

Capítulo 2

LA EVOLUCIÓN DEL MODELO DE TRIPLE HÉLICE A NIVEL INTERNACIONAL

El objetivo de este capítulo es identificar los textos existentes en la literatura administrativa, relacionada con la introducción de una cuarta y quinta hélice de la relación universidad-empresa-Estado, conocida como triple hélice, y de esta forma aportar elementos concernientes al marco internacional, a saber, la caracterización de la relación universidad-empresa-Estado, más exactamente, la evolución del modelo de triple hélice compuesto por la universidad, la empresa y el Estado (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000) hacia los modelos de cuádruple hélice (universidad, empresa, Estado y sociedad civil) (Carayannis y Campbell, 2013) y de quíntuple hélice (universidad, empresa, Estado, sociedad civil y medio ambiente) (Carayannis y Campbell, 2013), con el fin de establecer su aplicación en investigaciones, aplicaciones o reflexiones, tanto a nivel nacional como internacional.

El modelo triple hélice: hacia una cuarta y quinta hélice

El presente marco pretende esbozar el estado del arte concerniente a la literatura sobre los modelos de innovación de la cuarta y quinta hélice, a través de la búsqueda en bases de datos con las que cuenta la Universidad del Valle, tales como Google Académico, Web of Science, Scopus, Science Direct y Springer, estableciendo como criterio de búsqueda la identificación de artículos y capítulos de libro publicados en la última década (2009-2019) en relación con el tema de la inclusión de la sociedad y el medio ambiente al modelo de la triple hélice. Las ecuaciones de búsqueda empleadas fueron «cuádruple helix model» y «quíntuple helix model», además de «cuádruple hélice modelo» y «quíntuple hélice modelo».

Son variadas las evidencias que ofrece la literatura relacionada con la administración de las organizaciones referente a la relación de la universidad con su entorno. Entre los modelos para la innovación más referenciados⁶ en la literatura está el modelo de la triple hélice (universidad, empresa y Estado), el

4
Dentro de los modelos más referenciados están los de: Saren (1983), modelos de respuesta; Forest (1991), modelo de etapas; Rothwell (1994), proceso de innovación de quinta generación; Gibson (1998), modelo lineal; Hidalgo (2002), modelo integrado; Trott (2002), modelos interactivos; Escorsa (2003), modelo de London Business School, y de la European Commission (2004), modelo de innovación derivada de la ciencia (technology push) (citados por Velasco et al., 2005).

mismo que recientemente se ha extendido al denominado modelo de la cuádruple hélice (universidad, empresa, Estado y sociedad) e incluso de la quíntuple hélice (universidad, empresa, Estado, sociedad y medio ambiente). Algunos estudios ofrecen fundamentos y opiniones sobre estos modelos conceptuales en sí mismos, mientras que otros estudios (Bermeo *et al.*, 2013) ofrecen evidencia empírica de su validez como modelo conceptual para entender las dinámicas de interacción entre la universidad y su entorno, que tienen lugar dentro del marco que esta establece para el cumplimiento de su tercera misión: proyección/extensión a la comunidad.

Tal como se planteó en el marco teórico, el modelo de la triple hélice fue propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff hacia finales del siglo XX y desde entonces ha servido de referente para un sinnúmero de académicos que intentan entender y explicar las interacciones conjuntas, hacia y desde la academia/universidad, la empresa o el Estado/Gobierno, en condiciones de economía abierta (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). Complementario a lo propuesto por estos autores, el modelo de la cuádruple hélice (Carayannis y Campbell, 2009) surge como una extensión de este, e incluye a la sociedad como el cuarto actor clave en los procesos de transferencia de tecnologías y conocimientos en la actual sociedad y economía «local» del conocimiento. Gracias a los medios masivos de información, la sociedad está cada vez más informada para ser un actor activo que conforma el cuarto vértice que interactúa en estos procesos y determina su grado de éxito (Bermeo *et al.*, 2013).

Y es precisamente Carayannis el autor más representativo de la última década, quien junto con Campbell se han convertido en los autores más representativos y a la vez más consultados en cuanto al tema de la inclusión de una cuarta y quinta hélice (sociedad y medio ambiente) al modelo tradicional de la triple hélice (universidad, empresa y Estado) donde se busca involucrar otros actores altamente relevantes tales como la sociedad civil y el desarrollo sostenible, respectivamente. Por supuesto no se puede dejar de lado el aporte de uno de los padres del modelo de la triple hélice, Leydesdorff (2012, 2013) quien con su aporte de las «N-Hélices»

se convirtió en un referente para el tema de la inclusión de las nuevas hélices al modelo tradicional.

A continuación se presentan los textos (artículos y capítulos de libro) identificados en el ámbito internacional según los hallazgos en las bases de datos para los últimos diez (10) años (2009-2019) en lo concerniente a la vinculación de la sociedad y el medio ambiente al modelo de innovación planteado inicialmente por Etzkowitz y Leydesdorff (1996, 2000). Los resultados se presentan en forma cronológicamente ascendente:

Carayannis y Campbell (2009), en su documento «“Mode 3” and “Quadruple Helix”: toward a 21st century fractal innovation ecosystem», describe la manera en que la “cuádruple hélice” hace hincapié en la importancia de integrar también la perspectiva basada en los medios de comunicación y la cultura basada en lo público. Lo que resulta es un ecosistema emergente de conocimiento e innovación, bien configurado para la economía del conocimiento y la sociedad.

Afonso *et al.* (2010), en su artículo titulado «Growth model for the quadruple helix innovation theory», proponen un modelo de crecimiento teórico en el cual buscan enmarcar analíticamente la teoría de la innovación de la cuádruple hélice (QHIT, Quality Helix Innovation Theory). El documento se centra en la inversión en mecanismos de transmisión de la innovación en términos de crecimiento económico y de aumento de la productividad, en un sector de alta tecnología, haciendo hincapié en el papel desempeñado por las hélices del modelo de innovación de la cuádruple hélice: academia e infraestructuras tecnológicas, empresas de innovación, gobierno y sociedad civil.

Leydesdorff (2012), con su trabajo «The triple helix, quadruple helix... and an N-tuple of helices: explanatory models for analyzing the knowledge-based economy?», plantea como usando el modelo de triple hélice, de las relaciones entre universidad, industria y gobierno, se puede medir el grado en que la innovación se ha convertido en sistémica en lugar de asumir la existencia de sistemas nacionales (o regionales) de innovaciones *a priori*.

El neoinstitucionalismo, por su interés en el estudio sociológico de las instituciones y las versiones neoevolutivas del modelo de triple hélice, que in-

cluye el estudio de la evolución del cambio social y los patrones normales del desarrollo, basándose en evidencia empírica, permite capturar esta tensión reflexivamente. Los estudios empíricos informan que son indispensables más de las tres hélices para la explicación.

Por su parte, Ahonen y Hämäläinen (2012), en su artículo «CLIQ: A practical approach to the Quadruple Helix and more open innovation», presentan los objetivos y las lecciones aprendidas de un proyecto europeo de innovación llamado CLIQ (Creating Local Innovation in a Quadruple Helix), para luego continuar con un análisis sobre la búsqueda de un ecosistema de innovación de cuádruple hélice para 16 socios (ciudades), muchos de ellos ciudades medianas de Europa.

Más adelante, Carayannis y Campbell (2012), en su libro *Mode 3 knowledge production in Quadruple Helix innovation systems: twenty-first-century democracy, innovation, and entrepreneurship for development*, definen los términos y principios de la creación de conocimiento, difusión y uso, y establecen un marco teórico para su estudio. En particular, se centran en el modelo de la «cuádruple hélice», según el cual el gobierno, la academia, la industria y la sociedad civil son vistos como actores claves que promueven un enfoque democrático en la innovación, ya que retroalimentan el desarrollo de estrategias y la toma de decisiones, lo que deriva en políticas y prácticas socialmente responsables.

Asimismo, Carayannis *et al.* (2012), con su trabajo «The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation», plantean como la cuádruple hélice se incrusta en el modelo de la triple hélice mediante la adición de una cuarta hélice enfocada en «una sociedad pública basada en los medios y en la cultura» y en la «sociedad civil». El modelo de innovación de la quintuple hélice es aún más amplio y completo; contextualiza la cuádruple hélice y añade, además, la hélice (y perspectiva) de los «entornos naturales de la sociedad».

Yang y Holgaard (2012), en su documento «The important role of civil society groups in eco-innovation: a triple helix perspective», tiene como propósito discutir, teórica y prácticamente, el papel de los grupos de la sociedad civil en la innovación ecológica.

Carayannis y Campbell (2013), en su estudio «Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems: Quintuple helix and social ecology», plantean como los modelos de los sistemas de innovación de la cuádruple hélice y de la quintuple hélice están diseñados para comprender y referirse a una complejidad extendida en la producción y aplicación del conocimiento (innovación); por lo tanto, la arquitectura analítica de estos modelos se conceptualiza de manera general.

Caicedo (2013), en su tesis *Modelo de cuádruple hélice de responsabilidad social en Ecuador*, presenta una investigación enfocada en dar a conocer lo que se hace en materia de responsabilidad social en cada uno de los sectores tanto en lo privado, público, cívico y académico en la ciudad de Quito.

Gouvea *et al.* (2013), en su trabajo «Using the quadruple helix to design strategies for the green economy», evalúan cómo las naciones que requieren mucha agua deben desarrollar ventajas competitivas adicionales en una economía verde. Este análisis demuestra que los recursos hídricos abundantes no justifican el crecimiento económico *per se*, sino que la incorporación de un recurso como el agua en una cuádruple hélice verde proporcionará el marco necesario para diseñar y ampliar las economías de agua inteligente. Esto puede dar lugar a una nueva generación de productos verdes, servicios y tecnologías capaces de estimular la economía mundial.

Park (2014b), en su texto «Transition from the Triple Helix to N-Tuple Helices?: an interview with Elias G. Carayannis and David F. J. Campbell», presentan una entrevista con los investigadores Carayannis y Campbell, los dos coautores y cocreadores de los conceptos de la cuádruple hélice y la quintuple hélice, que se complementan y amplían bajo la base del modelo de innovación de la triple hélice. Este artículo comienza con una breve información de antecedentes sobre los «N-tuple» hélices y concluye con algunas implicaciones para el desarrollo y las economías en transición.

Bernal *et al.* (2014), en su libro *La vinculación industria-academia entre entidades públicas y el modelo de las hélices*, proponen un modelo de vinculación entre entidades públicas como vía para generar ingresos extraordinarios para las institucio-

nes de educación superior (IES), sin comprometer la autonomía ni la socialización de conocimientos y beneficios. El modelo proviene de observaciones hechas en campo sobre casos reales y representa una opción alternativa a la triple hélice, en especial para países con empresas públicas y restricciones estructurales hacia la innovación y el desarrollo tecnológico, como los latinoamericanos.

Nuevamente, Park (2014a), en su documento «Mapping election campaigns through negative entropy: Triple and Quadruple Helix approach to South Korea's 2012 presidential election», examina cómo una campaña presidencial se puede medir a través de indicadores de entropía (negativos). Se recogieron los datos de los documentos de Google indexados en la web, Twitter y Facebook para cuatro períodos de tiempo. Más específicamente, se midió las relaciones bilaterales, trilaterales y cuádruples en función del número de menciones en la web y los medios sociales en las que se refiere solo a un candidato (esto es, ninguna mención de otros candidatos o el término «presidente»). Los resultados indican que Twitter tendía a generar el valor de entropía más alto en los tres períodos de tiempo, pero que la presidente Park Geun-Hye superó a los otros candidatos en los tres períodos analizados en Google en términos de indicadores de entropía (negativos).

Leydesdorff *et al.* (2014), en su artículo «A routine for measuring synergy in university-industry-government relations: mutual information as a Triple-Helix and Quadruple-Helix indicator», expone cómo la información mutua en tres (o más) dimensiones puede considerarse como un indicador de la triple hélice de posibles sinergias en las relaciones universidad-empresa-gobierno. Una rutina de código abierto denominada th4.exe hace que el cálculo de este indicador se encuentre de forma interactiva disponible en internet, y por lo tanto aplicable a grandes conjuntos de datos. Th4.exe computa todas las entropías probabilísticas y la información mutua en dos, tres y, si se dispone de los datos, entre las cuatro dimensiones; por ejemplo, clases, tales como direcciones geográficas (ciudades, regiones), códigos tecnológicos (como los códigos NACE de la OCDE), y las categorías de tamaño; o, alternativamente, entre las direcciones institucionales (aca-

démica, industria y sector público) en conjuntos de documentos.

Bautista (2014) realizó un estudio en torno a «La importancia de la vinculación universidad-empresa-gobierno en México» desde la mirada del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, y desde dos enfoques relevantes; el primero es la importancia de la vinculación de las instituciones de educación superior (IES) con el sector productivo apoyado por el gobierno, y el segundo, la importancia de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Bótané *et al.* (2015), en su trabajo «Building an entrepreneurial environment in rural regions: a possible way to develop human and social capital», proponen como la creación de un equipo de emprendimiento en un entorno de aprendizaje es una manera de aumentar el capital humano y social de las zonas rurales. El documento basado en la revisión de la literatura e investigación primaria trata de mostrar que este proceso podría apoyar un cambio en las actitudes de la gente para que pase de ser reactiva a creativa y también interdependiente. Los resultados de una encuesta Delphi muestran que las cuatro «esferas» del modelo de cuádruple hélice en el ámbito rural (gobierno, ciencia/universidades, empresas/industria y sociedad civil) deberían desempeñar un papel en el desarrollo de un ambiente de aprendizaje, además de darle una mayor importancia al aprendizaje diseñado para escoger a la gente y a los recursos necesarios según se presenten los desafíos y oportunidades.

Savory y Fortune (2015), en su documento «From translational research to open technology innovation systems», cuestionan sobre si el énfasis que se coloca dentro de la investigación traslacional en un modelo lineal de innovación ofrece el modelo más eficaz para la gestión de la innovación de las tecnologías de la salud. El documento concluye del estudio de caso que una extensión del modelo de triple hélice de la transferencia de tecnología hacia una basada en una cuádruple hélice, presenta una base para la mejora de rendimiento de la investigación traslacional.

Alejandres *et al.* (2015), en su libro *Arquitectura de una oficina de transferencia de tecnología y conocimiento virtual basada en ontologías*, presenta la arquitectura de un sistema semántico que pro-

picia la vinculación entre agentes de la cuádruple hélice (gobierno, industria, sociedad y academia) a partir del análisis de sus necesidades y capacidades tecnológicas.

Zalamea y Peña (2015), en su estudio sobre la «Articulación de los actores del ecosistema emprendedor como herramienta efectiva para la transición de un proyecto emprendedor a un proyecto comercialmente viable», hace referencia al vínculo entre los actores que conforman el *ecosistema emprendedor* con base en que el esquema de la hélice cuádruple constituirá una herramienta efectiva y favorable para la transición de un proyecto emprendedor a un proyecto comercialmente viable.

Pérez y Bermúdez (2015), en su trabajo «Sistema regional de innovación para el desarrollo territorial: propuesta de modelo cuádruple hélice en Colombia», analizan las bases de un modelo de gestión de la innovación para el desarrollo territorial que propicie las interacciones entre los agentes del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; modelo sistémico representado por una cuádruple hélice viva compuesta por la administración, la investigación, la empresa y la sociedad, que incorpora los ingredientes críticos actuales para la innovación, modelo centrado en el impacto tanto sobre el desarrollo y los objetivos estratégicos de la región como del sistema productivo y del sistema científico tecnológico.

Molina (2015), en su artículo «La transferencia de conocimiento científico y tecnológico: un reto que deben afrontar las universidades», describe a las universidades como instituciones fundamentales para liderar la producción de nuevo conocimiento y propone que, además de articular sus funciones sociales, deberán contextualizar la ciencia y la tecnología en escenarios de aplicación, superar las anacrónicas e históricas divisiones entre las disciplinas y, sobre todo, crear sinergias a partir de lo que constituye el modelo de la cuádruple hélice.

Paredes-Frigolett (2016), en su trabajo «Modeling the effect of responsible research and innovation in quadruple helix innovation systems», propone un modelo de análisis de decisión multicriterio, el cual se ocupa de cómo las empresas innovadoras pueden incorporar funcional y orgánicamente procesos más amplios de deliberación asociados con

la investigación y la innovación, involucrando actores de los sectores público y privado responsables, así como organizaciones de la sociedad civil a lo largo de los preceptos del marco de innovación de la cuádruple hélice.

Grundel y Dahlström (2016), en su texto «A quadruple and quintuple helix approach to regional innovation systems in the transformation to a forestry-based bioeconomy», buscan comprender las posibles condiciones previas para la transformación de un sistema regional de innovación (SRI) en sistemas de cuádruple y quíntuple hélice aplicados al desarrollo de una bioeconomía forestal sostenible en Värmland, Suecia. La investigación señala la necesidad no solo de seguir desarrollando los actuales sistemas de innovación para incluir a más actores que antes, sino también de preocuparse por el medio ambiente como una forma de alcanzar la sostenibilidad. Los resultados muestran que el uso de un SRI de quíntuple hélice en Värmland para la transformación a una bioeconomía basada en la silvicultura podría ser un posible camino hacia la sostenibilidad.

Kolehmainen et al. (2016), en su estudio «Quadruple Helix, innovation and the knowledge-based development: lessons from remote, rural and less-favoured regions», aborda la dinámica del desarrollo basado en el conocimiento de regiones remotas, rurales y menos favorecidas. A este respecto, el concepto de una «cuádruple hélice» es muy beneficioso porque los procesos de innovación se están volviendo cada vez más abiertos a diferentes partes interesadas. Se analizaron cuatro casos ilustrativos de procesos y políticas de desarrollo basados en el conocimiento en regiones remotas, rurales y menos favorecidas mediante el uso de un «modelo de doble moneda del desarrollo regional basado en el conocimiento» que coloca el modelo de cuádruple hélice en el mismo corazón del desarrollo regional basado en el conocimiento.

Campanella et al. (2017), en su artículo «Quadruple Helix and firms' performance: an empirical verification in Europe», determinaron si el modelo de cuádruple hélice tiene un efecto en la rentabilidad de las empresas, para lo cual emplearon el método de análisis de clasificación (árboles de clasificación y regresión) a una muestra de 4215 empresas ma-

nufactureras ubicadas en parques científicos. Determinaron que en los parques científicos la «cuarta hélice» (ciudadano) tiene un papel importante para la clasificación de las empresas con el rendimiento más alto. Además, la mayoría de las empresas que atribuyeron gran importancia a la colaboración con instituciones financieras privadas para financiar innovaciones tienen un ROI alto. Además, se observó cómo las empresas con alto rendimiento económico en el modelo de la cuádruple hélice generan innovación de producto.

Carayannis *et al.* (2017), en su artículo «The ecosystem as helix: an exploratory theory-building study of regional co-opetitive entrepreneurial ecosystems as Quadruple/Quintuple Helix Innovation Models», explora y perfila la naturaleza y la dinámica del modelo o marco del sistema de innovación cuádruple/quintuple hélice (gobierno, universidad, industria, sociedad civil, medio ambiente) como un habilitador y promulgador de ecosistemas empresariales cooperativos regionales conceptualizados como configuraciones fractales, multinivel, multimodales, multinodales y multilaterales de activos dinámicos tangibles e intangibles dentro de la vista basada en recursos y la nueva teoría del crecimiento de la empresa. También definen y discuten los ecosistemas cooperativos de innovación fractal y emprendimiento, y presentan ejemplos de políticas y programas regionales de innovación.

Más adelante, Carayannis *et al.* (2018), en su documento «Composite innovation metrics: MCDA and the Quadruple Innovation Helix framework», revisan los indicadores de innovación nacionales y regionales usando un enfoque de análisis de decisiones de criterios múltiples (MCDA) en el contexto del marco de la cuádruple hélice de la innovación (QIH). Implementan un enfoque de MCDA que combina los métodos de AHP y TOPSIS, que fusiona los datos de los sectores gubernamentales, universitarios, industriales y de la sociedad civil (los cuatro actores o hélices de la QIH), y supera las limitaciones del actual panel de indicadores de innovación al incorporar los diferentes sistemas de preferencia de los QIH actores. Los hallazgos ilustran el poder y la promesa del enfoque como una métrica alternativa de innovación compuesta.

Miller *et al.* (2018), en su trabajo «A systematic literature review of university technology transfer from a quadruple helix perspective: toward a research agenda», describen como en los últimos años ha habido una rápida expansión del papel de la universidad en el desarrollo económico. Esto ha resultado en la transferencia de tecnología universitaria dentro de una red cada vez más compleja de partes interesadas a nivel regional. Esta complejidad ha dado como resultado modelos de cuádruple hélice donde el modelo de triple hélice de la academia, la industria y el gobierno regional ahora incluye a los usuarios de innovación basados en la sociedad como una cuarta hélice. En consecuencia, este artículo revisa el “modo 2” de transferencia de tecnología universitaria desde una perspectiva de cuádruple hélice para identificar temas claves que permitan desarrollar una agenda de investigación que refleje la progresión de un ecosistema de triple hélice a cuádruple.

Cunningham *et al.* (2018), con su estudio «Value creation in the quadruple helix: a micro level conceptual model of principal investigators as value creators», se enfocan en identificar cómo se crea, captura y mejora el valor colectivo en el nivel micro de la cuádruple hélice. Para ello, desarrollaron un modelo conceptual a nivel micro de investigadores principales como creadores de valor en la cuádruple hélice. Concluyen con algunas sugerencias para futuras vías de investigación sobre este importante tema.

Höglund y Linton (2018), en su documento «Smart specialization in regional innovation systems: a quadruple helix perspective», exploran *Robotdalen*, una iniciativa de especialización inteligente en la región de Malardalen, Suecia, y su impacto en los sistemas regionales de innovación (SRI). La iniciativa *Robotdalen*, con el objetivo de crear un centro regional de robótica, se estableció con base en el modelo de sistemas de innovación de triple hélice de la industria, la universidad y la interacción gubernamental. La investigación buscó comprender las interacciones dinámicas de la estrategia de especialización inteligente en relación con el SRI. También incluyó la perspectiva de la cuarta hélice, que contiene la sociedad civil y los usuarios.

Y más recientemente, Yurevich (2019), en su trabajo «Quadruple innovation Helix and new institutional initiatives in Russia», exploran como en los países económicamente desarrollados existe una tendencia hacia la concentración del potencial innovador. Al mismo tiempo, hay estados con líderes territoriales permanentes y de largo plazo (EE. UU., Francia, Rusia), y estados para los que surgen nuevas entidades territoriales, que gradualmente adquieren el estatus de «lugares de crecimiento» nacionales (China, Alemania). En algunos países, los líderes innovadores de las regiones se formaron por los esfuerzos del sector privado, en otros, los instrumentos de estimulación estatal desempeñaron el papel dominante. Tales iniciativas en Rusia son significativamente inferiores en eficiencia a las análogas extranjeras. Para evaluar la validez de las regiones que se convertirán en centros científicos y educativos, el artículo ofrece herramientas para diagnosticar el potencial innovador de los territorios.

Análisis de bibliometría

Una vez se ha encontrado desde la literatura administrativa la inclusión de una cuarta y una quinta hélice al modelo de innovación de triple hélice, se confirma que Etzkowitz junto con Zhou (2006, 2007), y Leydesdorff (1996, 2000, 2003) son los autores con más menciones, con 6353 en total según la aplicación de Google Académico. Así mismo, Etzkowitz y Leydesdorff (2000) cuentan con el índice H más alto del listado, con un valor de 160. Esto es importante tenerlo presente, pues da cuenta de la importancia de estos autores en cuanto al tema germinal de la triple hélice.

Por su parte, Leydesdorff *et al.* (2014) y Park (2013, 2014b) presentan y comparten un alto índice H de 78 y un factor de impacto SJR de 1,21; mientras que Gouvea *et al.* (2013) y Paredes-Frigolett (2016) comparten un índice H de 68 y un factor de impacto SJR de 1,348. Esto los convierte en autores de alta relevancia dentro del tema de la cuarta y quinta hélice. En solitario también aparece Leydesdorff (2011, 2013), quien para 2011 obtuvo 167 menciones según Google Académico, un índice H de 11 y un factor de

impacto SJR de 0,378. Para la publicación de 2013 la búsqueda no arrojó información al respecto.

También en el estudio se puede observar como Carayannis y Campbell (2009, 2010) obtienen 487 menciones según Google Académico, además de un índice H de 42 y un factor de impacto SJR de 0,430 para 2009, y un índice H de 6 y un factor de impacto SJR de 0,14 para 2010. Tal como lo mencionan en los documentos encontrados, Carayannis y Campbell (2009) es el texto referente con el que comenzó la evolución del concepto de triple hélice a uno nuevo que considerara una cuarta hélice como actor principal. Incluso, si se hace la cuenta, en la investigación se pueden identificar siete documentos referentes a la cuarta y quinta hélice que tienen a Carayannis como su autor principal. Sin embargo, para los trabajos realizados por Carayannis y Campbell (2012, 2013, 2014) y Carayannis *et al.* (2012, 2013) no fue posible identificar ni factor de impacto ni índice H debido a que las revistas en las que publicaron no arrojaron ningún resultado en las herramientas de consulta empleadas.

Las publicaciones *Technological Forecasting & Social Change* (1,348), *Scientometrics* (1,21) y *Science and Public Policy* (0,62) son las que presentan un mayor factor de impacto SJR y por ende se pueden identificar como los *journals* más representativos en cuanto al tema de la cuádruple y quinta hélice.

Discusión y conclusiones

El modelo de la triple hélice, como un marco conceptual de la innovación, surgió a partir de la metáfora de las relaciones, en particular la que se establece entre la académica, el sector empresarial y el gobierno, y fue definido en un esfuerzo conjunto entre Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorff a mediados de la década de 1990 (Leydesdorff, 2012). En los últimos 15 años ha recibido una gran atención por parte de los estudiosos que se centran en la investigación de temas relacionados con la innovación (seguidores o adversarios) y ha evolucionado a partir de los debates sobre la existencia de una cuarta hélice (Leydesdorff y Etzkowitz, 2003), la aparición de los «triple hélix twins» (2006), hasta llegar a la «cuádruple hé-

lice» (Carayannis y Campbell, 2009, 2010) y las «hélices N-tupla» (Leydesdorff, 2012).

La alusión a la cuádruple hélice surge de la interacción del público en una sociedad basada en la cultura y en los medios de comunicación según Carayannis y Campbell (2009). En cuanto a problemáticas de alcance global, como lo es el cambio climático, este modelo ha sido desarrollado por Carayannis y Campbell (2010) hasta una quintuple hélice, en el cual interactúan además esferas sociales a través de los medios de comunicación y de la sociedad civil.

La evolución del marco de triple hélice implica actualizar la comprensión académica de la complejidad de los procesos de innovación, donde los roles de los actores son cada vez más pluralistas en una sociedad que cambia rápidamente y se encuentra bajo la creciente preocupación por la sostenibilidad a nivel global. Estos marcos de triple hélice actualizados comparten un punto de partida común con los estudios de innovación ecológica, que están ganando cada vez más atención en virtud de los grandes desafíos del cambio climático en la actualidad.

En el contexto nacional no se registran evidencias empíricas o documentales de la aplicación de los modelos, aunque sí se reportan estudios sobre el modelo TH, tales como el de Hincapié *et al.* (2015), Herrera *et al.* (2015) y Bermeo *et al.* (2013), como muestra de que se empieza a gestar una base de aplicación de los modelos presentados.

Como se puede observar en la literatura encontrada, el concepto ya ha evolucionado (Carayannis y Campbell, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014; Carayan-

nis *et al.*, 2017; Miller *et al.*, 2018; Park, 2013), se han presentado diferentes modelos (Afonso *et al.*, 2010; Cunningham *et al.*, 2018; Paredes, 2016; Pérez y Bermúdez, 2015) y se ha comenzado a aplicar en diferentes ciudades del mundo (Ahonen y Hämäläinen, 2012; Bautista, 2014; Bótáné *et al.*, 2015; Campanella *et al.*, 2017; Carayannis *et al.*, 2018; Grundel y Dahlsström, 2016; Höglund y Linton, 2018; Kolehmainen *et al.*, 2016; Yurevich, 2019).

Una vez presentado lo anterior, se puede observar cómo los modelos de la cuádruple hélice (universidad, empresa, Estado y sociedad) y de la quintuple hélice (universidad, empresa, Estado, sociedad y medio ambiente) han presentado desarrollos en la fundamentación conceptual; además, se encuentra evidencia empírica y resultados de su aplicación, lo que da validez a ambos modelos como herramientas para entender las dinámicas de interacción entre la universidad y su entorno.

A lo largo del presente capítulo se pudo identificar cuáles han sido los textos (artículos, capítulos de libro y libros) encontrados en la literatura administrativa sobre la inclusión de una cuarta y una quinta hélice al modelo de innovación de la triple hélice formulado por Etzkowitz y Leydesdorff, estos estudios demuestran la aplicación de dichos modelos en investigaciones, aplicaciones o reflexiones, tanto a nivel nacional como internacional, por lo que se considera que se cumple el objetivo trazado al inicio de la investigación.