



# EL MODELO DE INNOVACIÓN TRIPLE HÉLICE

## Un análisis de la producción científica

The Triple Helix Model of Innovation: An Analysis of Scientific Production

CARMEN GÁLVEZ

Universidad de Granada, España

---

### KEYWORDS

*Triple Helix  
Innovation  
Knowledge economy  
Science policy  
Bibliometrics*

---

### ABSTRACT

*This paper analyzes the scientific production on the Triple Helix model, based on the interaction between university-industry-government, which highlights the relevance of the role of universities in the transition from an industrial society to another based on knowledge. Bibliometric indicators and factor analysis techniques were used. A total of 593 publications indexed in the central collection of Web of Science (WoS) were retrieved, from 1993 to 2022. The most productive authors, countries, institutions and journals, the manuscripts with the greatest impact and the thematic and conceptual structure in the scientific field analyzed.*

---

### PALABRAS CLAVE

*Triple Hélice  
Innovación  
Economía del conocimiento  
Política científica  
Bibliometría*

---

### RESUMEN

*En este trabajo se analiza la producción científica sobre el modelo de la Triple Hélice, basado en la interacción entre universidad-industria-gobierno, el cual resalta la relevancia del rol de las universidades en la transición de una sociedad industrial hacia otra basada en el conocimiento. Se utilizaron indicadores bibliométricos y técnicas de análisis factorial. Se recuperaron un total de 593 publicaciones indexadas en la colección central de Web of Science (WoS), desde 1993 hasta 2022. Se identificaron los autores, países, instituciones y revistas más productivas, los manuscritos con mayor impacto y la estructura temática y conceptual en el campo científico analizado.*

---

Recibido: 12/ 05 / 2022

Aceptado: 17/ 07 / 2022

## 1. Introducción

La innovación se ha convertido en uno de los aspectos más importantes a estudiar en la transición de la sociedad industrial a otra basada en el conocimiento. La gestión adecuada del conocimiento es la clave para que las organizaciones y los países mejoren su competitividad y logren un mayor desarrollo tecnológico. En la literatura académica, aparecieron dos marcos conceptuales para abordar los problemas de la innovación en la sociedad del conocimiento: el Triángulo de Sábato (1975) y el Modelo de la Triple Hélice (TH) (Etzkowitz & Leydesdorff, 1995). El Triángulo científico-tecnológico, también denominado Triángulo de Sábato (1975), sostiene que, para que exista una estructura científico-tecnológica productiva, es necesario la presencia de tres agentes: 1) un gobierno, o estado, como diseñador y ejecutor de la política científica; 2) una infraestructura científico-tecnológica, como sector tecnológico; y 3) un sector productivo, como demandante de la tecnología. No obstante, la mera existencia de estos actores no es suficiente para el éxito de esta estructura científico-tecnológica, se requiere, además, que estos tres actores estén relacionados de manera permanente (Sábato y Botana, 1968; Sábato, 1975; Sábato & Mackenzie, 1982). De acuerdo con Sábato y Botana (1968), en el vértice superior del triángulo se encuentra el gobierno, que desempeña un rol institucional y cuyo objetivo es el de formular políticas y movilizar recursos hacia los vértices de la estructura productiva e infraestructura científico-tecnológica. El gobierno sería el encargado de desarrollar los procesos legislativos y administrativos. Con respecto a la infraestructura científico-tecnológica, este vértice se compone de un complejo sistema de elementos articulados e interrelacionados que tienen una vinculación estrecha con los pilares de la economía basada en el conocimiento. Y, por último, el sector productivo se configuraría como el conjunto de actores que proveen los bienes y los servicios que demanda la sociedad. Con este paradigma se adelanta la necesaria relación entre el gobierno, la infraestructura científico-tecnológica y el sector productivo para coordinar esfuerzos e impulsar la innovación de un país.

Por su parte, el modelo Triple Hélice (TH), propuesto por Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorff (1995, 1998), se basa en las interacciones universidad-industria-gobierno para fomentar el desarrollo económico y social, por un lado, las universidades dedicadas a la investigación básica, por otro, las industrias que producen bienes comerciales y, por último, los gobiernos que regulan los mercados (Etzkowitz & Leydesdorff, 1998). En este modelo, se asigna una importancia destacada a la universidad. Esta relevancia es el resultado de un proceso histórico de cambios en el papel de la educación superior que se han producido en diferentes revoluciones académicas. La interpretación evolutiva del modelo TH implica que la universidad, el gobierno y la industria están aprendiendo a fomentar el crecimiento económico a través del desarrollo de relaciones recíprocas, que persisten a lo largo del tiempo, y que dan lugar a cambios en el modo en que los agentes implicados llegan a concebir su entorno y la manera de actuar dentro de él (Leydesdorff & Etzkowitz, 1997). En la sociedad del conocimiento, el modelo que mejor representa la producción de conocimiento es el modelo TH. Esto significa que los investigadores deben tomar en cuenta de manera sistemática las tres esferas institucionales en el momento de estudiar la dinámica de producción del conocimiento y de la innovación. La TH está inspirada en un modelo espiral de innovación, que capta las múltiples y recíprocas relaciones entre las diferentes etapas del proceso de capitalización del conocimiento (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). El modelo TH se representa por medio de tres esferas que se superponen, y la universidad se encuentra en la esfera que juega un papel estratégico en la generación de relaciones con las restantes esferas de la industria y el gobierno. A su vez, los vínculos entre las tres esferas han dado lugar a nuevas instituciones intermediarias, como oficinas de transferencia de investigación y tecnología o parques científicos. El modelo de cooperación que propone la TH evolucionó a un sistema que incluiría una cuarta hélice, configurada por el usuario de la innovación. Así, la denominada Cuádruple Hélice (CH) incorpora la inclusión de la comunidad, sociedad civil o público, como agente de desarrollo al mismo nivel que la universidad, la industria y el gobierno (Carayannis & Campbell, 2009; Carayannis & Rakhmatullin, 2014; Singer, 2000), de tal forma que en la estructura científico-tecnológica intervendrían cuatro agentes: universidad-industria-gobierno-público. Siguiendo con el esto, el modelo de innovación de la Quintuple Hélice (QH) integraría adicionalmente la hélice de los entornos naturales de la sociedad (Carayannis & Campbell, 2009, 2010; Carayannis & Rakhmatullin, 2014), teniendo en cuenta cinco esferas esenciales: universidad-industria-gobierno-público-medio ambiente.

En general, los modelos anteriores representan sistemas de innovación, que convergen en la necesidad de que la sociedad del conocimiento no se limite a la interacción dinámica de los tres estamentos principales mencionados, sino a la integración de distintos sistemas sociales que generan nuevos modelos productivos que permitan materializar las innovaciones en el momento que éstas se presenten (Amable, Barré & Boyer, 2008). Debido a que el estudio de la relación universidad-industria-gobierno se fortalece cada vez más, y constituye una herramienta valiosa que sirve como base para el análisis del contexto empresarial, tecnológico y educativo desde diferentes perspectivas, los objetivos de este trabajo fueron aplicar técnicas bibliométricas para analizar y visualizar el impacto de la producción científica de los modelos de las hélices de innovación para responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuáles son las publicaciones científicas más relevantes?
- ¿Quiénes son los investigadores más relevantes?
- ¿Qué países son los que tienen mayor producción científica?

- ¿Cuáles son las instituciones más relevantes?
- ¿Cuáles son los documentos más citados y fundacionales en el área?
- ¿Cuáles son los principales frentes de investigación?

## 2. Material y Métodos

Se realizó un análisis bibliométrico mediante la aplicación de métodos cuantitativos y estadísticos a la literatura científica indexada en bases de datos internacionales de información bibliográfica. Los estudios bibliométricos se fundamentan básicamente en el análisis cuantitativo de los datos estadísticos extraídos de la literatura publicada, utilizando dos tipos de medidas básicas (Van Raan, 2005): a) indicadores unidimensionales (basados en técnicas estadísticas univariadas, dedicadas a analizar o medir una única característica de los documentos seleccionados, sin tener en cuenta ningún vínculo que pudiera haber entre ellos); b) indicadores multidimensionales (basados en técnicas estadísticas multivariadas, o multivariantes, dedicadas a analizar o medir de forma simultánea diferentes unidades de análisis o variables observadas en los documentos seleccionados). Los procesos involucrados en la metodología utilizada en este estudio fueron los siguientes: 1) obtención de los datos; 2) análisis de datos utilizando indicadores unidimensionales y multidimensionales; 3) visualización de datos; y 4) interpretación de los resultados.

La fuente de información fue la base de datos *Web of Science* (WoS) (Clarivate Analytics, Philadelphia, PA, USA). La elección de WoS se debió a que proporciona numerosas herramientas de análisis para procesar los datos y ofrece información de investigación altamente precisa. Dentro de la colección principal de WoS, los datos se obtuvieron de las bases de datos *Science Citation Index Expanded* (SCI-EXPANDED), *Social Sciences Citation Index* (SSCI) y *Arts & Humanities Citation Index* (A&HCI) y *Emerging Sources Citation Index* (ESCI). La estrategia de búsqueda empleada consistió en seleccionar en el campo palabras clave de autor (AK, *Author's Keywords*) (Zhang et. al., 2016): (AK = („helix“) AND AK=(„innovation OR innovations OR industry or industries OR university OR universities OR government OR governments OR business“)). La búsqueda en WoS se realizó el 31 de mayo de 2022. En la Tabla 1 se muestra el diseño de la ecuación de búsqueda. Se recuperaron un total de 593 documentos publicados entre el 1993 y 2022. Las características específicas evidenciaron lo siguiente: 123 documentos contaron con autores únicos y 470 con autoría múltiple, con un total de participación de 1306 autores, así como un promedio de autores por documento de 2.2, un índice de colaboración de 2.54 y 1761 palabras clave de autor.

**Table 1.** Estrategia de búsqueda en WoS (Clarivate Analytics, Philadelphia, PA, USA)

Base de datos	Período	Búsqueda	Resultados	Fecha de Búsqueda
Web of Science Colección Principal: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI	1993-2022	Author Keywords = („helix“) AND („innovation“ OR „innovations“ OR „industry“ OR „industries“ OR „university“ OR „universities“ OR „government“ OR „governments“ OR „business“)	593	31 mayo 2022

Fuente: Elaboración propia.

Para identificar las revistas más productivas y los artículos de mayor impacto se aplicaron indicadores unidimensionales, utilizando dos medidas: 1) indicadores de dispersión para determinar las publicaciones que constituyen el núcleo del área estudiada; y 2) indicadores de impacto para medir la influencia de los trabajos publicados en el campo. Dentro de los primeros indicadores, se aplicó el modelo de Bradford (Bradford, 1985), conocido como la ley bibliométrica de dispersión de la literatura, con la finalidad de identificar las revistas más productivas, que se encuentran a su vez en el núcleo de las revistas más especializadas. La ley bibliométrica de dispersión de la literatura establece la siguiente premisa: si las revistas científicas se ordenaran en una secuencia decreciente de productividad de artículos sobre un tema dado, éstas podrían dividirse en un núcleo de revistas dedicadas más específicamente a ese tema. Esta ley trata de demostrar que, en la producción de artículos en las revistas seleccionadas, existe una distribución altamente desigual (donde la mayoría de los artículos están concentrados en una pequeña población de revistas, mientras que una pequeña proporción de artículos se dispersa sobre una alta cantidad de revistas). Por otra parte, se aplicó otro indicador unidimensional de impacto: *h-index*, o índice-*h*, (Hirsch, 2005), como una métrica que equipara en un solo indicador la cantidad de publicaciones y las citas recibidas por ella, combinando, por tanto, productividad con impacto. Se trata de un indicador bibliométrico de extraordinaria simplicidad, pero muy eficaz para medir la trayectoria de investigadores, revistas e instituciones. El índice-*h* (Hirsch, 2005), aplicado a un investigador, se calcula como el número *h* de trabajos que han sido citados al menos *h* veces (por ejemplo, un *h=15* significa que un autor tiene 15 publicaciones que han sido citadas cada una de ellas al menos quince veces, este cálculo sólo requiere ordenar los documentos de un autor en orden descendente del número de citas recibidas, numerándolos, e identificar el punto en que el número de orden

es menor o igual con el de citas recibidas por el documento). En el caso de las revistas científicas, este índice se definiría como la cantidad de revistas con un número de citaciones mayor o igual a  $h$ . En este trabajo, con la aplicación del índice- $h$  se caracterizó tanto la producción científica de los investigadores como de las revistas en el campo analizado.

Para la identificación de la estructura conceptual y temática del campo se utilizaron indicadores bibliométricos multidimensionales a través de dos procedimientos: 1) análisis factorial, como técnica de reducción de la dimensionalidad de los datos; y 2) técnicas de agrupación (*clustering*) para identificar los grupos de documentos que expresen los conceptos comunes. Como método de reducción de la dimensionalidad se realizó un análisis factorial (Fernández, 2011), consistente en un procedimiento estadístico de reducción de datos capaz de sintetizar una gran cantidad de información en un número reducido de dimensiones. El análisis factorial está basado en métodos estadísticos muy complejos, pero se trata de una técnica exploratoria muy intuitiva. Este tipo de análisis permite representar cada uno de los valores posibles, de cada una de los conceptos seleccionadas, en un plano donde la posición relativa de cada concepto representa el grado de asociación entre ellos. Como sucede con otras técnicas estadísticas multivariantes de reducción de dimensiones (tales como escalamiento multidimensional, análisis de correspondencia o análisis de correspondencia múltiple) se consiguió hacer un mapa, de una realidad compleja y multidimensional, capaz de representarse en un plano bidimensional. Primero, se seleccionaron los conceptos a partir de las palabras clave de autor y se limitó el número de conceptos a representar a 50. A continuación, se realizó un análisis para clasificar los conceptos en grupos, conglomerados o clúster, que fueran lo más homogéneos posibles dentro de cada grupo y, a su vez, heterogéneos entre sí. La estrategia para definir los grupos se basó en el análisis de clúster  $k$ -medias (*k-means*) (Hartigan & Wong, 1979) o análisis de conglomerados no jerárquicos. El análisis clúster de  $k$ -medias es un procedimiento diseñado para asignar los casos identificados a un número fijo de grupos, su objetivo es maximizar la homogeneidad dentro de cada grupo. Previamente, este tipo de análisis requiere conocer el número exacto de clústeres, por eso la elección correcta del número de grupos ( $k$ ) puede llegar a ser ambigua y compleja. En este trabajo, el número de clústeres o agrupamientos se fijó en tres ( $k=3$ ). Con la aplicación de los indicadores multidimensionales se obtuvo la estructura conceptual y temática del área de estudio, que nos proporcionó los principales frentes de investigación.

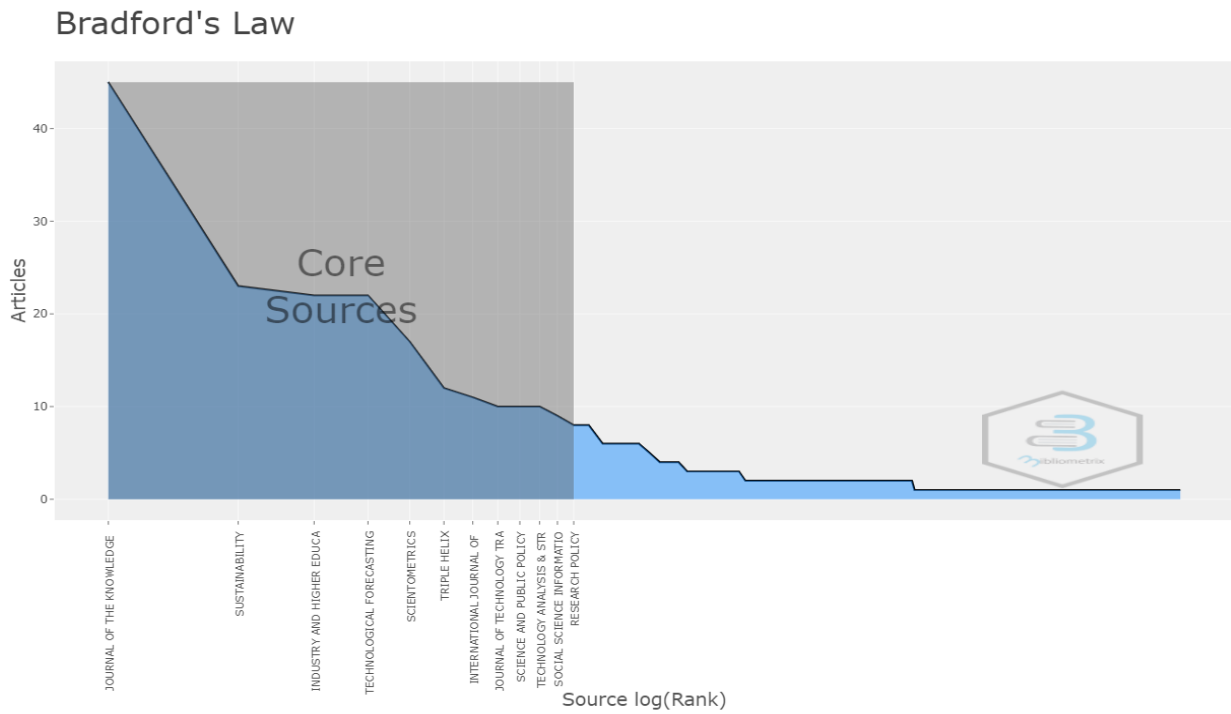
Para el procesamiento estadístico y descriptivo de los datos, así como para la identificación conceptual se empleó el paquete R Bibliometrix versión 4.1.0 y la aplicación Biblioshiny (interfaz web de Bibliometrix) (Aria & Cuccurullo, 2017). Se trata de una herramienta de código abierto, desarrollada en R, que incluye los principales métodos de análisis bibliométricos.

### 3. Resultados

#### 3.1. Resultados del análisis de las fuentes

En relación a las revistas que constituyen el núcleo del área estudiada, según la ley de Bradford (1985), se identificaron en las siguientes publicaciones, en orden decreciente de productividad (Figura 1): *Journal of the Knowledge Economy* (45 artículos), *Sustainability* (23 artículos), *Industry and Higher Education* (22 artículos), *Technological Forecasting and Social Change* (22 artículos), *Scientometrics* (17 artículos), *Triple Helix* (12 artículos), *International Journal of Technology Management* (11 artículos), *Journal of Technology Transfer* (10 artículos), *Science and Public Policy* (10 artículos), *Technology Analysis & Strategic Management* (10 artículos), *Social Science Information Sur Les Sciences Sociales* (9 artículos), *Research Policy* (8 artículos).

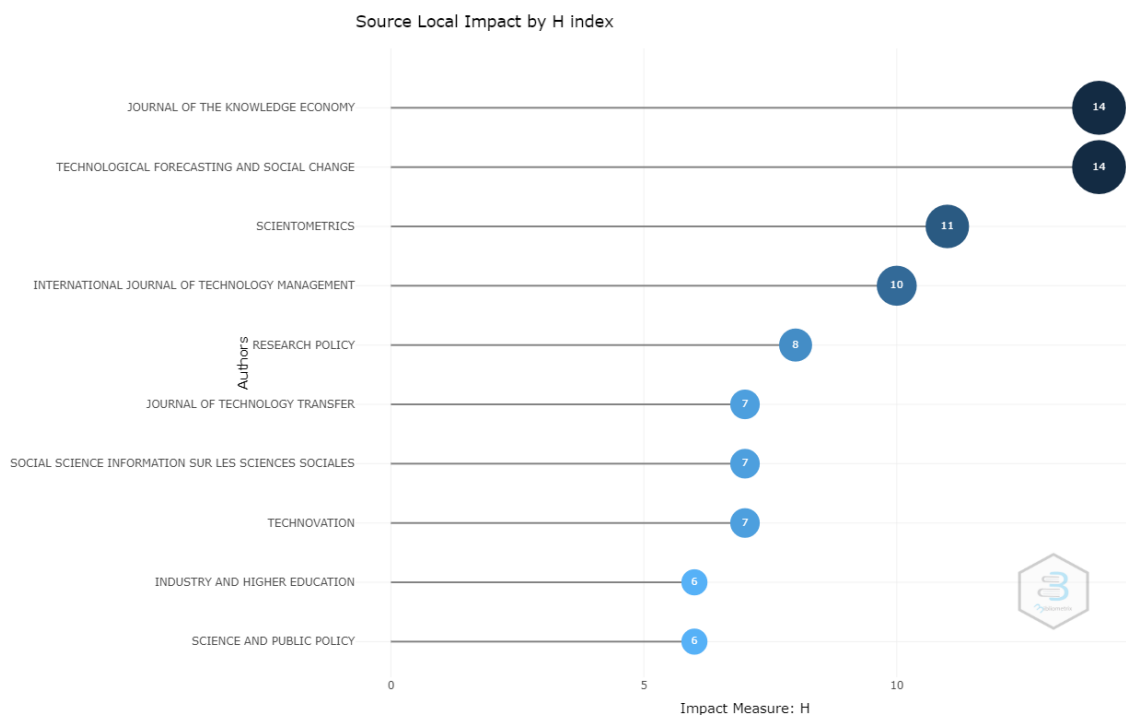
Figura 1. Núcleo de revistas, en orden decreciente de productividad de artículos



Fuente: Elaboración propia.

Con la aplicación del índice-h a las revistas se obtuvieron las publicaciones más destacadas en el campo. En la Figura 2 se muestran las diez revistas reordenadas de mayor a menor en función del número de citas recibidas y la cantidad de la producción científica. Destacaron las siguientes publicaciones: *Journal of the Knowledge Economy* (h=14), *Technological Forecasting and Social Change* (h=14), *Scientometrics* (h=11) o *International Journal of Technology Management* (h=10).

Figura 2. Las 10 primeras revistas, en orden decreciente, según el índice-h

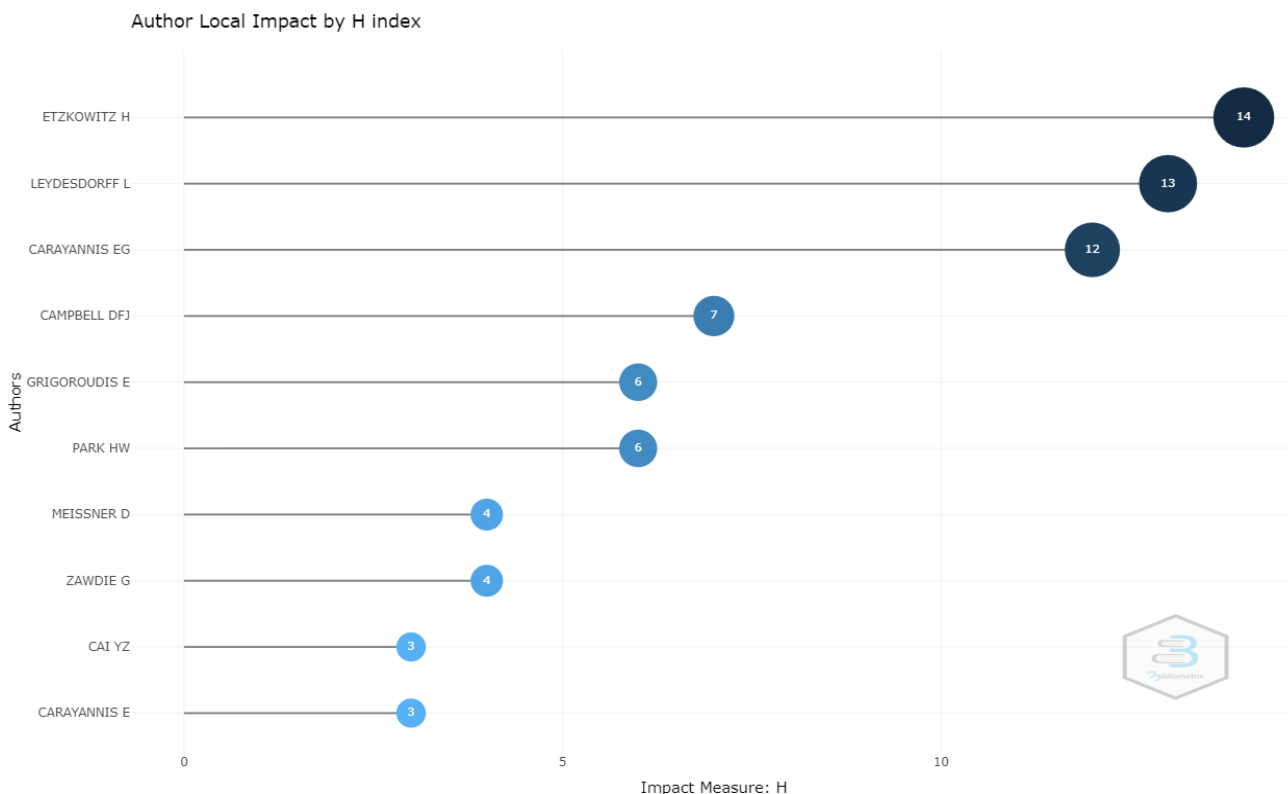


Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Resultados del análisis de los autores, afiliaciones y países

Los investigadores más destacados en el campo, a partir de la aplicación del índice-*h*, se muestran en la Figura 3. En las primeras posiciones se encontraron las contribuciones de los siguientes investigadores: H. Etzkowitz (Universidad de Stanford, USA), seguido de L. Leydesdorff (Universidad de Amsterdam, Países Bajos), E. G. Carayannis (Universidad de Washington, USA), D. F. J. Campbell (Universidad de Klagenfurt, Austria), E. Grigoroudis (Universidad Técnica de Creta, Grecia), H. W. Park (Universidad de Yeungnam, Corea del Sur).

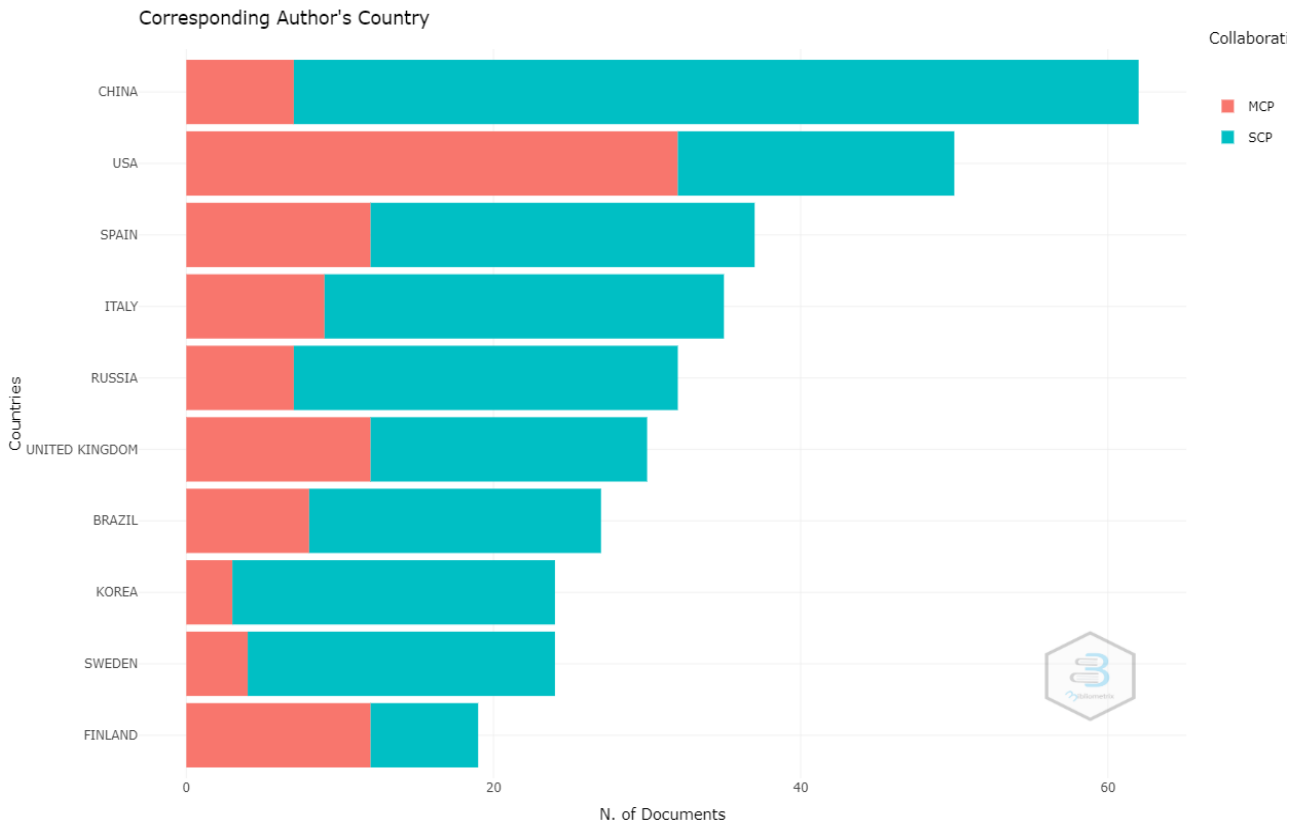
**Figura 3.** Los 10 primeros autores, en orden decreciente, según el índice-*h*



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4 se muestra la visualización de los países más relevantes, según el origen de los autores de la correspondencia (esto es, los autores encargados de establecer el contacto con el editor durante el proceso de envío, revisión y edición final del manuscrito). El índice MCP (*Multiple-Country Publications*) representa el índice de colaboración inter-países e indica el número de documentos en los que hay, al menos, un co-autor de un país diferente. El índice SCP (*Single-Country Publications*) representa el índice de colaboración intra-países e indica el número de documentos en los que todos los co-autores del manuscrito tienen la afiliación del mismo país.

**Figura 4.** Visualización de los 10 primeros países según el número de publicaciones del autor de la correspondencia. Índices de colaboración: SCP (Single-Country Publications o publicaciones de un solo país) y MCP (Multiple-Country Publications o publicaciones de múltiples países)



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se muestra la clasificación de los principales países según el país de correspondencia del primer autor. China destaca del resto con un total de 62 autores de correspondencia, seguida de USA, en segundo lugar, con un total de 50 autores de correspondencia y, en tercer lugar, España con un total de 37 autores de correspondencia. Sin embargo, China tuvo una tasa de colaboración muy baja entre países, frente a USA, que se distingue por la alta tasa de colaboración entre países.

**Tabla 2** – Clasificación de los 10 principales países según el país de correspondencia del primer autor. Índices de colaboración: SCP (*Single-Country Publications* o publicaciones de un solo país) y MCP (*Multiple-Country Publications* o publicaciones de múltiples países).

Rank	País	Artículos	Publicaciones de un solo país (SCP)	Publicaciones de múltiples países (MCP)
1	China	62	55	7
2	USA	50	18	32
3	España	37	25	12
4	Italia	35	26	9
5	Rusia	32	25	7
6	Reino Unido	30	18	12
7	Brasil	27	19	8
8	Corea	24	21	3
9	Suecia	24	7	12
10	Finlandia	19	15	3

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestran las afiliaciones más relevantes, según la distribución de frecuencia de afiliaciones de todos los co-autores de cada artículo. La Universidad George Washington (USA) fue la institución que encabezó la clasificación con el mayor volumen de artículos (26), seguida de la Universidad de Amsterdam (Países Bajos) en segunda posición y 18 artículos. En tercera posición, la Universidad de Beira Interior (Portugal) con 12 artículos. En las siguientes posiciones destacaron la Universidad Técnica de Creta (Grecia) (con 10 artículos), las Universidad del Salento (Italia) (con 8 artículos) y Universidad Nacional de Taiwán (Taiwán) (con 7 artículos).

**Tabla 3.** Clasificación de los 10 afiliaciones más relevantes

Rank	Organización	País	Artículos
1	Universidad George Washington	USA	26
2	Universidad de Amsterdam	Países Bajos	18
3	Universidad de Beira Interior	Portugal	12
4	Universidad Técnica de Creta	Grecia	10
5	Universidad del Salento	Italia	8
6	Universidad Nacional de Taiwán	Taiwán	7
7	Universidad de Tras-os-Montes y Alto Douro	Portugal	7
8	Universidad de Lund	Suecia	6
9	Universidad de Tecnología de Queensland	Australia	6
10	Universidad Nacional de Seúl	Corea del Sur	6

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Resultados del análisis de los documentos

La Tabla 4 muestra la lista de los manuscritos más relevantes ordenados por el número de citas recibidas, a partir de los de documentos indexados en una base de datos WoS y la muestra seleccionada. El manuscrito más citado fue '*The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations*' (Etzkowicz & Leyderdorff, 2000) con 3173 citas (se trata de un estudio en el que se compara el modelo TH con modelos alternativos para explicar los sistemas de investigación en sus contextos sociales, además, en esta investigación se defiende no sólo la relación universidad-industria-gobierno, sino también la transformación interna dentro de cada una de estas esferas, así, por ejemplo, se muestra que la universidad se ha transformado de una institución de enseñanza a otra que combina la enseñanza con la investigación, y, aunque exista cierta tensión entre las dos actividades, se ha demostrado que es más productivo y rentable combinar las dos funciones). Otro trabajo muy citado fue '*The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm*' (Etzkowicz et al., 2000) con 1185 citas (en este trabajo se examina el papel de la universidad en las sociedades basadas en el conocimiento, se describe un paradigma empresarial emergente en el que la universidad juega un papel importante en la innovación tecnológica, considerando la relevancia de la universidad emprendedora como un fenómeno global). Destaca también el artículo '*Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations*' (Etzkowicz, 2003) con 670 citas (en esta investigación se muestra la creciente importancia del conocimiento y el papel de la universidad en la incubación de empresas de base tecnológica, que le ha otorgado un lugar más destacado en el ámbito institucional, operando de acuerdo con un modelo de innovación interactivo en lugar de lineal, de forma tal que a medida que las empresas elevan su nivel tecnológico, se acercan más a un modelo académico, participando en niveles más altos de capacitación e intercambio de conocimientos, fomentando la hibridación entre las dos esferas institucionales).

**Tabla 4.** Clasificación de los 10 artículos más citados.

Rank	Artículo	Citas Totales (CT)
1	(Etzkowicz & Leyderdorff, 2000)	3173
2	(Etzkowicz et al., 2000)	1185
3	(Etzkowicz, 2003)	670
4	(Carayannis & Campbell, 2009)	561
5	(Ranga & Etzkowitz, 2013)	272
6	(Leydesdorff, 2012)	249



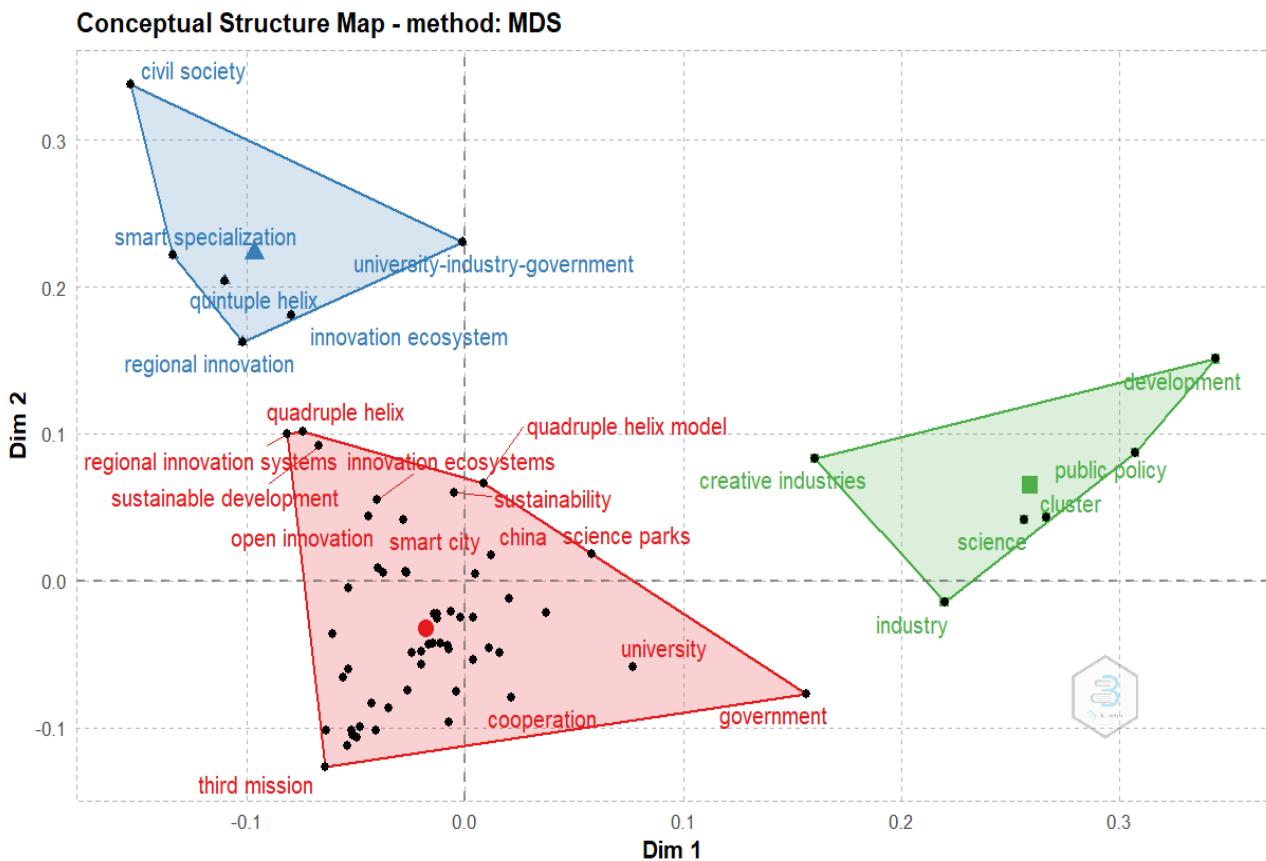
7	(Leydesdorff, 2000)	194
8	(Leydesdorff & Meyer, 2006)	193
9	Carayannis & Rakhmatullin, 2014)	164
10	(Etzkowitz, de Mello & Almeida, 2005)	157

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Resultados del análisis de las palabras clave de autor

El resultado del análisis de las palabras clave de autor fue la identificación de la estructura conceptual y temática (obtenida a partir de la aplicación del análisis factorial y las técnicas de reducción de datos, así como análisis de clúster *k*-medias), visualizada en un mapa bidimensional en el que se reflejaron las asociaciones homogéneas de una selección de las 50 palabras clave de autor más representativas. En la Figura 5 se muestran las tres agrupaciones obtenidas.

Figura 5. Mapa de la estructura conceptual del campo analizado y su visualización, a partir de la aplicación de técnicas de reducción de datos MDS (Multidimensional Scaling)



Fuente: Elaboración propia.

Los 3 ejes temáticos que configuraron la estructura conceptual y los principales frentes de investigación se describen a continuación:

- Clúster rojo (38 palabras clave de autor). Este clúster mostró una alta concentración de conceptos. Se identificó con el frente de investigación se vincula al modelo TH, así como al desarrollo de empresas universitarias y la cooperación de la universidad con la industria. Otros conceptos asociados a la TH se relacionan a la no-linealidad y la heterogeneidad de la producción del conocimiento (la teoría lineal de la innovación está caracteriza por el comportamiento asilado e independiente de las instituciones científicas) destacando la importancia de la interrelación de la universidad con otros actores de la sociedad para el desarrollo de las economías basadas en el conocimiento. Este clúster integró palabras claves como: *triple helix model*, *entrepreneurial university*, *technology transfer*, *science parks*, *university-industry collaboration*. Así mismo, en esta corriente de investigación, se identificaron conceptos relacionados con la CH, centrada en el usuario de la innovación y en el desarrollo de servicios que priorizan el interés de la sociedad (esto es,

se promueve el trabajo en equipo y la colaboración, además se fomenta el cambio a través de un ecosistema de innovación participativo). Los conceptos relacionados con la CH se vincularon a la tecnología y la sociedad, como el nexo entre los demás actores, el desarrollo sostenible, los ecosistemas de innovación y emprendimiento, las ciudades digitales y la transferencia del conocimiento. Las palabras clave destacadas fueron: *quadruple helix, open innovation, patents, innovation systems, sustainable development, knowledge economy, smart city, knowledge transfer, national innovation system, regional innovation systems*.

- Clúster azul (6 palabras clave de autor). Este clúster se identificó con la incipiente incorporación de la QH del medio ambiente, la ecología y los entornos naturales de la sociedad. Los conceptos relacionados con este frente de investigación se relacionan con la necesidad de utilizar modelos de innovación destinados a resolver los desafíos del desarrollo sostenible y los entornos naturales. También, en este clúster, se encuentra el concepto de la especialización inteligente (*smart specialization*) relacionada con las políticas industriales y educativas, en la que los países identifican un número limitado de áreas prioritarias para inversiones basadas en el conocimiento. Las palabras claves destacadas dentro de este grupo fueron: *quintuple helix, innovation ecosystem, civil society, regional innovation, smart specialization, university-industry-government*.
- Clúster verde (6 palabras clave de autor). Esta agrupación mostró la importancia de las industrias culturales y creativas como impulsoras de actividades basadas en el conocimiento mediante la generación y explotación de la propiedad intelectual. En esta línea de investigación constituye un nuevo ámbito de crecimiento económico basado en productos y servicios con contenido creativo. Este tipo de acciones incluyen actividades tales como arquitectura, artes audiovisuales, servicios digitales, moda, diseño gráfico e industrial, artesanías, música y software. Algunas de las palabras clave que integran este clúster fueron: *industry, public policy, creative industries, development*.

#### 4. Conclusiones

La innovación se ha convertido en uno de los aspectos más importantes de la sociedad del conocimiento, en la que el conocimiento representa un recurso estratégico en todas las organizaciones y países. Gestionar adecuadamente el conocimiento es la clave para que las organizaciones mejoren su competitividad. El conocimiento es también la materia prima de la innovación. Los modelos de las hélices son constructos conceptuales que representan a los sistemas de innovación. Desde un enfoque bibliométrico, este estudio se ha dirigido a analizar la producción científica indexada en la base de datos WoS sobre los modelos innovación basados en las hélices (triple, cuádruple y quintuple), y que describen las interacciones entre universidad-industria-gobierno-público-medio ambiente, dentro de la sociedad y la economía del conocimiento. Las conclusiones a las que se han llegado se sintetizan a continuación. Las revistas principales en las que los científicos publican sus artículos, que coinciden básicamente con las publicaciones más citadas, se condensaron en: *Journal of the Knowledge Economy, Sustainability, Industry and Higher Education, Technological Forecasting and Social Change, Scientometrics, Triple Helix* y *International Journal of Technology Management*. Entre los investigadores más relevantes destacaron: H. Etzkowitz (Universidad de Stanford, USA), L. Leydesdorff (Universidad de Amsterdam, Países Bajos), E. G. Carayannis (Universidad de Washington, USA) y D. F. J. Campbell (Universidad de Klagenfurt, Austria). Los países con mayor producción científica en el campo, según el país de correspondencia del primer autor, se situaron en: China, USA, España, Italia, Rusia y Reino Unido. Las instituciones más importantes, según la distribución de frecuencia de afiliaciones de todos los co-autores de cada artículo, se centraron en: Universidad George Washington (USA), Universidad de Amsterdam (Países Bajos), Universidad de Beira Interior (Portugal) y Universidad Técnica de Creta (Grecia). Los manuscritos más relevantes y fundacionales en este campo, según el número de citas recibidas, fueron: (Etzkowitz & Leyderdorff, 2000), (Etzkowitz *et al.*, 2000), (Etzkowitz, 2003) y (Carayannis & Campbell, 2009). En general, estos manuscritos analizaron la creciente importancia de la transformación de la universidad de una institución de enseñanza a otra que combina la enseñanza con la investigación, así como el papel de la universidad, en el contexto de la economía del conocimiento, como incubadora de empresas de base tecnológica. Con respecto a la estructura conceptual, el análisis factorial mostró tres grandes frentes de investigación: 1) dedicado a los modelos de la triple y su evolución a la cuarta hélice, en los que se plantea que el desarrollo innovador depende no sólo de la cooperación entre las universidades, los gobiernos e las industrias, sino de la incorporación de los usuarios de esa innovación y de la sociedad civil, además, estos modelos se caracterizan por la naturaleza cambiante de la producción del conocimiento y en la evolución de las universidades; 2) un foco científico relacionado con la quinta hélice, en el que el desarrollo innovador incorpora el medio ambiente, la ecología y los entornos naturales, considerando la necesidad de utilizar los modelos de innovación para resolver los desafíos, por ejemplo, del calentamiento global o del desarrollo sostenible; y 3) una corriente que incluye la propiedad intelectual, las industrias culturales y creativas como impulsoras de actividades basadas en el conocimiento.

En conclusión, en este trabajo se ha comprobado que el desarrollo innovador de las organizaciones y los países no sólo dependerá de la presencia de las universidades, la industria y el gobierno, sino también de la capacidad de articularse junto con la sociedad y el medio ambiente para alcanzar objetivos sostenibles. A través de un análisis

bibliométrico, se ha probado la vigencia de las teorías de las hélices como modelos valiosos para describir la forma en la que deben articularse las diferentes esferas institucionales para la producción del conocimiento. En el futuro, la ciencia, la tecnología, la sociedad, el medio ambiente y la creatividad jugarán un papel clave en la construcción de políticas públicas sostenibles en materia de innovación.

## Referencias

- Amable, B., Barré, R., & Boyer, R. (2008). *Los sistemas de innovación en la era de la globalización*. Ciepp - Miño y Dávila.
- Aria M., Cuccurullo C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-75. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Bradford, S. C. (1985). Sources of information on specific subjects 1934. *Journal of Information Science*, 10(4), 176-80.
- Carayannis, E. G. & Campbell, D. F. J. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3-4), 201-34. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>
- Carayannis, E. G. & Campbell, D. F. J. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? A proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41-69. <https://www.igi-global.com/article/triple-helix-quadruple-helix-quintuple/41959>
- Carayannis, E. G. & Rakhmatullin, R. (2014). The Quadruple/Quintuple Innovation Helices and Smart Specialisation Strategies for Sustainable and Inclusive Growth in Europe and Beyond. *Journal of the Knowledge Economy*, 5, 212-39. <https://doi.org/10.1007/s13132-014-0185-8>
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix—university–industry–government relations: a laboratory for knowledge based economic development. *EASST Review*, 14, 14-19.
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (1997). *Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. Pinter.
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (1998). The endless transition: A "Triple Helix" of university–industry–government relations, Introduction to a theme issue. *Minerva*, 36, 203-08.
- Etzkowitz, H. (2003). Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Social Science Information*, 42(3), 293-337. <https://doi:10.1177/05390184030423002>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-23. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Etzkowitz, H., de Mello, J. M. C. & Almeida, M. (2005). Towards "meta-innovation" in Brazil: The evolution of the incubator and the emergence of a triple hélix. *Research Policy*, 34(4), 411-24. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.01.011>.
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., Terra, B. R. C. (2000). The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 29(2), 313-30. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00069-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00069-4)
- Fernández, S. F. (2011). Análisis Factorial. <https://docplayer.es/9019720-Santiago-de-la-fuente-fernandez-analisis-factorial.html>
- Hartigan, J. A., Wong, M. A. (1979). A K-means Clustering Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(1), 100-8. <https://doi.org/10.2307/2346830>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) USA*, 102(46), 16569-72. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>.
- Leydesdorff, L. & Meyer, M. (2006). Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems: Introduction to the special issue. *Research Policy*, 35(10). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.016>.
- Leydesdorff, L. (2000). The triple helix: an evolutionary model of innovations. *Research Policy*, 29(2). [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00063-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00063-3)
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy?. *Journal of the Knowledge Economy*, 3, 25-35. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0049-4>
- Ranga, M. & Etzkowitz, H. (2013). Triple Helix Systems: An Analytical Framework for Innovation Policy and Practice in the Knowledge Society. *Industry and Higher Education*, 27(4), 237-62. <https://doi.org/10.5367/ihe.2013.0165>
- Sábato, J. A. & Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la integración*, 1(3), 15-36.
- Sábato, J. A. (1975). *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Paidós.
- Sábato, J. A. & Mackenzie, M. (1982). *La producción de tecnología. Autónoma o transnacional*. Nueva Imagen.
- Singer, P. (2009) Relaciones entre sociedad y estado en la economía solidaria. *Íconos*, 33, 51-65.
- Van Raan AFJ. (2005). Measurement of Central Aspects of Scientific Research: Performance, Interdisciplinarity. *Measurement*, 3, 1-19. [https://doi.org/10.1207/s15366359mea0301\\_1](https://doi.org/10.1207/s15366359mea0301_1)

Zhang, J., Yu, Q., Zheng, F., Long, Ch., Lu, Z., Duan, Z. (2016). Comparing keywords plus of WOS and autor keywords: a case study of patient adherence research. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67, 967-72. <https://doi.org/10.1002/asi.23437>