

# Red social de colaboración de las universidades españolas con investigación en Ingeniería Química

María Isabel Escalona Fernández \*  
Antonio Pulgarín Guerrero  
María Pilar Lagar Barbosa \*\*

*Artículo recibido:*  
25 de mayo de 2010.  
*Artículo aceptado:*  
17 de agosto de 2010.

## RESUMEN

El presente trabajo analiza la red social de colaboración científica de las universidades españolas que realizan investigación en el área de “Ingeniería Química”. La red se construye con base en los documentos publicados en el *Web of Science* durante un periodo de 7 años. Se utiliza el análisis de redes sociales por considerarla como la mejor metodología para conocer la capacidad de colaboración, difusión y transmisión de nuevos conocimientos entre las universidades. Se estudia la cohesión y densidad de la Red, la posición de centralidad de las universidades como principales actores y la posible existencia de subgrupos dentro de

\* Universidad de Extremadura, Cáceres, España. escalona@unex.es

\*\* Los dos autores pertenecen a la Universidad de Extremadura, Badajoz, España. (Antonio: pulgarin@unex.es); (María: mplagar@alcazaba.unex.es).

la red. Los datos se analizan con el software UCINET 6.258 y NetDraw 2.091. Se incorpora al estudio, el índice-H alcanzado por cada una de las universidades como indicador de la repercusión y el impacto científico de su investigación.

**Palabras Claves:** colaboración científica, análisis de redes sociales, universidad española, ingeniería química, índice-H.

## ABSTRACT

### **Scientific collaboration social network in the field of chemical engineering in spanish universities**

*María Isabel Escalona Fernández; Antonio Pulgarín Guerrero and María Pilar Lagar Barbosa*

This paper analyzes the scientific collaboration social network of Spanish universities within the field of chemical engineering. The network consists of documents published on the Web of Science over a period of seven years. The study employs social network analysis as the most appropriate approach for understanding the capacity for collaboration, dissemination and transfer of knowledge between universities. The paper examines network cohesion and density, the role and degree of centrality of universities in these processes and the existence of sub-groups within the social network. Data gathered was analyzed using the UCINET 6.258 and NetDraw 2.091 software. Each university's H-index score is reported as an indicator of the impact of the research.

**Keywords:** scientific collaboration, social network analysis, Spanish university, chemical engineering, H-index.

## INTRODUCCIÓN

Para la "American Institute of Chemical Engineers" (AIChE) la Ingeniería Química es "el campo de la actividad humana en que los conocimientos de las Ciencias Físicas y Naturales, y de la Economía se aplican a fines útiles". La Ingeniería Química está bien establecida en España y tanto su enseñanza

como su investigación han progresado sustancialmente en las dos últimas décadas. La industria química española incluye más de 3.700 empresas con unos 135.000 empleados y experimentó un crecimiento del 4% anual en los primeros años del milenio. La Ingeniería Química es aquella rama de la ingeniería que se dedica al estudio, síntesis, desarrollo, diseño, operación y optimización de todos aquellos procesos industriales que producen cambios físicos, químicos y/o bioquímicos en los materiales. La IQ se fundamenta en las matemáticas, la física y la química, pero sus operaciones se desarrollan sobre la base de los conocimientos aportados por otras ciencias como la biología, la geología, la economía, etcétera, así como por otras ramas de la ingeniería. Este compendio de conocimientos multidisciplinares hace que la colaboración científica adquiera un valor predominante en el desarrollo y avance de esta ciencia. La ingeniería química participa no sólo en la industria química que le es propia sino en otros sectores industriales como la minería, la metalurgia, los materiales de construcción, la tecnología de los alimentos, el tratamiento de vertidos y residuos, la producción de energía, etc. Este campo de aplicación es consecuencia de la interrelación de esta disciplina con otras muchas áreas de la ciencia y de la técnica. Los aspectos relacionados con el medio ambiente constituyen un apartado de particular importancia, no sólo desde el punto de vista de minimizar el impacto ambiental, sino también con la perspectiva de mejorar la eficacia, productividad, seguridad y calidad de los procesos químicos. La ingeniería química se divide en tres grandes sectores: Operaciones básicas; Ingeniería de las reacciones e Ingeniería de procesos.

El papel del ingeniero químico, que es muy productivo en términos de publicaciones, se orienta al estudio del cambio de la composición, o del estado físico o del contenido energético que experimentan los materiales en el proceso industrial.

Son múltiples los motivos que llevan a un investigador a trabajar y publicar en equipo, y tal vez los más plausibles sean la especialización y el aumento de la eficacia del investigador; esto es, la profesionalización (Beaver and Rosen, 1978).

Desde hace varias décadas los responsables en política científica han mostrado un interés creciente por impulsar la colaboración científica entre instituciones, ya que esta mejora tanto la transferencia como la difusión de resultados. Por tanto reforzar la colaboración entre países, dentro de la Unión Europea, como instrumento de cohesión y convergencia viene volviéndose un punto prioritario en política científica (Maltrás y Quintanilla, 1995).

La publicación científica es el vehículo a través del cual se dan a conocer y se difunden los nuevos conocimientos, y por tanto el camino más fácil para

cuantificar y analizar la colaboración científica entre científicos, universidades, países o áreas de conocimiento.

Price y Beaver (1966) fueron de los primeros investigadores en utilizar las relaciones de coautoría para investigar las estructuras sociales y su influencia en la ciencia, y, más concretamente, en las redes de comunicación.

Price (1963) y Crane (1972) introdujeron y desarrollaron el concepto de “Colegios Invisibles”. Diane Crane presentó la idea de “Colegios invisibles” como redes informales de comunicación que tenían alguna forma de organización social. Destacó también la importancia de individuos claves en la difusión de la información a través de todo el campo, y el hecho de que estos individuos eran miembros de “Colegios Invisibles” de élite. Los “Colegios Invisibles” o redes de los autores más productivos son un aspecto importante en la organización social de un área de investigación porque son aquellos que tienden a vincular a los grupos independientes de colaboradores y a promover el desarrollo de un campo.

La colaboración científica contribuye a la creación de conocimiento y su posterior difusión, por ello, el científico o centro de investigación bien posicionado dentro de una red de colaboración recibirá la información más rápidamente y también de mayor calidad (Lambiotte y Panzarasa, 2009).

Desde hace varios años se vienen empleando las redes sociales para analizar la colaboración científica (Jansen, von Gortz, Heidler, 2010; Hou, Kretschmer, Liu, 2008; Valderrama, Gonzalez, Valderrama, Aleixandre, Miguel, 2007). Sin embargo son escasos en esto los estudios sobre un área tan importante para el desarrollo tecnológico y económico del país como es la “Ingeniería Química”.

Peters, Hartmann y Van Raan (1988) describen una forma de llevar a cabo un seguimiento en los avances científicos de la “ingeniería química”, determinando los autores de aquellas publicaciones escritas por científicos reconocidos internacionalmente que son más citadas que otras donde escriben científicos menos conocidos. En 1991, Peters y Van Raan llevaron a cabo un análisis de colaboración en varias áreas, e incluyeron a la ingeniería química.

Recientemente se ha propuesto un índice denominado “Índice-H” para valorar la trayectoria investigadora de un científico, que se basa en el número de citas que han recibido sus trabajos (Hirsch, 2005), lo que muestra la solidez y calidad de la investigación de un autor (Van Raan, 2006). El índice-H puede ser aplicado a instituciones o países, y se basa en el número de publicaciones analizadas.

A diferencia de los análisis tradicionales donde los resultados se centran en cuantificar el número de colaboraciones, el análisis de redes sociales permite analizar una “comunidad científica” en su conjunto, valorando a aquellos

investigadores o instituciones que están mejor relacionados o que poseen mayor influencia sobre el resto de la comunidad.

El análisis de redes sociales (ARS) intenta identificar y analizar la estructura y el comportamiento de una determinada relación social basándose en la teoría de grafos, puesto que es fácil trasladar y aplicar el vocabulario y análisis matemático al estudio de las distintas redes sociales (Wasseman y Faust, 1994). Un grafo está formado por nodos (universidades o países en este estudio) y por líneas que los conectan (colaboraciones en este caso). Las líneas o vínculos que conectan a los distintos nodos pueden ser orientados (en un único sentido) o recíprocos (en ambos sentidos), el primer caso se representa por una flecha con único sentido; y en el segundo, será representado por una flecha con doble punta. Los vínculos en un grafo podrán ser representados de forma binaria o nominal (si existe o no presencia); de forma ordinaria (si el vínculo es más o menos fuerte), o ponderado (según un intervalo o valor promedio).

A través del ARS es posible identificar la estructura general de la red y obtener una medida relativa para su posterior comparación con otras redes. El estudio de la centralidad de la red a través de algoritmos como grado, proximidad o cercanía y mediación, identificarán la posición que ocupan los distintos actores (universidades) o grupos de ellos con respecto al conjunto de la red, o con otros actores. También el ARS detecta los diferentes grupos a los que pertenece un actor (universidad), proporcionando un subgrafo(s) en el cual todos los nodos están conectados entre sí (Hanneman, 2010; Luce y Perry, 1949; Bron y Kerbosch, 1973).

En 1974 Czepiel usó el concepto de centralidad para explicar las pautas de difusión de una innovación tecnológica en la industria del acero, descubriendo que las compañías que ocupaban posiciones más centrales en una red de comunicaciones informales entre empresas, eran las que antes adoptaban un nuevo proceso de fundición. Según Czepiel la centralidad les proporcionaba una ventaja tecnológica.

El objetivo de este trabajo es visualizar y analizar la estructura colaborativa de las universidades españolas que investigan en el área de “Ingeniería Química”, como una red social, observar cómo se interrelacionan unas universidades con otras, y también su comportamiento colaborativo con otros países. Partiendo de la producción científica de las distintas universidades españolas, se pretende estudiar, por un lado, la estructura general de la “comunidad científica” en Ingeniería Química entre universidades, y por el otro la posición que las distintas universidades, o grupo de ellas, ocupan en el conjunto de la comunidad científica.

## METODOLOGÍA

El estudio tiene como objetivo analizar la estructura social de la investigación en “Ingeniería Química” de las universidades españolas. Esta estructura social está fundamentada en la colaboración científica que existe entre las distintas universidades.

Para la obtención de los datos se ha considerado como unidad de análisis, la publicación científica; y como fuente de información el *Web of Science* (*WoS*) de Thomson Reuters. Se descartó la base de datos SCOPUS de Elsevier por su alto traslapamiento con el *Web of Science* (Escalona, Lagar y Pulgarín, 2010). En España, gracias a una iniciativa del Ministerio de Ciencia e Innovación la base de datos *Web of Science* (*WoS*) es de acceso gratuito para toda la comunidad científica y tecnológica desde el 1 de Enero de 2004; se trata de la base de datos más valorada por todas las instituciones de evaluación de la actividad científica del país.

En la búsqueda de *WoS* se recuperaron aquellos documentos (artículos y reviews) publicados por investigadores de ingeniería química en España, durante un periodo de tiempo de 7 años.

La estrategia de búsqueda está basada en el campo de la dirección de los autores que aparecen en el campo “address” de *WoS* (Pulgarín, Escalona y Lagar, en prensa). Los resultados fueron exportados al gestor de bibliografía “Endnote Web”. Se analizaron 4.648 documentos publicados entre los años 2000 y 2006, ambos inclusive.

Para el cálculo del índice-H se ordenaron los documentos de cada una de las universidades en orden descendiente de número de citas recibidas, se enumeró e identificó el punto en el que el número de orden coincidía con el de citas recibidas por documento (Hirsch, 2005). De este modo, se obtuvo un índice-H para cada una de las universidades españolas implicadas en el estudio, independientemente de sus colaboraciones nacionales o internacionales.

Para estudiar la colaboración dentro del área se elaboraron 2 matrices, una con la colaboración entre las universidades (matriz cuadrada de rango 52X52); y otra para la colaboración de las universidades con el exterior (matriz modo-2, formada por 47 universidades y 56 países). Cada celda de la matriz se corresponde con el número de documentos publicados conjuntamente. Cuando un mismo documento ha sido publicado en colaboración con varias instituciones tanto nacionales como internacionales, esta colaboración ya fue cuantificada en cada una de las instituciones o países firmantes en el documento.

En la matriz nacional han sido incorporadas 5 universidades españolas que aunque no tienen un departamento o área específica de investigación en

“ingeniería química”, se presentan como universidades colaboradoras en los documentos analizados, estas universidades son: Universidad Internacional de Cataluña (UIC), Universidad Pompeu Fabra (UPF), Universidad Pontificia de Comillas (UPCO), Universidad San Pablo CEU (UCEU) y la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Las matrices se analizaron con el software UCINET 6.258 (Borgatti, Everett and Freeman, 2002) y NetDraw 2.091 (Borgatti, 2002).

Para realizar una primera aproximación a la estructura de la red se estudia el nivel de cohesión, analizando su densidad (Doreian, 1974; Burt, 1976), la distancia media entre nodos y el nivel de alcanzabilidad de unas universidades con otras en términos de colaboración científica (Doreian, 1974).

Un análisis de las medidas de centralidad permite conocer la posición de cada universidad dentro de la estructura de la red (Freeman, 1979), para ello se calculan los siguientes indicadores que mostrarán aquellas universidades más centrales, más prestigiosas y con una mayor actividad desde el punto de vista de la colaboración:

*Rango o grado nodal (degree)*: es el número de colaboraciones directas de una universidad; es decir, con cuántas universidades se encuentran directamente conectadas.

*Grado de intermediación (betweenness)*: es la frecuencia con que aparece una universidad en el tramo más corto que conecta a otras dos (Freeman, Borgatti y White, 1991). Este indicador muestra aquellas universidades que son intermediarias entre otras dos del mismo grupo y que nunca han colaborado entre sí. Las universidades con mayor intermediación están aquí en una situación de poder, ya que controlan los flujos de comunicación.

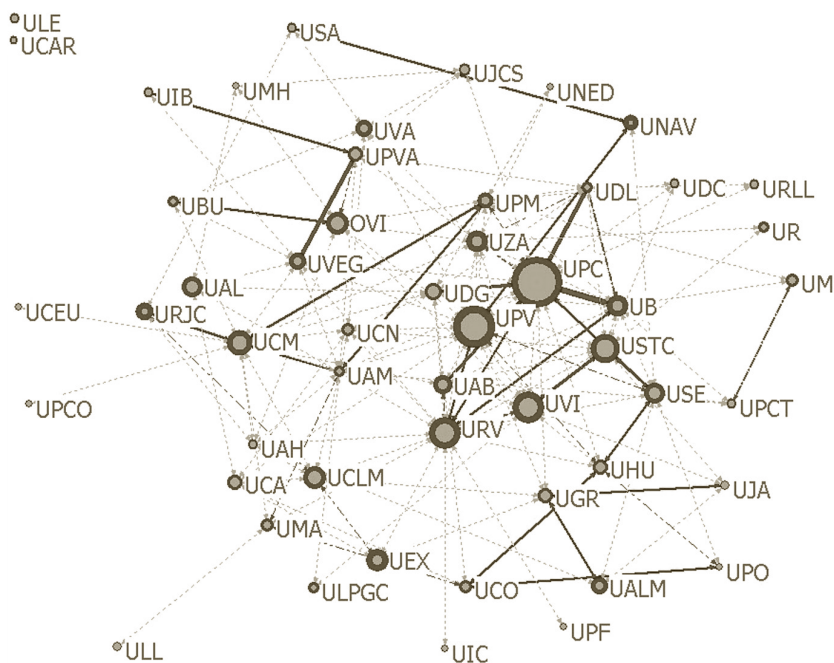
*Cercanía (closeness)*: mide la distancia media de cada universidad con respecto al resto de universidades de la red.

Se analizan los posibles grupos o subgrafos dentro de la red (cliques). El programa Ucinet utiliza el algoritmo de Bron y Kerbosch (1973) para encontrar todos los cliques o subgrupos dentro de una red. Un Clique es un conjunto de nodos, en nuestro caso universidades, que tienen todos los vínculos posibles entre ellas (Luce y Perry, 1949).

Para la colaboración internacional se obtiene una matriz modo-2 puesto que se analiza la colaboración española hacia el exterior, de ahí que los enlaces entre los nodos vayan en un único sentido (Borgatti y Everett, 1997).

## RESULTADOS

### *Red social de colaboración nacional entre universidades españolas*



**Fig. 1:** Red social de colaboración nacional en "Ingeniería Química"

La *Figura 1* muestra la representación gráfica de la red social de colaboración nacional en "ingeniería química" de las universidades españolas, donde los nodos representan las distintas universidades y los enlaces muestran el número de colaboraciones, su grosor está en función del número de éstas. Las líneas de puntos muestran aquellas colaboraciones menores a 5; la línea discontinua las colaboraciones entre 5 y 10 y las líneas continuas las colaboraciones mayores a 10. Se han incorporado al nodo de cada universidad, como dos atributos de la red, el número de registros analizados y su índice-H; a mayor número de registros analizados el nodo es más grande, y el grosor de su anillo muestra el Índice-H alcanzado por la universidad en los registros analizados (*Anexo I*).

Se obtuvieron 3 componentes o subgrafos en los cuales es posible encontrar un camino entre cualquiera de los nodos, 1 de ellos cuenta con 50 nodos y representa un porcentaje de la red del 96,2%; y los otros dos están formados cada uno de ellos por un único nodo aislado, la Universidad de León (ULE) y la Universidad de Cartagena (UCAR) con un porcentaje del 1,9% cada uno.



La densidad media de la red mide la proporción de lazos o vínculos existentes en relación con los posibles. Se obtiene así una densidad media de 63,95%. La distancia media (*average distance*) que existe entre dos nodos mide el esfuerzo que debe hacer una universidad para colaborar con otra, siendo esta distancia de un valor de 2,322, es la distancia media más corta que hay entre dos universidades. El indicador “reachability” indica qué universidades son alcanzables (directa o indirectamente) por otras tomando en cuenta la colaboración. Dentro de la red de colaboración no son alcanzables la Universidad de León y la Universidad de Cartagena; estas dos universidades se muestran dentro de la red como nodos aislados.

### *Rango o grado nodal (degree)*

El *Anexo II* muestra las 20 universidades que han alcanzado mayor rango o grado nodal (degree), entre las que destacan, la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), la Universidad de Barcelona (UB), la Universidad Rovira i Virgili (URV) y la Universidad del País Vasco (UPV). Si se observa el rango normalizado (NrmDegree) (*Anexo II*), la UPC supera con creces el porcentaje de conexiones sobre el total de la red con un 6,112% de conexiones, y se posiciona dentro de la red como la universidad más conectada dentro del grupo.

La estadística descriptiva muestra información acerca del rango dentro de la red, así, el rango promedio de la red “Mean” es de 32.615 y los valores oscilan entre 240 y 0, el mayor y menor número de colaboraciones.

### *Intermediación (Betweenness)*

Las universidades con mayor grado de intermediación son La Universidad Rovira i Virgili (URV), La Universidad Complutense de Madrid (UCM), La Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la Universidad del País Vasco (UPV). La *Figura 2* es una representación gráfica de las 10 universidades que presentan un mayor nivel de intermediación. La URV es la universidad con un mayor nivel de intermediación se muestra en una posición de puente entre universidades que no han colaborado nunca juntas. Hay que destacar también la posición de la UB, la que mientras en el grado nodal ocupaba la 2ª posición como universidad con mayor número de colaboraciones, pasó a ocupar la posición número 14 en niveles de intermediación (*Anexo II*).

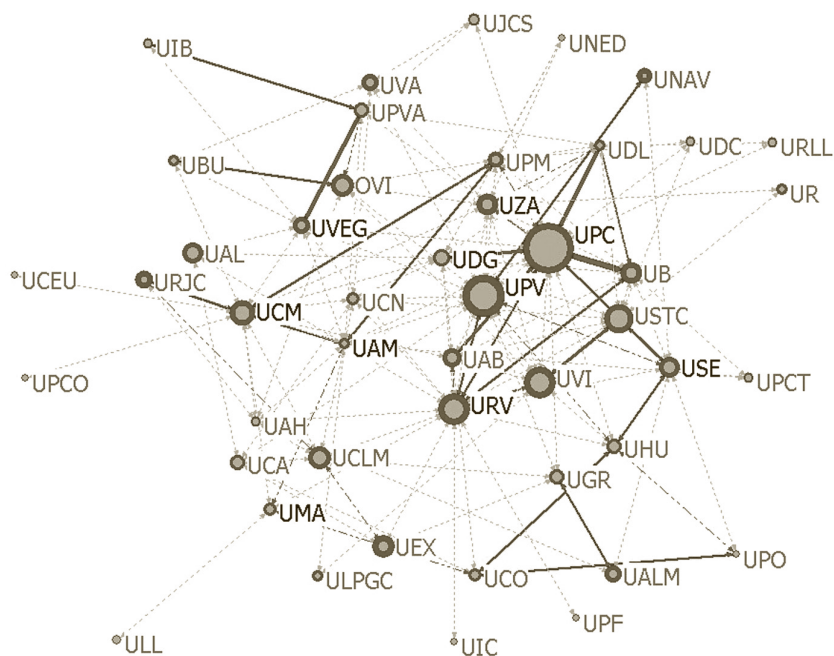


Fig. 2: Red social de colaboración nacional de las 10 Universidades más intermediarias: URV, UCM, UPC, UPV, UAM, UZA, USE, UVEG, UMA, UDG.

### *Cercanía (Closenes)*

Para conocer la capacidad que tiene una universidad de colaborar con las demás se calcula el grado de cercanía de las distintas universidades con respecto a las demás. Los indicadores mayores sugieren que existe una mayor capacidad de colaboración. Unos valores altos de intermediación junto a valores de cercanía también elevados, hacen pensar en actores (universidades) muy importantes.

En el *Anexo II* se muestran las medidas de cercanía (*Closeness*) ordenadas de mayor a menor, en donde las universidades con mayor capacidad de colaboración son la URV, UPC y UPV. Destacan por su posición relevante las universidades UAM y UZA. La Universidad Autónoma de Madrid (UAM) con un grado nodal de 50.000 (posición número 13), pasó a ser la 4ª en términos de cercanía o capacidad de colaboración con el resto de universidades; la Universidad de Zaragoza (UZA) pasó de la posición número 22 en términos de grado nodal a la posición número 5 en términos de cercanía, y todo ello debido a sus colaboraciones con universidades que tienen una alta centralidad como la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la Universidad del País Vasco (UPV).

### Subgrupos (Cliques)

Evaluando la estructura de la red con un mínimo de 4 componentes se obtienen un total de 21 cliques (*Tabla 1*), de los cuales 7 de ellos están formados por 5 componentes.

**Tabla 1:** Cliques localizados con un mínimo de 4 componentes

Cliques encontrados						Cliques encontrados					
1	UAB	UPC	URV	UVI	UPV	12	USE	UB	URV	USTC	
2	UHU	UPC	URV	UVI	UPV	13	UZA	OVI	UVI	UPV	
3	UZA	UPC	URV	UVI	UPV	14	UB	UDG	UDL	UPC	
4	UHU	USE	UPC	URV	UPV	15	UZA	UB	UDL	UPC	
5	UPC	URV	UPV	UVEG		16	UB	UDL	UPC	UPM	
6	UAB	UB	UDG	UPC	URV	17	UB	UDG	UDL	USTC	
7	UZA	UB	UPC	URV		18	UCLM	UAH	UAM	UCM	URJC
8	USE	UB	UPC	URV		19	UPC	UAM	UPM	UPV	
9	UCN	UDG	URV	USTC		20	UPC	UAM	UPV	UVEG	
10	UAB	UB	UDG	URV	USTC	21	UPC	UAM	UPVA	UVEG	
11	UAB	URV	USTC	UVI							

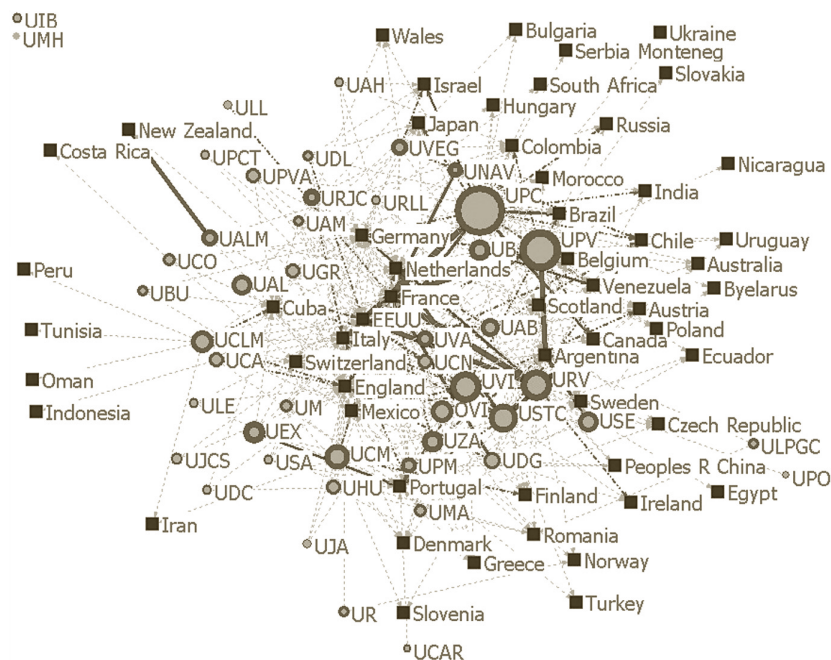
Un análisis de la diagonal de la matriz de superposiciones (*Co-Membership Matrix*) muestra el número de cliques diferentes a los que pertenece cada universidad (*Tabla 2*), la UPC junto con la URV son las universidades que forman parte de un mayor número de cliques, 14 y 12 respectivamente, mientras que un total de 30 universidades quedan fuera de los 21 cliques o subgrupos detectados.

**Tabla 2:** Núm. de cliques a los que pertenece cada universidad.

Universidades	Núm. de cliques	Universidades	Núm. de cliques
UPC	14	USE	3
URV	12	UVEG	3
UB	9	UHU	2
UPV	8	UPM	2
UDG	5	OVI	1
USTC	5	UCN	1
UVI	5	UCLM	1
UZA	4	UAH	1
UAB	4	UCM	1
UDL	4	URJC	1
UAM	4	UPVA	1

### Red de Colaboración internacional de las universidades españolas

La *Figura 3* muestra la representación gráfica de la Red de Colaboración internacional de las universidades españolas, todas las universidades colaboran a excepción de la Universidad de Illes Balears (UIB) y la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH), ambas universidades se muestran como nodos sueltos dentro de la red.



**Fig. 3:** Red social de colaboración internacional en “Ingeniería Química” de las universidades españolas.

Los nodos representan las distintas universidades y países; y los enlaces el número de colaboraciones, el grosor de las cuales está en función del número de éstas. Al igual que en la colaboración nacional las líneas de puntos muestran aquellas colaboraciones menores a 5; la línea discontinua las colaboraciones entre 5 y 10 y las líneas continuas las colaboraciones mayores a 10. Se han incorporado al nodo de cada universidad el número de registros analizados y su índice-H alcanzado, como dos atributos (*Anexo I*); a mayor número de registros analizados el nodo es más grande, y el grosor de su anillo está en función del Índice-H obtenido por la universidad en los registros analizados.

Se obtiene una red con 3 componentes, 2 de ellos formados por una única universidad o nodo aislado, la Universidad de Illes Balears (UIB) y la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH).

**Cohesión (2-mode cohesion)**

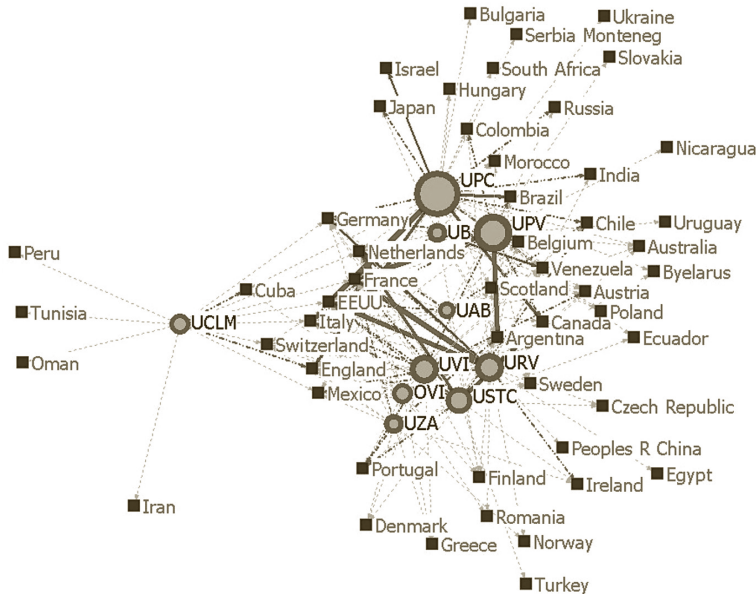
La *Tabla 3* muestra la cohesión de la red de colaboración internacional. La densidad (*density*) de la matriz es del 15%, y la distancia geodésica (Avg Dist) es de 2.659. La red está fragmentada ya que es mayor a 0.

**Tabla 3:** Medidas de Cohesión de la red de colaboración internacional.

Density	Avg Dist	Radius	Diameter	Fragmenta	Transitiv	Norm Dist
0.151	2.659	3.000	5.000	0.039	0.449	0.586

**Medidas de Centralidad (2-mode centrality)**

Al tratarse de una matriz modo-2, el análisis de la centralidad de la red muestra por separado las medidas de centralidad para las universidades (*Anexo III*) y los diferentes países (*Anexo IV*). La *Figura 4* muestra las 10 universidades con mayor grado nodal (*degree*), entre las que destaca la UCLM con un



**Fig. 4:** Red social de colaboración internacional de las 10 universidades con mayor rango o grado nodal: UPC, URV, USTC, UPV, OVI, UAB, UB, UVI, UZA, UCLM.



principios del milenio, lo que la hizo resaltar como una herramienta útil para desarrollar, mejorar y potenciar esta área de la ciencia.

### *Colaboración Nacional*

El estudio muestra una universidad española bastante cohesionada en el área de la ingeniería química, pues prácticamente todas las universidades se encuentran, directa o indirectamente, relacionadas. Los resultados muestran a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) con una posición privilegiada para controlar y difundir la información hacia el resto de las universidades. La Universidad Rovira y Virgili (URV) y la Universidad Complutense de Madrid (UCM) se muestran como universidades puente entre otras que nunca han colaborado entre sí. La metodología pone de manifiesto, además, la importancia de estar bien relacionado, prueba de lo cual son las posiciones alcanzadas por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y la Universidad de Zaragoza (UZA), las que pese a que el número de sus colaboraciones no es muy alto, están muy bien relacionadas, gracias a sus colaboraciones con la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y la UPV (Universidad del País Vasco).

De los 21 grupos de colaboración obtenidos 7 están formados por grupos de 5 universidades y el resto por 4. Nuevamente, son la UPC y la URV las universidades que pertenecen al mismo tiempo, a un número mayor de grupos, 14 y 12 respectivamente. De las 52 universidades implicadas en el estudio, 30 no pertenecen a ninguno de los grupos de colaboración existentes, por lo que sería necesario establecer mecanismos de acercamiento de estas universidades con alguno de estos grupos de colaboración.

### *Colaboración Internacional*

De cara al exterior, la UPC sigue siendo la universidad predominante dentro de la red, en todos sus aspectos de centralidad; es la que mayor número de colaboraciones presenta; es la universidad que se presenta como universidad puente entre otras universidades y la que tiene mayor capacidad de colaboración. Otras universidades que también destacan con una posición relevante dentro de la red social internacional son la Universidad de Santiago de Compostela (USTC) y la Universidad de Castilla la Mancha (UCLM). Países como Inglaterra, Alemania, Francia y Estados Unidos son los preferidos en términos de colaboración por las universidades españolas. También destacan en la red internacional las colaboraciones con países latinoamericanos como México, Argentina y Cuba.

## Índice-H

Se introduce en el análisis el índice-H alcanzado por cada una de las universidades como indicador de la repercusión y el impacto científico de su investigación. Este indicador ha sido calculado en función de los documentos analizados en el periodo de 7 años. Las universidades con mayor visibilidad en términos de centralidad son también las que alcanzan un índice-H más elevado, la UPV, la UPC y la URV con un índice-H de 23, 21 y 21 respectivamente. En este aspecto, destaca la Universidad de Extremadura (UEX) con un índice-H de 20 (ocupando la posición cuarta), sin embargo esta universidad no destaca en términos de centralidad y además no pertenece a ninguno de los 21 grupos de colaboración detectados dentro de la red. Este dato pone de manifiesto la importancia de este estudio como herramienta propiciadora para gestionar e incitar la colaboración científica entre universidades, así como detectar las posibles fortalezas y debilidades de los grupos de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Beaver, D.; Rosen, R., "Studies in scientific collaboration: Part I-The professional origins of scientific co-authorship", en *Scientometrics*, v. 1, pp. 65-84, 1978.
- Borgatti, S.P., *NetDraw: Graph Visualization Software*, Harvard, Analytic Technologies, 2002.
- Borgatti, S.P.; Everett, M.G., "Network analysis of 2-mode data", en *Social Networks*, v.19, pp. 243-269, 1997.
- Borgatti, S.P.; Everett, M.G.; Freeman, L.C., *Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis*, Harvard, Analytic Technologies, 2002.
- Bron, C.; Kerbosch, J., "Finding all cliques of an undirected graph", *Comm of the ACM* v. 16, pp. 575-577, 1973.
- Burt, R., "Positions in networks", en *Social Forces*, v. 55, pp. 93-122, 1976.
- Crane, D., *The Invisible Colleges: Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*, University of Chicago Press, Chicago, IL, 1972.
- Czepiel, J.A., "Word of mouth processes in the diffusion of a major technological innovation", en *Journal of Marketing Research*, v. 11, pp.172-180, 1974.
- Doreian, P., "On the connectivity of social networks", en *Journal of Mathematical Sociology*, v. 3, pp. 245-258, 1974.
- Escalona-Fernández, M.I.; Lagar-Barbosa, P.; Pulgarín-Guerrero, A., "Web of Science vs. Scopus: un estudio cuantitativo en ingeniería química", en *Anales de Documentación*, v. 13 (en prensa), 2010.



- Freeman, L.C., "Centrality in Social Networks: Conceptual clarification", en *Social Networks*, v.1, pp. 215-239, 1979.
- Freeman, L.C.; Borgatti, S.P.; White, D.R., "Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow", en *Social Networks*, v. 13, pp. 141-154, 1991.
- Hanneman, R.A., "Introducción a los métodos de análisis de redes sociales", Departamento de Sociología de la Universidad de California Riverside, versión en castellano en red: <http://www.redes-sociales.net> [consultado el 5 de Mayo de 2010].
- Hirsch, J.E., "An index to quantify an individual's scientific research output", en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 102, núm. 46 pp. 16569-16572, 2005.
- Hou, H.; Kretschmer, H; Liu, Z., "The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics", en *Scientometrics*, v. 75, núm. 2, pp. 189-202, 2008.
- Jansen, D.; von Gortz, R.; Heidler, R., "Knowledge production and the structure of collaboration networks in two scientific fields", *Scientometrics*, v. 83, núm 1, pp. 219-241, 2010.
- Lambiotte, R.; Panzarasa, P., "Communities, knowledge creation, and information diffusion", en *Journal of Informetrics*, v. 3, núm. 3, pp. 180-190, 2009.
- Luce, R.; Perry, A., "A method of matrix analysis of group structure", en *Psychometrika*, v.14, pp. 95-116, 1949.
- Maltrás, B.; Quintanilla, M.A., *Indicadores de la producción científica: España, 1986-1991*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1995.
- Peters, H.P.F.; Van Raan, A.F.J., *Co-word Based Maps of Chemical Engineering*, Research Report to the Netherlands Foundation for Technological Research (STW), Research Report CWTS-91-03, Centre for Science and Technology Studies, Leiden, (116 pp), 1991.
- Peters, H.P.F.; Hartmann, D.; Van Raan, A.F.J. "Monitoring Advances in Chemical Engineering", en Egghe, L.; Rousseau, R. (Editors), *Informetrics* 87/88, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 175-195, 1988.
- Price, D.J. de Solla; Beaver, D., "Collaboration in an invisible college", en *American Psychologist*, v. 21, pp. 1011-1018, 1966.
- Price, D.J. de Solla, *Little Science, Big Science*, New York, Columbia University Press, 1963.
- Pulgarín-Gerrero, A.; Lagar-Barbosa, M.P.; Escalona-Fernández, M.L., "Colaboración científica de la ingeniería química en las universidades españolas", en *Revista General de Información y Documentación* (Aparecerá).
- Valderrama-Zurian, J.C.; González-Alcaide, G.; Valderrama-Zurian, F.J., Aleixandre-Benavent, R.; Miguel-Dasit, A., "Coauthorship networks and institutional collaboration in Revista Española De Cardiología publications", en *Revista Española de Cardiología*, núm. 60, v. 2, pp. 117-130, 2007.

Van Raan, A.F.J., "Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups", en *Scientometrics*, p. 67, núm. 3, pp. 491-502, 2006.

Wasserman, S.; Faust, K., *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

## ANEXOS

Anexo I. Acrónimos de las Universidades Españolas,  
índice-H y Número de registros analizados.

	Universidades	Índice-H	Número de registros
OVI	Universidad de Oviedo	13	183
UAB	Universidad de Autónoma de Barcelona	13	122
UAH	Universidad de Alcalá	5	20
UAL	Universidad de Alicante	15	138
UALM	Universidad de Almería	13	79
UAM	Universidad Autónoma de Madrid	8	39
UB	Universidad de Barcelona	16	140
UBU	Universidad de Burgos	8	39
UCA	Universidad de Cádiz	10	77
UCAR	Universidad Carlos III de Madrid	5	13
UCLM	Universidad de Castilla-La Mancha	15	163
UCM	Universidad Complutense de Madrid	18	213
UCN	Universidad de Cantabria	8	73
UCO	Universidad de Córdoba	9	70
UDC	Universidad de A Coruña	7	38
UDG	Universidad de Girona	9	105
UDL	Universidad de Lleida	8	41
UEX	Universidad de Extremadura	20	154
UGR	Universidad de Granada	9	93
UHU	Universidad de Huelva	10	88
UIB	Universidad de Illes Balears	7	22
UJA	Universidad de Jaén	3	17
UJCS	Universidad Jaime I de Castellón	7	60
ULE	Universidad de León	7	28
ULL	Universidad de La Laguna	4	26
ULPGC	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	9	43
UM	Universidad de Murcia	8	58
UMA	Universidad de Málaga	10	61
UMH	Universidad Miguel Hernández de Elche	1	5
UNAV	Universidad Pública de Navarra	17	52
UPC	Universidad Politécnica de Cataluña	21	583

	Universidades	Índice-H	Número de registros
UPCT	Universidad Politécnica de Cartagena	6	30
UPM	Universidad de Politécnica de Madrid	12	77
UPO	Universidad Pablo de Olavide	3	11
UPV	Universidad del País Vasco	23	448
UPVA	Universidad Politécnica de Valencia	9	100
UR	Universidad de La Rioja	8	33
URJC	Universidad Rey Juan Carlos	17	94
URLL	Universidad Ramón Llull	5	16
URV	Universidad Rovira i Virgili	21	303
USA	Universidad de Salamanca	6	30
USE	Universidad de Sevilla	15	149
USTC	Universidad de Santiago de Compostela	17	272
UVA	Universidad de Valladolid	13	80
UVEG	Universidad de Valencia Estudi General	14	99
UVI	Universidad de Vigo	19	302
UZA	Universidad de Zaragoza	17	141

**Anexo II.** Medidas de centralidad de la red social de colaboración nacional de las 20 universidades con mayor grado nodal (degree).

	Degree	NrmDegree		Betweenness	nBetweenness		Farness	nCloseness
UPC	240.000	6.112	URV	217.778	17.081	URV	186.000	27.419
UB	116.000	2.954	UCM	152.661	11.973	UPC	188.000	27.128
URV	90.000	2.292	UPC	148.685	11.662	UPV	189.000	26.984
UPV	75.000	1.910	UPV	114.164	8.954	UAM	195.000	26.154
UCM	73.000	1.859	UAM	100.042	7.846	UZA	196.000	26.020
UPVA	68.000	1.732	UZA	72.245	5.666	UCM	198.000	25.758
UDL	62.000	1.579	USE	64.238	5.038	UDG	198.000	25.758
UVI	60.000	1.528	UVEG	59.830	4.693	USTC	200.000	25.500
USTC	60.000	1.528	UMA	58.733	4.607	UVI	200.000	25.500
UVEG	58.000	1.477	UDG	56.744	4.451	UAB	200.000	25.500
USE	54.000	1.375	UPM	56.305	4.416	UCN	201.000	25.373
UDG	54.000	1.375	USTC	52.955	4.153	UB	201.000	25.373
UAM	50.000	1.273	UVI	45.414	3.562	UVEG	202.000	25.248
UPM	46.000	1.171	UB	40.691	3.191	UPM	204.000	25.000

	Degree	NrmDegree		Betweenness	nBetweenness		Farness	nCloseness
UAB	46.000	1.171	OVI	39.626	3.108	USE	204.000	25.000
UHU	46.000	1.171	UAH	29.711	2.330	UCLM	207.000	24.638
UCO	43.000	1.095	UCLM	29.267	2.295	OVI	208.000	24.519
UNAV	42.000	1.070	UVA	28.589	2.242	UAH	208.000	24.519
UGR	36.000	0.917	UCN	25.292	1.984	UHU	209.000	24.402
OVI	35.000	0.891	UPVA	24.580	1.928	UPVA	211.000	24.171

**Anexo III.** Medidas de centralidad de la red social de colaboración internacional de las 20 universidades con mayor grado nodal (degree).

	Degree		Closeness		Betweenness		Eigenvector
UPC	0.536	UPC	0.740	UPC	0.144	UPC	0.322
URV	0.446	URV	0.712	URV	0.102	URV	0.294
USTC	0.357	USTC	0.685	UPV	0.076	USTC	0.275
UPV	0.339	UPV	0.673	UCLM	0.072	UAB	0.251
OVI	0.304	OVI	0.667	USTC	0.057	UVI	0.248
UAB	0.286	UVI	0.655	UB	0.044	OVI	0.243
UB	0.286	UAB	0.649	OVI	0.033	UPV	0.243
UVI	0.286	UB	0.649	UCM	0.032	UB	0.211
UZA	0.232	UZA	0.643	UZA	0.024	UZA	0.196
UCLM	0.232	UCM	0.643	UVI	0.024	UCM	0.194
UCM	0.232	UCLM	0.627	UCA	0.023	UCLM	0.185
UVA	0.196	UVA	0.617	UGR	0.022	UVA	0.172
UVEG	0.196	UGR	0.612	UAB	0.022	UM	0.143
UGR	0.179	UCA	0.607	UCO	0.020	UCA	0.139
UMA	0.179	UDG	0.607	UVEG	0.020	UMA	0.137
UDG	0.179	UMA	0.602	UMA	0.016	URJC	0.137
USE	0.161	UPM	0.602	UDG	0.016	UGR	0.135
UCN	0.161	URJC	0.602	UPM	0.014	UDG	0.135
URLL	0.161	UM	0.602	UVA	0.013	USE	0.132
UPM	0.161	UVEG	0.602	URJC	0.013	UCN	0.129

**Anexo IV.** Medidas de centralidad de la red social de colaboración internacional de los 20 países que presentan mayor grado nodal (degree).

	Degree		Closeness		Betweenness		Eigenvector
England	0.617	England	0.822	England	0.115	England	0.343
Germany	0.532	Germany	0.797	France	0.087	Germany	0.323
France	0.511	France	0.789	Germany	0.087	France	0.320
USA	0.511	USA	0.789	USA	0.084	USA	0.306
Italy	0.447	Italy	0.766	Italy	0.077	Italy	0.281
Portugal	0.383	Netherlands	0.730	Portugal	0.045	Netherlands	0.238
Netherlands	0.362	Mexico	0.686	Netherlands	0.042	Portugal	0.223
Mexico	0.298	Argentina	0.674	Argentina	0.030	México	0.200
Argentina	0.277	Cuba	0.657	México	0.028	Argentina	0.181
Cuba	0.277	Portugal	0.657	Sweden	0.028	Switzerland	0.172
Switzerland	0.255	Canada	0.641	Cuba	0.026	Canada	0.156
Sweden	0.234	Venezuela	0.641	Switzerland	0.016	Sweden	0.151
Belgium	0.191	Belgium	0.636	Belgium	0.008	Venezuela	0.151
Brazil	0.191	Brazil	0.636	Brazil	0.008	Belgium	0.147
Canada	0.191	Sweden	0.636	Canada	0.008	Brazil	0.139
Venezuela	0.191	Switzerland	0.631	Colombia	0.008	Cuba	0.139
Greece	0.170	Scotland	0.625	Venezuela	0.008	Austria	0.126
Scotland	0.170	Colombia	0.621	Morocco	0.007	Finland	0.120
Austria	0.149	Austria	0.611	Romania	0.007	Scotland	0.113
Colombia	0.149	Morocco	0.611	Scotland	0.007	Denmark	0.111

