

# ESTUDIO EVOLUTIVO DE LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA CON CÉLULAS MADRE. VISUALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

**Gisela Cantos-Mateos, María-Ángeles Zulueta, Benjamín Vargas-Quesada y Zaida Chinchilla-Rodríguez**



**Gisela Cantos-Mateos** es licenciada en historia y en documentación y máster en documentación. Becaria predoctoral (programa JAE-Predoc) del *Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP)* del *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*. Realiza su tesis doctoral relacionada con análisis bibliométricos y con la representación y visualización de la información científica. Colabora con el *Grupo SCImago*.

<http://orcid.org/0000-0003-2690-1790>

*Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC-IPP)*  
Albasanz, 26-28. 28037 Madrid, España  
[gisela.cantos@csic.es](mailto:gisela.cantos@csic.es)



**María-Ángeles Zulueta** es licenciada en medicina y doctora en ciencias por la *Universidad Autónoma de Madrid*. Profesora titular del *Departamento de Filología, Comunicación y Documentación* de la *Universidad de Alcalá* e investigadora del *Grupo SCImago*. Sus áreas de investigación de interés se enmarcan en el campo de la bibliometría y análisis de dominios científicos. Ha dirigido y colaborado en varios proyectos de investigación financiados con fondos públicos en esta área y es autora de numerosas publicaciones en este campo.

<http://orcid.org/0000-0002-3983-258X>

*Universidad de Alcalá. Facultad de Documentación*  
San Cirilo, s/n. 28804, Alcalá de Henares, Madrid, España  
[ma.zulueta@uah.es](mailto:ma.zulueta@uah.es)



**Benjamín Vargas-Quesada** es profesor de técnicas avanzadas de recuperación de información en la *Facultad de Comunicación y Documentación* de la *Universidad de Granada* y miembro del *Grupo SCImago*. Sus líneas de investigación se centran en la visualización de la información científica y en la evaluación de la ciencia y de la comunicación científica.

<http://orcid.org/0000-0001-5115-7460>

*Universidad de Granada. Facultad de Comunicación y Documentación*  
Colegio Máximo de Cartuja, s/n. 18071, Granada, España  
[benjamin@ugr.es](mailto:benjamin@ugr.es)



**Zaida Chinchilla-Rodríguez** es doctora en documentación e información científica y científica titular del *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*, en el *Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP)* de Madrid. Miembro del *Grupo SCImago*, desarrolla su investigación en el análisis cuantitativo, la representación y visualización de información, redes de colaboración científica y propuestas metodológicas para el diseño de sistemas de información científica.

<http://orcid.org/0000-0002-1608-4478>

*Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Políticas y Bienes Públicos (CSIC-IPP)*  
Albasanz, 26-28. 28037 Madrid, España  
[zaida.chinchilla@csic.es](mailto:zaida.chinchilla@csic.es)

## Resumen

Se analiza la investigación española en células madre en el *Science Citation Index (SCI)* entre 1997 y 2010 con una división temporal en tres sub-períodos, mediante técnicas de visualización basadas en redes sociales. Se han utilizado los descriptores *KeyWords Plus (KW+)* como unidad de análisis, su coocurrencia como unidad de medida, y *Pajek* y *VOSviewer* como herramientas para la generación y visualización de redes sociales. Los resultados muestran dos imágenes complementarias de la investigación: la estructura estática, donde se distingue investigación clínica y básica, y la dinámica del análisis evolutivo, mostrando las líneas más consolidadas y las emergentes. Se plantea una propuesta metodológica para la visualización y detección de las principales líneas de investigación a lo largo del tiempo, su aplicabilidad y capacidad de predicción en dominios científicos y geográficos.

Artículo recibido el 30-01-2014

Aceptación definitiva: 05-06-2014

## Palabras clave

Análisis de *co-words*, Visualización de la información, Análisis de redes, Células madre, Tendencias de investigación, Evolución de la ciencia, España.

**Title: Development of Spanish research on stem cells. Visualization and identification of the main research fronts**

## Abstract

Using visualization techniques based on social networks, this study aims to analyze stem cell research in Spain, as reflected in the *Science Citation Index (SCI)* database between 1997 and 2010, divided into three sub-periods. The selected unit of analysis was the *KeyWords Plus* descriptors (*KW+*), the unit of measurement was their co-occurrence, and the *Pajek* and *VOSviewer* tools were used to generate and display the social networks. The results show two complementary images of research: the static structure, distinguishing between clinical and basic research, and the evolutionary dynamic, analysing both the most established and the emerging lines. The main contribution of this work is to present a methodology for the visualization and detection of the main research lines over time, demonstrating its applicability and its predictability in scientific and geographic domains.

## Keywords

Co-word analysis, Network analysis, Information visualization, Stem cells, Science trends, Research trends, Spain.

**Cantos-Mateos, Gisela; Zulueta, María-Ángeles; Vargas-Quesada, Benjamín; Chinchilla-Rodríguez, Zaida (2014). "Estudio evolutivo de la investigación española con células madre. Visualización e identificación de las principales líneas de investigación". *El profesional de la información*, mayo-junio, v. 23, n. 3, pp. 259-271.**

<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2014.may.06>

## 1. Introducción

Los estudios con células madre son una de las áreas de investigación que más ha evolucionado. Desde que en 1949 el científico **John Hammond** (1949) descubriese el método para mantener los embriones de ratón en cultivo *in vitro*, el progreso en este campo ha ido en aumento, ofreciendo perspectivas muy esperanzadoras en las últimas décadas para el tratamiento de enfermedades que hasta ahora parecían incurables. La investigación en este campo está teniendo grandes repercusiones científicas y sociales, desde los experimentos como la conocida clonación de la oveja Dolly (**Wilmut et al.**, 1997) que tuvieron un especial impacto en el campo de la transferencia nuclear y la diferenciación y expresión celular en 1997, hasta la aparición entre 2006 y 2007 de las células de Yamanaka (**Takahashi; Yamanaka**, 2006; **Takahashi et al.**, 2007) que ofrecen una alternativa mediante la posibilidad de obtener células pluripotentes a partir de la reprogramación de células adultas. Al mismo tiempo se ha generado un importante debate bioético que afecta a la regulación legislativa y la financiación de la investigación con células madre embrionarias, reglamentando así su desarrollo.

Aunque es difícil establecer una relación directa entre las reformas legislativas y la evolución de la investigación, los hitos científicos podrían estar influenciados por las regulaciones legislativas. Pese a las controversias que suscita el desarrollo de determinadas líneas de investigación con células madre, en los últimos años ha habido iniciativas políticas, económicas y legislativas que manifiestan una clara intención de adecuar los hitos científicos a las estructuras sociales de nuestro tiempo. En Europa se pueden destacar importantes esfuerzos para el impulso de la investigación mediante medidas legislativas adoptadas desde 2001: la in-

centivación económica a través del *VII Programa marco* y la creación del *Registro europeo de células madre embrionarias* con el objetivo de proporcionar información a toda la comunidad científica, sobre las líneas de células disponibles en Europa. España ha ido modificando su legislación adoptando las directivas europeas hasta 2006. Estados Unidos, Reino Unido, Australia y Asia han ido legislando al respecto, y a lo largo de los años las regulaciones han sido sometidas a una continua revisión (*EuroStemCell et al.*, 2013). En cualquier caso, las normativas y la financiación de proyectos de investigación con células madre podrían afectar a los resultados de la producción científica tanto a nivel internacional como nacional. Aunque no es el objeto de este estudio, parece adecuado plantear el marco en el que se desarrolla este campo científico.

“ La idea es presentar un análisis aplicable no sólo a la investigación española con células madre, sino a otros dominios temáticos, geográficos y temporales ”

Todos estos hitos han contribuido a generar importantes resultados de esta actividad científica, susceptibles de ser analizados desde la perspectiva bibliométrica, especialmente porque esta investigación con células madre ha trascendido a otros campos científicos, siendo un tema con un importante carácter multidisciplinar. Por ello es un reto definir temáticamente el dominio y las principales líneas de investigación en las que se está trabajando.

Los estudios bibliométricos ayudan en esta tarea ya que el estudio de nuevas técnicas y herramientas ha mejorado

notablemente la comprensión y análisis de dominios científicos (Leydesdorff; Rafols, 2009; Vargas-Quesada *et al.*, 2010; Rafols; Porter; Leydesdorff, 2010; Boyack; Börner; Klavans, 2009), y especialmente en el campo de la visualización de la información (Börner; Chen; Boyack, 2003; De-Moya-Anegón *et al.*, 2006; Vargas-Quesada *et al.*, 2008). La incorporación del análisis estructural de redes sociales (Wasserman; Faust, 1998) lo ha convertido en una herramienta fundamental para visualizar y analizar las relaciones estructurales que se producen en un contexto científico determinado. En el caso de la delimitación temática ayuda a visualizar la interacción de los aspectos más destacados en el dominio, haciendo posible la identificación de áreas o líneas de investigación.

La obtención de los descriptores *KeyWords Plus* no requiere de minería textual ni de ningún pre-procesamiento lingüístico

Existe gran diversidad de métodos y técnicas a la hora de delimitar y visualizar un campo científico. Hay estudios que utilizan la cocitación de autores (*author co-citation analysis* o *ACA*) (White; Griffith, 1981; White; McCain, 1998; Small; Upham, 2009; Chen; Ibekwe-SanJuan; Hou, 2010; Zhao; Strotmann, 2011), el análisis de emparejamiento bibliográfico (*bibliographic coupling*) (Kessler, 1963; Boyack; Klavans, 2010; Chen *et al.*, 2011; Glänzel; Thijs, 2011), estudios de *co-words* (Callon *et al.*, 1983; Rip; Courtial, 1984, Cambrosio *et al.*, 1993; Van-Raan; Tijssen, 1993; Ding; Chowdhury; Foo, 2001; Lee, 2008; Leydesdorff; Welbers, 2011; Zulueta *et al.*, 2011; Cantos-Mateos *et al.*, 2013; Romo-Fernández; Guerrero-Bote; De-Moya-Anegón, 2013) o los estudios híbridos en los que se combinan tanto *ACA* como *co-words* (Zitt; Bassecouard, 1996; Zitt; Lelu; Bassecouard, 2011).

En vista de las ventajas e inconvenientes que condicionan la elección de una metodología sobre otra, para el presente estudio se ha optado por el análisis de *co-words* (Zitt; Lelu; Bassecouard, 2011). Según Michel Zitt y colaboradores (2011), las palabras, a diferencia de las citas, parecen adaptarse mejor a la “ciencia viva” porque son universales. Además las citas podría considerarse que aluden a temas menos actuales, ya que conforman el trasfondo del documento, mientras que las palabras son coetáneas al propio documento (Soos; Kampis; Gulyás, 2013). Para estos autores las unidades lingüísticas tienen la capacidad de reflejar mejor la incidencia de los contextos científicos, sociales y políticos, propios de los dominios más controvertidos y áreas emergentes.

Se puede apreciar con mayor claridad la dinámica del campo si se aplica una perspectiva temporal. Este tipo de análisis permite detectar la evolución de los principales temas de investigación a lo largo del tiempo (Braam; Moed; Van-Raan, 1991; Gábor, 2006; Leydesdorff; Schank, 2008; Boyack; Börner; Klavans, 2009; Chen; Ibekwe-SanJuan; Hou, 2010; Soos; Kampis; Gulyás, 2013). En este caso las visualizacio-

nes de redes de *co-words* de distintos sub-períodos permiten localizar qué temas persisten, desaparecen o emergen en el campo (Braam; Moed; Van-Raan, 1991).

A partir de este marco, los objetivos de este estudio son de carácter fundamentalmente metodológicos. La idea es presentar un análisis que sea aplicable no sólo a la investigación española con células madre, sino a otros dominios temáticos, geográficos y temporales, distintos al que se aborda en este trabajo. Por tanto la presente propuesta metodológica pretende por un lado identificar las principales líneas de investigación a partir de la localización y visualización de la estructura temática del dominio. Y por otro lado reflejar la dinámica del campo a través de la evolución que experimentan las principales líneas de investigación a lo largo del período de estudio. Todo ello a través de la visualización de redes de *co-words*<sup>1</sup>.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Fuente de información

Los documentos de este estudio proceden de la base de datos *Science Citation Index (SCI)*. La estrategia de búsqueda empleada consistió en utilizar los términos *stem\* cell\** en el campo *Topic, Spain* en el campo *Address* y limitada al período temporal de 1997-2010. Se recuperó un total de 4.148 documentos.

### 2.2. Unidades de análisis

Se han seleccionado los descriptores *KeyWords Plus (KW+)*<sup>2</sup> como unidades de análisis. Se trata de un vocabulario automatizado que utiliza el *SCI* para indizar los documentos, que se obtiene mediante un algoritmo de búsqueda que extrae las palabras clave de los títulos de las referencias contenidas en los documentos (Garfield, 1990; Garfield; Sher, 1993). En la investigación con células madre estos descriptores tienen una elevada representatividad (78,25% de los documentos) en comparación con los *Author keywords*<sup>3</sup> (52,96%), como ha quedado de manifiesto en trabajos anteriores (Cantos-Mateos *et al.*, 2013).

El uso de descriptores *KeyWords Plus* permite realizar un análisis temático de granularidad fina y contiene terminología más actualizada y específica, en comparación con otros descriptores

El uso de estos descriptores tiene la ventaja de que su obtención no requiere de minería textual ni de ningún pre-procesamiento lingüístico. Permite además realizar un análisis temático de granularidad más fina que otro tipo de unidades como pueden ser las categorías, ya que aluden directamente al contenido conceptual de los documentos (Soos; Kampis; Gulyás, 2013). Por otro lado, al tratarse de términos procedentes de los títulos de los artículos que aparecen en las referencias, son los propios autores quienes seleccionan y comunican cuáles son los términos esenciales para expresar el contenido más importante de sus trabajos de investigación. Esta característica favorece la aparición de una



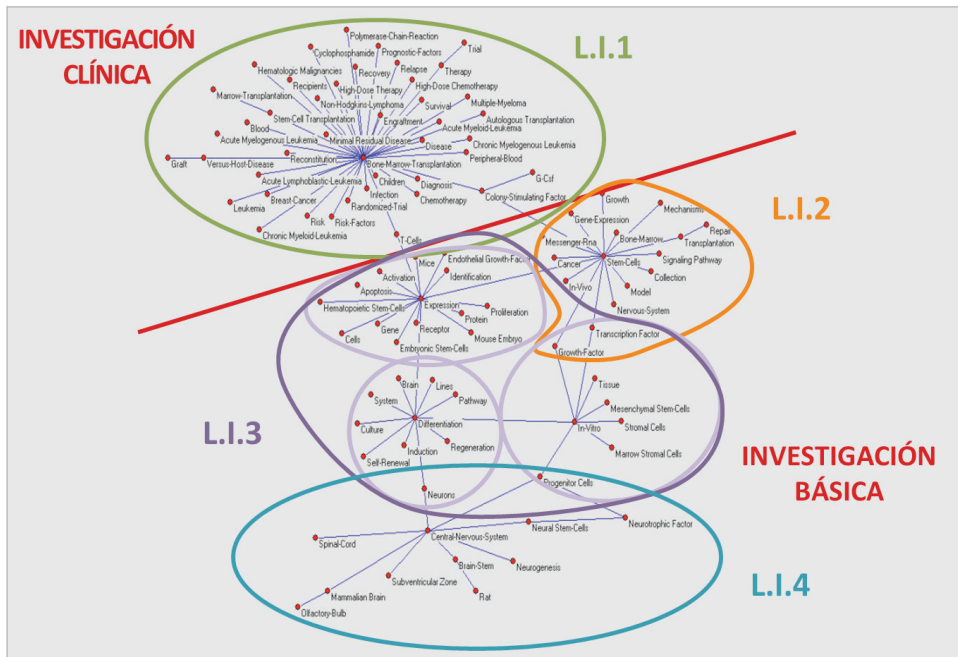


Figura 1. Período completo (1997-2010). Representación en Pajek de los 99 KW+ más frecuentes.

terminología más actualizada y específica en comparación con otros tipos de descriptores, como son los procedentes de un vocabulario controlado (Braam; Moed; Van-Raan, 1991). Como demuestran estudios recientes, estas cualidades contribuyen a reflejar mejor los aspectos temáticos más dinámicos de un dominio.

Los KW+ tienen la desventaja sin embargo de presentar una amplia dispersión terminológica debida a la falta de normalización. Este aspecto hay que resaltarlo como una de las posibles limitaciones de este trabajo. Para paliarla en cierto modo se ha realizado una normalización moderada en la que se han tratado de unificar criterios gramaticales (plurales y singulares) y ortográficos (guiones, mayúsculas y minúsculas).

### 2.3. Unidades de medida y análisis temporal

El análisis bibliométrico para la detección y visualización de las principales líneas de investigación y su evolución a lo largo del tiempo, ha consistido en calcular las relaciones que se producen entre los KW+ a partir de su aparición conjunta en los documentos, lo que se conoce como *co-words analysis*. Dicho análisis consiste en generar una matriz cuadrada de NxN elementos, donde N es el descriptor KW+ a representar, a partir de las veces que ocurre en los documentos. El

Tabla 1. Períodos temporales analizados

Períodos	Años
Período completo	1997-2010
Primer período	1997-2001
Segundo período	2002-2006
Tercer período	2007-2010

Tabla 2. Número de documentos por años

Período	Primer período					Segundo período					Tercer período			
Años	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Nº docs.	94	142	176	149	163	167	165	296	271	351	395	494	608	677
Total docs.	724					1.250					2.174			

resultado es una matriz de co-ocurrencias que refleja el número de veces que un par de descriptores aparecen conjuntamente en dos documentos.

Para el estudio evolutivo se ha analizado el período completo en su conjunto (1997-2010), y subdivido en otros tres períodos, como muestra la tabla 1. La segmentación temporal ha sido establecida considerando dos criterios complementarios.

El primero son los principales hitos científicos. Partiendo de 1997, cuando tuvieron lugar los exitosos ensayos del *Roslin Institute* de Edimburgo, se desencadenó un tiempo de incertidumbre en la regulación legislativa y las políticas de financiación pública que condicionaron el avance de la investigación en células madre embrionarias.

El proceso comenzó a normalizarse fundamentalmente entre los años 2002 y 2006. A partir de 2007 esta investigación recibió un importante impulso gracias al descubrimiento de las células madre de pluripotencia inducida (células iPS) a partir de células humanas adultas que planteaban una alternativa a los problemas éticos-jurídicos sobre la obtención de células madre embrionarias obtenidas a partir de la masa celular interna de un embrión, lo que suponía la destrucción del mismo (*EuroStemCell et al., 2013*).

El segundo criterio ha sido que el volumen documental de cada período sea lo suficientemente representativo como para permitir la detección de líneas de investigación.

### 2.4. Visualización de la información

La visualización de las relaciones entre los KW+ se ha hecho siguiendo dos métodos en base al uso de dos programas especializados en visualización y análisis de grandes redes, que permiten obtener unas representaciones que favorecen la identificación de las principales líneas de investigación y su evolución.

Por un lado se ha empleado el programa Pajek (Batagelj; Mrvar, 2010). Se utilizó una matriz de co-ocurrencias de descriptores con datos en bruto en combinación con el algoritmo de poda Pathfinder (De-Moya-Aneón et al., 2007a, 2007b; Zulueta et al., 2011) para la reducción del espacio dimensional. Este algoritmo está basado en el principio de desigualdad del triángulo bajo los parámetros  $r=\infty$  y  $q=n-1$ . Éste ayuda a preservar y poner de relieve las relaciones más

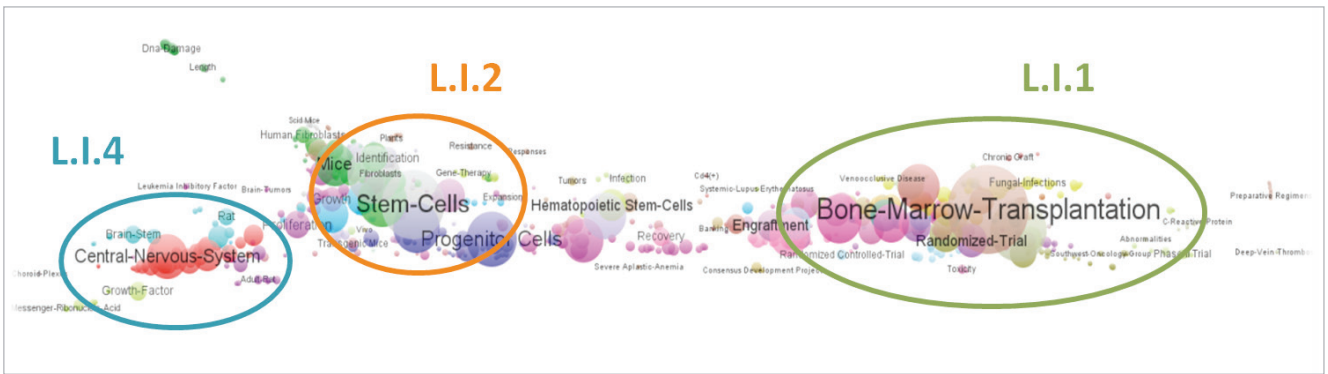


Figura 2. Período completo (1997-2010). Mapa de clusters representado con VOSviewer (número de nodos: 668).

destacadas entre los descriptores (White, 2003; Vargas-Quesada *et al.*, 2008; De-Moya-Anegón *et al.*, 2009). Como algoritmo de visualización se utilizó Kamada-Kawai (Kamada; Kawai, 1989) incluido en Pajek. Aunque este programa permite representar grandes redes, se decidió incorporar únicamente los descriptores más frecuentes. Tras varios ensayos donde se probaron distintos umbrales de frecuencias para la generación de los mapas, se observó que el mejor compromiso entre visualización y análisis, teniendo en cuenta que se trabaja con las limitaciones propias de la pantalla de un ordenador, es el de redes compuestas en torno a los 100 nodos (Zulueta *et al.*, 2011).

Por otro lado se ha utilizado el programa VOSviewer v. 1.5.3 (Van-Eck; Waltman, 2010), que es una alternativa a las representaciones multidimensionales combinando técnicas de visualización y clustering. En este caso se ha construido una matriz de co-ocurrencia normalizada a través de la medida de similitud que utiliza VOSviewer, basada en la fuerza de asociación de los ítems. El umbral de dicha co-ocurrencia ha sido fijo para todas las representaciones. De los cuatro tipos de visualizaciones que ofrece, se han utilizado los mapas etiquetados con nombres, donde cada descriptor está representado por una etiqueta y cuyo tamaño es proporcional a su peso, junto con los denominados “mapas de calor” (o mapas de densidad). Estos últimos se caracterizan porque cada nodo en el mapa se representa con un color que va del rojo al azul, reflejando la densidad de las relaciones entre los descriptores. Cuanto mayor es la densidad, es decir la co-ocurrencia entre descriptores, más se aproximarán a la tonalidad roja; en cambio la mayor aproximación al azul indica una mayor dispersión y por lo tanto menos co-ocurrencia.

Tabla 3. Datos relativos al período completo (1997-2010)

Período completo (1997-2010)			
Documentos	Totales	4.148	
	Indizados con KW+	3.246 (78,25%)	
KW+	Totales	28.733	
	Únicos	Sin normalización	9.833
		Con normalización	9.465
	Por documento	8,85	
	Frecuencia media de aparición	3,04	

### 3. Resultados y discusión

El número de documentos recuperados fue de 4.148 para el período 1997-2010. La tabla 2 muestra el volumen de producción por tramos temporales.

#### 3.1. Período temporal completo (1997-2010)

De los 4.148 documentos recuperados para todo el período, el 78,25% están indizados con KW+, contabilizándose 28.733 descriptores, de los cuales 9.465 son únicos (tabla 3).

En la figura 1 se aprecian hasta 6 agrupaciones de descriptores KW+ que, por su significado y relación con los demás, podemos considerar que definen líneas de investigación. Se distinguen estructuralmente dos naturalezas temáticas de la investigación claramente diferenciadas. Por un lado la investigación clínica representada por los descriptores agrupados bajo Bone-Marrow-Transplantation (figuras 1 y 3), relacionados con los estudios sobre el uso terapéutico de

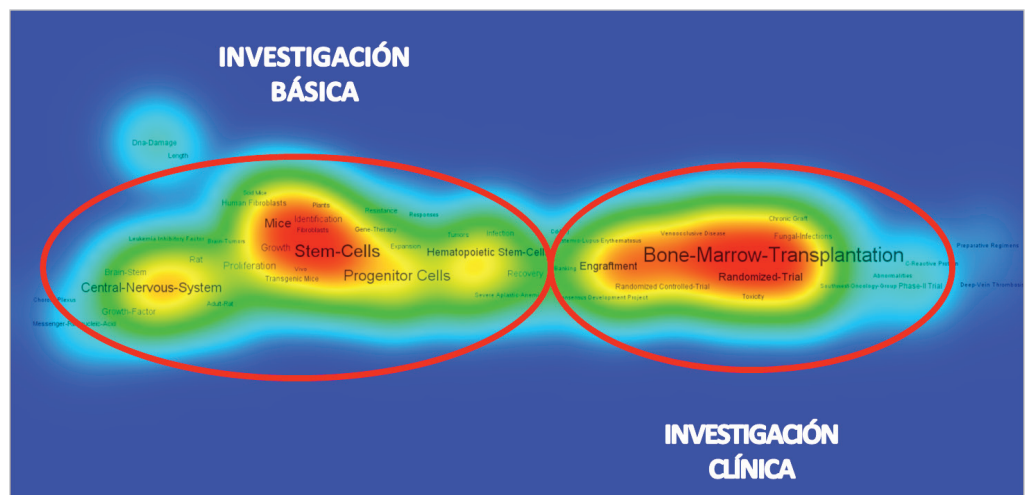


Figura 3. Período completo (1997-2010). Mapa de calor representado con VOSviewer.

Tabla 4. Datos del primer período (1997-2001)

Primer período (1997-2001)			
Documentos	Totales	724	
	Indizados con KW+	560 (77,35%)	
KW+	Totales	4.631	
	Únicos	Sin normalización	2.134
		Con normalización	2.080
	Por documento	8,27	
	Frecuencia media de aparición	2,23	

las células madre en enfermedades hematológicas (L.I.1). Por otro la investigación básica representada por el resto de agrupaciones.

En la investigación básica (figura 1) existen dos agrupaciones que conectan directamente con la clínica: los descriptores vinculados con Stem Cells, relacionados con los estudios sobre células madre hematopoyéticas (L.I.2) y los que tie-

nen relación con las células madre embrionarias (L.I.3). Esta línea se encuentra desagregada en tres agrupaciones: procesos de expresión, diferenciación celular y procesos y biotecnologías necesarias para localizar, producir, crecer y analizar in-vitro las células madre embrionarias.

La última agrupación se relaciona con la investigación con células madre neurales (L.I.4). Estos descriptores están muy ligados con los estudios sobre desarrollo e identificación de las células madre neuronales que se diferencian activamente en el tejido cerebral.

En la representación de VOSviewer (figura 2) no se identifica de una manera tan nítida el mismo número de agrupaciones. Sólo se identifican claramente 3:

- agrupación del clúster marrón encabezada por el descriptor Bone-Marrow-Transplantation (L.I.1);
- la situada en la parte central bajo el descriptor Stem-Cells (L.I.2);
- la situada en la zona de la derecha, representada por el clúster de color rojo encabezada por el descriptor Central-Nervous-System (L.I.4).

El resto de los nodos aparecen muy entremezclados y son difícilmente detectables.

En las zonas con mayor densidad de la red (figura 3), se distinguen claramente dos zonas que concentran una importante actividad de relaciones, una de investigación básica y otra de clínica.

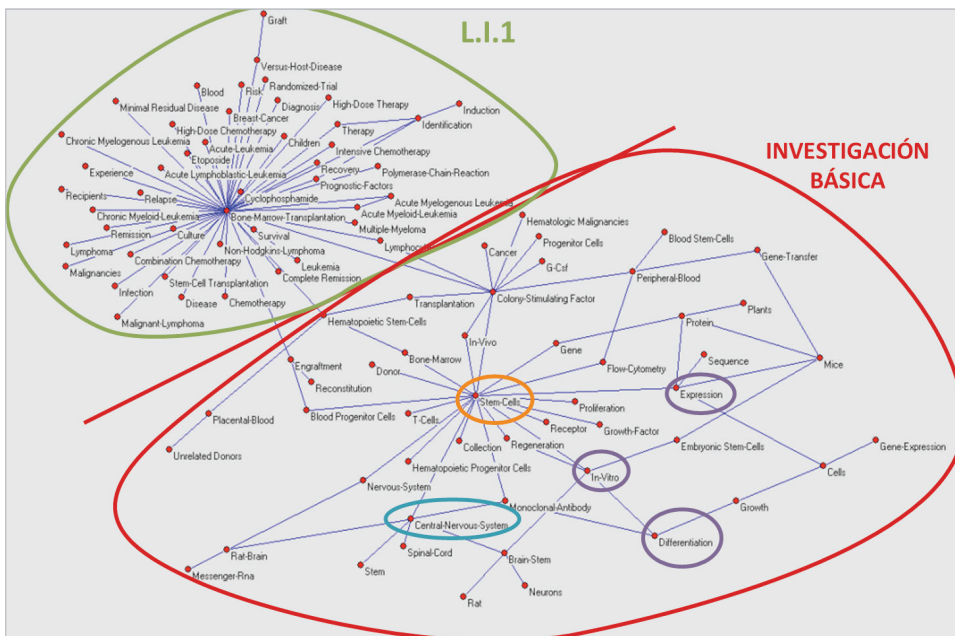


Figura 4. Primer período (1997-2001). Representación en Pajek de los 95 KW+ más frecuentes.

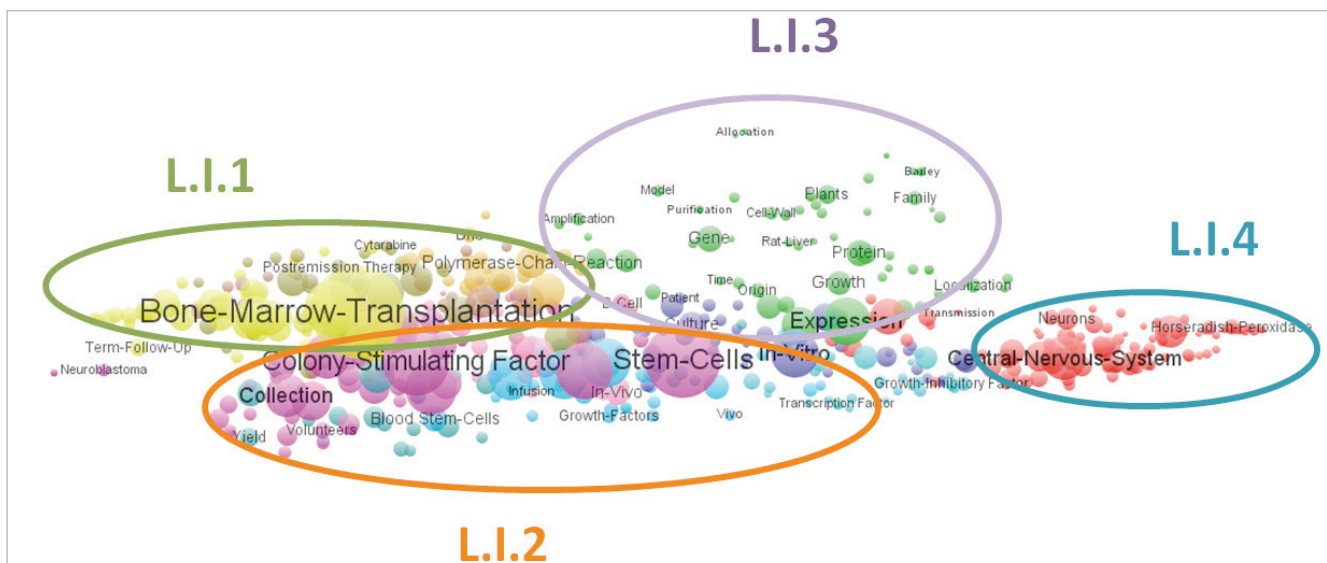


Figura 5. Primer período (1997-2001). Mapa de clusters representado con VOSviewer (número de nodos: 543)



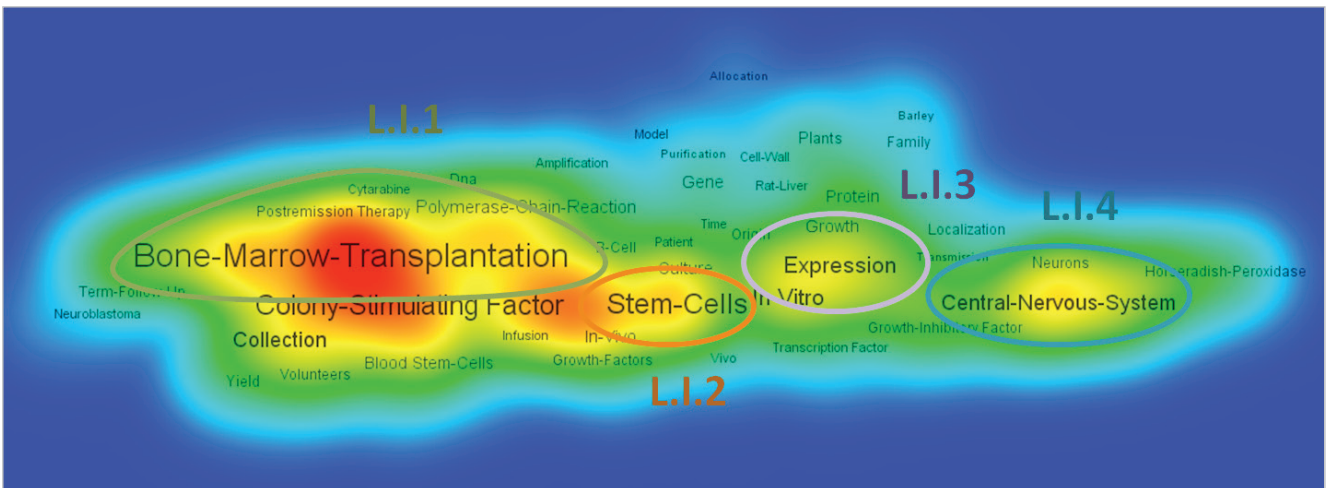


Figura 6. Primer período (1997-2001). Mapa de calor representado con VOSviewer.

### 3.2. Primer período (1997-2001)

El número de documentos es de 724 y el de descriptores de 2.080 KW+ únicos (tabla 4).

La visualización del dominio ha cambiado sustancialmente. A pesar de ello, la distinción entre la investigación clínica y la básica sigue siendo muy clara, incluso más, que con respecto al período completo.

En la figura 4 se aprecia un grupo muy numeroso de KW+ relacionados con la investigación clínica. La composición de los descriptores de esta línea (L.I.1) es muy similar a la que se ha descrito en el período completo. Su clara definición refleja que estos estudios están muy consolidados.

El resto de las líneas que integraban la investigación de carácter más básico (L.I.2, L.I.3 y L.I.4) no parecen estar tan definidas. Según la figura 4, es posible detectar la mayor parte de los descriptores presentes en el período completo, incluso los que ejercían mayor influencia dentro de cada línea de investigación. A pesar de ello, el comportamiento relacional entre ellos es distinto en este primer período. La mayoría de relaciones parten del descriptor Stem Cells, constituyendo el nodo principal. También se aprecia en la figura 5, donde constituye uno de los cuatro clusters que mejor se diferencian en el mapa. De manera más específica y poco definida, se detectan dos agrupaciones que mantienen cierta identidad:

- procesos que intervienen en la proliferación de líneas celulares (figura 5, clúster verde);
- relacionados con células madre neurales (figura 5, clúster rojo).

Lo mismo se puede localizar

Tabla 5. Datos del segundo período (2002-2006)

Segundo período (2002-2006)			
Documentos	Totales	1.250	
	Indizados con KW+	979 (78,32%)	
KW+	Totales	8.581	
	Únicos	Sin normalización	3.966
		Con normalización	3.852
	Por documento	8,76	
Frecuencia media de aparición	2,23		

en el mapa de densidades de la figura 6. Estas débiles agrupaciones forman líneas de investigación emergentes, como se muestra en los siguientes períodos.

### 3.3. Segundo período (2002-2006)

El número de documentos asciende a 1.250. El número de KW+ únicos también se incrementa, hasta 3.852 descriptores.

Se mantiene la distinción entre investigación clínica y básica. En la figura 9 se aprecia que esos son los dos focos más importantes, aunque la densidad es mucho mayor en la investigación clínica.

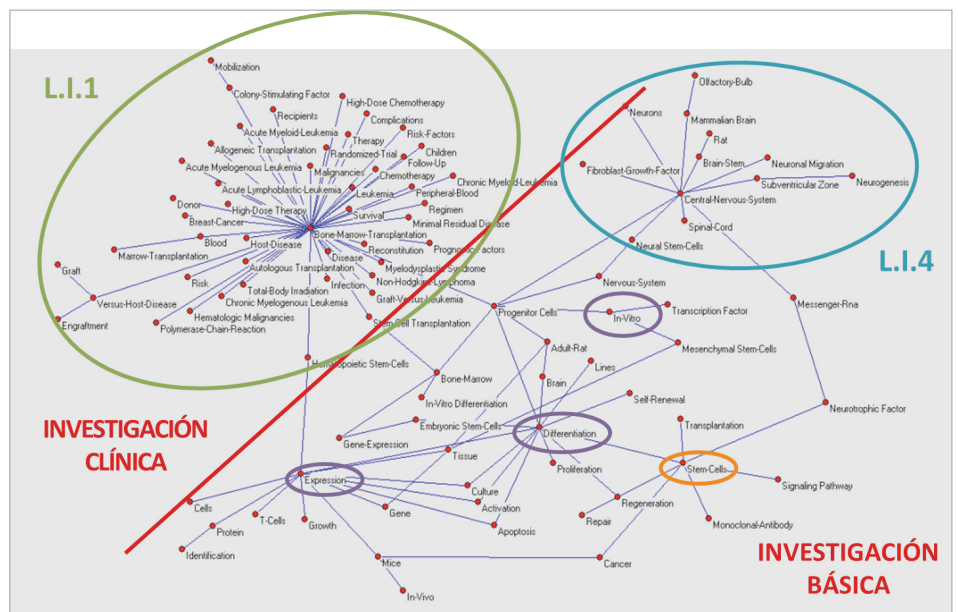


Figura 7. Segundo período (2002-2006). Representación en Pajek de los 96 KW+ más frecuentes.

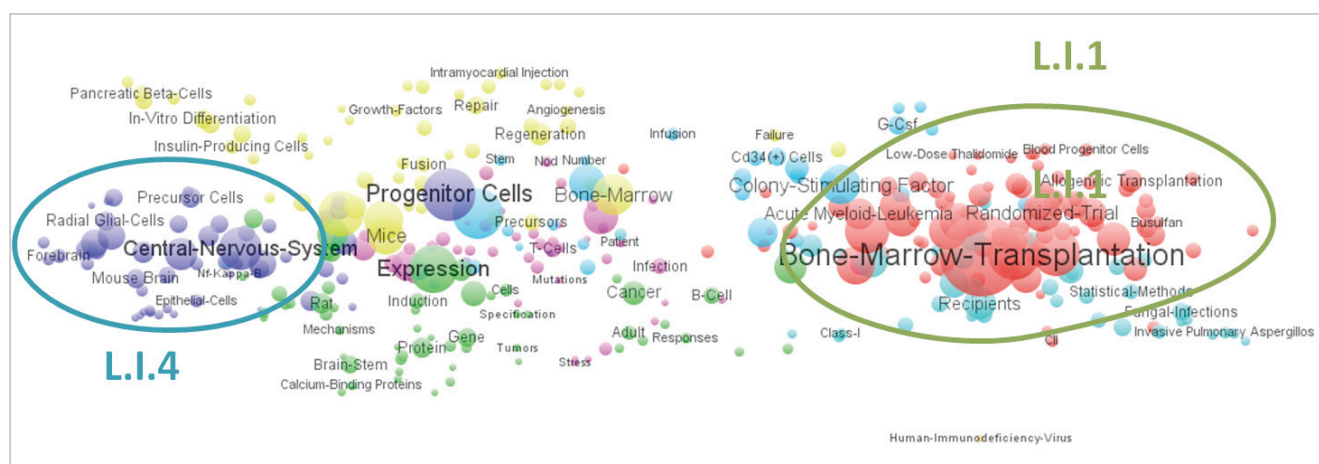


Figura 8. Segundo período (2002-2006). Mapa de clusters representado con VOSviewer (número de nodos: 363).

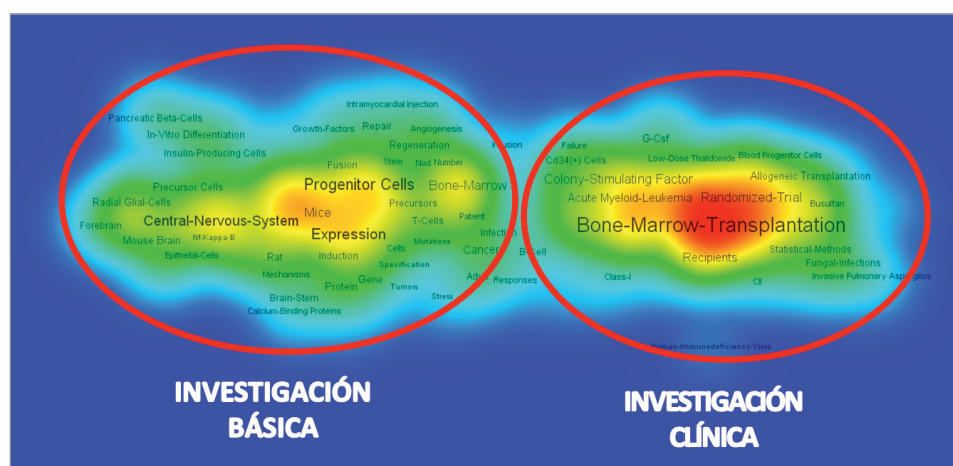


Figura 9. Segundo período (2002-2006). Mapa de calor representado con VOSviewer.

La agrupación más numerosa y definida (figura 7) es la del uso terapéutico de las células madre en enfermedades hematológicas (L.I.1). La presencia de esta línea confirma la consolidación de estos estudios para este período.

La investigación de carácter más básico se muestra estructuralmente mejor definida. Los estudios relacionados con las células madre hematopoyéticas (L.I.2) identificados mediante los descriptores conectados con Stem-Cells, ya no concentran la mayor parte de las relaciones como ocurría en el primer período, sino que han pasado a formar una agrupación con mayor independencia relacional (figura 7) y temática (figura 8, clúster amarillo). Al definirse mejor esta línea de investigación también se han definido los descriptores relacionados con los estudios sobre las células madre embrionarias (figura 7, zona inferior; figura 8, clúster verde; L.I.3). Si en el primer período estaban muy entremezclados con los estudios de las células madre hematopoyéticas (L.I.2), en este período se definen mejor y además es posible detectar los descriptores relacionados con los procesos de generación de líneas celulares en torno al descriptor Expression (figura 7).

Finalmente los estudios sobre células madre neurales (L.I.4) están mejor definidos tanto temática como estructuralmente. Por tanto se puede señalar la consolidación de esta línea

de investigación durante este período.

### 3.4. Tercer período (2007-2010)

Es el período con mayor número de documentos (2.174) y descriptores (6.178 KW+ únicos).

Las visualizaciones permiten detectar cambios importantes en la evolución de la estructura y composición temática de las líneas de investigación. La distinción entre investigación clínica y básica sigue siendo clara (figura 12),

aunque esta última aparece mucho más desarrollada.

La presencia de descriptores de carácter clínico (L.I.1) es más proporcionada al resto de las líneas de investigación, tanto en número como en el peso de sus relaciones. Llama la atención en estos años la distinción (figura 10) de los estudios sobre procesos oncológicos, identificados por el descriptor Bone-Marrow-Transplantation y de los de trasplante de progenitores hematopoyéticos, identificados con el descriptor Stem-Cell Transplantation.

Se identifican 5 agrupaciones de carácter más básico. La primera, mucho mejor definida que en el período anterior, son los estudios sobre células madre hematopoyéticas (figura 10, zona superior izquierda; figura 11, clúster verde; L.I.2), lo que significa su consolidación. Asimismo está conectada con los estudios de uso terapéutico de las células madre

Tabla 6. Datos relativos al tercer período (2007-2010)

Tercer período (2007-2010)			
Documentos	Totales	2.174	
	Indizados con KW+	1.707 (78,52%)	
KW+	Totales	15.521	
	Únicos	Sin normalización	6.393
		Con normalización	6.178
	Por documento	9,1	
	Frecuencia media de aparición	2,51	



en enfermedades hematológicas (L.I.1) y con la investigación en células madre embrionarias (L.I.3). En este período aparecen mejor definidos los estudios sobre procesos de proliferación y diferenciación celular y los relacionados con los procesos y las biotecnologías necesarias para localizar, producir, crecer y sobre todo, analizar in-vitro las células madre embrionarias (figura 10, zona inferior; figura 11, clúster azul oscuro).

La última línea de investigación (L.I.4) la conforman los estudios relacionados con

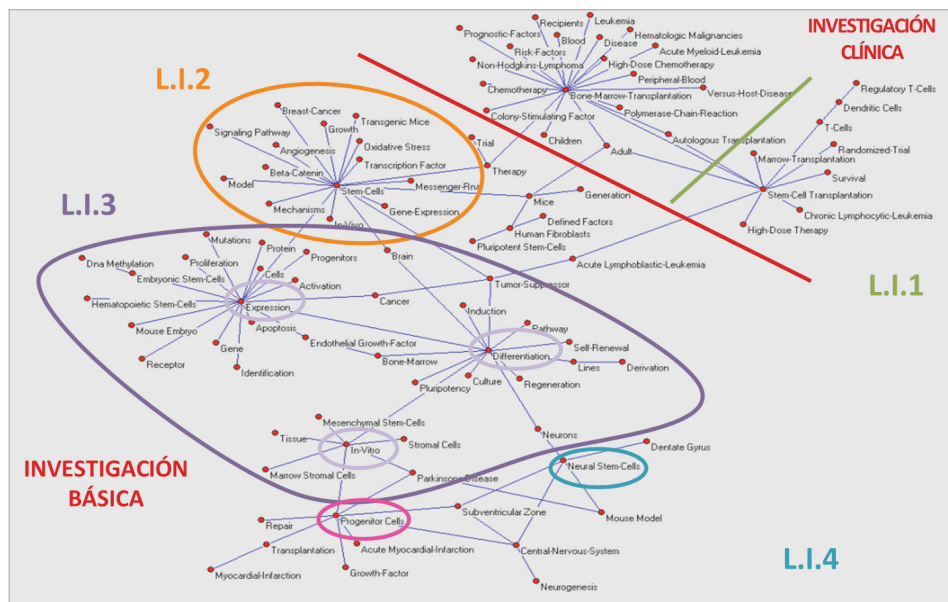


Figura 10. Tercer período (2007-2010). Representación en Pajek de los 98 KW+ más frecuentes.

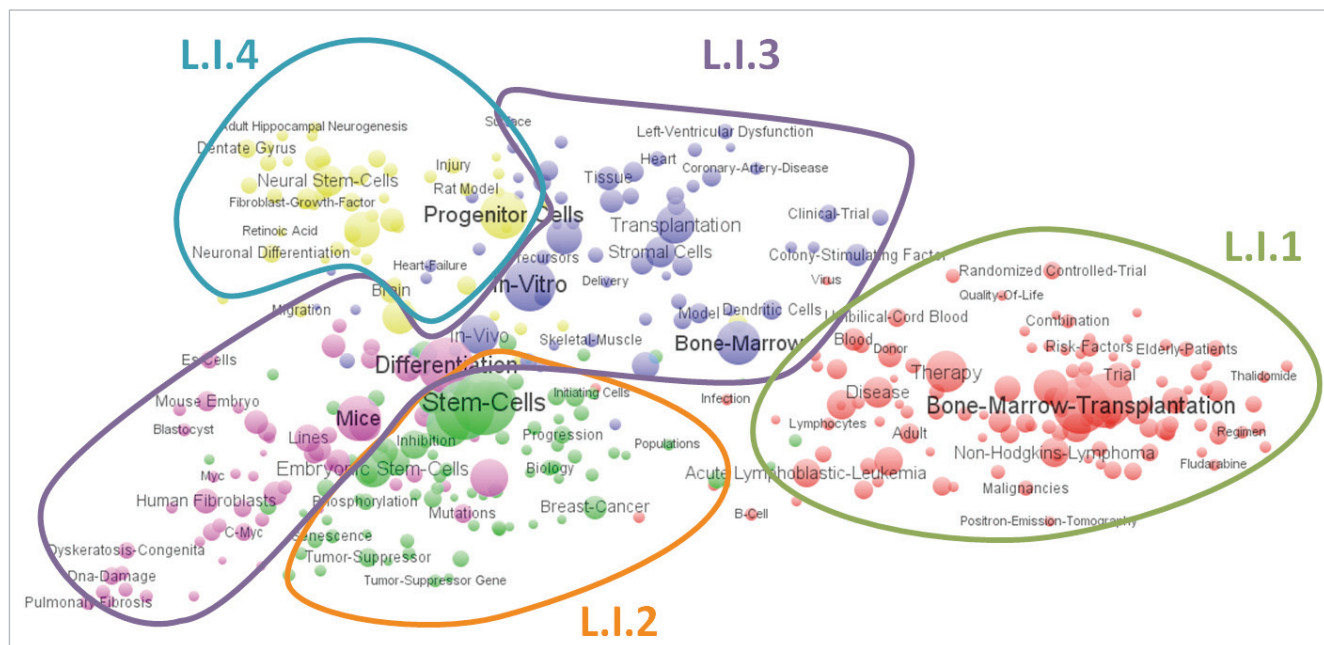


Figura 11. Tercer período (2007-2010). Mapa de clusters representado con VOSviewer (número de nodos: 390).

las células madre neurales (figura 11, clúster amarillo). En este período los KW+ han perdido definición y ya no constituyen un grupo tan homogéneo. Incluso se han desagregado en dos aspectos de la investigación: el desarrollo e identificación de las células madre neurales y el infarto de miocardio empleando progenitores celulares (figura 10). Es posible que esta pérdida de definición se deba a

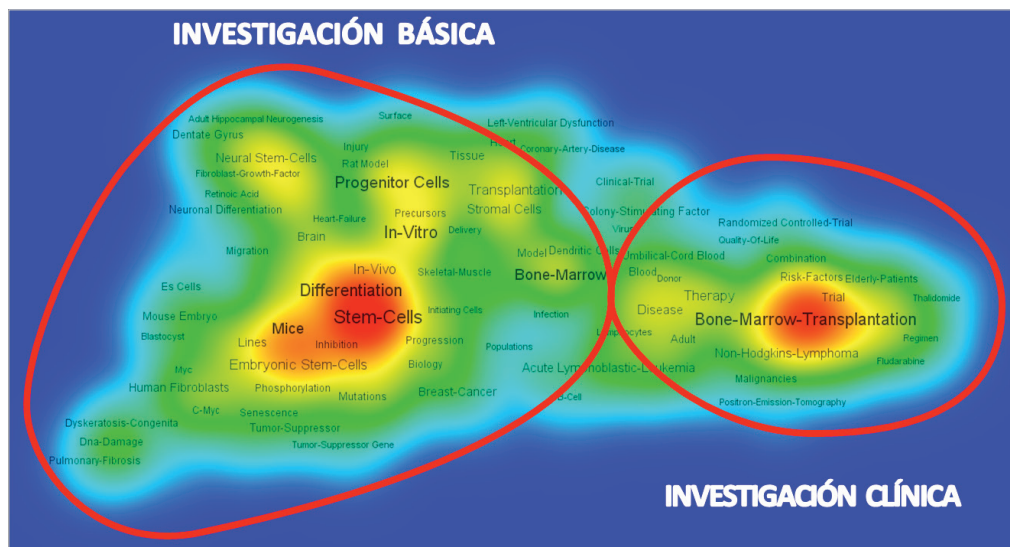


Figura 12. Tercer período (2007-2010). Mapa de calor representado con VOSviewer.

una nueva línea de investigación emergente que pueda consolidarse con los años.

El estudio del período completo identifica las 4 líneas de investigación más consolidadas: uso terapéutico de células madre en enfermedades hematológicas; células madre hematopoyéticas; embrionarias; y neurales

#### 4. Conclusiones

La evolución de la investigación española y su crecimiento están en consonancia con la que se ha llevado a cabo a nivel internacional, tanto en el crecimiento de la literatura a lo largo del período, como su fuerte expansión en el último período analizado. También las líneas de investigación detectadas en las visualizaciones obtenidas en este estudio están relacionadas con la evolución científica internacional, especialmente en la investigación en células madre embrionarias (*EuroStemCell et al.*, 2013).

El estudio del período completo muestra la estructura estática del dominio con la identificación de las 4 líneas de investigación más consolidadas:

- uso terapéutico de células madre en enfermedades oncohematológicas (L.I.1);
- células madre hematopoyéticas (L.I.2);
- células madre embrionarias (L.I.3);
- células madre neuronales (L.I.4).

A través del análisis evolutivo se aprecia cómo se han configurado estas líneas a partir de la consolidación de algunas emergentes y la pérdida de protagonismo de otras. En el primer período hay una fuerte presencia de la hematología y la oncología. El resto de las líneas no comenzaron a detectarse hasta el segundo período con la investigación sobre células madre hematopoyéticas. Finalmente los resultados han mostrado que el peso de estas últimas agrupaciones tuvo una presencia mucho más evidente en el último período, en detrimento de las líneas de investigación relacionadas con la aplicación y la clínica, a diferencia de lo que ocurría en el primer y segundo períodos.

Con estos resultados no es posible concluir que exista una relación directa entre los hitos científicos y normativos acontecidos en España entre los años 1997 y 2010. Sin embargo, parece que las tendencias de investigación están en sintonía con la evolución del marco jurídico-legislativo español y con las principales acciones de incentiación científica en el campo de las células madre. Aunque no es el objeto de estudio, sí parece interesante plantear como estudios futuros un análisis que examine si hay una relación causa-efecto entre los hitos normativos y los científicos.

La propuesta metodológica basada en la visualización de las relaciones entre los KW+ ha permitido obtener dos imágenes complementarias de la investigación española sobre cé-

lulas madre, proyectando tanto líneas de investigación claramente consolidadas como emergentes. Esto permite intuir metodológicamente la capacidad de predicción de este tipo de estudios en el desarrollo de un dominio temático a lo largo del tiempo. Su aplicabilidad trasciende a otros dominios científicos. La rigidez de las clasificaciones documentales utilizadas por las bases de datos, fundamentalmente de revistas científicas, que proporcionan un nivel de agregación de los dominios científicos excesivamente amplios y poco definidos se vería complementada por este tipo de análisis al permitir detectar un mayor grado de profundidad de los diferentes dominios científicos.

En cuanto a los programas de visualización utilizados, las imágenes ofrecidas por *Pajek* y *VOSviewer* coinciden en las líneas de investigación y en la identificación de los descriptores más influyentes de la red. Además se han complementado bien: *Pajek* en combinación con *PfNET* ha permitido sintetizar y resaltar la estructura relacional, mientras que *VOSviewer* ha hecho posible la identificación de los grupos y focos de investigación de una manera más plástica. Las metodologías de visualización empleadas en este estudio presentan visualizaciones estáticas e independientes de cada período.

Tanto en las visualizaciones del período completo como en la de los sub-períodos se distingue claramente la investigación básica y la clínica

De cara a estudios futuros sería interesante explorar las últimas funciones incorporadas a los dos programas: mapas superpuestos (*overlay maps*) que permiten fijar la posición de los nodos para hacer estudios evolutivos o comparativos (**Rafols; Porter; Leydesdorff, 2010; Leydesdorff; Rafols; Chen, 2013**), así como el uso de otros softwares de visualización como *Vison* utilizado en estudios similares (**Leydesdorff et al., 2008; Leydesdorff; Schank, 2008; Baur; Schank, 2008**). También sería interesante contrastar esta propuesta metodológica empleando otras unidades de análisis distintas a los KW+ con el objetivo de identificar el mejor sistema para definir las líneas de investigación presentes en cada dominio.

#### 5. Notas

1. Un avance de los resultados de este trabajo se presentó en el *VI Encontro Ibérico Edicic 2013; Globalização, ciência, informação*, celebrado en Oporto (Portugal), 4-6 nov. 2013.

2. *KeyWords Plus (KW+)*  
<http://interest.science.thomsonreuters.com/content/WOKUserTips-201010-SEA>  
<http://wokinfor.com/media/pdf/qrc/wosqrc.pdf>

3. Los *Author keywords* son el otro tipo que utiliza *SCI* para indizar los documentos. Éstos se descartaron como unidades de análisis para el estudio, por su baja representatividad a partir de los resultados del estudio que se menciona.

## 6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación pública obtenida mediante la beca pre doctoral del programa JAE-Predoc concedida por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y desarrollada en el Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP).

## 7. Bibliografía

**Batagelj, Vladimir; Mrvar, Andrej** (2010). *Pajek 2.0: package for large network analysis*.

<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek>

**Baur, Michael; Schank, Thomas** (2008). *Dynamic graph drawing in visone*. Karlsruhe: Technical University Karlsruhe

<http://i11www.itl.uni-karlsruhe.de/extra/publications/bs-dgdv-08.pdf>

**Börner, Katy; Chen, Chaomei; Boyack, Kevin W.** (2003). "Visualizing knowledge domains". *Annual review of information science and technology*, v. 37, n. 1, pp. 179–255.

<http://nwb.cns.iu.edu/papers/arist02.pdf>

<http://dx.doi.org/10.1002/aris.1440370106>

**Boyack, Kevin W.; Börner, Katy; Klavans, Richard** (2009). "Mapping the structure and evolution of chemistry research". *Scientometrics*, v. 79, n. 1, pp. 45–60.

<http://cns.iu.edu/images/pub/2007-boyack-mapchem.pdf>

<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0403-5>

**Boyack, Kevin W.; Klavans, Richard** (2010). "Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: which citation approach represents the research front most accurately?". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 61, n. 12, pp. 2389–2404.

<http://dx.doi.org/10.1002/asi.21419>

**Braam, Robert R.; Moed, Henk F.; Van-Raan, Anthony F. J.** (1991). "Mapping of science by combined co-citation and word analysis. II: Dynamical aspects". *Journal of the American Society for Information Science*, v. 42, n. 4, pp. 252–266.

<http://www.cwts.nl/TvR/documents/AvR-CoCit-Word-II.pdf>

[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199105\)42:4%3C252::AID-ASIZ3E3.0.CO;2-G](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199105)42:4%3C252::AID-ASIZ3E3.0.CO;2-G)

**Callon, Michell; Courtail, Jean-Pierre; Turner, William A.; Bauin, Serge** (1983). "From translations to problematic networks: an introduction to co-word analysis". *Social science information sur les sciences sociales*, v. 22, n. 2, pp. 191–235.

<http://dx.doi.org/10.1177/053901883022002003>

**Cambrosio, Alberto; Limoges, Camille; Courtail, Jean-Pierre; Laville, Françoise** (1993). "Historical scientometrics? Mapping over 70 years of biological safety research with cword analysis". *Scientometrics*, v. 27, n. 2, pp. 119–143.

<http://dx.doi.org/10.1007/BF02016546>

**Cantos-Mateos, Gisela; Vargas-Quesada, Benjamín; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; Zulueta, María-Ángeles** (2012)

"Stem cell research: bibliometric analysis of main research areas through KeyWords plus". *Aslib proceedings*, v. 64, n. 6, pp. 561–590.

<http://digital.csic.es/handle/10261/62888?locale=es>

<http://dx.doi.org/10.1108/00012531211281698>

**Cantos-Mateos, Gisela; Vargas-Quesada, Benjamín; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; Zulueta, María-Ángeles** (2013).

"Estudio comparativo sobre la visualización de redes de co-words a través de los descriptores del *Science citation index* y *Medline*". En: *I Congresso ISKO Espanha e Portugal / XI Congresso ISKO Espanha*, Oporto (Portugal), 7–9 nov. 2013, pp. 173–189.

<http://digital.csic.es/handle/10261/89290>

<http://dx.doi.org/10.1080/00387019808003304>

**Chen, Chaomei; Ibekwe-SanJuan, Fidelia; Hou, Jianhua** (2010). "The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 61, n. 7, pp. 1386–1409.

<http://arxiv.org/pdf/1002.1985.pdf>

<http://dx.doi.org/10.1002/asi.21309>

**Chen, Dar-Zen; Huang, Mu-Hsuan; Hsieh, Hui-Chen; Lin, Chang-Pin** (2011). "Identifying missing relevant patent citation links by using bibliographic coupling in LED illuminating technology". *Journal of informetrics*, v. 5, n. 3, pp. 400–412.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2011.02.005>

**De-Moya-Anegón, Félix; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; Corera-Álvarez, Elena; Gómez-Crisóstomo, Rocío; González-Molina, Antonio; Muñoz-Fernández, Francisco-José; Vargas-Quesada, Benjamín** (2007a).

*Indicadores bibliométricos de la actividad científica española: 1990–2004*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt). ISBN: 84 690 5059 0

<http://eprints.rclis.org/16646>

**De-Moya-Anegón, Félix; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; Core-ra-Álvarez, Elena; Gómez-Crisóstomo, Rocío; Hassan-Montero, Yusef; Vargas-Quesada, Benjamín** (2009).

*Indicadores bibliométricos de la actividad científica española: 2007*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt).

[http://icono.fecyt.es/informesypublicaciones/Documents/indicadores\\_bibliometricos\\_2007.pdf](http://icono.fecyt.es/informesypublicaciones/Documents/indicadores_bibliometricos_2007.pdf)

**De-Moya-Anegón, Félix; Vargas-Quesada, Benjamín; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; Corera-Álvarez, Elena; Muñoz-Fernández, Francisco José; Herrero-Solana, Víctor** (2007b).

"Visualizing the marrow of science". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, n. 14, pp. 2167–79.

<http://digital.csic.es/handle/10261/78646>

<http://dx.doi.org/10.1002/asi.20683>

**De-Moya-Anegón, Félix; Vargas-Quesada, Benjamín; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; Corera-Álvarez, Elena; Muñoz-Fernández, Francisco José; Herrero-Solana, Víctor** (2006).

"Visualización y análisis de la estructura científica española: *ISI Web of Science* 1990–2005". *El profesional de la información*, v. 15, n. 4, pp. 258–269.

<http://eprints.rclis.org/8632>

**Ding, Ying; Chowdhury, Gobinda G.; Foo, Schubert** (2001). "Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis". *Information processing & management*, v. 37, n. 6, pp. 67–78.

<http://core.kmi.open.ac.uk/display/9015701>



[http://dx.doi.org/10.1016/S0306-4573\(00\)00051-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0306-4573(00)00051-0)

EuroStemCell, iCeMS, Elsevier (2013). "Stem cell research. Trends and perspectives on the evolving international landscape". [http://www.eurostemcell.org/files/Stem-Cell-Report-Trends-and-Perspectives-on-the-Evolving-International-Landscape\\_Dec2013.pdf](http://www.eurostemcell.org/files/Stem-Cell-Report-Trends-and-Perspectives-on-the-Evolving-International-Landscape_Dec2013.pdf)

**Gábor, Csárdi** (2006). "Dynamics of citation networks". En: *Artificial neural networks - Icnan 2006, 16<sup>th</sup> Intl conf*, Athens, Greece, Sept. 10-14, pp. 698-709.

**Garfield, Eugene** (1990). "Keywords Plus-ISI's breakthrough retrieval method. Part 1. Expanding your searching power on Current contents on diskette". *Current contents*, v. 1, n. 32, pp. 5-9. <http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/v13p295y1990.pdf> <http://dx.doi.org/10.1007/s00338-008-0431-2>

**Garfield, Eugene; Sher, Irving H.** (1993). "Keywords Plus™ – Algorithmic derivative indexing". *Journal of the American Society for Information Science*, v. 44, n. 5, pp. 298-299. [http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/jasis44\(5\)p298y1993.html](http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/jasis44(5)p298y1993.html) [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199306\)44:5%3C298::AID-ASI5%3E3.0.CO;2-A](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199306)44:5%3C298::AID-ASI5%3E3.0.CO;2-A)

**Glänzel, Wolfgang; Thijs, Bart** (2011). "Using 'core documents' for the representation of clusters and topics". *Scientometrics*, July, v. 88, n. 1, pp. 297-309. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-011-0347-4>

**Hammond, John** (1949). "Recovery and culture of tubal mouse ova". *Nature*, v. 163, n. 4131, pp. 28-29. <http://dx.doi.org/10.1038/163028b0>

**Kamada, Tomihisa; Kawai, Satoru** (1989). "An algorithm for drawing general undirected graphs". *Information processing letters*, v. 31, n. 1, April, 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)

**Kessler, Meyer-Mike** (1963). "Bibliographic coupling between scientific papers". *American documentation*, v. 14, n. 1, pp. 10-25. <http://dx.doi.org/10.1002/asi.5090140103>

**Lee, Woo-Hyoung** (2008). "How to identify emerging research fields using scientometrics: an example in the field of information security". *Scientometrics*, v. 76, n. 3, pp. 503-525. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-007-1898-2>

**Leydesdorff, Loet; Rafols, Ismael** (2009). "A global map of science based on the ISI subject categories". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 60, n. 2, pp. 348-362. <http://arxiv.org/pdf/0911.1057.pdf> <http://dx.doi.org/10.1002/asi.20967>

**Leydesdorff, Loet; Rafols, Ismael; Chen, Chaomei** (2013). "Interactive overlays of journals and the measurement of interdisciplinarity on the basis of aggregated journal-journal citations". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 64, n. 12, pp. 2573-2586. <http://arxiv.org/pdf/1301.1013.pdf> <http://dx.doi.org/10.1002/asi.22946>

**Leydesdorff, Loet; Schank, Thomas** (2008). "Dynamic animations of journal maps: indicators of structural change and interdisciplinary developments". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 59, n. 11, pp. 1810-1818. <http://arxiv.org/pdf/0911.1437v1.pdf>

**Leydesdorff, Loet; Schank, Thomas; Scharnhorst, Andrea; De Nooy, Wouter** (2008). "Animating the development of social networks over time using a dynamic extension of multidimensional scaling". *El profesional de la información*, nov.-dic., v. 17, n. 6, pp. 611-626. <http://www.elprofesionalde lainformacion.com/contenidos/2008/noviembre/04.pdf> <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2008.nov.04>

**Leydesdorff, Loet; Welbers, Kasper** (2011). "The semantic mapping of words and co-words in contexts". *Journal of informetrics*, July, v. 5, n. 3, pp. 469-475. <http://arxiv.org/pdf/1011.5209v2.pdf> <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2011.01.008>

**Rafols, Ismael; Porter, Alan L.; Leydesdorff, Loet** (2010). "Science overlay maps: a new tool for research policy and library management". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 61, n. 9, pp. 1871-1887. <http://www.leydesdorff.net/overlaytoolkit/overlaytoolkit.pdf> <http://dx.doi.org/10.1002/asi.21368>

**Rip, Arie; Courtial, Jean-Pierre** (1984). "Co-word maps of biotechnology: An example of cognitive scientometrics". *Scientometrics*, v. 6, n. 6, pp. 381-400. <http://doc.utwente.nl/57102/1/co-word.pdf> <http://dx.doi.org/10.1007/BF02025827>

**Romo-Fernández, Luz M.; Guerrero-Bote, Vicente P.; De-Moya-Anegón, Félix** (2013). "Co-word based thematic analysis of renewable energy (1990-2010)". *Scientometrics*, v. 97, n. 3, pp. 743-765. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-013-1009-5>

**Small, Henry; Upham, Phineas** (2009). "Citation structure of an emerging research area on the verge of application". *Scientometrics*, v. 79, n. 2, pp. 365-375. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0424-0>

**Soos, Sandor; Kampis, George; Gulyás, László** (2013). "Large-scale temporal analysis of computer and information science". *The European physical journal special topics*, v. 222, n. 6, pp. 1441-1465. <http://dx.doi.org/10.1140/epjst/e2013-01936-6>

**Takahashi, Kazutoshi; Tanabe, Koji; Ohnuki, Mari; Narita, Megumi; Ichisaka, Tomoko; Tomoda, Kiichiro; Yamanaka, Shinya** (2007). "Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors". *Cell*, v. 131 n. 5, pp. 861-872. <http://images.cell.com/images/Edimages/Cell/IEPs/3661.pdf> <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2007.11.019>

**Takahashi, Kazutoshi; Yamanaka, Shinya** (2006). "Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors". *Cell*, v. 126, n. 4, pp. 663-676. [http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(06\)00976-7](http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(06)00976-7)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2006.07.024>

**Van-Eck, Nees-Jan; Waltman, Ludo** (2010). "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping". *Scientometrics*, v. 84, n. 2, pp. 523-38.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2883932>  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

**Van-Raan, Anthony F. J.; Tijssen, Robert J. W.** (1993). "The neural net of neural network research. An exercise in bibliometric mapping". *Scientometrics*, v. 26, n. 1, pp. 169-192.  
<http://dx.doi.org/10.1007/BF02016799>

**Vargas-Quesada, Benjamín; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; González-Molina, Antonio; De-Moya-Anegón, Félix** (2010). "Showing the essential science structure of a scientific domain and its evolution". *Information visualization*, v. 9, n. 4, pp. 288-300.  
<http://www.ugr.es/~benjamin/showing.pdf>  
<http://dx.doi.org/10.1057/ivs.2009.33>

**Vargas-Quesada, Benjamín; De-Moya-Anegón, Félix; Chinchilla-Rodríguez, Zaida; Corera-Álvarez, Elena; Guerrero-Bote, Vicente** (2008). "Development of the Spanish scientific landscape: ISI Web of science 1990-2005". *El profesional de la información*, v. 17, n. 1, pp. 22-37.  
[http://eprints.rclis.org/16683/1/evolucion\\_estructura\\_cientifica\\_espa%C3%B1ola.pdf](http://eprints.rclis.org/16683/1/evolucion_estructura_cientifica_espa%C3%B1ola.pdf)  
<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2008.ene.03>

**Wasserman, Stanley; Faust, Katherine** (1998). *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 97 805 1181 5478.  
<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511815478>

**White, Howard D.** (2003). "Pathfinder networks and author co-citation analysis: a remapping of paradigmatic information scientists". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 54, n. 5, pp. 423-34.  
<http://dx.doi.org/10.1002/asi.10228>

**White, Howard D.; Griffith, Berver C.** (1981). "Author co-citation: a literature measure of intellectual structure". *Journal of the American Society for Information Science*, mayo,

v. 32, n.3, pp. 163-171.

<http://dx.doi.org/10.1002/asi.4630320302>

**White, Howard D.; McCain, Katherine W.** (1998). "Visualizing a discipline: an author co-citation analysis of information science, 1972-1995". *Journal of the American Society for Information Science*, v. 49, n. 4, pp. 327-375.  
<http://comminfo.rutgers.edu/~kantor/601/Readings2004/Week2/w2r2.PDF>  
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(19980401\)49:4%3C327::AID-ASIA4%3E3.0.CO;2-4](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(19980401)49:4%3C327::AID-ASIA4%3E3.0.CO;2-4)

**Wilmut, Ian; Schnieke, Angelika E.; McWhir, Jim; Kind, Alexander J.; Campbell, Keith H. S.** (1997). "Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells". *Nature*, v. 385, n. 6619, pp. 810-813.  
<http://dx.doi.org/10.1038/385810a0>

**Zhao, Dangzhi; Strotmann, Andreas** (2011). "Intellectual structure of stem cell research: a comprehensive author co-citation analysis of a highly collaborative and multidisciplinary field". *Scientometrics*, v. 87, n. 1, pp. 15-131.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-010-0317-2>

**Zitt, Michel; Bassecouard, Elise** (1996). "Reassessment of co-citation methods for science indicators: effect of methods improving recall rates". *Scientometrics*, v. 37, n. 2, pp. 223-244.  
<http://dx.doi.org/10.1007/BF02093622>

**Zitt, Michel; Lelu, Alain; Bassecouard, Elise** (2011). "Hybrid citation-word representations in science mapping: Portolan charts or research fields?" *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 62, n. 1, pp. 19-39.  
<http://dx.doi.org/10.1002/asi.21440>

**Zulueta, María-Ángeles; Cantos-Mateos, Gisela; Sánchez, Carmen; Vargas-Quesada, Benjamín** (2011). "Research involving women and health in the Medline database, 1965-2005. Co-term analysis and visualization of main lines of research". *Scientometrics*, v. 88, n. 3, pp. 679-706.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-011-0455-1>

**Máster Universitario en**  
**Gestión de Información en las Organizaciones**  
Facultad de Comunicación y Documentación de la Universidad de Murcia  
Grupo semipresencial en la Universidad Autónoma Metropolitana de México Unidad Xochimilco



Preinscripción 2014/2015:  
• 1ª fase: 18 de febrero - 2 de mayo de 2014  
• 2ª fase: 1 - 18 de julio de 2014  
• 3ª fase: 15 - 26 de septiembre de 2014

Más información:  
<http://www.um.es/web/comunicacion>

UNIVERSIDAD DE MURCIA

