámides de población. Entre otras visualizaciones, es posible encontrar desarrollos en Javascript, visualizaciones en la plataforma Tableau y también publicadas con Shiny. En la página web de populationpyramid.net se pueden consultar un gran número de pirámides de población a partir de los datos del Banco Mundial. En esta web se pueden consultar las pirámides nacionales y regionales, entre 1950 y 2100 (previsiones), siendo en su mayor parte datos estimados por dicho organismo. En la plataforma Tableau Public es posible encontrar dos tipos de paneles interactivos, uno más tradicional y una visualización más moderna que muestra una mayor cantidad de datos en un único vistazo (Figura 1). Finalmente, también existen visualizaciones de pirámides de población desarrolladas con R y Shiny, para estudiar la población de Italia o de Cataluña (<http://www.showmeshiny.com/?s=pyrami>).

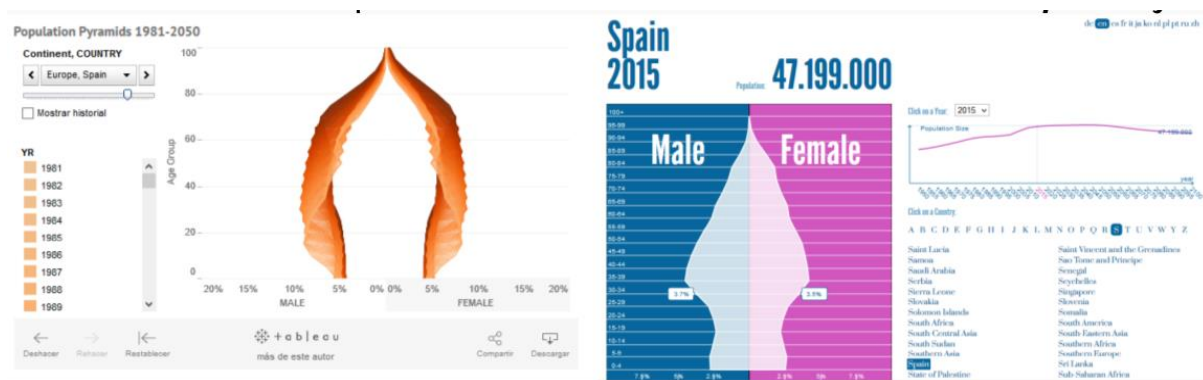


Figura 1. Pirámides de población multitemporales con Tableau (izquierda) y populationpyramid.net (derecha).

Como se ha mencionado, existe una cierta variedad de visualizaciones de pirámides desarrolladas con distintas tecnologías. Sin embargo, el único factor limitante en todas esas propuestas es el acceso a los datos, ya que estos proceden de múltiples orígenes, formatos y proporcionan distintos niveles de agregación temporal (p.

ej. datos por año o datos por grupos de edad), o espacial (p. ej. escala nacional, municipal y/o inframunicipal). Además, como consecuencia de las tecnologías utilizadas para el desarrollo de estas visualizaciones (“lado del servidor/lado del cliente”), no es posible conocer el uso que se hace de éstas (p. ej. gráficas más consultadas, selección por áreas geográficas, interés por las estructuras atípicas, entre otras opciones). Así pues, para poder crear una única plataforma en la que consultar pirámides de distintos orígenes se evidenció la necesidad de implementar un almacén de datos (datawarehouse) con herramientas específicas que faciliten la importación, gestión, explotación y representación de datos de población de distintas fuentes.

3. SMALL DATA, BIG DATA

En esta sección se describe la plataforma web desarrollada para explorar las pirámides de población de España (<http://www.chichinabo.org/>). Efectivamente, en esta plataforma se publican servicios de datos de chichinabo, minimalistas y sencillos de utilizar, pero que cobran importancia con la incorporación de nuevos datos y con el análisis que se haga de las estadísticas de uso. “*Small data*” ha sido definido como aquellos datos que son lo suficientemente pequeños como para ser comprensibles para un ser humano. El “*Small Data*” utiliza distintas técnicas para lograr conectar, organizar, empaquetar (habitualmente mediante visualizaciones) y añadir valor a los datos. Según el *Small Data Group*, el objetivo del *Small Data* es que los datos sean accesibles. En cambio, en el *Big Data* el foco no estaría en las personas, sino en la capacidad de proceso y en las grandes compañías.

La plataforma propuesta ofrece visualizaciones de los datos de estructura de la población (small) y, gracias al mantenimiento de un registro de actividad, se genera automáticamente una base conocimiento sobre cómo se leen los mapas o cómo los alumnos aprenden determinados conceptos sobre estructura de la población. Dicho de otro modo, cada clic o cada acción del usuario sobre la aplicación web quedaría registrada para ser analizada con posterioridad (big).

4. “EMPAQUETADO” DEL ALMACÉN DE DATOS EN DOCKERS

El elemento fundamental de la plataforma chichinabo.org es su almacén de datos o Data Warehouse (DW), que es un repositorio central de datos integrados de una o más fuentes dispares. Los datos almacenados en el DW provienen de distintos orígenes, pero también se pueden derivar en el mismo proceso en el que se generan las pirámides de población (p. ej. porcentajes, categorización por formas, etc). En Zaragoza *et al.* (2015) se describe la estructura de un DW pensado para almacenar datos de población con los que crear pirámides de población. Este diseño está pensado para ser extensible y escalable, lo que implica que los datos de población pueden estar distribuidos en dos o más servidores de bases de datos, o en “la nube”. Por este motivo, el desarrollo propuesto en Zaragoza *et al.* (2015) ha tenido que adaptarse a estas necesidades.

La filosofía colaborativa de la plataforma propuesta en Zaragoza *et al.* (2015) implica que será necesario coordinar a distintos grupos, cuyos miembros trabajen en diversas instituciones, tanto en tareas de desarrollo, diseño y uso de las visualizaciones. En este contexto, es fundamental preservar la reproducibilidad de los experimentos de forma que cada investigador tenga autonomía suficiente como para comprobar y realizar modificaciones sobre el trabajo previo de otros componentes del grupo, así como difundir distintos hitos de la investigación de forma coherente. Para ello se empleará la virtualización a nivel de sistema operativo mediante contenedores Docker, tal y como ya se hizo con éxito en otras experiencias previas (Navarro *et al.* 2016). La tecnología Docker sirve de elemento cohesionador de esta plataforma de *Small Data*, dado que en principio requiere únicamente de la disponibilidad de PCs convencionales y sistemas huésped Linux con kernel 3.10 o superior. En un artículo muy reciente sobre investigación operativa (Boettiger, 2015) se evalúan los criterios objetivos por los que el uso de contenedores Docker es relevante para la reproducibilidad en la investigación, y que resumimos a continuación:

- **Portabilidad.** Los experimentos se podrán reproducir en máquinas con distribuciones Linux dispares, dado que se despliegan mediante un contenedor que comparte los recursos del kernel.
- **Empaquetado.** Tanto el software como los datos requeridos para un experimento, que el investigador ha desplegado mediante un contenedor, se podrán compilar en una imagen binaria para su posterior distribución. Estas imágenes son mucho menos voluminosas que las tradicionales imágenes de máquina virtual puesto que no replican un sistema operativo completo.
- **Reutilización de componentes.** En las distintas baterías de experimentos se utilizarán diferentes SGBD e incluso es posible que distintas versiones de un mismo SGBD. En algunos casos puede que no exista un paquete binario de la versión del producto a testear y sea necesario compilar a partir del código fuente. Una vez compilada la imagen del contenedor, el investigador la distribuye al resto de miembros del grupo sin necesidad de que ellos repitan todos esos pasos intermedios. Es más, se puede compilar una nueva imagen a partir de una imagen anterior, bien añadiendo software, bien añadiendo datos o ambas cosas.
- **Distribución.** Las imágenes Docker pueden distribirse mediante la plataforma de acceso público Docker Hub, o bien creando una infraestructura privada de distribución para los miembros del grupo de investigación.
- **Versionado.** Los experimentos que requieran desarrollos propios (por ejemplo, una extensión de PostgreSQL), podrán desplegarse en sus diferentes versiones conforme evolucione el código de dichos desarrollos. En este sentido, los desarrolladores pueden integrar su sistema de control de versiones con la plataforma de distribución de imágenes Docker para automatizar las tareas de compilación.

Utilizando esta tecnología, se ha distribuido una imagen docker de la última versión del software necesario para instalar todo el DW de esta plataforma de manera íntegra, tanto código fuente de la extensión de PostgreSQL (github; <https://github.com/chichinabo>) como configuraciones del SO, versiones de las bases de datos, extensiones, puertos, etc (dockerhub; <https://hub.docker.com/u/chichinabo/>). Con todo ello resulta sencillo para un desarrollador crear clones funcionales del DW de pirámides de población en un sencillo paso (docker pull). Complementariamente, se ha desarrollado otra imagen docker que contiene un conjunto de aplicaciones web (Shiny server), las cuales permiten consultar las bases de datos de pirámides de población de distintos modos, siempre que el navegador de internet esté actualizado y permita el uso de *Web Sockets*. Estas aplicaciones cuentan con una base de código común, por lo que todas tendrán la apariencia de un catálogo de recursos geográficos, con distintas opciones para filtrar y consultar la base de datos. Gracias a esta base común, resultará muy sencillo integrar nuevos flujos de consulta ideados por diseñadores, profesores o incluso alumnos. En definitiva, estas tecnologías sirven para ayudar a crear una comunidad de desarrolladores y diseñadores.

5. IMPORTACIÓN DE NUEVOS DATOS

En España, los datos necesarios para preparar pirámides de población son los proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Es posible componer pirámides de población municipales utilizando los datos de los Censos de Población (1981, 1991, 2001 y 2011) y los Padrones de Población (1996-2014). Además, a partir de 2004 se pueden crear pirámides inframunicipales utilizando datos de secciones censales. El INE facilita el acceso a estos datos alfanuméricos de carácter público a través de servicios web para consultas personalizadas o también mediante la descarga de ficheros de intercambio PC-Axis (*.px).

La existencia de múltiples formatos de intercambio débilmente estandarizados dificulta aún más la tarea de los desarrolladores, diseñadores y docentes, en cuanto a la creación y despliegue de visualizaciones de datos en el aula. Esto es aún más complicado cuando los datos recogidos por una misma fuente cambian en el tiempo. Por ejemplo, municipios que se disgregan, desaparecen o cambios de regionalización. También se dan

casos de datos homólogos que son publicados por organizaciones a distintos niveles jerárquicos (ayuntamientos, diputaciones, comunidades autónomas, INE, Eurostat, etc). Todos estos aspectos son los que se solucionan en las etapas de integración (ver Figura 2).

2.1.1

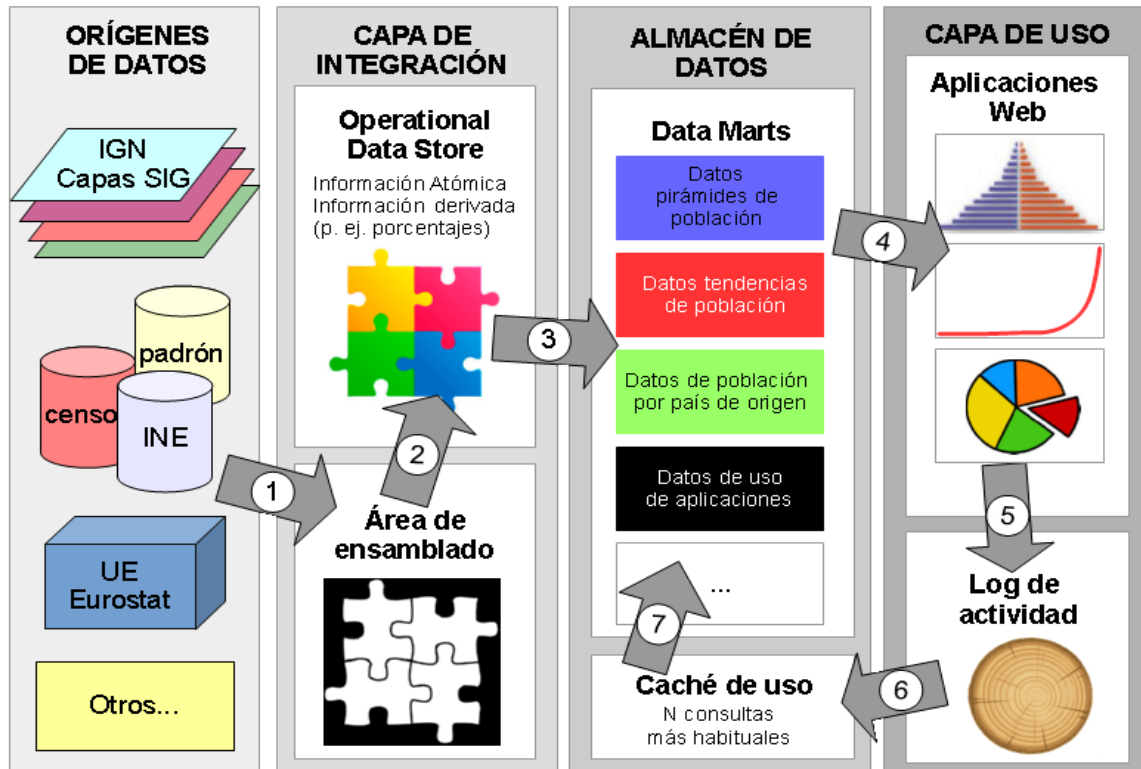


Figura 2. Plataforma tecnológica propuesta como servicio de consulta de pirámides de población (Zaragoz *et al.* 2015).

En la Figura 2 se describe conceptualmente la arquitectura de la plataforma tecnológica propuesta en Zaragoza *et al.* (2015). PostgreSQL es el Sistema Gestor de Bases de Datos escogido para la integración de los datos del INE, el mantenimiento de un registro de uso de la aplicación y un sistema de cacheado de las consultas más habituales. R GNU es el entorno para diseñar la visualización (también HTML5 y JS) y R Shiny se ha utilizado como servidor de aplicaciones. Finalmente, Leaflet.js es el visor de mapas que permite filtrar las pirámides de población mostradas mediante una selección espacial.

En esta fase de desarrollo se ha creado una función de ensamblado de los datos (*stage area*, en terminología DW) de provenientes del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y del INE. En el caso español, se ha considerado que es mejor no trabajar con las capas de información geográfica disponibles en la página web del INE, puesto que estas son utilizadas para generar salidas cartográficas y no reúnen las características necesarias para servir un catálogo espacial (EPSG desconocido, Canarias desplazado de sus coordenadas, Ceuta y Melilla incluyen zona franca, etc). Gracias a esta nueva función, el proceso necesario para preparar los datos con los que crear las pirámides de población se simplifica enormemente, siendo viable que un usuario medio de SIG pueda importar nuevos datos, o pudiendo incluso pensar en crear servicios de carga en línea.

6. DISCUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

El desarrollo de una aplicación web interactiva y minimalista disminuye la curva de aprendizaje y no intimida a los alumnos (Henry y Semple 2012). Aunque los temas relativos a la estructura de la población ocupan una parte importante de la enseñanza de la Geografía, no existe una herramienta web adaptada para examinar estos temas en detalle y con datos locales (Lee *et al.* 2008). Por lo tanto, consideramos que continuar extendiendo esta plataforma puede ser una solución para hacer frente a esta carencia y proponer nuevas visualizaciones que se puedan ajustar a la infraestructura propuesta.

En este primer prototipo se trabaja exclusivamente con datos públicos del Instituto Nacional de Estadística (INE), agregados a distintas escalas (autonómica, provincial, municipal y censal) y para distintas fechas (censo y padrones). No obstante, la base de datos contiene ya cerca de un millón de registros distintos, con los que poder crear gráficas.

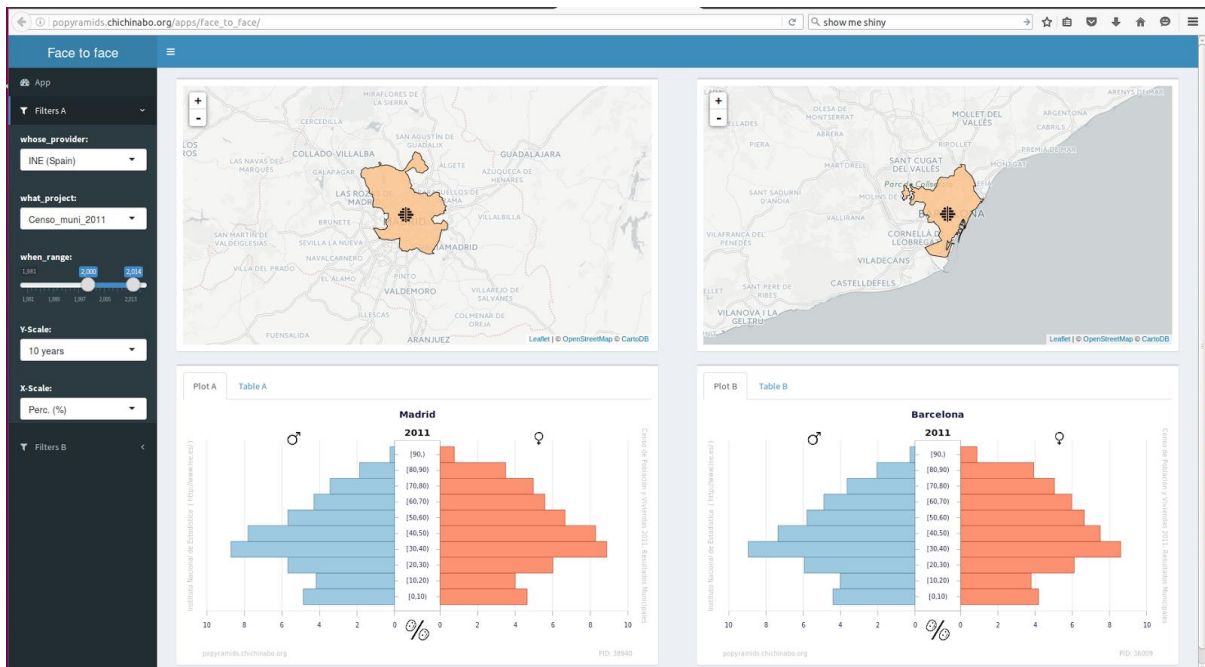


Figura 3. Captura de pantalla del IU de una de las aplicaciones web, denominada “Face to face” (www.chichinabo.org).

En la Figura 3 se ven los distintos componentes presentes en algunas de las aplicaciones web generadas sobre el DW. El usuario puede filtrar las pirámides de población mediante sencillos controles (entre ellos destaca un mapa) y después puede personalizar las gráficas con varias opciones. Sin embargo, por motivos de escalabilidad, únicamente se muestran un número limitado de resultados. Por ejemplo, las primeras n gráficas que cumplen los parámetros especificados ordenadas por población total. Dichas consultas se irán modificando para adaptarlas mejor a las preferencias que muestren los usuarios, manteniendo siempre un reducido número de opciones disponibles (centenares).

En el diseño de Chichinabo.org se ha optado por una arquitectura de microservicios con el objetivo fundamental de mejorar la experiencia de usuario, lo cual es esencial en una propuesta de *Small Data*. Este tipo de plataforma, que facilita el desarrollo mediante el uso de dockers y extensiones, también favorece que aparezcan nuevos desarrolladores y diseñadores, con la posibilidad de generar comunidades de los distintos roles mencionados en la introducción.

La plataforma tecnológica desarrollada ha servido para comprobar dos aspectos importantes: (1) que hay datos abiertos en abundancia para el estudio de la estructura de la población en España y (2) que la solución

tecnológica escogida permite crear un interfaz de usuario dinámico y un Spatial Data Warehouse escalable. Esto será decisivo en cuanto se incorporen nuevos orígenes de datos y aumente el número de usuarios simultáneos.

Las distintas opciones de registro de actividad permiten plantear varios tipos de experiencias docentes como las mencionadas en la introducción. Las principales preguntas que se puede plantear pasan por (1) evaluar el uso de visualizaciones como apoyo para metodologías constructivistas de aprendizaje y (2) comprobar los patrones geográficos de las consultas de pirámides de población. La opción más directa para explorar estas cuestiones es analizar el registro de actividad de la base de datos mediante técnicas de Minería de Datos. Así pues, el elemento clave de esta plataforma es precisamente ese registro de actividad (*Big Data*).

Siguiendo con las líneas marcadas en esta comunicación, el trabajo futuro de esta iniciativa pasa por incorporar nuevos usuarios y nuevos orígenes de datos que cumplan los requisitos planteados en las secciones anteriores. Simultáneamente, es posible derivar nuevos datos a partir de los datos de estructura de la población (tendencias de población, clasificación de las pirámides según sus formas, sex-ratios, entre otras). Estos nuevos datos se podrían compartir con cada gráfica consultada, o utilizarse para introducir nuevos controles de filtrado para consultar las pirámides de población.

Finalmente, esta primera experiencia piloto ha servido para definir mejor los objetivos de esta plataforma tecnológica (*chichinabo.org*), entre el *Small Data* y el *Big Data*. Se pretende proporcionar acceso a datos públicos, pero procesados de modo que estos sean comprensibles para un humano. En este sentido la generación de visualizaciones y gráficos juega un papel fundamental. El registro de actividad que los usuarios generan en la plataforma será objeto de estudio para metodologías de *Big Data*, en las que se investigará cómo se entienden y cómo se utilizan los mapas digitales. En este sentido, utilizando las mismas tecnologías ya empleadas aquí, se ampliará el número de aplicaciones web para ofrecer mucho más que pirámides de población. Las ideas más importantes que se han barajado hasta el momento van desde la generación de climogramas, rosas de los vientos, hasta un comparador de superficies de elementos geográficos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Beringer, J. (2007): "Application of Problem Based Learning through Research Investigation". *Journal of Geography in Higher Education*, 31(3), 445–457.

doi: 10.1080/03098260701514033

Boettiger, C. (2015): "An introduction to Docker for reproducible research". *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 49(1), 71–79. <http://doi.org/10.1145/2723872.2723882>

Day, T. (2012): "Undergraduate teaching and learning in physical geography". *Progress in Physical Geography*, 36(3), 305–332. doi: 10.1177/0309133312442521

Henry, P., & Semple, H. (2012): "Integrating Online GIS into the K–12 Curricula: Lessons from the Development of a Collaborative GIS in Michigan". *Journal of Geography*, 111(1), 3–14. doi:10.1080/00221341.2011.549237

Kim, M., Kim, K., & Lee, S.-I. S.-I. (2013): "Pedagogical Potential of a Web-Based GIS Application for Migration Data: A Preliminary Investigation in the Context of South Korea". *Journal of Geography*, 112(3), 97–107. doi:10.1080/00221341.2012.709261

Lin, H. (2012): "Design and implementation of a mobile application for personal learning analytics", 15, 58–76. Retrieved from http://etd.lib.nsysu.edu.tw/ETD-db/ETD-search/view_etd?URN=etd-0118112-120714

Liu, S., & Zhu, X. (2008): "Designing a Structured and Interactive Learning Environment Based on GIS for Secondary Geography Education". *Journal of Geography*, 107(1), 12–19. doi: 10.1080/00221340801944425

Maimon, O., & Rokach, L. (2010): "Data Mining and Knowledge Discovery Handbook" (2nd ed.). New York: Springer New York. doi: 10.1007/978-0-387-09823-4

Naps, T. L., Rodger, S., Velázquez-Iturbide, J. Á., Rößling, G., Almstrum, V., Dann, W., McNally, M. (2003): "Exploring the role of visualization and engagement in computer science education". *ACM SIGCSE Bulletin*, 35(2), 131. doi:10.1145/782941.782998

Naps, T., Ross, R. J., Anderson, J., Fleischer, R., Kuittinen, M., McNally, M.,... Rantakokko, J. (2003): "Evaluating the educational impact of visualization". *ACM SIGCSE Bulletin*, 35(4), 124. doi:10.1145/960492.960540

Navarro-Carrión, J.T., Zaragozaí, B., Ramón-Morte, A. & Valcárcel-Sanz, N. (2016): "Should EU land use and land cover data be managed with a NoSQL document store?" *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics* (Accepted)

Shaffer, C. a, Akbar, M., Alon, A. J. D., Stewart, M., & Edwards, S. H. (2011): "Getting algorithm visualizations into the classroom". *Proceedings of the 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '11*, 129. doi:10.1145/1953163.1953204

Zaragozaí, B., Torres-Prieto, J., Navarro-Carrión, J.T., Fernández-Moreno, M., Mira-Martínez, J.M., Belda-Antolí, A. y Ramón-Morte, A. (2015): "Propuesta de una plataforma web para aplicar técnicas de visualización en didáctica de la Geografía", en R. Sebastián Alcaraz y E.M. Tonda Monllor (Eds.): *Investigar para innovar en la enseñanza de la Geografía. VII Congreso Ibérico de Didáctica de la Geografía*. Asociación de Geógrafos Españoles (AGE), pp 52-62. 20-22 noviembre de 2015.