



INTERFAZ GRÁFICA DEL SCIMAGO JOURNAL AND COUNTRY RANK: UN ENFOQUE INTERACTIVO PARA ACCEDER A LA INFORMACIÓN BIBLIOMÉTRICA



Yusef Hassan-Montero, Vicente P. Guerrero-Bote y Félix De-Moya-Anegón

Note: This article can be read in its original English version on:
<http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2014/may/07.pdf>



Yusef Hassan-Montero doctor en Documentación por la *Universidad de Granada*, trabaja para *SCImago Lab* en el diseño y desarrollo de interfaces para la visualización científica. Dirige la revista online *nosolousabilidad.com*, es co-organizador de *UXSpain*, el evento nacional de más importancia sobre experiencia de usuario en España, y enseña diseño de interacción en los cursos de posgrado de la *Universitat Oberta de Catalunya (UOC)* y de la *Universitat Pompeu Fabra*.
<http://orcid.org/0000-0002-4314-1175>

Churriana de la Vega, 18194 Granada, España
yusefhassan@gmail.com



Vicente P. Guerrero-Bote es doctor en ciencias de la información por la *Universidad de Granada*, y licenciado en física por la *Universidad Complutense de Madrid*; es catedrático de evaluación de la investigación y análisis de redes de la *Universidad de Extremadura*, donde es jefe del *Departamento de Información y Comunicación*. Es miembro del *SCImago Research Group*, dedicado a cienciometría, siendo uno de los desarrolladores del *SCImago Journal Rank*.
<http://orcid.org/0000-0003-4821-9768>

Facultad de Ciencias de la Documentación y la Comunicación, Universidad de Extremadura
Pl. Ibn Marwan, s/n. 06001 Badajoz, España
guerrero@unex.es



Félix De-Moya-Anegón, doctor en historia por la *Universidad de Granada*, es profesor de investigación en el *Instituto de Políticas y Bienes Públicos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)* en Madrid, e investigador principal de la unidad asociada *SCImago Research Group*. Ha dirigido varios proyectos de I+D+i, entre ellos *SCImago Journal & Country Rank (SJR)*, *SCImago Institutions Rankings (SIR)*, *Atlas de la Ciencia*, etc.
<http://orcid.org/0000-0002-0255-8628>

Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS), CSIC
Albasanz, 26-28, 28037 Madrid, España
SCImago Research Group
felix.moya@scimago.es

Resumen

Diseño de una interfaz visual para el acceso a la base de datos de indicadores bibliométricos del portal *SCImago Journal & Country Rank*. El mapa se genera a partir de la matriz relacional basada en citación, cocitación y *bibliographic coupling* que forman las casi 20.000 publicaciones (revistas y actas de congreso) registradas en *Scopus*. El *layout* del mapa se basa en una variante de un algoritmo *force-directed* mediante el modelo de energía *edge-repulsion* propuesto por Noack. La interfaz permite la visualización de los indicadores bibliométricos de las publicaciones y la estructura de clusters que forman en función de su uso compartido por los autores de los trabajos. Para facilitar la navegación la interfaz incluye la referencia de áreas y categorías temáticas mediante posicionamiento automático y visibles mediante *zoom+pan*. La interfaz puede ser una herramienta útil para analizar la presencia de las publicaciones *Scopus* en los diferentes dominios científicos, así como la distribución mundial de la capacidad editorial de los diferentes países o regiones. La interfaz utiliza la metodología de mapas *overlay* para situar los subconjuntos de publicaciones seleccionadas en el contexto de la estructura global de publicaciones.

Palabras clave

Mapas de las publicaciones científicas, Mapas de la ciencia, Datos bibliométricos, Citas, Interfaces gráficas, Representación de la ciencia, Herramientas para analizar la ciencia, *Scopus*, *SCImago*.

Title: Graphical interface of the SCImago Journal & Country Rank: an interactive approach to accessing bibliometric information

Artículo recibido el 20-05-2014
Aceptación definitiva 28-05-2014

Abstract

A graphical interface designed to access the bibliometric indicators database of the *SCImago Journal & Country Rank* portal (<http://scimagojr.com/shapeofscience>) is described. The map was generated from the relational matrix based on the citation, co-citation, and bibliographic coupling formed by the nearly 20,000 publications (journals and conference proceedings) registered in *Scopus*. The map layout is based on a variant of a force-directed algorithm using Noack's proposal of an edge-repulsion energy model. The interface allows the publications' bibliometric indicators and the cluster structures that they form to be displayed based on their shared use by the authors of the documents. To facilitate navigation, the interface automatically positions the reference areas and subject categories which are viewable via zoom-and-pan. The interface may be found to constitute a useful tool for analyses of the *Scopus* publications' presence in different scientific domains, and of the global distribution of the publishing capacity of different countries and regions. It uses the method of overlaying maps to locate subsets of selected publications in the context of the global publication structure.

Palabras clave

Maps of scientific publications, Graphical interfaces, Bibliometric information, Science maps, Science analysis tools, Citations, *Scopus*, *SCImago*.

Hassan-Montero, Yusef; Guerrero-Bote, Vicente P.; De-Moya-Aneón, Félix (2014). "Interfaz gráfica del *SCImago Journal and Country Rank*: un enfoque interactivo para acceder a la información bibliométrica". *El profesional de la información*, mayo-junio, v. 23, n. 3, pp. 272-278.

<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2014.may.07>

Introducción

Como señala Van-Eck (2011), en los mapas bibliométricos la representación de las relaciones entre nodos se puede reflejar fundamentalmente a través de dos vías: en forma de vínculos o enlaces gráficos (como líneas o arcos); o sin representar gráficamente los enlaces, por la posición y proximidad o distancia entre los nodos. En el caso de redes de gran tamaño y alta densidad de enlaces, como es el presente caso, la segunda opción, en la que el grado de similitud o *clustering* entre nodos queda reflejado por su proximidad espacial, es la única viable para asegurar la legibilidad y comprensión del mapa.

En la construcción de mapas basados en distancias la técnica algorítmica más ampliamente utilizada es la conocida como MDS (*multidimensional scaling*). Esta técnica toma como entrada una matriz de similitudes o distancias en un espacio N-dimensional que reduce a dos o tres dimensiones (coordenadas), intentando que las distancias entre los nodos en la representación final sean lo más aproximadas posibles a las distancias que tenían en el espacio N-dimensional original. El principal inconveniente de MDS, sin embargo, es su tendencia a producir mapas circulares en los que los nodos de mayor grado se ubican próximos al centro del mapa (Van-Eck; Waltman; Dekker; Van-den-Berg, 2010), un efecto artificial provocado por la lógica de su procedimiento algorítmico, que distorsiona la realidad estructural de la red.

Una alternativa a MDS que no impone esta estructura artificial en el *layout* final, y en la que los *clusters* de nodos son más fácilmente reconocibles, es la denominada VOS (*visualization of similarities*) (Van-Eck; Waltman, 2007), utilizada con éxito en la construcción de diferentes mapas bibliométricos. Ambas técnicas están estrechamente relacionadas, ya que de hecho VOS puede considerarse como una clase de MDS ponderado en el que las proximidades y pesos se determinan de una forma especial (Van Eck; Waltman; Dekker; Van-den-Berg, 2010).

Otra alternativa es la utilización de algoritmos de tipo *force-directed* o *energy-based*, que aplican fuerzas de atracción y

repulsión iterativamente entre los nodos hasta alcanzar un estado o *layout* de mínima energía. Gran parte de los algoritmos *force-directed* más populares (Eades, 1984; Davidson; Harel, 1989; Fruchterman; Reingold, 1991) no son apropiados para la elaboración de mapas bibliométricos basados en distancias, ya que el *layout* final favorece principalmente criterios estéticos como la distribución uniforme de los nodos, el aprovechamiento del espacio disponible o evitar el cruce entre enlaces. Es decir, estos algoritmos no buscan reflejar el grado de similitud entre nodos a través de su posición, sino obtener *layouts* legibles en representaciones basadas en enlaces gráficos. El algoritmo de Kamada y Kawai (1989) sí refleja ciertas propiedades de la red en el *layout*, como la distancia geodésica entre los nodos del grafo, pero igualmente impone criterios estéticos artificiales como la longitud uniforme de los enlaces, y por tanto de la distancia entre nodos.

Los métodos *force-directed* tienen dos componentes: un modelo de energía que define qué *layout* computar, y un algoritmo de minimización de la energía que define cómo computarlo

Por el contrario, la propuesta de Noack (2004; 2007) sí resulta adecuada para la construcción de mapas bibliométricos basados en distancias. Si los métodos *force-directed* tienen dos componentes: un modelo de energía que define qué *layout* computar, y un algoritmo de minimización de la energía que define cómo computarlo, el autor se centra en el primer componente, con la propuesta de dos *energy-models*, denominados *node-repulsion LinLog* y *edge-repulsion LinLog*. La principal cualidad de estos modelos, en especial el modelo *edge-repulsion*, es su capacidad para dar como resultado *layouts* en los que la posición de los nodos no sólo revela relaciones de similitud, sino también la estructura de comunidades (Noack, 2009).

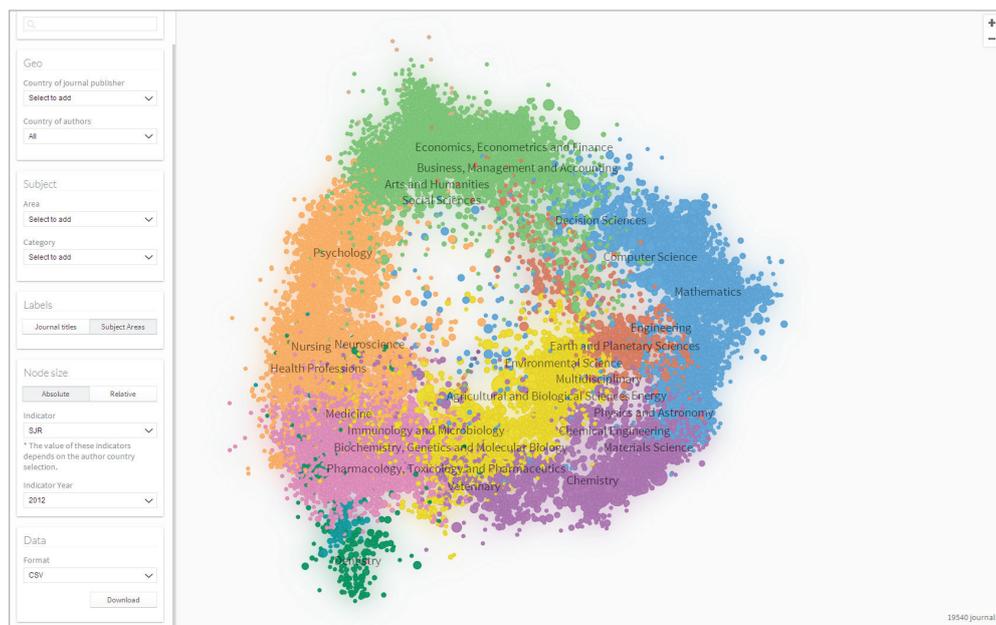


Figura 1: Vista general del layout con la interfaz. Se han seleccionado las Subject areas como etiquetas y el SJR-2012 como tamaño de los nodos.

Respecto a la calidad del layout final, como afirma Van-Eck (2001) “en el caso de mapas con muchos objetos, la exactitud de la técnica de mapeo VOS puede ser un poco decepcionante a nivel local”, y añade “una técnica de mapeo interesante que parece dar resultados precisos, tanto a nivel local como global es la técnica LinLog”.

Por último, como veremos a continuación, los algoritmos de tipo force-directed tienen la ventaja de ser fácilmente optimizables mediante la aplicación de estrategias ampliamente conocidas.

El objetivo del presente trabajo es el diseño de un interfaz gráfica para SJ&CR basada en las relaciones existentes entre las revistas científicas, de forma que utilizando la metodología del overlay permita representar la producción de diferentes dominios tanto geográficos como temáticos sobre el mapa base global.

Metodología y datos

Los mapas bibliométricos son visualizaciones de la estructura de un dominio a través de la representación gráfica de las unidades de análisis y sus relaciones. En el presente trabajo se han utilizado como unidades de análisis las revistas científicas internacionales. Para calcular el grado de relación entre ellas se ha aplicado una combinación de tres medidas: citación, co-citación y bibliographic coupling (acoplamiento bibliográfico). El cálculo se realiza haciendo la media de los tres valores previamente normalizados. En aquellas revistas entre las que únicamente existe bibliographic coupling, el enlace es descartado debido a la poca significación del vínculo.

Para facilitar su posterior procesamiento, el grafo dirigido que forman las revistas es transformado en un grafo no dirigido, en el que el peso de cada enlace entre dos nodos es resultado de la suma de los pesos de sus enlaces dirigidos. La red resultante la componen 19.540 vértices con 3.612.061 enlaces entre ellos.

La red se ha generado con los datos de Scopus (2003-2012), y la clasificación temática de revistas ya utilizada en SJ&CR compuesta por Subject areas (26 y la clase General) y por

Specific subject areas o categorías (309).

Se ha partido de la implementación del algoritmo force-directed mediante el modelo de energía edge-repulsion propuesto por Noack (2007).

Dado el gran tamaño de la red del presente trabajo, con el objetivo de poder procesar su layout con un nivel de eficiencia razonable se empleó además una estrategia multi-escala (Hadany; Harel, 2001). Los métodos multi-escala se basan en computar una abstracción del grafo sobre la que se calcula un layout general para, a

continuación, añadir progresivamente detalles al grafo e ir corrigiendo y afinando el layout. El procedimiento empleado en el presente trabajo se divide en dos etapas: coarsening y uncoarsening.

La etapa de coarsening toma como input el grafo original G_0 . En él se recorren en sentido descendente todos sus enlaces ordenados en base a su densidad, que se define como

$$d_{ij} = w_{ij} / wD_i \cdot wD_j$$

donde w_{ij} es el peso del enlace, y wD_i y wD_j los grados ponderados de los vértices (suma de los pesos de todos sus enlaces). Por cada enlace, si ninguno de los dos nodos ha sido previamente colapsado, se unen formando un único nodo en el grafo G_1 , cuyos enlaces serán el resultado de agregar los enlaces de los dos nodos originales. Este proceso se repite hasta alcanzar un grafo G_n , o grafo de mayor abstracción, en el que ya no es posible seguir colapsando nodos.

“ Los resultados obtenidos sugieren que el procedimiento propuesto supone un método eficiente con el que lograr layouts de alta calidad en redes de gran tamaño ”

La etapa de uncoarsening parte del grafo de mayor abstracción, sobre el que se aplica el algoritmo de posicionamiento force-directed empleando un número de iteraciones muy reducido (en este trabajo se han utilizado únicamente 2 iteraciones, aunque este es un criterio que dependerá de la topología y tamaño de la red). Tras la aplicación del algoritmo, las posiciones o coordenadas de cada nodo son heredadas por los dos nodos a los que representa en el grafo G_{n-1} . Este proceso de posicionamiento o refinamiento del layout se repite hasta llegar al grafo original G_0 .

Aunque Noack (2007) muestra ciertas reticencias respecto a la idoneidad de utilizar estrategias multi-escala en com-

seleccionado se sobrepone mediante la técnica del *overlay* (Leydesdorff; De-Moya-Anegón; Guerrero-Bote, 2010; 2014). Aunque en este caso, además de generarse el mapa global con datos y procedimientos diferentes, de generarse todo online, los clusters no sólo se codifican mediante el color de los nodos, sino también mediante el contorno que forman los nodos de cada clúster, combinando el desenfoque gaussiano con transparencias.

Para posibilitar la exploración en detalle del mapa se incluye un mecanismo interactivo de *zoom+pan*, así como un buscador de revistas por título.

Para facilitar la interpretación del mapa, la interfaz permite seleccionar entre mostrar títulos de revistas o las etiquetas de las áreas y categorías temáticas. La posición de cada etiqueta de área o de categoría está determinada por el centroide de todas las revistas adscritas a dicha área o categoría. Los solapamientos entre etiquetas se evitan utilizando el mecanismo descrito en Koh, Lee, Kim y Seo (2010).

Resultados y discusión

En la figura 1 se muestra una vista general de la interfaz con el *layout* general. En ella se pueden ver todas las revistas (19.540) representadas por nodos de tamaños proporcionales al *SJR-2012*. Como se puede observar en la parte izquierda, es posible escoger el indicador que se va a representar en el tamaño de los nodos. Éste puede ser general para la revista como es el caso del *SJR*, pero también puede ser de-

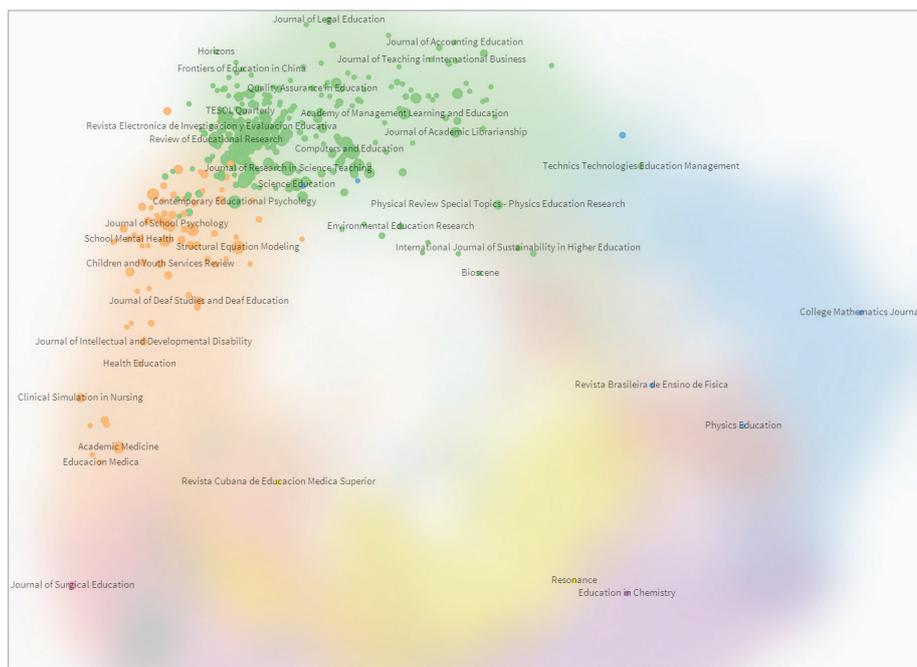


Figure 4: *Overlay* de las revistas de la categoría Education con el *SJR-2012* como tamaño del nodo.

pendiente del dominio que se seleccione, como podría ser el output del dominio en la revista en cuestión. También se puede elegir que este valor sea absoluto o relativo.

Igualmente se puede escoger entre *Subject areas* o *Journal titles* como etiquetas del mapa.

Los nueve colores de los nodos corresponden a los nueve clusters o comunidades que detecta el algoritmo. Hay un clúster verde en la parte superior dedicado principalmente a las ciencias sociales y las humanidades. En la parte izquierda hay un clúster naranja correspondiente a Psychology, Neuroscience, Nursing y Health Professions. Debajo hay un clúster rosáceo dedicado a Medicine. Por la parte de abajo este clúster se viene a fundir con uno azul verdoso dedicado a Ophthalmology y a Optometry, y otro verde de Dentistry. A continuación, por la parte derecha se observan dos clusters, un amarillo dedicado a ciencias de la vida (Agricultural and Biological Sciences, Environmental Science...) y otro morado dedicado a Chemistry, Materials Science y Chemical Engineering. Estos dos clusters se van fundiendo con otros dos, uno marrón rojizo de Earth and Planetary Sciences y otro azul claro, bastante alargado comenzando por Physics and Astronomy, Mathematics, Computer Science para terminar con Decision Sciences cuando se funde con Economics, Econometrics and Finance.

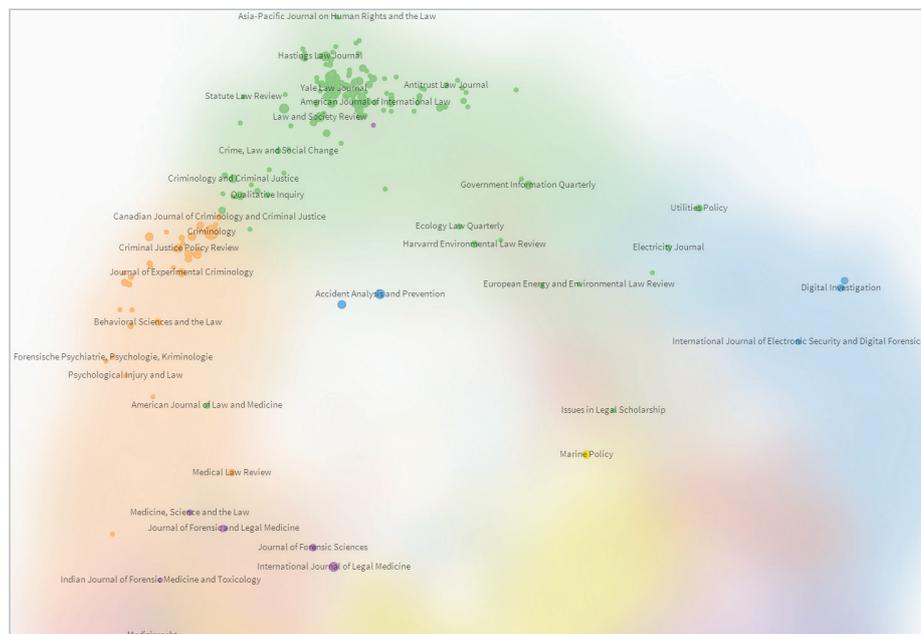


Figure 5: *Overlay* de las revistas de la categoría Law con el *SJR-2012* como tamaño del nodo.

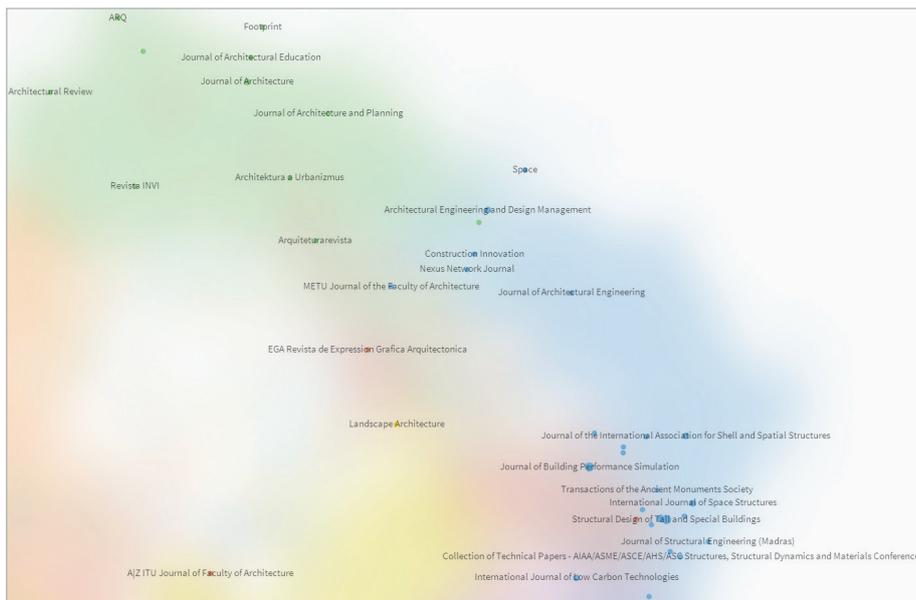


Figure 6: *Overlay* de las revistas de la categoría Architecture con el *SJR-2012* como tamaño del nodo.

roero-Bote, 2010; 2014). Su bondad se puede observar en la propia lógica de la ubicación de las Subject areas. También merece la pena destacar la coordinación entre el algoritmo de *clustering* y el *layout* que muestra la mayor parte de los clusters de revistas agrupados.

Si vamos haciendo zoom sobre alguna de las partes, con las Subject Areas como etiquetas, éstas se van haciendo mayores, pero también se van difuminando a la vez que van apareciendo las etiquetas de las Specific Subject Areas o Categories.

La figura 2 muestra el *overlay* correspondiente a las revistas de la categoría Library & Information Science a nivel mundial. En la misma figura se muestra tanto un plano general como un zoom de la agrupación más destacada. En ella se puede observar un grupo de revistas de contenidos humanísticos, de la economía y de la cienciometría. En la figura 3 se muestra la misma categoría pero en este caso limitada al dominio español. Lógicamente el número de revistas se reduce, pues sólo se muestran aquellas en las que publicaron autores españoles en 2012. Al ser menor el número de revistas se hacen visibles algunas revistas en castellano como *Scire* o la *Revista española de documentación científica*, y otras que aunque no se muestra el título por el solapamiento, se pueden localizar como la *Revista general de información y documentación* (ligeramente por debajo y a la izquierda de la *Revista española de documentación científica*), *Investigación bibliotecológica* (un poco más abajo), *El profesional de la información* (otro poco más abajo) o *Cybermetrics* (encima de *Journal of informetrics*).

En la figura 4 se muestra el *overlay* de las revistas de Education. Se puede observar la agrupación principal en la zona limítrofe entre Psychology y Social Sciences. También aparecen algunas revistas desperdigadas que vienen a corresponder a revistas de educación en las diferentes disciplinas.

Algo parecido se puede ver en la figura 5 para el caso del derecho (Law). Se observa el principal grupo de revistas dentro de las humanidades, hay otro grupo de revistas dedicadas a Criminology que se encuentran dentro de Psychology, en la parte inferior algunas dedicadas a las ciencias forenses y otras que vienen a publicar papers de derecho dedicados a las diferentes especialidades del derecho.

En Architecture (figura 6) también se observan dos grupos de revistas, uno muy técnico, bastante cercano a la ingeniería y las ciencias duras y otro que se dedica al arte arquitectónico.

“Hoy es necesario combinar diferentes técnicas y, sobre todo, buscar aplicaciones de las representaciones generadas que permitan ir más allá de lo obvio desde el punto de vista analítico”

Con Biomedical Engineering (figura 7), sucede algo particular, y es que aunque *Scopus* la incluye dentro de las ingenierías, sus revistas no se centran en esta zona. De hecho la etiqueta de la categoría, que aparece en el centroide de las posiciones de sus revistas, se sitúa en la zona inferior. Muchas aparecen en morado correspondiendo a la química o la

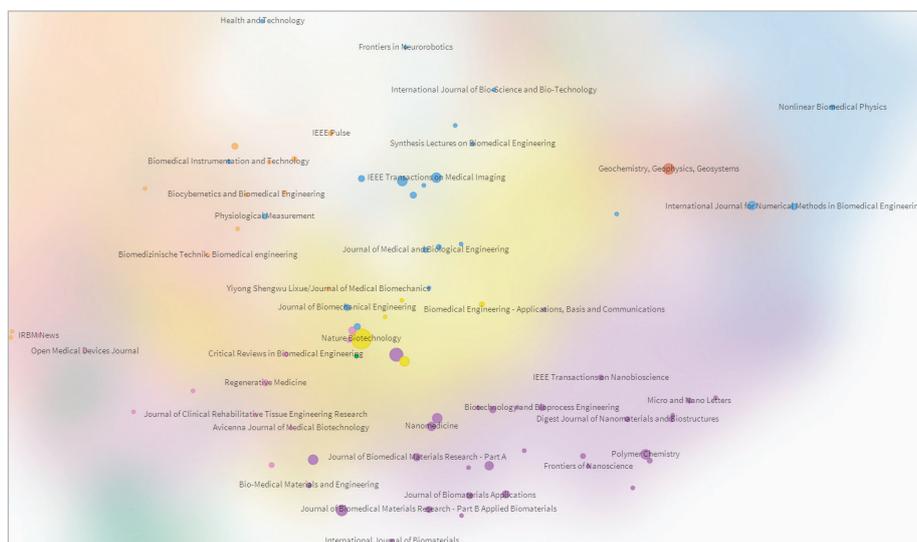


Figure 7: *Overlay* de las revistas de la categoría Biomedical Engineering con el *SJR-2012* como tamaño del nodo.

ciencia de los materiales, otras son amarillas y se corresponden con la biomedicina y otras rosáceas, más dentro de la medicina. Todo ello puede evidenciar una mala colocación de la categoría en *Scopus* dentro de Engineering.

Conclusiones

La combinación de técnicas *force directed*, *clustering* y *overlay* en la generación de mapas interactivos que puedan comportarse como interfaces eficientes para el acceso a información bibliométrica, es una solución útil en este contexto. Han pasado ya los tiempos en los que dominar una técnica que permitiera mapear una determinada información bibliográfica resultaba una novedad suficiente en el terreno de la investigación. Hoy es necesario combinar diferentes técnicas y, sobre todo, buscar aplicaciones de las representaciones generadas que permitan ir más allá de lo obvio desde el punto de vista analítico. De cualquier forma, el objetivo principal ha sido poner a punto una herramienta que permita la interacción visual con el conjunto de la información accesible a través del portal SJR. Ofrecer, por lo tanto, una alternativa de acceso a la tradicional basada en formularios que es la usual en las bases de datos bibliográficas. Para ello era necesario resolver un sinfín de problemas de interacción humano-ordenador (HCI) que venían dados por el volumen de la información manejada y por la necesidad de trabajar con diferentes niveles de zoom con clasificaciones representadas gráficamente de forma contextual.

Las soluciones implementadas utilizan como punto de partida una base de datos de indicadores bibliométricos agrupados por dominios geográficos, campos científicos y publicaciones que pueden ser ahora analizados también de forma visual. Esta aproximación gráfica pretende ser una forma más de analizar aquella parte de la realidad que los indicadores iluminan. En modo alguno pretende suplir las aproximaciones tabulares, georreferenciadas o de cualquier otro tipo que pudieran ser generadas. El principio metodológico que motiva la necesidad de generar múltiples representaciones de la misma realidad social es el de la complementariedad analítica de las mismas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la *Junta de Extremadura, Consejería de Empleo, Empresa e Innovación* y por el *Fondo Social Europeo* como parte de la subvención al grupo de investigación GR10019.

Bibliografía

Davidson, Ron; Harel, David (1989). *Drawing graphs nicely using simulated annealing*. Technical Report CS89-13, Department of Applied Mathematics and Computer Science, The Weizmann Institute, Rehovot, Israel.

Eades, Peter (1984). "A heuristic for graph drawing". *Congressus numerantium*, v. 42, n. 11, pp. 149-160.

Fruchterman, Thomas M. J.; Reingold, Edward M. (1991). "Graph drawing by force-directed placement". *Software - practice & experience* (Wiley), v. 21, n. 11, pp. 1129-1164. <http://dx.doi.org/10.1002/spe.4380211102>

Hadany, Ronny; Harel, David (2001). "A multi-scale algorithm for drawing graphs nicely". *Discrete applied mathematics*, v. 113, n. 1, pp. 3-21. [http://dx.doi.org/10.1016/S0166-218X\(00\)00389-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-218X(00)00389-9)

Kamada, Tomihisa; Kawai, Satoru (1989). "An algorithm for drawing general undirected graphs". *Information processing letters*, n. 31, pp. 7-15. [http://dx.doi.org/10.1016/0020-0190\(89\)90102-6](http://dx.doi.org/10.1016/0020-0190(89)90102-6)

Klavans, Richard; Boyack, Kevin W. (2009). "Towards a consensus map of science". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 60, n. 3, pp. 455-476. <http://dx.doi.org/10.1002/asi.20991>

Koh, Kyle; Lee, Bongshin; Kim, Bohyoung; Seo, Jinwook (2010). "ManiWordle: Providing flexible control over Wordle". *IEEE Trans vis comput graph.*, v. 16, n. 6, pp. 1190-1197. <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2010.175>

Leydesdorff, Loet; De-Moya-Anegón, Félix; Guerrero-Bote, Vicente P. (2010). "Journal maps on the basis of *Scopus* data: A comparison with the *Journal Citation Reports* of the *ISI*". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 61, n. 2, pp. 352-369. <http://dx.doi.org/10.1002/asi.21250>

Leydesdorff, Loet; De-Moya-Anegón, Félix; Guerrero-Bote, Vicente P. (2014). "Journal maps, interactive overlays, and the measurement of interdisciplinarity on the basis of *Scopus* data (1996-2012)". *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (en prensa), Wiley. <http://www.arxiv.org/pdf/1310.4966>

Newman, Mark E. J. (2004). "Analysis of weighted networks". *Physical review E*, n. 70, 056131. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.70.056131>

Newman, Mark E. J.; Girvan, Michelle (2004). "Finding and evaluating community structure in networks". *Phys. rev. E*, n. 69, 026113. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.69.026113>

Noack, Andreas (2004). *Visual clustering of graphs with nonuniform degrees*. Technical report 02/04, Brandenburg University of Technology at Cottbus (BTU).

Noack, Andreas (2007). "Energy models for graph clustering". *Journal of graph algorithms and applications*, v. 11, n. 2, pp. 453-480. <http://dx.doi.org/10.7155/jgaa.00154>

Noack, Andreas (2009). "Modularity clustering is force-directed layout". *Physical review E*, n. 79, 026102. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.79.026102>

Van-Eck, Nees-Jan (2011). *Methodological advances in bibliometric mapping of science*. ERIM PhD Series research in management, 247. ISBN: 978 90 5892 291 5

Van-Eck, Nees-Jan; Waltman, Ludo (2007). "VOS: a new method for visualizing similarities between objects". In: H.-J. Lenz; R. Decker (eds.), *Advances in data analysis: Proceedings of the 30th annual conference of the German Classification Society* (pp. 299-306).

Van-Eck, Nees-Jan; Waltman, Ludo; Dekker, Rommert; Vandenberg, Jan (2010). "A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional scaling and VOS". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 61, n. 12, pp. 2405-2416. <http://dx.doi.org/10.1002/asi.21421>