

LOS MODOS DE CREACIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LA TEORÍA DE LAS N- HÉLICES

Galo Adán Clavijo Clavijo

PRESENTACIÓN

Los modos de producción del conocimiento se refieren a las diferentes formas como se genera, organiza y difunde el conocimiento en una sociedad

La emergencia de la sociedad del conocimiento ha traído consigo cambios significativos en la forma como se produce el conocimiento científico. En la sociedad industrial, el conocimiento se producía de forma relativamente aislada, en laboratorios y universidades especializados. Sin embargo, en la sociedad del conocimiento, el conocimiento se produce de forma cada vez más interdependiente y colaborativa, involucrando a una amplia gama de actores, desde científicos y académicos hasta empresas, gobiernos y la sociedad civil.

Gibbons et al. (1994) inauguró esta corriente de estudios al proponer la emergencia de un modo 2 de producción de conocimiento, muy diferente del modo 1, o modo tradicional, que se refiere a la forma cómo se había producido conocimiento científico desde su aparición en los inicios de la modernidad.

Para este autor, los modos de producción del conocimiento se clasifican en modo 1 y modo 2; sin embargo, debido al impacto de estos aportes en la comunidad científica, se ha empezado a hablar de un modo alternativo y emergente, denominado modo 3. (Carayannis, y Campbell, 2009).

Los cambios en las formas de producción del conocimiento científico tienen implicaciones significativas para la educación superior. Las universidades, como instituciones encargadas de la producción y transferencia del conocimiento, deben adaptarse a estas nuevas formas de producción. Los cambios en las formas de producción del conocimiento científico representan un desafío y una oportunidad para la educación superior. Las universidades deben adaptarse a estas nuevas formas de producción para seguir siendo relevantes en la sociedad del conocimiento.

Una de las principales implicaciones para las universidades es el fomento de la colaboración y la cooperación entre diferentes actores. Esto requiere que las universidades desarrollen nuevas formas de enseñanza, aprendizaje e investigación que promuevan el trabajo en equipo y la interacción entre estudiantes, profesores, investigadores, empresas y otros actores.

Otra implicación es que las universidades deben estar abiertas a la diversidad de conocimientos y perspectivas. Esto requiere que las universidades desarrollen currículos y programas que sean inclusivos y que reflejen la diversidad de la sociedad.

La teoría de las N-hélices para el desarrollo y fortalecimiento de la innovación cobra mucha relevancia. Originalmente, el modelo propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (2000) en la llamada triple hélice, plantea que existe una relación virtuosa, capaz de generar e impulsar la innovación mediante la vinculación de tres actores: *universidades, empresas y gobierno*.

En las última tres décadas, el modelo de cooperación entre universidad, gobierno y empresas ha evolucionado. (Carayannis y Campbell, 2009) proponen un sistema que incluye una cuarta hélice:

la sociedad. En este modelo centrado en el usuario se favorece el desarrollo de productos y servicios (innovaciones) que priorizan el interés de la sociedad (Carayannis y Rakhmatullin, 2014).

En el 2012, Carayannis, et.al., incorporan una quinta hélice: *el medio ambiente*. Aquí, la innovación se preocupa de los entornos naturales de la sociedad los desafíos del calentamiento global y el desarrollo sostenible

El trabajo de Gibbons et al. (1997) titulado: La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas, inauguró esta corriente de estudios al proponer la emergencia de un modo 2 de producción de conocimiento, muy diferente del modo 1, o modo tradicional. La polémica proposición de Gibbons ha tenido como efecto colateral la aparición de una serie de estudios que plantean visiones críticas y alternativas al modo 2 y que en consecuencia hoy se están agrupando bajo la nominación de modo 3 de producción de conocimiento

Al igual que sucedió en 1994, cuando Gibbons planteó la metáfora de modo de producción de conocimiento, es posible que la enunciación de un modo 3 tenga implícito un interés puramente performativo y que quienes la plantean quieran, antes que describir una realidad existente, dar origen a un nuevo tipo de relaciones epistemo - políticas que les parecen deseables. En este sentido, el modo 3 de producción de conocimiento no es tanto una realidad existente y claramente evidenciable, sino más bien una serie de indicios que dan cuenta de una propuesta sobre cómo construir un marco alternativo de relaciones para encarar la producción de conocimiento. (Acosta y Manosalba, 2015, p. 75)

La producción de conocimiento en las universidades puede ser más efectiva y relevante si se adapta a las necesidades y expectativas de la sociedad.

La universidad, como epicentro de la producción de conocimiento, tiene el desafío de evolucionar para satisfacer las necesidades y expectativas de la sociedad. Esto implica un cambio en la forma en que los investigadores trabajan, pasando de un enfoque individualista a uno más inter- y transdisciplinario.

Los investigadores deben superar las barreras disciplinarias y trabajar en equipos inter- y transdisciplinarios, fomentando relaciones de cooperación activa con colegas de otras universidades y disciplinas. Este enfoque colaborativo puede conducir a una mayor innovación y a soluciones más integrales a los problemas complejos de la sociedad.

Además, es esencial que los investigadores reconozcan a las comunidades como valiosos productores de conocimiento. Los conocimientos producidos en las comunidades, por su naturaleza situada y participativa, tienen un alto nivel de relevancia y aplicabilidad. Al incorporar estos conocimientos en su trabajo, los investigadores pueden asegurar que su investigación es verdaderamente significativa y beneficia a aquellos a quienes pretende servir.

El modelo de la triple hélice (figura 1), propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff en 2000, es un marco conceptual que describe la relación entre *la universidad, el gobierno y las empresas* en el proceso de innovación. Este modelo plantea que la colaboración entre estos tres actores es esencial para el desarrollo económico y social de los países.

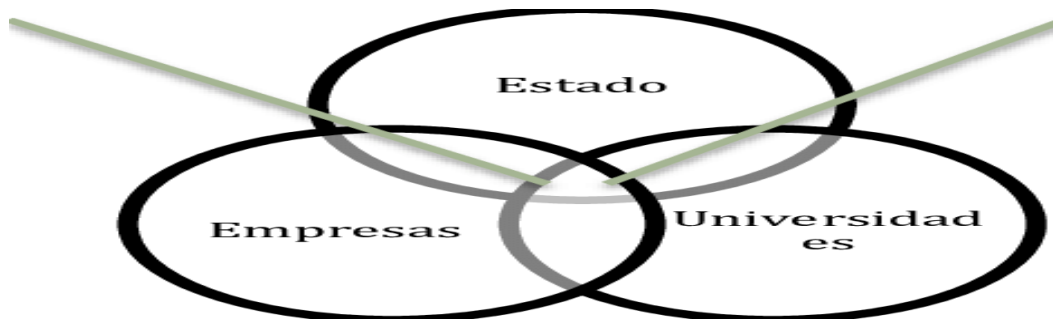


Figura 1. Modelo triple hélice, relación innovación estimulada en el punto focal. Adaptado de: (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000)

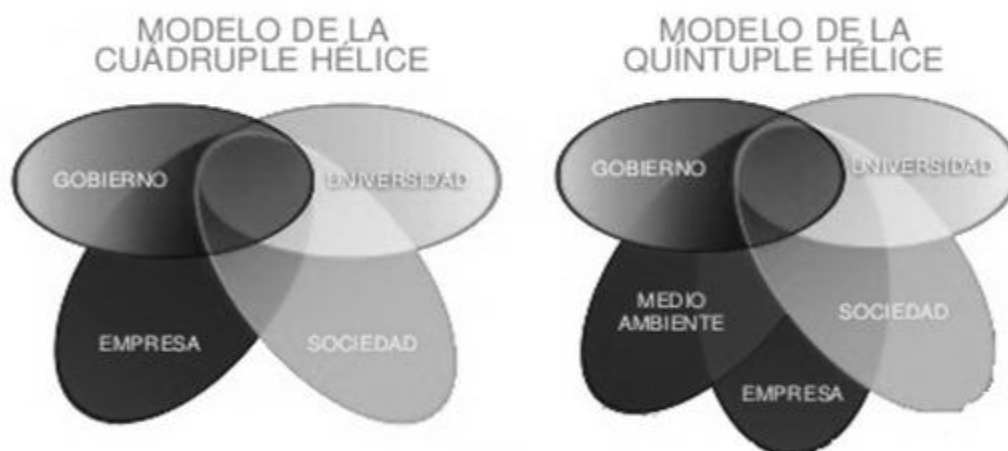
En 2009, Carayannis y Campbell propusieron una evolución de este modelo, incorporando una cuarta hélice: *la sociedad*. Este nuevo modelo, conocido como la *cuádruple hélice* (figura 2), considera que la sociedad es un actor clave en el proceso de innovación, ya que es la que finalmente determina si una innovación es exitosa o no.

La sociedad forma parte de este enlace de innovación para que ciertamente se genere innovación que sea realmente productiva y útil.

La incorporación de la sociedad de la innovación en el modelo de la cuádruple hélice tiene varias implicaciones. En primer lugar, reconoce que la sociedad es un actor activo en el proceso de innovación, y no solo un receptor pasivo de las innovaciones. En segundo lugar, subraya la importancia de la co-creación de innovaciones, es decir, del trabajo conjunto de los usuarios, las empresas, las universidades y el gobierno. En tercer lugar, enfatiza la necesidad de una mayor colaboración entre los actores involucrados en el proceso de innovación.

En 2012, Carayannis, et. al., incorporan una quinta hélice: *el medio ambiente*. (figura 2). Aquí, la innovación se preocupa de los entornos naturales de la sociedad. Nace así la necesidad de utilizar modelos de innovación destinados a resolver los desafíos del calentamiento global y el desarrollo sostenible. La quintuple hélice representa una interacción colectiva, un intercambio de conocimiento que incluye cinco subsistemas o hélices: (1) Sistema Educativo; (2) Sistema Económico; (3) Entorno Natural; (4) el Público basado en los medios de comunicación y en la cultura y/o sociedad civil y (5) el sistema político.

La figura 2. La cuádruple hélice y la quintuple hélice



Fuente: Carayannis, Campbell (2010, p. 3)

<https://transicionsocioeconomica.blogspot.com/2020/01/modelos-de-quinduple-helice.htm>

MODOS DE CREACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Al final de la década de 1990, y a comienzos del presente siglo, surgieron categorías conceptuales para comprender la forma en que se produce conocimiento, dentro de ellas se encuentran las siguientes: “modos de producción de conocimiento” (Gibbons, et. al, 1997), esta categoría, propuesta por Michael Gibbons y sus colegas (1997), contrasta dos modos de producción de conocimiento: el Modo 1, tradicional al espacio universitario; y el Modo 2, emergente en la era de la información. *Ciencia posacadémica* (Ziman, 1994, 2000), *Capitalismo académico* Slaughter y Leslie (1997), *Ciencia posnormal* Funtowicz y Ravetz (2000), *Triple hélice* Etzkowitz y Leydesdorff (2000),

La conocida noción de “ciencia posacadémica” se debe a Ziman. Las elaboraciones más extensas aparecen en los conocidos libros *Prometeus Bound: Science in a Dynamic Steady State* (1994) y, sobre todo *Real Science: What it is, and What it Means* (2000), aunque las formulaciones iniciales se encuentran ya en algunos informes y artículos realizados por el autor a finales de los años 1980. Con este término Ziman caracteriza a la empresa científica contemporánea como un sistema en transformación que comparte muchos de sus rasgos con lo que Gibbons y sus coautores han denominado Modo 2 de producción del conocimiento

Ciencia posacadémica, esta categoría, propuesta por Ziman (1994, 2000), describe el cambio de paradigma que está experimentando la ciencia. En la ciencia tradicional, la producción de conocimiento se realizaba de forma aislada, en las universidades y laboratorios académicos. Sin embargo, en la actualidad, la ciencia se está volviendo cada vez más interdependiente y colaborativa, y está involucrando a un número creciente de actores sociales y económicos.

Ziman (2000) da cuenta de “la transformación radical, irreversible y mundial de la manera en que la ciencia se organiza y ejecuta”.

La motivación central de la obra de Ziman dedicada a la noción de ciencia posacadémica es la de aportar una caracterización de lo que para el autor constituye una “transformación radical, irreversible y mundial de la manera en que la ciencia se organiza y ejecuta” (Ziman, 2000, p. 7), aunque Ziman no es particularmente exhaustivo al explicar las causas de esta transformación

El principal mecanismo detrás del cambio es, básicamente, el aumento de la competencia por los fondos destinados a investigación en una economía caracterizada por una creciente competencia de mercado. Ante estas presiones, la ciencia académica se ha contaminado de las prácticas de la ciencia industrial para dar lugar a un sistema de innovación que él llama postacadémico (y otras veces posindustrial o de “estado estable”) y que se caracteriza por un mayor grado de burocratización, un mayor énfasis en la utilidad directa de la producción científica, la necesidad de rendir cuentas ante la sociedad y por transformar la ciencia en un proyecto colectivo, en el que el individualismo de los científicos académicos tradicionales ha sido definitivamente socavado. La colectivización de la ciencia, concepto fundamental en el retrato que Ziman traza de la ciencia posacadémica, se refleja en el hecho de que los científicos de hoy en día tienen menos autonomía en la elección de sus problemas de investigación, ya que los objetivos de la investigación son establecidos por diversas organizaciones no científicas y, además, se ven ahora obligados a trabajar en un marco social más organizado en el que tienen que demostrar su experiencia como miembros de equipos de investigación.

Según Ziman (2000), la ciencia se ha transformado, de manera radical e irreversible, en la forma en que se organiza, se gestiona y se realiza. Esto, ha implicado cambios estructurales mayores, como ser en las instituciones epistémicas.

En este nuevo contexto, cambian las normas que deben cumplir los investigadores en donde para el autor se ha perdido autonomía en la elección de las líneas de investigación y la publicación de sus resultados. A su vez, la escasez de los recursos públicos para la investigación, es complementada por sistemas de fondos competitivos cuyas reglas de juego ya no las fija la academia (Arocena y Sutz, 2003). Al decir de Ziman (2000), además de “*publicar o perecer*”, ahora hay que “*competir por fondos o morir*”

Capitalismo académico, esta categoría, propuesta por Slaughter y Leslie (1997), describe el proceso de mercantilización de la ciencia. La ciencia tradicional se financiaba a través de fondos públicos, pero en la actualidad, la financiación privada está jugando un papel cada vez más importante. Esto está llevando a que la ciencia se oriente cada vez más a la producción de conocimiento con valor comercial.

El término “capitalismo académico” se refiere a la influencia del sistema capitalista en el ámbito académico, particularmente en instituciones educativas y en la investigación. Este concepto aborda cómo las consideraciones económicas y empresariales pueden afectar la educación superior y la producción de conocimiento.

En el contexto del capitalismo académico, se critica que las universidades a veces adopten prácticas empresariales, como la comercialización de la investigación, la dependencia de fondos privados y corporativos, y la priorización de programas y disciplinas que generan ingresos. Esto puede dar lugar a preocupaciones sobre la integridad académica y la autonomía de las instituciones educativas.

Asimismo, se debate sobre cómo el capitalismo puede influir en la orientación de la investigación, priorizando temas que sean más rentables o aplicables comercialmente en lugar de aquellos que puedan tener un valor social o humanitario más amplio.

En resumen, el término "capitalismo académico" señala la intersección entre el sistema capitalista y el ámbito académico, explorando cómo esta relación puede afectar la misión fundamental de la educación superior y la generación de conocimiento.

Paralelamente en el tiempo –inicios de los años noventa, surge el enfoque de la “**ciencia posnormal**”. La autoría de este enfoque se debe a la contribución conjunta de Funtowicz y Ravetz (2000), quienes desde 1992 han venido desarrollando sus postulados en diversos artículos científicos, especialmente el publicado en Futures en 1993, relacionados con la resolución de problemas medio-ambientales. Los planteamientos de fondo de estos autores aceptan la coexistencia de distintos modos de producción científica, adoptando un punto de vista que entiende la forma de funcionamiento de la I+D como un sistema complejo, y que está alejada de supuestos reduccionistas y mecanicistas. En esos contextos contemporáneos de gran complejidad la ciencia se ve limitada para proporcionar respuestas definitivas, lo cuál constituye la situación que da lugar a la diversificación de formas de producir conocimiento. Ciencia posnormal, esta categoría, propuesta por Funtowicz y Jerome Ravetz (2000), describe la complejidad de los problemas que afronta la ciencia en la actualidad. En el pasado, la ciencia se ocupaba de problemas relativamente simples, que podían resolverse mediante el uso de métodos científicos tradicionales. Sin embargo, en la actualidad, la ciencia se enfrenta a problemas complejos, que requieren el uso de métodos más flexibles y participativos.

Ciencia posnormal, esta categoría, propuesta por Funtowicz y Jerome Ravetz (2000), describe la complejidad de los problemas que afronta la ciencia en la actualidad. En el pasado, la ciencia se ocupaba de problemas relativamente simples, que podían resolverse mediante el uso de métodos científicos tradicionales. Sin embargo, en la actualidad, la ciencia se enfrenta a problemas complejos, que requieren el uso de métodos más flexibles y participativo

La "ciencia pos-normal" se considera como un enfoque para abordar problemas científicos en situaciones de incertidumbre, complejidad y conflictividad, especialmente en el ámbito de los problemas medioambientales.

La idea central es que en situaciones "pos-normales", los problemas no se resuelven simplemente mediante la aplicación de métodos científicos convencionales, sino que requieren la participación de diversas partes interesadas, considerando valores y perspectivas sociales, políticas y éticas. Este enfoque busca involucrar a la sociedad en la toma de decisiones científicas y abordar cuestiones ambientales de manera más integrada y participativa.

Triple hélice, esta categoría, propuesta por Etzkowitz y Leydesdorff (2000), describe la relación entre universidad, empresa y gobierno. En la ciencia tradicional, la universidad era el principal productor de conocimiento. Sin embargo, en la actualidad, la empresa y el gobierno también están jugando un papel importante en la producción de conocimiento.

Estas categorías conceptuales permiten comprender las tendencias que están reconfigurando las relaciones entre universidad, ciencia y sociedad. Estas tendencias incluyen:

- La creciente interdependencia y colaboración entre los diferentes actores involucrados en la producción de conocimiento.
- La mercantilización de la ciencia, que está llevando a que la ciencia se oriente cada vez más a la producción de conocimiento con valor comercial.
- La complejidad de los problemas que afronta la ciencia, que requiere el uso de métodos más flexibles y participativos.

El estudio de estas tendencias es importante para comprender el futuro de la ciencia y su papel en la universidad y la sociedad.

Estos conceptos presentan múltiples y complejos matices, que se traducen en diferentes enfoques, pero, en términos generales, comparten la idea de que se han puesto en marcha importantes transformaciones en el campo de la ciencia.

A pesar de que estos enfoques surgen y se desarrollan en diferentes contextos sociales, políticos, económicos y culturales, contribuyen a tipificar un proceso dinámico al interior de la ciencia que se conforma a través de múltiples transformaciones influidas por un contexto local y global.

Los enfoques planteados presentan diferentes énfasis y orientaciones; sin embargo, pueden identificarse algunos puntos en común que contribuyen a comprender parte de los cambios que se registran en la ciencia. Entre algunas de las coincidencias se plantea a la ciencia como un sistema dinámico que depende no sólo de factores internos a sus organizaciones y al quehacer de los científicos, sino que también responde a determinantes externos de carácter social, político y económico.

Algunos de los factores internos que influyen en la evolución de la ciencia son los siguientes:

- El desarrollo de nuevas teorías y métodos científicos.
- La formación de nuevos investigadores.
- La creación de nuevas instituciones científicas.

Algunos de los factores externos que influyen en la evolución de la ciencia son los siguientes:

- Los cambios sociales, políticos y económicos.
- Las necesidades y demandas de la sociedad.
- El desarrollo de la tecnología.

El reconocimiento de la ciencia como un sistema dinámico es importante porque permite comprender que su evolución no es lineal ni predecible. La ciencia está sujeta a cambios constantes, y estos cambios pueden ser impulsados por una variedad de factores.

Uno de los cambios más importantes que se han registrado en la ciencia en los últimos años es la creciente interdependencia entre las diferentes disciplinas científicas. Esto se debe al desarrollo de nuevas tecnologías que permiten a los científicos de diferentes campos colaborar en la resolución de problemas complejos.

Otro cambio importante es la creciente participación de la sociedad en la ciencia. Esto se debe al aumento de la conciencia pública sobre la importancia de la ciencia y la tecnología.

Los enfoques planteados sobre la ciencia ayudan a comprender estos cambios y sus implicaciones para el futuro de la ciencia.

En suma, estas diferentes conceptualizaciones dan cuenta de las características de algunos de los cambios que se han producido. La influencia de los diferentes contextos sociales, políticos y económicos es un factor fundamental para dar cuenta de estos cambios sobre las formas que adopta la producción del conocimiento y sus formas de organización. Estos diferentes conceptos y enfoques resultan marcos de referencia, en mayor o menor medida, que permean las transformaciones sucedidas en el plano nacional.

Para este escrito se tomará el enfoque desarrollado por Gibbons et al (1997), caracterizando las nuevas formas que adquiere la producción de conocimiento académico, modo 1 y modo 2, y, el modo 3 (Carayannis y Campbel, 2009)

El término "modo" se utiliza para distinguir entre diferentes formas de producción de conocimiento. En este contexto, los modos 1 y 2 se refieren a dos formas de producción de conocimiento que se consideran opuestas.

El modo 1, también conocido como modo tradicional, es la forma de producción de conocimiento que se ha utilizado tradicionalmente en las universidades. Se caracteriza por ser disciplinar, jerárquico, orientado a la investigación básica y evaluado por pares.

El modo 2, también conocido como modo emergente, es una forma de producción de conocimiento que se ha desarrollado en los últimos años. Se caracteriza por ser interdisciplinar, colaborativo, orientado a la investigación aplicada y evaluado por múltiples stakeholders.

La propuesta de Gibbons, que distingue entre los modos 1 y 2, ha sido muy influyente en la investigación sobre la producción de conocimiento. Sin embargo, también ha sido objeto de críticas. Algunos autores argumentan que la distinción entre los modos 1 y 2 es demasiado rígida y que no refleja la diversidad de formas de producción de conocimiento que existen. Otros autores sostienen que la propuesta de Gibbons es demasiado idealista y que no tiene en cuenta las limitaciones de la práctica científica real. Quienes retoman los modos de producción de conocimiento y plantean que la propuesta de Gibbons es polémica y ha generado la aparición de una serie de estudios con visiones críticas y alternativas al modo 2, las cuales se están agrupando bajo la denominación de modo 3 de producción de conocimiento.

Los paradigmas cambiantes de la creación de conocimiento, desde el "Modo 1" hasta el "Modo 3", reflejan la evolución de cómo se produce y se aplica el conocimiento en la sociedad. En particular, el "Modo 3" destaca la importancia del aprendizaje continuo y la adaptabilidad en un mundo en constante cambio.

MODO 1 Y MODO 2 DE PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

El **Modo 1** es caracterizado por el contexto académico disciplinar, homogéneo, autónomo, y jerárquico. Es decir, la producción de la ciencia se ciñe a una estructura jerárquica permanente (universidades y centros de investigación) con el objetivo de satisfacer los propios intereses académicos y disciplinarios. Sus metas son fijadas por los científicos, así como el control de la calidad, siguiendo con el método científico preestablecido. En el Modo 1, según Gibbons et al

(1994), se plantean y solucionan los problemas en un contexto gobernado por los intereses, en buena parte académicos de una comunidad específica.

El modo 1 “se centra en el papel tradicional de la investigación universitaria en la comprensión de un” modelo lineal de “innovación”, y el éxito en el modo 1 “se define como una calidad o excelencia aprobada por pares jerárquicamente establecidos” (Carayannis y Campbell, 2010, pág.48).

El modo 1 de producción de conocimiento es un modelo de investigación que se caracteriza por las siguientes dimensiones:

- Centralidad de la ciencia académica: La investigación se produce principalmente en las universidades y otras instituciones académicas.
- Orientación disciplinaria: La investigación se organiza en torno a disciplinas académicas.
- Autonomía de los investigadores: Los investigadores tienen una gran autonomía para determinar el tema y el método de su investigación.
- Evaluación por pares: La calidad de la investigación se evalúa por pares académicos.

El modo 1 se asocia con el modelo lineal de innovación, en el que la investigación básica conduce a la innovación tecnológica. En este modelo, la investigación se produce en un entorno aislado de las necesidades de la sociedad, y la innovación se produce en etapas posteriores, en la industria o en el gobierno.

El éxito en el modo 1 se define por la calidad o excelencia de la investigación, que se mide por criterios como la originalidad, la relevancia y la contribución a la disciplina. La evaluación de la investigación suele realizarse por pares académicos, que son expertos en la disciplina correspondiente.

El modo 1 ha sido el modelo dominante de producción de conocimiento durante siglos. Sin embargo, en las últimas décadas, se ha producido un cambio hacia el modo 2 de producción de conocimiento.

El Modo 1 de producción de conocimiento se identifica con la investigación tradicional, cuyo carácter es disciplinar, homogéneo y jerárquico. Es decir, la producción de conocimiento se realiza en organizaciones jerárquicas permanentes (universidades y centros de investigación) con el objetivo de avanzar en el conocimiento de la realidad para satisfacer los propios intereses académicos y disciplinarios. Sus metas son fijadas, por tanto, por los investigadores, así como el control de la calidad, que recae en manos de la comunidad de pares; tras lo cual, los resultados obtenidos pasan a ser de dominio público.

El Modo 2, sin embargo, presenta todos los rasgos opuestos: es transdisciplinar, heterogéneo y heterárquico. El Modo 2 se define también por el hecho de que en él se prima la aplicabilidad y la utilidad social. La investigación en el Modo 2 traspasa los límites disciplinares, la realizan grupos no jerárquicos creados ad hoc para atender demandas sociales específicas. Se trata de una producción de conocimiento orientada al contexto de aplicación. La validación de los resultados, que son protegidos por patentes, descansa, principalmente, en la aceptación. El cuadro 1 contrasta de manera resumida los principales rasgos diferenciadores de los dos modos de producción de conocimiento, siguiendo la aportación de Gibbons et al.

El Modo 2 de producción del conocimiento es un concepto propuesto por Michael Gibbons, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott y Martin Trow en su libro *The New Production of Knowledge* (1994). Este modo de producción se caracteriza por las siguientes dimensiones:

- Contextos dinámicos de aplicación. El conocimiento del Modo 2 se produce en contextos dinámicos de aplicación. Esto significa que, primando la praxis por encima de cualquier otra consideración, se mantiene una actitud de permeabilidad a demandas y necesidades externas. De esa forma, se buscan soluciones a problemas concretos de interés social, lo que, a su vez, requiere negociaciones continuas con actores no académicos.
- Transdisciplinariedad. La construcción de consensos concretos trasciende el ámbito disciplinar, exigiendo de los científicos mayores dosis de flexibilidad en la adaptación de sus planteamientos y prácticas metodológicas a las particularidades que presente cada objeto de estudio. Se requiere articular teorías, técnicas y procedimientos provenientes de diferentes ámbitos mediante el trabajo en equipo. Prevalecen las zonas híbridas, donde se produce una intersección entre disciplinas e integración de ciencia básica y ciencia aplicada.
- Heterogeneidad organizativa. Esta nueva forma de producir conocimiento ya no se concentra en las universidades y centros de investigación, sino que se multiplican los entornos potencialmente generadores de conocimiento. Pasa a ser predominante la heterogeneidad y la diversidad en lo que respecta a los modos de organización y las formas de trabajo, cuya interacción se canaliza a través de diferentes redes de comunicación.
- Responsabilidad social. Para atender adecuadamente la naturaleza de nuevos problemas con raíz social, los científicos han de intensificar su sensibilidad y compromiso, en especial hacia las implicaciones éticas y políticas de su trabajo. El Modo 2 es, en ese sentido, más reflexivo.
- Control social de la calidad. En el proceso de rendición de cuentas de los resultados se incorporan criterios de índole pragmática y también intervienen otros actores sociales, hasta ahora ajenos al quehacer científico.

En la reformulación posterior Novotny y Scott (2001) introducen nuevos términos e ideas, tales como:

- Contextualización. Diferentes formas de contextualización (débil, media y fuerte) reflejan la diversidad en las relaciones entre ciencia y sociedad. El orden posmoderno es heterogéneo.
- Ágora. Las audiencias heterogéneas se dirigen a los productores de conocimiento en el ágora, que abarca el ámbito político y el mercado. Es el lugar de donde parte la generación y la solución de los problemas y donde se produce la contextualización del conocimiento.
- Comunicación inversa. Se produce desde la sociedad a los productores de conocimiento. La sociedad decide qué es conocimiento. El conocimiento se genera a partir de relaciones fluidas entre el estado, los mercados y la industria.
- Expertos. Actúan en un marco de conocimiento distribuido socialmente atendiendo las necesidades sociales.

- Conocimiento robusto socialmente. Su validez descansa en una amplia comunidad formada por productores, diseminadores, comerciantes y usuarios del conocimiento.

El cuadro 1 contrasta de manera resumida los principales rasgos diferenciadores de los dos modos de producción de conocimiento, siguiendo los aportes de Gibbons et al. (1997)

Cuadro 1. Resumen de los rasgos del modo 1 y del modo 2 de producción de conocimiento

	MODO 1	MODO 2
Quiénes generan conocimiento	Academia: los investigadores	Diferentes actores sociales
Qué se decide abordar	- Problemas del ámbito académico	Necesidades de las comunidades sociales
	- Análisis teórico	
Cómo se genera conocimiento	- Modo lineal	- Investigación aplicada
	- Método científico	- También criterios no académicos
		- Diferentes metodologías
Dónde se genera	Universidades y centros de investigación	Contexto de aplicación en contacto directo con los actores sociales
Cómo se organiza el trabajo	- Rigen las normas de la ciencia	- Heterogéneo, no jerárquico
	- En las estructuras universitarias	- Formas de organización diversas
	- Jerárquico, vertical, universal, fijo	
Organización disciplinar	Unidisciplinar o interdisciplinar	- Transdisciplinar
		- Multisectorial
Resultados y beneficiarios	- Publicaciones, congresos, seminarios, docencia, tesis	- Aplicación práctica: resolución de problemas
	- Audiencias académicas	- Ofrecer alternativas
	- Relaciones verticales y unidireccionales	- Difusión horizontal y multidireccional
Control de calidad	- Criterios científicos	- Dimensiones sociales, económicas, ambientales, políticas
	- Propias comunidades y métodos	- Impacto en formas de organización y prácticas productivas
		- Constante seguimiento
		- Evaluación de resultados
Relaciones con el entorno	Transferencia unidireccional de tecnología	- Vinculación social
		- Transferencia interactiva de conocimientos (no sólo técnicos)
		- Intercambio horizontal
		- Redes sociales

Fuente: Jiménez-Buedo, Ramos Vielba (2009, p. 724)

El Modo 2 emerge junto a la estructura disciplinar tradicional de la ciencia y la tecnología. Este modo no reemplaza al anterior, sino que puede entenderse como parte de un proceso de cambio que se ha venido dando en las últimas décadas.

Los autores de The New Production of Knowledge sostienen que el Modo 2 proporciona una heurística útil para comprender los cambios que se están produciendo en las ciencias y sus instituciones. Este modo de producción es más adecuado para responder a los desafíos de la sociedad contemporánea, que son cada vez más complejos y multidimensionales.

Implicaciones para la universidad del modo 1

Las implicaciones del modo 1 de producción del conocimiento en la universidad son diversas. Algunas de ellas incluyen:

- **Enfoque en la Investigación Básica:** El modo 1 tiende a priorizar la investigación pura y básica o fundamental, orientada a la generación de conocimientos teóricos sin un énfasis inmediato en su aplicabilidad práctica. destaca la investigación pura y básica. Las universidades que adoptan este enfoque tienden a priorizar la generación de conocimiento teórico y conceptual sobre aplicaciones prácticas inmediatas
- **Jerarquías Académicas:** Este modelo puede contribuir a la creación de jerarquías en el ámbito académico, donde la valoración y promoción están fuertemente vinculadas a la producción de investigación teórica y publicaciones en revistas académicas. Las universidades pueden mantener estructuras académicas tradicionales con fuerte énfasis en departamentos disciplinarios, ya que el Modo 1 se basa en enfoques disciplinarios específicos
- **Fomento de la Excelencia Académica:** Dado que el Modo 1 pone un énfasis significativo en la investigación académica de alta calidad, las universidades que siguen este enfoque tienden a priorizar la excelencia en la investigación y pueden establecer estándares rigurosos para la producción de conocimiento.
- **Colaboración Interdisciplinaria Limitada:** Puede haber una menor propensión a la colaboración interdisciplinaria, ya que el Modo 1 se centra en la especialización disciplinaria. Sin embargo, esto puede variar según la orientación específica de cada institución.
- **Desafíos en la Transferencia de Conocimiento:** Las universidades pueden enfrentar desafíos en la transferencia de conocimiento a la sociedad, ya que el enfoque principal es la generación de conocimiento puro, y las aplicaciones prácticas pueden no ser una prioridad inmediata.
- **Formación Académica Tradicional:** La enseñanza en instituciones que siguen el Modo 1 puede basarse en métodos académicos tradicionales, con un enfoque en la transmisión de conocimientos teóricos y la formación en metodologías de investigación.
- **Separación entre Academia e Industria:** En el modo 1, la separación entre la academia y la industria es más pronunciada, ya que la investigación tiende a centrarse en la creación de conocimiento sin una conexión directa con las necesidades prácticas de la industria.
- **Énfasis en la Publicación Científica:** La producción de artículos científicos y la publicación en revistas académicas son elementos clave en el modo 1. Esto puede influir en la forma en que se evalúa el rendimiento académico.
- **Alejamiento de la Realidad Social:** Al centrarse en la investigación teórica, puede haber un riesgo de que el conocimiento generado en el modo 1 se aleje de las realidades sociales y aplicaciones prácticas

Implicaciones para la universidad del modo 2

El Modo 2 tiene implicaciones significativas para la universidad. La universidad tradicional, basada en el Modo 1, se centra en la investigación disciplinar, la formación de especialistas y la transmisión de conocimiento. El Modo 2, por su parte, requiere que la universidad se reoriente hacia la producción de conocimiento transdisciplinar, reflexivo y participativo.

Para responder a estas exigencias, la universidad debe realizar cambios en sus estructuras, procesos y prácticas. Entre estos cambios se pueden mencionar los siguientes:

- Promover la investigación transdisciplinaria: La universidad debe crear espacios y mecanismos para que los investigadores de diferentes disciplinas trabajen juntos.
- Fomentar la reflexión social: La universidad debe incorporar la perspectiva social en la investigación, de forma que esta responda a las necesidades de la sociedad.
- Ampliar la participación: La universidad debe abrirse a la participación de diferentes actores sociales, incluyendo empresarios, políticos y ciudadanos.

Estos cambios son necesarios para que la universidad siga siendo una institución relevante en la producción de conocimiento en el siglo XXI.

A su vez, el Modo 2, supone una estrecha interacción entre múltiples actores, lo que significa que esa producción de conocimiento adquiere cada vez una mayor responsabilidad social. De esa forma, la selección de temas de investigación, los métodos, los tiempos y las oportunidades no se fijan autónomamente por los científicos sino, cada vez más, por redes de actores que persiguen los más variados intereses en relación con los conocimientos posibles. Esto no afecta sólo a la investigación aplicada, sino fundamentalmente a la básica; de hecho, la distinción entre una y otra es cada vez más tenue y cada vez más entra el conocimiento básico en la racionalidad utilitaria de la empresa productiva

De acuerdo a esta concepción, la ciencia no se encuentra al margen de la sociedad, dispensando sus dones de conocimiento y sabiduría; tampoco es un enclave autónomo que se vea abatido ahora por el peso de estrechos intereses comerciales o políticos. Antes, al contrario, la ciencia siempre ha configurado y ha sido configurada a su vez por la sociedad, en un proceso que es tan complejo como abigarrado; no es estática, sino dinámica. La gama de posibles problemas que pueden ser abordados por la ciencia es indefinidamente enorme y, por lo tanto, la agenda de investigación no puede comprenderse en términos puramente intelectuales. (Gibbons et al., 1997, p. 36)

En este marco, uno de los desafíos presentes para hacer efectivo cambios en la agenda de investigación tiene que ver con la ampliación y modificación de los criterios por los que el saber es validado. En el Modo 1 los mecanismos de revisión por pares se consideran una regla fundamental; en el Modo 2 en cambio, el control debe ampliarse para cubrir otros intereses. Según Gibbons et al. (1994), al criterio de interés intelectual se le añaden otras cuestiones como, por ejemplo: Si se encuentra la solución, ¿será competitiva en el mercado?, ¿será efectiva en cuanto al coste?, ¿será socialmente aceptable? (Gibbons et al., 1997). La ampliación de la base no redundará en una menor calidad, sino simplemente en una calidad distinta, más compuesta y multidimensional. “Si bien esto puede generar tensiones con las estructuras legitimadoras previamente establecidas, los autores afirman que, hay que adaptar las normas que han gobernado la producción de conocimiento científico porque las actuales ya no se perciben como adecuadas para el desarrollo continuo de la propia ciencia” (Gibbons et al, 1997)

El Modo 2 puede caracterizarse por los cinco principios siguientes: (1) “conocimiento producido en el contexto de la aplicación”; (2) 'transdisciplinariedad'; (3) “heterogeneidad y diversidad organizacional”; (4) “responsabilidad social y reflexividad”; (5) y "control de calidad" (Gibbons et al. 1994, págs. 3-4).

El modo 2 se asocia con un modelo de innovación más complejo, en el que la investigación básica, la investigación aplicada y la innovación se producen en un contexto de colaboración entre diferentes actores.

El éxito en el modo 2 se define por el impacto de la investigación en la sociedad, que se mide por criterios como la resolución de problemas, la mejora de la calidad de vida o el desarrollo sostenible.

La superposición de la “Triple Hélice” proporciona un modelo a nivel de estructura social para la explicación del modo 2 como una estructura históricamente emergente para la producción de conocimiento científico, y su relación con el Modo 1, y es un modelo de “redes trilaterales”. y “organizaciones híbridas” de “relaciones universidad-industria-gobierno” (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000, pp. 118, 111-112).

MODO 3 DE PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

El modo 3 de Carayannis y Campbel (2009) evidencian que en muchos países se ha comenzado a integrar a los diferentes actores sociales en los procesos de competitividad. En su artículo: “Mode 3” and the Quadruple hélix toward a 21st century fractal innovation ecosystem” muestran que la introducción efectiva de los actores sociales no solo genera formas más democráticas de acceso al conocimiento, sino que también dinamiza exponencialmente los procesos de innovación y sobre todo da origen a nuevas relaciones de producción de conocimiento a las que ellos denominan modo 3. En el 2012 estos investigadores plantean la introducción al esquema de un nuevo actor, el **entorno natural**, con lo que el modo 3 de producción de conocimiento adquiere mayores elementos para su consolidación.

Según Carayannis y Campbell (2006). *“El concepto de modo 3 tiende más a enfatizar la coexistencia y coevolución de diferentes modos de conocimiento e innovación. El Modo 3 incluso acentúa ese pluralismo y diversidad de modos de conocimiento e innovación como necesarios para el avance de las sociedades y economías. Este pluralismo sustenta los procesos de mutuo aprendizaje cruzado desde los diferentes modos de conocimiento. Entre el modo 1 y el modo 2 son posibles múltiples arreglos y configuraciones creativas, que vinculan la investigación básica y la resolución de problemas”* (Carayannis y Campbell, 2012, p. 57). El Modo 3 “fomenta el pensamiento interdisciplinario y la aplicación transdisciplinaria del conocimiento interdisciplinario” así como “permite y enfatiza la coexistencia y coevolución de diferentes paradigmas de conocimiento e innovación” (Carayannis y Campbell, 2012, pp. 51-52).

El modo 3 se basa en la idea de que la producción de conocimiento es un proceso complejo que involucra a una variedad de actores, desde investigadores académicos hasta actores sociales y empresariales. Estos actores tienen diferentes perspectivas y necesidades, y el modo 3 reconoce la importancia de la colaboración y el diálogo entre ellos.

El modo 3 se asocia con un modelo de innovación más abierto y flexible, en el que la investigación básica, la investigación aplicada y la innovación se producen en un contexto de colaboración entre diferentes actores.

Las principales características del modo 3 son las siguientes:

- Coexistencia y coevolución de diferentes modos de conocimiento e innovación: El modo 3 reconoce que existen diferentes modos de conocimiento e innovación, y que estos pueden coexistir y co - evolucionar.
- Interdisciplinariedad y transdisciplinariedad: El modo 3 fomenta el pensamiento interdisciplinario y la aplicación transdisciplinaria del conocimiento.
- Responsabilidad social: El modo 3 enfatiza la responsabilidad social de la investigación y la innovación.
- Evaluación por impacto: El modo 3 evalúa la investigación y la innovación por su impacto en la sociedad.

El modo 3 se presenta como una alternativa al modo 1 y al modo 2 de producción de conocimiento. El modo 1 se centra en la investigación básica y la excelencia académica, mientras que el modo 2 se centra en la resolución de problemas y el impacto social. El modo 3, por su parte, reconoce la importancia de ambos enfoques y busca combinarlos para crear una nueva forma de producción de conocimiento.

El modo 3 ha sido adoptado por una variedad de organizaciones, incluidas universidades, empresas y gobiernos. Se considera que tiene el potencial de ayudar a abordar los desafíos complejos del mundo actual, como el cambio climático, la desigualdad social y los efectos de la pandemia de COVID-19.

El modo 3 de producción de conocimiento es un paradigma que surge en la década de 1990 como una respuesta a los desafíos de la sociedad del conocimiento. Se caracteriza por la colaboración entre diferentes actores, provenientes de la academia, el gobierno, la empresa y la sociedad civil, para la producción de conocimiento orientado a la solución de problemas sociales y el empoderamiento de las comunidades.

En el modo 3, la demanda por conocimiento no proviene únicamente de los actores gubernamentales o privados, sino que se privilegian las demandas de los actores sociales y el entorno natural. Esto significa que el conocimiento se produce en respuesta a las necesidades de las comunidades, con el objetivo de resolver problemas reales y mejorar la calidad de vida de las personas.

Las preguntas de investigación y las demandas por el conocimiento en el modo 3 surgen de las comunidades a las que aquejan los problemas sociales. Esto implica que las comunidades son las protagonistas de la producción de conocimiento, y que tienen un rol activo en la definición de las prioridades de investigación.

El modo 3 de producción de conocimiento tiene una serie de ventajas sobre los modelos tradicionales. En primer lugar, permite responder de manera más efectiva a las necesidades de las comunidades. En segundo lugar, fomenta la colaboración entre diferentes actores, lo que enriquece el proceso de investigación y aumenta las posibilidades de éxito. En tercer lugar, empodera a las comunidades, al permitirles participar en la producción de conocimiento y la toma de decisiones.

El modo 3 de producción de conocimiento es un paradigma emergente que tiene el potencial de transformar la forma en que se produce y se utiliza el conocimiento. Al promover la colaboración

entre diferentes actores y la participación de las comunidades, el modo 3 puede contribuir a la construcción de una sociedad más justa y equitativa.

Según Acosta Valdeleón, y Carreño Manosalva (2013), si el modo 1 se plantea como exclusivamente disciplinar y el modo 2 como transdisciplinar, hay que decir que la producción de conocimiento en el modo 3 podría enunciarse como transcultural. No es suficiente el conocimiento disciplinar y transdisciplinar para la construcción colectiva de conocimiento sobre las problemáticas de las comunidades, se hace necesario aquí incluir otras formas de conocimiento que la ciencia moderna desechó y subvaloró. Los problemas de los actores sociales y del entorno natural han sido en muchos casos causados por los desarrollos de la ciencia occidental moderna y por tanto otras formas de conocimiento son colocadas como relevantes e incluso necesarias para su superación. (p.78)

El conocimiento que se produce en el modo 3 es un tipo de conocimiento híbrido, que integra diferentes formas de saber, tanto científicas como tradicionales y empíricas. Este nuevo tipo de conocimiento es altamente efectivo porque logra superar las limitaciones de los enfoques tradicionales.

La innovación social comunitaria es un ejemplo claro de la producción de conocimiento en modo 3. En este caso, las comunidades combinan su conocimiento tradicional con el conocimiento científico para encontrar soluciones a problemas sociales específicos. Por ejemplo, una comunidad rural puede combinar su conocimiento sobre las plantas medicinales con el conocimiento científico sobre la farmacología para desarrollar nuevos tratamientos para enfermedades comunes.

El modo 3 de producción de conocimiento tiene el potencial de transformar la forma en que se abordan los problemas sociales. Al integrar diferentes formas de saber, se pueden encontrar soluciones más efectivas y sostenibles a los desafíos que enfrentamos.

El modo 3 de producción de conocimiento conserva la heterogeneidad y diversidad organizativa de los modelos tradicionales, pero la enriquece con la presencia de los actores sociales. Esto significa que los actores sociales, provenientes de la comunidad, tienen un rol protagónico en el proceso de producción de conocimiento.

Los actores sociales participan en la definición de las preguntas de investigación, el diseño de los proyectos, la recolección de datos y el análisis de los resultados. Esto les permite aportar su conocimiento y experiencia a la investigación, y garantizar que los resultados sean relevantes para las necesidades de las comunidades.

La participación de los actores sociales en la producción de conocimiento tiene una serie de ventajas. En primer lugar, permite que los resultados de la investigación sean más relevantes y útiles para las comunidades. En segundo lugar, empodera a las comunidades, al permitirles participar en el proceso de producción de conocimiento. En tercer lugar, contribuye a la construcción de una sociedad más justa y equitativa, al reconocer la importancia del conocimiento tradicional y empírico.

Implicaciones para la universidad del modo 3

En el contexto de la universidad, el Modo 3 implica una mayor interacción entre la academia y la sociedad, con un énfasis en la aplicación práctica del conocimiento. Implica colaboraciones más estrechas entre académicos, industria y comunidades para abordar problemas del mundo real. Además, se destaca la importancia de la interdisciplinariedad y la transferencia de conocimientos para generar soluciones efectivas.

Las implicaciones para la universidad incluyen cambios en la forma como se estructuran los programas académicos, en la promoción de la investigación aplicada y en la participación activa con actores externos. Este enfoque busca superar la separación tradicional entre la academia y la sociedad, fomentando una mayor relevancia y utilidad del conocimiento generado en la universidad.

El modo 3 de producción de conocimiento es un paradigma que se basa en la colaboración entre diferentes actores, como universidades, empresas, gobiernos y comunidades, para abordar problemas complejos. Este enfoque contrasta con los modos 1 y 2 de producción de conocimiento, que se basan en la investigación aislada por parte de académicos o empresas.

Las implicaciones del modo 3 para la universidad son profundas. En primer lugar, requiere que las universidades cambien su enfoque de la investigación académica a la investigación aplicada. Esto significa que las universidades deben trabajar más estrechamente con los actores externos para identificar y abordar problemas reales del mundo.

En segundo lugar, el modo 3 requiere que las universidades desarrollen nuevas habilidades y competencias. Las universidades deben formar a sus estudiantes y profesores para trabajar en entornos interdisciplinario y colaborativo. También deben desarrollar nuevas formas de gestionar la investigación y la innovación.

Por su parte Acosta Valdeleón y Carreño Manosalva (Acosta Valdeleón, 2013) plantean que el Modo 3 de producción del conocimiento que implica algunas ampliaciones al Modo 2 de Gibbons. Se pueden resumir sus tesis más relevantes en estas proposiciones:

- El conocimiento contextualizado debe ampliarse a todos los actores sociales.
- Además, de la transdisciplina hay que reconocer lo transcultural No reducir todo el conocimiento a la ciencia, ampliar el enfoque epistemológico.
- La diversidad organizacional debe llevar a reconocer la participación de los actores sociales como parte del proceso del conocimiento.
- La responsabilidad social implica ampliar la participación social en la regulación de las universidades y los centros científicos

Cabe destacar que el concepto de Modo 3 ha sido objeto de debate y críticas, pero ha influido en la discusión sobre la relación entre la academia y la sociedad en la producción de conocimiento.

Según Pérez Lindo (2016), resulta evidente que se asistió a la difusión de un nuevo paradigma y de un proceso histórico donde el conocimiento y la acción se entrelazan de múltiples maneras. El Modo 3 de Producción de Conocimiento alude en primer término a una estrategia y a un sistema de relaciones para producir una sociedad y una economía a partir del uso intensivo del conocimiento. Puede concebirse como parte del cambio histórico. En esta perspectiva las

universidades, los centros científicos y de innovación, se convierten en actores centrales, así como en otras épocas lo fueron el comercio, la industria, el Estado. El Modo 3 no suprime las funciones del Modo 1 y del Modo 2 sino que los resignifica en un nuevo proceso donde se juega el desarrollo global, la defensa del medio ambiente, la democratización del acceso al conocimiento, las luchas contra la pobreza y la desigualdad. (pp. 75- 76)

La pertinencia teórica del Modo 3 de Producción de Conocimiento se puede encontrar en los estudios sociales de la ciencia (CTS), en la economía de la educación y en los estudios sobre la evolución de la Educación Superior.

En los estudios sociales de la Ciencia, se ha observado que la producción de conocimiento científico no es un proceso aislado, sino que se encuentra estrechamente relacionado con el contexto social, político y económico en el que se desarrolla. En este sentido, el Modo 3 de Producción de Conocimiento reconoce la importancia de la participación de los actores sociales en el proceso de generación de conocimiento.

En la economía de la educación, se ha reconocido que la Educación Superior tiene un papel importante en el desarrollo económico de los países. En este sentido, el Modo 3 de Producción de Conocimiento resalta el potencial de las universidades para generar conocimiento que contribuya al desarrollo económico y social.

En los estudios sobre la evolución de la Educación Superior, se ha observado que las universidades están experimentando una serie de cambios, entre los que se encuentran la creciente importancia de la investigación, la extensión y la vinculación con la sociedad. En este sentido, el Modo 3 de Producción de Conocimiento refleja estas tendencias y propone un modelo de universidad que sea más pertinente para las necesidades de la sociedad actual.

Pérez Lindo (2016) propone doce (12) condiciones para implementar el modo 3 en América del Sur, ellas son:

“1°. Las universidades, públicas y privadas, deben buscar un consenso estratégico con los Estados, empresas y organizaciones sociales para adoptar una estrategia de desarrollo regional fundado en el uso intensivo del conocimiento, la igualdad social y el respeto del medioambiente.

2°. Las universidades y los centros de investigación tienen que organizar foros y debates para definir las políticas de conocimiento que conviene adoptar y tener en cuenta los avances científicos, las innovaciones tecnológicas y las demandas de la sociedad; los informes de la RICYT (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología–Iberoamericana e Interamericana: www.ricyt.org) y de otras agencias similares brindan informaciones relevantes.

3°. Una manera de aproximarse a un sistema de vinculaciones múltiples con la sociedad sería que cada unidad académica (departamento, facultad, instituto) asumiera como misión resolver un problema determinado de escala local, nacional o regional y diseñar programas de investigación, de enseñanza o de transferencia a fin de cumplir con ese objetivo.

4°. Otra alternativa consistiría en crear consorcios multilaterales para el desarrollo regional o local donde intervengan las universidades, los organismos públicos, las organizaciones sociales,

las empresas (como se intenta con el ZICOSUR: www.zicosur.org.ar) y como se aspira en Argentina, Brasil, Colombia, y otros países.

5°. La convergencia de universidades o facultades en torno a determinados problemas a resolver permitirá flexibilizar la estructura curricular, fomentar la interdisciplinariedad y favorecer la diversidad de enfoques cooperativos.

6°. Partiendo del consenso estratégico, las universidades pueden contribuir a crear estados inteligentes y eficientes, con gobierno virtual, con servicios 24 hs. online, con capacidad para actuar solidariamente en problemas alimentarios, sanitarios, de seguridad o de catástrofes (ya existen proyectos en este sentido).

7°. En el Mercosur Educativo se establecieron acuerdos para definir estándares comunes para algunas carreras profesionales, mecanismos de evaluación y programas de intercambio de profesores y alumnos. Se puede avanzar rápidamente hacia la adopción de programas comunes de las universidades para atender problemas como el de la pobreza, de las enfermedades endémicas, de transportes o de otros temas (la Asociación de Universidades Grupo Montevideo –AUGM– ya ha avanzado en la cooperación científica y académica).

8°. Asumiendo la virtualización progresiva de la educación, las universidades deberían discutir la conveniencia de adoptar estrategias multimodales y multimediales de enseñanza–aprendizaje. Al mismo tiempo habría que flexibilizar la estructura curricular para facilitar la movilidad de los estudiantes.

9°. La universalización del acceso a los conocimientos debe ser una meta principal. Junto con ella el sistema universitario regional debe sostener fuertes políticas de socialización de los jóvenes mediante la creación de programas de becas, de intercambios estudiantiles, de actividades deportivas y culturales.

10°. Fortalecer la investigación científica, la investigación aplicada y la capacidad de innovación sigue siendo requisito sine qua non para que la Universidad pueda brindar los conocimientos más avanzados y adecuados.

11. El Modo 3 de Producción de Conocimiento como correlato de la complejización de la sociedad tiene que fundarse en una epistemología compleja y pluralista (Morín, 1990). El Modo 3 surge como parte de la evolución de las teorías y prácticas científicas.

12. A las funciones tradicionales que se atribuyen a la Universidad (investigación–Enseñanza Superior–extensión) habría que agregar la del “desarrollo”, es decir, la misión de contribuir a crear un modelo de desarrollo inteligente, solidario y sustentable. En este sentido las universidades de la región deberían ser capaces de proponer proyectos tales como: la integración y modernización de los sistemas de salud, la urbanización de los barrios marginales, la industrialización de los desechos urbanos, el desarrollo de una industria y una red ferroviaria a nivel de América del Sur, la diseminación de las tecnologías energéticas alternativas, etc. Ya existen antecedentes en varios de estos temas”. (Pérez Lindo, 2016, pp. 78-79)

Pérez Lindo (2016) plantea, además, que: El Modo 3 de Producción de Conocimiento en América del Sur difiere tanto del Modo 1 como del Modo 2 en cuanto su propósito no es meramente funcional, ni solo de formación de profesionales, de mejoramiento de la investigación o de la competitividad económica. Se trata de convertir a las universidades en agentes de un nuevo modelo de desarrollo y de sociedad. Este propósito resulta coherente con los anhelos de la Reforma Universitaria de 1918 como de todos los que lucharon desde entonces para lograr una Universidad al servicio del bienestar colectivo. (p.79)

Pérez Lindo (2016, p. 79) plantea que la adopción del Modo 3 de Producción de Conocimiento en América del Sur debe servir para crear conciencia de las nuevas posibilidades que tiene la región y para consensuar políticas destinadas a establecer una sociedad igualitaria y respetuosa del medio ambiente.

Este planteamiento es importante porque reconoce el potencial del Modo 3 para contribuir al desarrollo sostenible de América del Sur. El Modo 3 se basa en la colaboración entre los actores sociales, incluidos las universidades, las empresas, el Estado y la sociedad civil. Esta colaboración permite generar conocimiento que sea más relevante para las necesidades de la sociedad, más innovador y más aplicable.

En particular, el Modo 3 puede contribuir al desarrollo sostenible de América del Sur de las siguientes maneras:

- Generando conocimiento sobre los desafíos del desarrollo sostenible. Las universidades pueden utilizar sus capacidades de investigación para generar conocimiento sobre los desafíos del desarrollo sostenible, como el cambio climático, la desigualdad social o la degradación ambiental.
- Formando profesionales para contribuir al desarrollo sostenible como ingenieros ambientales, economistas del desarrollo o educadores ambientales.
- Promoviendo la innovación en el campo del desarrollo sostenible. Las universidades pueden promover la innovación en el campo del desarrollo sostenible a través de la colaboración con empresas, organizaciones sociales y otros actores.

Para que el Modo 3 de Producción de Conocimiento sea efectivo en América del Sur, es necesario que se desarrollen las siguientes capacidades:

- Sensibilizar sobre los beneficios del Modo 3. Es necesario que los actores sociales de América del Sur sean conscientes de los beneficios del Modo 3 para el desarrollo sostenible.
- Consenso político. Es necesario que los gobiernos de América del Sur desarrollen políticas que promuevan el Modo 3.
- Cultura de gestión del conocimiento. Es necesario que se desarrolle una cultura de gestión del conocimiento en América del Sur para facilitar la colaboración entre los actores sociales.

En conclusión, la adopción del Modo 3 de Producción de Conocimiento puede contribuir al desarrollo sostenible de América del Sur. Sin embargo, para que sea efectivo, es necesario que se desarrollen las capacidades necesarias para implementarlo.

En medio de las crisis que vive América del Sur, es importante reconocer las ventajas comparativas que posee la región. Estas ventajas incluyen un bonus demográfico, recursos naturales abundantes, y capacidades científicas y educativas suficientes. Convertir esta potencialidad en una oportunidad para el futuro es el desafío de las universidades sudamericanas. De ello depende, a su vez, que se pueda asegurar el futuro de millones de jóvenes que apuestan a encontrar un trabajo gratificante a través de la Educación Superior.

La región enfrenta una serie de desafíos, como la desigualdad, la pobreza, y el cambio climático. Sin embargo, también posee una serie de fortalezas que pueden ser aprovechadas para su desarrollo.

Las universidades sudamericanas tienen un papel fundamental que desempeñar en la transformación de la región. Pueden contribuir a desarrollar el talento humano, promover la investigación y la innovación, y fomentar la integración regional.

Para ello, las universidades deben estar comprometidas con la generación de conocimiento pertinente a las necesidades de la región. También deben promover la formación de profesionales con las competencias necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Además, las universidades deben trabajar en colaboración con otros actores, como el sector privado, el gobierno, y la sociedad civil. Solo a través de la colaboración se podrá aprovechar el potencial de la región para construir un futuro mejor para todos.

En particular, las universidades pueden contribuir a asegurar el futuro de los jóvenes de la siguiente manera:

- Ofreciendo una educación de calidad que les permita desarrollar sus competencias.
- Preparando a los estudiantes para el mercado laboral, enseñándoles las habilidades y conocimientos necesarios para encontrar un trabajo digno.
- Impulsando la innovación, creando oportunidades para que los estudiantes desarrollen sus ideas y emprendimientos.

Las universidades sudamericanas tienen la oportunidad de ser agentes de cambio para la región. A través de la educación, la investigación y la innovación, pueden contribuir a construir un futuro más justo y próspero para todos.

LA TEORÍA DE LAS N- HÉLICES

La metáfora de la triple hélice (TH) de Leydesdorff y Etzkowitz (2000) propone que la innovación es un proceso sistémico que requiere de la colaboración entre tres actores clave: *la universidad, la industria y el gobierno*. La triple hélice sostiene que estas tres esferas, que tradicionalmente han operado de manera aislada, deben trabajar de manera conjunta para generar nuevas ideas y conocimientos que puedan ser convertidos en productos, servicios y procesos innovadores.

La TH ha sido ampliamente aceptada por los académicos y los policy makers como un modelo conceptual útil para comprender la naturaleza de la innovación y las políticas que pueden promoverla. Sin embargo, también ha sido objeto de críticas, que se centran en los siguientes aspectos:

- El papel de la universidad: La triple hélice otorga un papel central a la universidad en el proceso de innovación, pero algunos críticos sostienen que la industria es el actor más importante.
- La naturaleza de las relaciones entre los actores: La TH sugiere que las relaciones entre los actores deben ser colaborativas, pero algunos críticos sostienen que estas relaciones pueden ser conflictivas.
- La viabilidad de la TH en contextos diferentes: La TH se ha desarrollado en el contexto de las economías avanzadas, pero algunos críticos sostienen que puede ser inviable en contextos diferentes.

A pesar de estas críticas, la triple hélice sigue siendo un modelo conceptual influyente en el campo de la innovación. La TH ha contribuido a promover una visión de la innovación como un proceso sistémico que requiere de la colaboración entre diferentes actores.

El modelo de Triple Hélice y sus variantes o versiones extendidas (incluidos los marcos del sistema de innovación Cuádruple/Quíntuple Hélice) permiten comprender los vínculos conceptuales entre las políticas de educación superior y el emprendimiento (Carayannis & Campbell, 2009; Etzkowitz & Zhou, 2006; Ranga y Etzkowitz, 2013). Este modelo es, de hecho, una herramienta valiosa para entender la interacción entre la educación superior, la innovación y el emprendimiento.

La teoría de las N-hélices para el desarrollo y fortalecimiento de la innovación cobra mucha relevancia. Originalmente, el modelo propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (2000) en la llamada triple hélice, plantea que existe una relación virtuosa, capaz de generar e impulsar la innovación mediante la vinculación de tres actores: universidades, empresas y gobierno.

En el esquema anterior, la universidad es un actor relevante que ayuda a conducir e intercambiar el conocimiento hacia el resto de sus miembros. En este modelo, la universidad produce, además de artículos, licencias, patentes, spin-offs, startups y otros elementos que actúan como puentes tecnológicos (Miller, et. al., 2018). Sin embargo, la efectividad de este modelo se ha visto cuestionado debido a que sus resultados no se reflejan en los indicadores económicos.

En las última dos décadas, el modelo de cooperación entre universidad, gobierno y empresas ha evolucionado. Carayannis y Campbell (2009) proponen un sistema que incluye una cuarta hélice: *sociedad civil*. En este modelo centrado en el usuario se favorece el desarrollo de productos y servicios (innovaciones) que priorizan el interés de la sociedad (Carayannis y Rakhmatullin, 2014). Se trata de una cuarta hélice formada por ciudadanos influenciados por los medios y la cultura. Personas que representan una “dimensión democrática” o “contexto democrático” en donde se expresa el conocimiento y la innovación (García-Pérez-de-Lema, 2019).

En el 2012, Carayannis, et. al., incorporan una quinta hélice: *el medio ambiente*. Aquí, la innovación se preocupa de los entornos naturales de la sociedad (Machado, et. al., 2018). Nace así la necesidad de utilizar modelos de innovación destinados a resolver los desafíos del calentamiento global y el desarrollo sostenible. La quintuple hélice representa una interacción colectiva, un intercambio de conocimiento que incluye cinco subsistemas o hélices: (1) Sistema Educativo; (2) Sistema Económico; (3) Entorno Natural; (4) el Público basado en los medios de comunicación y en la cultura y/o sociedad civil y (5) el sistema político.

El modelo de innovación Quintuple Hélice ofrece una respuesta orientada hacia la resolución de problemas y el desarrollo sostenible, además, indica cómo se puede dominar esta transición socio - ecológica en combinación con la producción de conocimiento y la innovación. De hecho, esta transición socio - ecológica se comporta también como un impulsor (social) de la innovación, creando incentivos para más conocimiento y mejor innovación.

El modelo Quintuple Hélice se basa en el modelo Triple Hélice y el modelo Cuádruple Hélice y añade como quinta hélice el "entorno natural". La Quintuple Hélice es un "modelo de cinco hélices", "donde el medio ambiente o los entornos naturales representan la quinta hélice" (Carayannis y Campbell, 2010, p. 61): "La Quintuple Hélice puede proponerse como un marco para la investigación transdisciplinaria". (e interdisciplinario) del desarrollo sostenible y la ecología social' (Carayannis y Campbell, 2010, p. 62)

La Cuádruple Hélice, desarrollada por Carayannis y Campbell (2012), integra la Triple Hélice añadiendo como cuarta hélice el “público basado en los medios y la cultura” y la “sociedad civil”. La Cuádruple Hélice sostiene que estos actores también juegan un papel importante en el proceso de innovación, ya que pueden ayudar a difundir las nuevas ideas y conocimientos generados por la universidad, la industria y el gobierno.

El modelo de innovación de la Quintuple Hélice, es aún más amplio y completo al contextualizar la Cuádruple Hélice y al agregar adicionalmente la hélice (y la perspectiva) de los “entornos naturales de la sociedad”. La Quintuple Hélice sostiene que los entornos naturales también son importantes para la innovación, ya que pueden proporcionar recursos, inspiración y oportunidades.

En el contexto de la innovación, la Triple Hélice reconoce explícitamente la importancia de la educación superior para la innovación. Sin embargo, la Triple Hélice se centra principalmente en la producción de conocimiento y la innovación en la economía. La Cuádruple Hélice amplía esta perspectiva al incluir la sociedad del conocimiento y la democracia del conocimiento. La Cuádruple Hélice sostiene que el desarrollo sostenible de una economía del conocimiento requiere una coevolución con la sociedad del conocimiento.

La Quintuple Hélice va aún más allá al incluir la perspectiva ecológica. La Quintuple Hélice sostiene que la transición socio-ecológica de la sociedad y la economía en el siglo XXI es necesaria. Los entornos naturales de la sociedad y la economía también deben verse como impulsores de la producción de conocimiento y la innovación, definiendo así oportunidades para la economía del conocimiento.

En 2009, la Comisión Europea identificó la transición socio-ecológica como un desafío importante para la futura hoja de ruta del desarrollo. La Quintuple Hélice apoya aquí la formación de una situación beneficiosa para todos entre ecología, conocimiento e innovación, creando sinergias entre economía, sociedad y democracia.

El calentamiento global representa un área de preocupación ecológica, a la que se puede aplicar con mayor potencial el modelo de innovación Quintuple Hélice. El calentamiento global requiere de soluciones innovadoras que aborden los problemas ambientales y sociales asociados. La Quintuple Hélice puede ayudar a crear estas soluciones al fomentar la colaboración entre actores de diferentes sectores.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de cómo el modelo de innovación Quintuple Hélice puede aplicarse para abordar el calentamiento global:

- La universidad puede colaborar con empresas, gobiernos y organizaciones de la sociedad civil para desarrollar nuevas tecnologías de energía renovable.
- Las empresas pueden colaborar con gobiernos y organizaciones de la sociedad civil para desarrollar sistemas de transporte sostenibles.
- Los gobiernos pueden colaborar con organizaciones de la sociedad civil para educar al público sobre los problemas del calentamiento global.

La aplicación del modelo de innovación Quintuple Hélice puede ayudar a desarrollar soluciones innovadoras que aborden el calentamiento global y promuevan un futuro sostenible.

Se considera, ahora, con mayor detalle la producción del recurso del conocimiento. El conocimiento (por ejemplo, el avance de la tecnología verde) puede actuar como clave para el éxito del desarrollo sostenible. Esencialmente, hoy debería entenderse que los Estados-nación que se concentran en el progreso de la sociedad, una mayor competitividad de sus economías o una calidad de vida mejor y sostenible tienen que aplicar el recurso del conocimiento. En la transformación hacia una sociedad basada en el conocimiento, una economía basada en el conocimiento o una democracia basada en el conocimiento (Carayannis y Campbell, 2009, p. 224), también bajo el aspecto del cambio climático, es posible generar recursos nuevos y utilizables. conocimiento en conjunto con el desarrollo sustentable.

El recurso del conocimiento, por lo tanto, se convierte en el “recurso más fundamental” (Lundvall, 1992, p. 1), con cualidades de una “pepita de conocimiento” (Carayannis y Formica, 2006, p. 152). El conocimiento, como recurso, se crea a través de procesos creativos, combinaciones y producciones en los llamados 'modelos de conocimiento' o 'modelos de innovación' y, por lo tanto, queda disponible para la sociedad: 'También podemos llamar a esto la creatividad de la creación de conocimiento' (Carayannis y Campbell [2010], pág.48). Queremos referirnos aquí específicamente a los seis modelos actualmente existentes de creación de conocimiento y creatividad en innovación (Figura 1 y Carayannis y Campbell, 2012, pp. 13-28) de la siguiente manera:

Modo 1 (Gibbons et al., 1994). El modo 1 “se centra en el papel tradicional de la investigación universitaria en la comprensión de un 'modelo lineal de innovación' de edad avanzada", y el éxito en el modo 1 'se define como una calidad o excelencia aprobada por pares jerárquicamente establecidos' (Carayannis y Campbell, 2010, p.48).

Modo 2 (Gibbons et al. 1994). El Modo 2 puede caracterizarse por los cinco principios siguientes: (1) “conocimiento producido en el contexto de la aplicación”; (2) 'transdisciplinariedad'; (3) “heterogeneidad y diversidad organizacional”; (4) “responsabilidad social y reflexividad”; (5) y "control de calidad" (Gibbons et al., 1994, pp. 3-4).

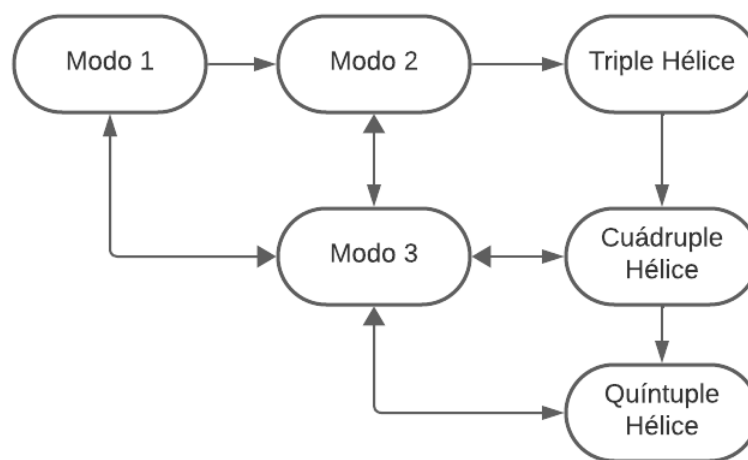
Triple Hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). La “superposición de la Triple Hélice proporciona un modelo a nivel de estructura social para la explicación del modo 2 como una estructura históricamente emergente para la producción de conocimiento científico, y su relación con el Modo 1', y es un 'modelo de 'redes trilaterales'. y organizaciones híbridas” de “relaciones universidad-industria-gobierno” (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000, pp. 118, 111-112).

Modo 3 (Carayannis y Campbell, 2006). “El concepto de modo 3 tiende más a enfatizar la coexistencia y coevolución de diferentes modos de conocimiento e innovación. El Modo 3 incluso acentúa ese pluralismo y diversidad de modos de conocimiento e innovación como necesarios para el avance de las sociedades y economías. Este pluralismo sustenta los procesos de mutuo aprendizaje cruzado desde los diferentes modos de conocimiento. Entre el modo 1 y el modo 2 son posibles múltiples arreglos y configuraciones creativas, que vinculan la investigación básica y la resolución de problemas” (Carayannis y Campbell, 2010, p. 57). El Modo 3 “fomenta el pensamiento interdisciplinario y la aplicación transdisciplinaria del conocimiento interdisciplinario” así como “permite y enfatiza la coexistencia y coevolución de diferentes paradigmas de conocimiento e innovación” (Carayannis y Campbell, 2010, pp. 51-52).

Hélice cuádruple (Carayannis y Campbell, 2009). El modelo de la Cuádruple Hélice se basa en el modelo de la Triple Hélice y añade como cuarta hélice el “público”, definido más específicamente como el “público basado en los medios y la cultura” y la sociedad civil. Esta 'cuarta hélice se asocia con los "medios", las "industrias creativas", la "cultura", los "valores", los "estilos de vida", el "arte" y quizás también con la noción de "clase creativa" (Carayannis y Campbell, 2009, págs. 218, 206).

Quíntuple hélice (Carayannis y Campbell, 2010). El modelo Quíntuple Hélice se basa en el modelo Triple Hélice y el modelo Cuádruple Hélice y añade como quinta hélice el "entorno natural". La Quíntuple Hélice es un "modelo de cinco hélices", "donde el medio ambiente o los entornos naturales representan la quinta hélice" (Carayannis y Campbell, 2010, p. 61): "La Quíntuple Hélice puede proponerse como un marco para la investigación transdisciplinaria". (e interdisciplinario) del desarrollo sostenible y la ecología social” (Carayannis y Campbell, 2010, p. 62)

Figura 3. Relación entre los modos de producción del conocimiento y las N- hélices



Fuente: Carayannis, Barth and Campbell (2012, p. 3)

Los autores abordan temas relacionados con la democracia del siglo XXI, la innovación y el espíritu empresarial como impulsores del desarrollo. En el contexto de la cuádruple hélice, se destaca la

importancia de la participación activa de diversos actores en la generación y aplicación de conocimiento para fomentar la innovación y el desarrollo sostenible.

La quinta hélice tiene implicaciones importantes para la forma como se produce el conocimiento. En primer lugar, reconoce que el conocimiento no es solo un producto de las universidades o los laboratorios de investigación, sino que también es producido por una variedad de actores en la sociedad. En segundo lugar, enfatiza la importancia de la colaboración entre estos actores para resolver problemas complejos.

El modo 3 de producción del conocimiento y la quinta hélice ofrecen un nuevo enfoque para la investigación que tiene el potencial de mejorar la calidad del conocimiento producido, aumentar su impacto en la sociedad y promover el desarrollo sostenible.

En referencia al desarrollo sostenible, bajo el aspecto del calentamiento global, habría que añadir si en el futuro un Estado (Estado-nación) que lidera la política mundial, así como la economía mundial, también estará determinado por lo social (sociedad) potencial para equilibrar nuevos conocimientos, know-how e innovación con la naturaleza. El “modelo central” de innovación básica de la Triple Hélice se centra en la economía del conocimiento. La Cuádruple Hélice ya introduce la perspectiva de la sociedad del conocimiento (y de la democracia del conocimiento). Desde el punto de vista del modelo de innovación de la Cuádruple Hélice, es evidente que debería haber una coevolución de la economía del conocimiento y de la sociedad del conocimiento (Dubina et al. (2012).

La Quintuple Hélice finalmente enfatiza la perspectiva socio- ecológica de los entornos naturales de la sociedad. La ecología social se centra en la interacción, el codesarrollo y la coevolución de la sociedad y la naturaleza (Carayannis y Campbell, 2010, p. 59).

Aquí también se aplican “perfiles metabólicos” específicos (Fischer-Kowalski (1998); Fischer-Kowalski y Hüttler (1999); Fischer-Kowalski y Haberl (2007); Haberl et al. (2004 pp. 201-202, 204); Hopwood et al. (2005); Kates et al. (2001). “Los regímenes socio- metabólicos representan equilibrios dinámicos de las interacciones sociedad-naturaleza y se caracterizan por patrones típicos de flujos de materia y energía (perfiles metabólicos)” (Krausmann et al., 2008, p. 1).

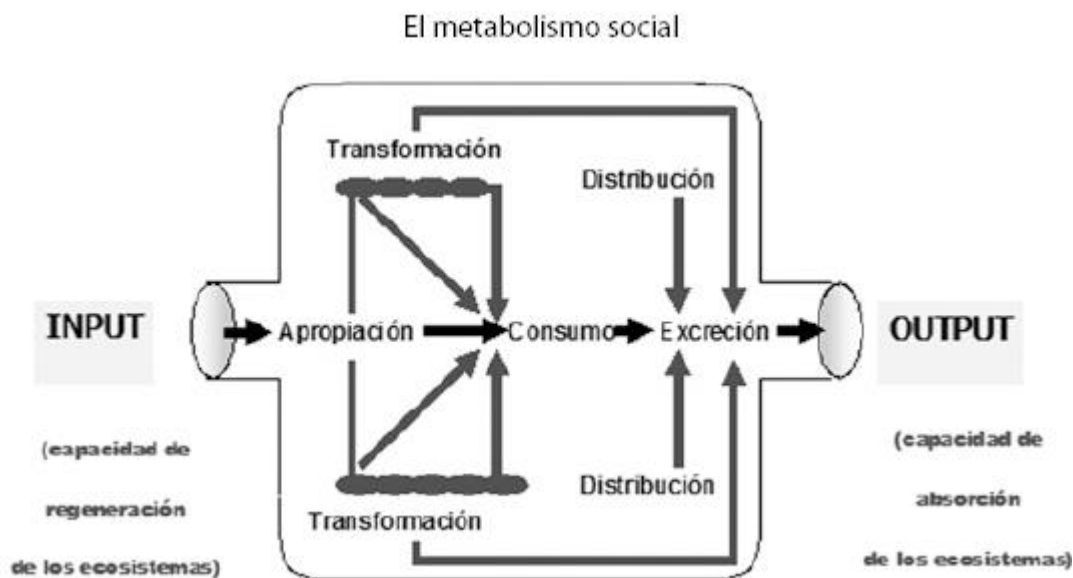
En 2009, la Comisión Europea identificó la transición socio -ecológica como un desafío importante para la futura hoja de ruta del desarrollo. La transición socio- ecológica es un proceso de transformación social y económica que busca alcanzar un desarrollo sostenible. Se basa en el reconocimiento de que los sistemas sociales y ecológicos están interconectados y que es necesario abordar los desafíos ambientales y sociales de manera conjunta. La Quintuple Hélice apoya aquí la formación de una situación beneficiosa para todos entre ecología, conocimiento e innovación, creando sinergias entre economía, sociedad democracia. El calentamiento global representa un área de preocupación ecológica, a la que se puede aplicar con mayor potencial el modelo de innovación de la Quintuple Hélice.

Los "perfiles metabólicos" específicos permiten entender los patrones de flujos de materia y energía en estas interacciones sociedad-naturaleza. Estos perfiles metabólicos son esenciales para comprender los "regímenes socio- metabólicos", que representan equilibrios dinámicos en estas interacciones.

El metabolismo social es el conjunto de flujos de materiales y energía que se producen entre la naturaleza y la sociedad, y entre distintas sociedades entre sí, llevados a cabo con una forma cultural específica. (González de Molina, & Toledo, 2017, Haberl, Fischer-Krausmann, Martinez-Alier, & Winiwarter,, 2011, Martínez-Alier, J. ,2002).

Según Toledo (2013) el metabolismo entre la naturaleza y la sociedad contiene dos dimensiones o esferas: una material, visible o tangible y otra inmaterial, invisible o intangible. Revisemos la primera. El metabolismo social comienza cuando los seres humanos socialmente agrupados se apropian materiales y energías de la naturaleza (input) y finaliza cuando depositan desechos, emanaciones o residuos en los espacios naturales (output). Pero entre estos dos fenómenos ocurren además procesos en las "entrañas" de la sociedad por medio de los cuales las energías y materiales apropiados circulan, se transforman y terminan consumiéndose (figura 4). Por lo anterior en el proceso general del metabolismo social existen tres tipos de flujos de energía y materiales: los flujos de entrada, los flujos interiores y los flujos de salida. El proceso metabólico se ve entonces representado por cinco fenómenos que son teórica y prácticamente distinguibles: la apropiación (A), la transformación (T), la circulación (C), el consumo (Co) y la excreción (E). (Toledo, 2013)

Figura. 4. El proceso general del metabolismo (de materia y energía) entre sociedad y naturaleza



Fuente: González de Molina, Toledo, (2017).

El metabolismo social se puede analizar a diferentes escalas, desde la escala individual hasta la escala planetaria. A escala individual, el metabolismo social se refiere a los flujos de materiales y energía que se producen en la vida cotidiana de las personas, como la alimentación, el transporte, el consumo de bienes y servicios, y la producción de residuos.

A escala social, el metabolismo social se refiere a los flujos de materiales y energía que se producen en la sociedad en su conjunto, como la producción industrial, la agricultura, el transporte, el consumo y la gestión de residuos.

El metabolismo social es un concepto importante para comprender las relaciones entre la sociedad y el medio ambiente. Permite analizar cómo la sociedad consume recursos naturales y produce residuos, y cómo estos flujos afectan a la sostenibilidad del planeta.

El metabolismo social es un concepto complejo, pero es fundamental para comprender las relaciones entre la sociedad y el medio ambiente.

Las “estructuras biofísicas” o “estructuras biofísicas de la sociedad” marcan áreas de superposición entre cultura (lo cultural) y naturaleza (lo natural). Además, entre estas estructuras biofísicas y la naturaleza opera un metabolismo (un “metabolismo social”, con potencial de “transición socio-metabólica”).

Las estructuras biofísicas de la sociedad son aquellas que resultan de la interacción entre lo cultural y lo natural. Son, por lo tanto, sistemas complejos que combinan elementos físicos, biológicos y sociales.

En términos de relevancia, "la quinta hélice y estructuras biofísicas" es un concepto más relevante en la actualidad. El cambio climático, la pandemia de COVID-19 y otros desafíos globales hacen que sean más importante que nunca que la ciencia y la tecnología se integren en las políticas públicas y las estrategias de desarrollo.

El modelo de innovación de la Quintuple Hélice ofrece una respuesta orientada a la resolución de problemas y al desarrollo sostenible; además, indica cómo se puede dominar esta transición socio - ecológica en combinación con la producción de conocimiento y la innovación (Figura 5). De hecho, esta transición socio - ecológica se comporta también como un impulsor (social) de la innovación, creando incentivos para más conocimiento y mejor innovación. (Carayannis, E., Barth, T. & Campbell, D. 2012)

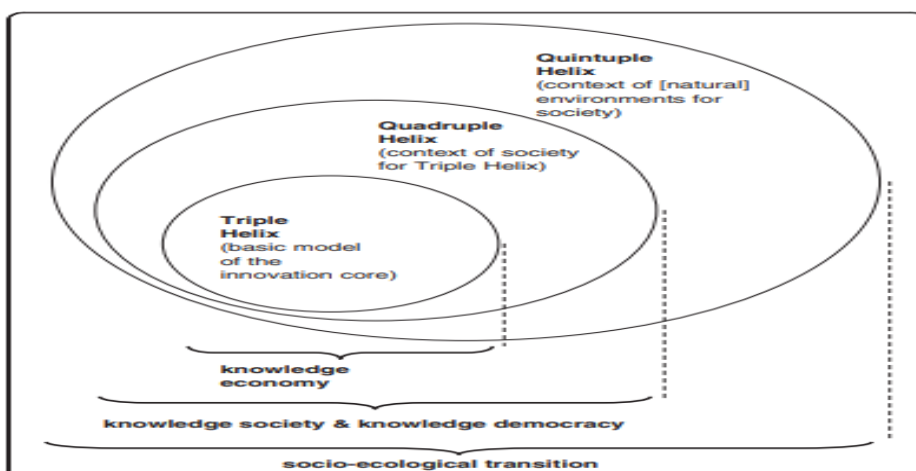


Figura 5. Fuente: Carayannis, Barth y Campbell (2012, p. 4)

El punto de origen analítico de la Quintuple Hélice es el Modelo de Triple Hélice de Etzkowitz y Leydesdorff (2000) y es el Modelo de Cuádruple Hélice de Carayannis y Campbell (2010). El sistema de cooperación social (sociedad) se define a sí mismo basándose en el modelo de una Triple Hélice, que consiste en una combinación de universidad (es decir, sistema educativo), industria (es decir, sistema económico) y gobierno (es decir, sistema político) (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000, pp.111-112). Los autores (Etzkowitz y Leydesdorff) se refieren a esta combinación como “relaciones universidad-industria-gobierno”, vinculando la creación y el intercambio de conocimiento entre estos tres subsistemas. Carayannis y Campbell reconocieron la dinámica no lineal dentro de la Triple Hélice y la extendieron a la Cuádruple Hélice (Carayannis y Campbell 2009, p. 218): La Triple Hélice se amplía dentro de la Cuádruple Hélice a través de una estrategia basada en los medios y la cultura. subsistema público.

El objetivo de esta ampliación es incluir tanto al público como a la sociedad civil como un cuarto subsistema. El público basado en los medios no sólo apoya la difusión del conocimiento en un estado (estado-nación), sino también el público basado en la cultura con sus valores, experiencias, tradiciones y visiones, que promueve el conocimiento para la sociedad del conocimiento (Carayannis y Campbell). 2009, pp. 217-227). Echemos un vistazo más de cerca al modelo de quintuple hélice. En el año 2010, los autores Carayannis y Campbell desarrollaron aún más la cuádruple hélice añadiendo una quinta hélice al modelado del conocimiento y la innovación, que es el entorno natural. La Cuádruple Hélice se convirtió en la Quintuple Hélice (Figura 6) (Carayannis y Campbell, 2010, p. 62).

Un modelo para abordar el complejo desafío que implica el cumplimiento de la tercera misión de la universidad es propuesto por Carayannis et al. (2012) como modelo de innovación la quintuple hélice. El modelo contempla cinco subsistemas que intercambian conocimiento con el fin de generar y promover un desarrollo sostenible para la sociedad. Figura 6.

En la “**tercera misión**”, se encuentran los puntos fundamentales de la transferencia de conocimiento y tecnología y la responsabilidad social universitaria. La tercera misión de la universidad, es una forma de ver, entender la investigación e innovación, impulsar el desarrollo y promover la transferencia fuera del ámbito universitario, en otras palabras, una colaboración en conjunto con las empresas, Estado, universidad y sociedad (Galindo et al., 2011), la cual se puede reflejar en los servicios de investigación y asesoramiento a organismos gubernamentales y no gubernamentales (Molas-Gallart, 2005), sin embargo, las actividades van más allá de la transferencia de conocimiento y deben incluir el desarrollo de iniciativas de aprendizaje permanente y servicio público (de la Torre et al., 2017).

La "tercera misión" de la universidad se refiere a todas las actividades que están más allá de la docencia y la investigación, que son las dos misiones principales de una universidad.

En este sentido, el modelo de innovación de la Quintuple Hélice propone hacer frente a los retos actuales del calentamiento global a través de la aplicación de los conocimientos y know-how, ya que se centra en el intercambio social (social) y la transferencia de conocimientos dentro de los subsistemas de un estado específico o Estado-nación. Dicho modelo 'no lineal' de innovación combina el conocimiento, el saber hacer y el medio ambiente-sistema natural en un marco "interdisciplinario" y "transdisciplinario", con el cual proporciona un modelo para comprender la gestión basada en la calidad del desarrollo económico eficaz, recuperar un equilibrio con la

naturaleza y así procurar el desarrollo sustentable tan aclamado. En resumen, el modelo de la Quintuple Hélice representa un modelo adecuado en la teoría y la práctica, que ofrece a la sociedad comprender el vínculo entre el conocimiento y la innovación, con el fin de promover un desarrollo sustentable (Carayannis & Campbell, 2012).

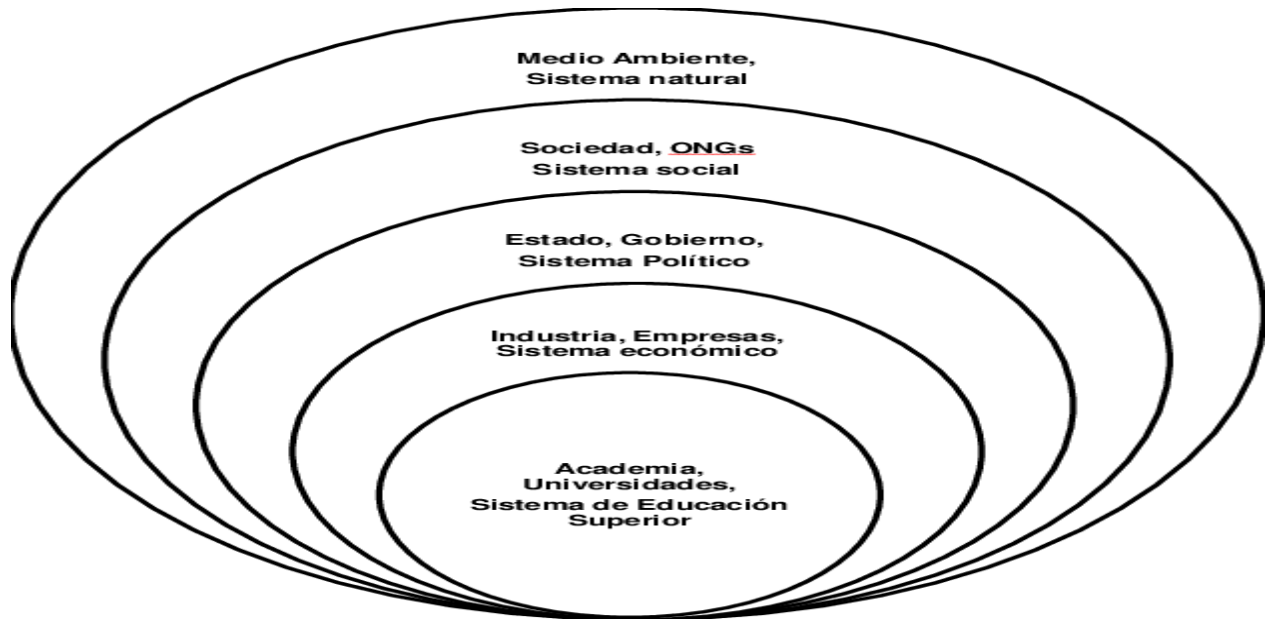


Figura 6. Los subsistemas del modelo Quintuple Hélice. Fuente: Carayannis & Campbell. (2012) https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Los-subsistemas-del-modelo-de-la-quintuple-helice_fig1_373091753

El objetivo y el interés de la Quintuple Hélice son incluir el medio ambiente natural como un nuevo subsistema para los modelos de conocimiento e innovación, de modo que la “naturaleza” se establezca como un componente central y equivalente de y para la producción de conocimiento y la innovación. El entorno natural es para el proceso de producción de conocimiento, y la creación de una nueva innovación es particularmente importante porque sirve para la preservación, supervivencia y vitalización de la humanidad, y la posible creación de nuevas tecnologías verdes; y la humanidad, después de todo, debería aprender más de la naturaleza (especialmente en tiempos de cambio climático). Con la Hélice del Medio Ambiente Natural, el “desarrollo sostenible” y la “ecología social” se convierten en componentes de la innovación social (sociedad) y la producción de conocimiento (Carayannis, Barth y Campbell, 2010, pp. 58-62):

“La Quintuple Hélice describe además lo que el desarrollo sostenible podría significar e implicar para la 'eco- innovación' y el 'eco - emprendimiento' en la situación actual y para nuestro futuro” (Carayannis, Barth y Campbell, 2010, pp. 62-63).

El elemento constitutivo más importante de la Quintuple Hélice -aparte de los "agentes humanos" activos- es el recurso del "conocimiento", que, a través de una circulación (es decir, circulación de

conocimiento) entre subsistemas sociales (sociedad), cambios en la innovación y know-how en una sociedad y para la economía (Barth, 2011, p. 6). La Quintuple Hélice, por lo tanto, visualiza la interacción colectiva y el intercambio de conocimiento en un estado (estado-nación) por medio de los siguientes cinco subsistemas (es decir, hélices): (1) sistema educativo, (2) sistema económico, (3) el entorno natural, (4) el público basado en los medios y la cultura (también la sociedad civil), (5) y el sistema político (Carayannis y Campbell, 2010, pp. 46–48, 62). Analizar la sostenibilidad en una Quintuple Hélice y determinar el desarrollo sostenible para el progreso significa, por tanto, que cada uno de los cinco subsistemas (hélices) descritos tiene a su disposición un activo especial y necesario, con una relevancia social (sociedad) y académica (científica) para uso (Barth (2011a, p. 6 y 2011b, pp. 30-31; Meyer, 2008, pp. 89-95; Carayannis, 2004, pp. 49-50), como sigue:

1. El *sistema educativo*: El *sistema educativo*, como primer subsistema, se define a sí mismo en referencia a la "academia", las "universidades", los "sistemas de educación superior" y las escuelas. En esta hélice, el "capital humano" necesario (por ejemplo: estudiantes, profesores, científicos/investigadores, empresarios académicos, etc.) de un estado (estado-nación) se está formando mediante la difusión y la investigación del conocimiento.
2. El *sistema económico*: El *sistema económico*, como segundo subsistema, está formado por "industria/industrias", "empresas", servicios y bancos. Esta hélice concentra y enfoca el "capital económico" (por ejemplo: espíritu empresarial, máquinas, productos, tecnología, dinero, etc.) de un estado (estado-nación).
3. El *entorno natural*: El *entorno natural* como tercer subsistema es decisivo para un desarrollo sostenible y proporciona a las personas un "capital natural" (por ejemplo: recursos, plantas, variedad de animales, etc.).
4. El *público basado en los medios y la cultura*: El cuarto subsistema, el *público basado en los medios y la cultura*, integra y combina dos formas de "capital". Por un lado, esta hélice tiene, a través del público basado en la cultura (por ejemplo: tradición, valores, etc.), un "capital social". Por otro lado, la hélice de los medios públicos (por ejemplo: televisión, Internet, periódicos, etc.) contiene también el "capital de información" (por ejemplo: noticias, comunicación, redes sociales).
5. El *sistema político*: El *sistema político*, como quinto subsistema, también es de crucial importancia, porque formula la "voluntad" hacia dónde se dirige el Estado (Estado-nación) en el presente y en el futuro, definiendo y organizando, así como administrar las condiciones generales del estado (estado-nación). Por tanto, esta hélice tiene un "capital político y jurídico" (por ejemplo: ideas, leyes, planes, políticos, etc.).

En resumen, el Modelo Quintuple Hélice se puede describir de la siguiente manera (Figuras 3 y 4): Es un modelo teórico y práctico para el intercambio del recurso de conocimiento, basado en cinco subsistemas sociales (sociedades) con 'capital'. a su disposición, con el fin de generar y promover un desarrollo sostenible de la sociedad (Carayannis, Barth y Campbell, 2010, pp. 60-62). En este modelo acumulativo de quintuple hélice, el recurso de conocimiento se mueve a través de una circulación de conocimiento de subsistema a subsistema (Barth, 2011a, p. 6).

Esta circulación de conocimiento de subsistema a subsistema implica que el conocimiento tiene cualidades de entrada y salida de y para subsistemas dentro de un estado (estado-nación) o también entre estados. Si se cuenta con un aporte de conocimiento a uno de los cinco subsistemas, entonces se produce una creación de conocimiento. Esta creación de conocimiento se alinea con un

intercambio de conocimientos básicos y produce nuevos inventos o conocimientos como resultado. El resultado de la creación de conocimiento de los subsistemas tiene, por lo tanto, dos rutas (vías): (1) la primera ruta conduce a un resultado para la producción de innovaciones para una mayor sostenibilidad en un estado (estado-nación); (2) la segunda ruta conduce a la devolución de nuevos conocimientos a la circulación del conocimiento. A través de la circulación del conocimiento, la nueva producción de conocimiento recién creado de un subsistema se transforma en entrada de conocimiento para un subsistema diferente de la Quintuple Hélice. (Carayannis, Barth y Campbell, 2010; Barth, 2011a). Sobre la entrada y salida de conocimientos se puede decir en consecuencia:

“Por un lado, el conocimiento sirve como insumo o recurso para las sociedades y economías avanzadas, que dependen cada vez más del conocimiento. Por otro lado, la producción de conocimiento (creación de conocimiento) también genera conocimiento como resultado, que luego se retroalimenta. (reciclado) como aporte de conocimiento” (Carayannis y Campbell, 2006, p. 4)."

Por lo tanto, en una Quintuple Hélice por y con las cinco hélices, se está abordando el intercambio de conocimientos en un Estado (Estado-nación) con todas sus conjunciones, con el fin de promover un desarrollo sostenible basado en la producción de conocimiento.

Esto nos lleva a la pregunta principal de nuestro análisis: ¿Cómo se puede practicar el desarrollo sostenible, con respecto al “calentamiento global”, paso a paso dentro de un modelo de quintuple hélice? Como se ha visto, el recurso del conocimiento es el “bien” más importante en una Quintuple Hélice. La circulación del conocimiento estimula continuamente nuevos conocimientos. Como resultado, todos los sistemas de una Quintuple Hélice se influyen entre sí con conocimiento para promover la sostenibilidad a través de innovaciones nuevas, avanzadas y pioneras. Con el ejemplo de una inversión específica en el sistema educativo del modelo Quintuple Hélice, describiremos cómo se puede considerar factible un desarrollo más sostenible, en referencia al "calentamiento global", a nivel nacional y por los efectos positivos que puedan surgir para la sociedad. (ver Figura 4) en los siguientes pasos:

Paso 1: Cuando más inversiones fluyen hacia la hélice del sistema educativo para promover el desarrollo sostenible bajo el aspecto del calentamiento global, el Modelo Quintuple Hélice muestra y demuestra que, como insumo, las inversiones crean nuevos impulsos y sugerencias para la creación de conocimiento en la educación. sistema. Por ejemplo, las inversiones específicas producen nuevos equipos, nuevos lugares para científicos y profesores y mayores oportunidades de investigación. Por lo tanto, se puede obtener una mayor producción de innovaciones provenientes de la ciencia y la investigación. Al mismo tiempo, la enseñanza y la formación pueden mejorar su eficacia. En particular, la inversión en educación debería tener un impacto positivo en el capital humano como manifestación del rendimiento del sistema educativo; Debido a más recursos, la enseñanza y la capacitación deberían ser más efectivas, permitiendo que el capital humano aproveche las oportunidades y apunte a los usos más directamente. El producto que surge del capital humano para un desarrollo más verde o un desarrollo sostenible es, a su vez, también un insumo en la hélice del sistema económico. Carayannis, Barth and Campbell (2012, p. 7)

Paso 2: Mediante la entrada de nuevos conocimientos a través del capital humano en la hélice del sistema económico, el valor (valores) de la economía del conocimiento o de una economía del conocimiento avanzada aumenta en consecuencia. A través de la mejora del conocimiento, se pueden estimular y lograr importantes instalaciones de producción adicionales y oportunidades de

desarrollo para una economía verde sostenible, orientada al futuro (sensible al futuro), basada en la creación de conocimiento. Esta creación de conocimientos no sólo genera en el sistema económico nuevos tipos de empleos, nuevos productos y servicios ecológicos, sino que también son posibles impulsos nuevos y decisivos para un crecimiento económico cada vez más ecológico. En este subsistema, se exigen nuevos valores (como la responsabilidad social corporativa), que permiten y apoyan una nueva producción de conocimientos e innovaciones por parte del sistema económico. (Carayannis, Barth and Campbell, 2012, pp. 7- 8) Además, Barth escribe:

"El capital económico del know-how es, en este contexto, la sostenibilidad. Aquí, el resultado del know-how económico será una economía sostenible y de alta calidad, pero, de hecho, el know-how especial que implica el sistema económico ahora es probablemente una nueva armonía del ser humano con la naturaleza" (Barth, 2011a, p. 8).

Paso 3: Esta nueva sostenibilidad como resultado del sistema económico será una nueva aportación de conocimiento en la hélice del entorno natural. Este nuevo conocimiento "comunica" a la naturaleza que estará cada vez más protegida, a medida que se produzcan menos explotación, destrucción, contaminación y despilfarro (extravagancia). De este modo, el entorno natural puede regenerarse y fortalecer su capital natural, y la humanidad también puede aprender más y más de la naturaleza. (es decir, creación de conocimiento). El objetivo de esta hélice debería ser vivir en equilibrio con la naturaleza, desarrollar tecnologías regenerativas y utilizar los recursos finitos disponibles de forma sostenible y sensible. Aquí entran en juego especialmente las disciplinas de las ciencias naturales para formar nuevos conocimientos ecológicos para el ser humano. Este conocimiento como resultado del subsistema del medio ambiente natural puede proporcionar una mayor protección ambiental y una calidad de vida superior a las personas. Además, el desarrollo de nuevas tecnologías respetuosas con el medio ambiente puede reducir las emisiones de CO2 de forma más eficaz y puede ayudar a disminuir el cambio climático. En resumen, lo siguiente se puede explicar en el contexto de Barth sobre la hélice del entorno natural: "El resultado del entorno natural es, por tanto, un conocimiento ecológico" (Barth 2011, p. 9). (Carayannis, Barth and Campbell, 2012, p. 8)

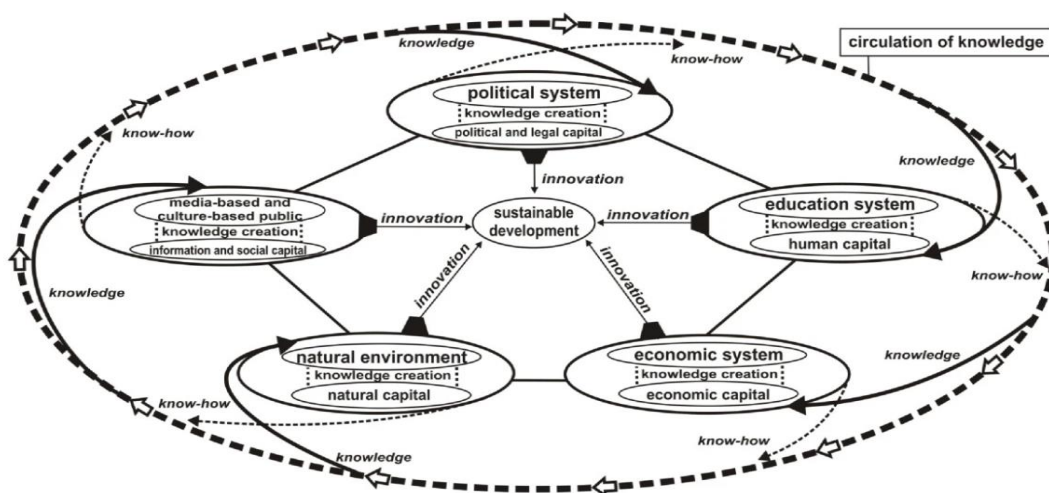


Figura 7. Fuente: Carayannis, Barh & Campbell (2012, p. 8)

Paso 4: Al resultado del entorno natural le sigue un aporte de nuevos conocimientos sobre la naturaleza y un estilo de vida verde (más verde) para el subsistema del público basado en los medios y la cultura. En esta hélice es de crucial importancia comunicarse y vivir un estilo de vida ecológico. Aquí, el público basado en los medios recibe una función nueva y crucial (es decir, capital de información), que es difundir a través de los medios información sobre una nueva conciencia verde y el nuevo estilo de vida humano. Este capital debería proporcionar incentivos sobre cómo se puede implementar un estilo de vida verde de una manera simple, asequible y consciente (es decir, creación de conocimiento). Esta creación de conocimiento promueve el capital social necesario del público basado en la cultura, del cual depende una sociedad para el desarrollo sostenible. Este capital social, por lo tanto, debe transmitir información sobre los deseos, necesidades, problemas o satisfacción de los ciudadanos como producto a la política o al sistema político. La producción de conocimientos del público basado en los medios y en la cultura sirve, así como un nuevo insumo para la hélice del sistema político. (Carayannis, Barth and Campbell, 2012, p. 8)

Paso 5: El aporte de conocimiento al sistema político es el conocimiento del público basado en los medios y la cultura y representa también el conocimiento colectivo de los otros tres subsistemas de la sociedad. Las importantes discusiones sobre este nuevo conocimiento en los sistemas políticos son impulsos necesarios para la creación de conocimiento. El objetivo de esta creación de conocimiento es un “capital político y legal”, que haga que la Quintuple Hélice sea más efectiva, de mayor calidad y más sostenible. En consecuencia, el know-how recién adquirido es el resultado de sugerencias, inversiones sostenibles y objetivos. La nueva producción de conocimiento y know-how del sistema político conduce a través de la circulación del conocimiento nuevamente al sistema educativo, al sistema económico, al medio ambiente natural y al público basado en los medios y la cultura. (Carayannis, Barth and Campbell, 2012, pp. 8 - 9)

Características del modelo quintuple hélice:

- Favorece la globalización
- Movilidad económica, talento humano, tecnología, etc.
- Intercambio del conocimiento entre sectores
- Favorece la innovación
- Crea redes del conocimiento
- Proyectos basados en los objetivos del desarrollo social ODS

La cuádruple y quintuple hélices explican por qué la democracia y el medio ambiente deben integrarse en los modelos de innovación. Estas hélices sirven para revelar y promover formas y medios para construir un crecimiento alineando con el progreso democrático (Park, 2014). El desarrollo innovador y sostenible de los países dependerá no sólo de la presencia del gobierno, universidades e industrias, sino también de su capacidad de articularse para alcanzar objetivos sostenibles y que consideren la sociedad y el medio ambiente.

La teoría de las hélices es un interesante punto de partida. Un insumo que podría ayudar a construir políticas públicas más inclusivas y sostenibles en materia de innovación.

Mientras que el modelo de la triple hélice no requiere (en sí mismo) la existencia de una democracia para la producción de conocimiento y la innovación, la cuádruple hélice es más explícita al respecto. La forma en que está ideado, concebido e imaginado este modelo muestra claramente que

no puede existir un sistema de innovación basado en la cuádruple hélice sin democracia o sin un entorno democrático. Los siguientes atributos y elementos definen la cuarta hélice de este modelo: «ciudadanos influenciados por los medios de comunicación y la cultura», la “sociedad civil”, así como “el arte, la investigación artística y la innovación basada en el arte”. La cuarta hélice del modelo representa la perspectiva de una “dimensión democrática” o de un “contexto democrático” para el conocimiento, su producción y la innovación. La quintuple hélice amplía el concepto de la cuádruple hélice añadiendo aspectos relacionados con el “entorno natural de la sociedad y la economía”, la “ecología social” y la “transición socio – ecológica”. Las cuestiones medioambientales pueden abordarse y tratarse mejor en una democracia que en un sistema político autoritario.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta Valdeleón, W., y Carreño Manosalva, C (2013). Modo 3 de producción de conocimiento: implicaciones para la universidad de hoy. *Revista de la Universidad de La Salle*, (61), 67-87.

Audretsch, D.B. (2009). The entrepreneurial society. *Journal of Technology Transfer*, 3 (june), 245-254

Barth TD (2011) The idea of a green new deal in a Quintuple Helix Model of knowledge, know-how and innovation. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(2), 1–14.

Carayannis EG (2004) Measuring intangibles: managing intangibles for tangible outcomes in research and innovation. *International Journal of Nuclear Knowledge Management*, 1(2), 49–67. 10.1504/IJNKM.2004.005102

Carayannis EG, von Zedtwitz M (2005) Architecting gloCal (global – local), real-virtual incubator networks (G-RVINs) as catalysts and accelerators of entrepreneurship in transitioning and developing economies. *Technovation*, 25, 95–110. 10.1016/S0166-4972(03)00072-5

Carayannis EG, Campbell DFJ (2006) Knowledge creation, diffusion, and use in innovation networks and knowledge clusters. A comparative systems approach across the United States, Europe and Asia (pp. 1–25). Edited by: Carayannis, EG, Campbell, DFJ. Praeger, Westport.

Carayannis EG, Alexander JM (2006) Global and local knowledge. *Glocal transatlantic public-private partnerships for research and technological development*. Houndmills, Palgrave MacMillan.

Carayannis EG, Formica P (2006) Intellectual venture capitalists: an emerging breed of knowledge entrepreneurs – viewpoint. *Industry and Higher Education*, 20(3), 151–156. 10.5367/000000006777691034

Carayannis EG, Campbell DFJ (2009) “Mode 3” and “Quadruple Helix”: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3/4), 201–234. 10.1504/IJTM.2009.023374

Carayannis EG, Kaloudis A (2010) 21st century democratic capitalism: a time for action and a time to lead. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 1–13.

Carayannis EG, Campbell DFJ (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. <http://www.igi-global.com/bookstore/article.aspx?titleid=41959>

Carayannis EG (Ed) (2011) *In Planet earth 2011 - global warming challenges and opportunities for policy and practice*. Open Access Publisher. <http://www.intechopen.com/books/planet-earth-2011-global-warming-challenges-and-opportunities-for-policy-and-practice>

Carayannis EG, Campbell DFJ (2011) Open innovation diplomacy and a 21st century fractal research, education and innovation (FREIE) ecosystem: building on the Quadruple and Quintuple Helix innovation concepts and the “Mode 3” knowledge production system. *Journal of the Knowledge Economy* ,2(3), 327 - 372. <http://www.springerlink.com/content/d11r223321305579/> 10.1007/s13132-011-0058-3

Carayannis EG, Campbell, DFJ (2012) Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems. *21st-century democracy, innovation, and entrepreneurship for development. SpringerBriefs in business* (Vol. 7). Springer, New York; <http://www.springer.com/business+%26+management/book/978-1-4614-2061-3>

Carayannis, E. G., Barth, T. D. and Campbell, D. (2012). The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(2) doi.org/10.1186/2192-5372-1-2.

Carayannis EG, Campbell DFJ (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. <http://www.igi-global.com/bookstore/article.aspx?titleid=41959>

Carayannis, EG, & Campbell, DFJ (2012). Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems. *21st-century democracy, innovation, and entrepreneurship for development. SpringerBriefs in business* (Vol. 7). New York: Springer. <http://www.springer.com/business+%26+management/book/978-1-4614-2061-3>.

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 Knowledge Economics*, 5, 212-239. <https://doi.org/10.1007/s13132-014-0185-8>

Carayannis, E. G., Grigoroudis, E., Campbell, D. F., Meissner, D., & Stamati, D. (2018). The ecosystem as helix: An exploratory theory-building study of regional co-opetitive entrepreneurial ecosystems as Quadruple/Quintuple Helix Innovation Models. *R&D Management*, 48(1), 148–160

Carayannis, E.G., Campbell, D.F.J. & Grigoroudis, E. (2022) Helix Trilogy: the Triple, Quadruple, and Quintuple Innovation Helices from a Theory, Policy, and Practice Set of Perspectives. *J Knowl Econ* 13, 2272–2301. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00813-xhn>.

Comissão Europeia (2009). *A transição socioecológica para uma Europa sustentável*

de la Torre, E. M., Agasisti, T., & Perez-Esparrells, C. (2017). The relevance of knowledge transfer for universities' efficiency scores: an empirical approximation on the Spanish public higher education system. *Research Evaluation*, 26(3), 211-229.

Dubina I. N, Carayannis EG, Campbell DFJ (2012) Creativity economy and a crisis of the economy? Coevolution of knowledge, innovation, and creativity, and of the knowledge economy and knowledge society. *Journal of the Knowledge Economy*, 3(1), 1–24. <http://www.springerlink.com/content/t5j8112136h526h5/> 10.1007/s13132-011-0042-y.

Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000) The dynamic of innovation: from National Systems of Innovation and 'Mode 2' to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy* 29, Nº 2, 109, 124

Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C y Terra, B. (2000) The future of the university and the university of the future: evolution from ivory tower to entrepreneurial paradigm, *Research Policy* 29, Nº 2, 303, 313

Etzkowitz H, Gulbrandsen M, Levitt J (2000) *Public Venture Capital*. New York, NY: Harcourt.

Etzkowitz, H., & Zhou, C. (2006). Triple Helix twins: Innovation and sustainability. *Science and public policy*, 33(1), 77–83.

European Commission (2009) *The World in 2025. Rising Asia and socio-ecological transition*. European Commission, Brussels.

Fischer-Kowalski M (1998) Society's metabolism. The intellectual history of materials flow analysis, Part I, 1860–1970. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1):61–78. 10.1162/jiec.1998.2.1.61

Fischer-Kowalski M, Hüttler W (1999) Society's metabolism. The intellectual history of materials flow analysis, Part II, 1970–1998. *Journal of Industrial Ecology*, 2(4):107–136.

Fischer-Kowalski M, Haberl H (Eds) (2007) *Socioecological transitions and global change. Trajectories of social metabolism and land use*. Edward Elgar, Cheltenham.

Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1993) Science for the Post-Normal Age. *Futures*, vol. 25, n.º 7, pp. 739- 755

Funtowicz S. O., Ravetz J. R. (1994). The worth of a songbird: Ecological economics as a post-normal science. *Ecological Economics* 10:197–207

Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (2000): *La ciencia posnormal: ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria.

Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (2008) *Post-Normal Science - Environmental Policy under Conditions of Complexity*

Galindo, J., Sanz, P., & De Benito, J. (2011). La Universidad ante el reto de la transferencia del conocimiento 2.0: Análisis de las herramientas digitales a disposición del gesto de transferencia. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 111-126

- García-Pérez-de-Lema, D. (2019). El modelo de innovación de la quintuple hélice: un enfoque de utilidad desde el punto de vista de la sociedad y su entorno. *AECA: Revista de La Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas*, 127, 34-36
- Gibbons, M, Limoges, C, Nowotny, H, Schwartzman, S, Scott, P, & Trow, M (1994). *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage
- Gibbons, M; Limoges, C; Nowotny, H; Schwartzman, S; Scott, P; Trow, M (1997) *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Pomares- Corredor
- González de Molina, M., & Toledo, V. M. (2017). El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones. *Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica*, 14, 1-26.
- Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Martinez-Alier, J., & Winiwarter, V. (2011). Social metabolism: What is it and why is it important? *Journal of Industrial Ecology*, 15(5), 739-750.
- Hopwood B, Mellor M, O'Brien G (2005) Sustainable development: mapping different approaches. *Sustainable Development*, 13, 38–52. 10.1002/sd.244
- Jiménez-Buedo, M, y Ramos Vielba, I. (2009) ¿Más allá de la ciencia académica?: Modo 2, ciencia posacadémica y ciencia. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura* CLXXXV 738 julio-agosto (2009) 721-737 ISSN: 0210-1963 doi: 10.3989/arbor.2009.738n1048
- Kates RW, Clark WC, Corell R, Hall JM, Jaeger CC, Lowe I, McCarthy JJ, Schellnhuber HJ, Bolin B, Dickson NM, Faucheux S, Gallopin GC, Grübler A, Huntley B, Jäger J, Jodha NS, Kasperson RE, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore B, O'Riordan T (2001) Svedin U: Environment and development: sustainability science. *Science*, 292(5517), 641–642. 10.1126/science.1059386
- Krausmann F, Fischer-Kowalski M, Schandl H, Eisenmenger N (2008) The global sociometabolic transition: past and present metabolic profiles and their future trajectories. *Journal of Industrial Ecology*, 12(5), 637–656. 10.1111/j.1530-9290.2008.00065.x
- Krausmann, Fridolin et al. (2008 a) Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints”, *Ecological Economics* 65, 471-487.
- Krausmann, Fridolin, Heinz Schandl y Rolf Peter Sieferle (2008 b) Socioecological regime transition in Austria and United Kingdom”, *Ecological Economics* 65, 187-201.
- Lundvall B-Å (Ed) (1992) *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers, London; 1992.
- Machado, H. V., Lazzarotti, F., & Bencke, F. F. (2018). Innovation models and technological parks: Interaction between parks and innovation agents. *Journal of Technology Management and Innovation*, 13(2), 104-114. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242018000200104>

Martínez-Alier, J. (2002). The environmentalism of the poor: A study of ecological conflicts and valuation. Edward Elgar Publishing.

Merton, R. K (1942) Science and Technology in a Democratic Order. *Journal of Legal and Political Sociology* 1, 115-126.

Merton, R. (1973) Los imperativos institucionales de la ciencia. En: Merton, R. *Sociología de la Ciencia* 2. Investigaciones teóricas y empíricas. Madrid: Alianza Editorial.

Miller, K., Mcadam, R., & Mcadam, M. (2018). A systematic literature review of university technology transfer from a quadruple helix perspective: toward a research agenda. *R&D Management*, 48(1), 7-24. <https://doi.org/10.1111/radm.12228> Machado, H. V., Lazzarotti, F., & Bencke, F. F. (2018). Innovation models and technological parks: Interaction between parks and innovation agents. *Journal of Technology Management and Innovation*, 13(2), 104-114. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242018000200104>

Molas-Gallart, J. (2005). Definir, quantificar i finançar la tercera missió: un debat sobre el futur de la universitat. *Coneixement i societat*(7), 6-26.

Morin, E. (1994) *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.

Nowotny, H y Scott, P. (2001) Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in An Age of Uncertainty. January. *Contemporary Sociology A Journal of Reviews* 32(2) DOI:10.2307/3089636

Park, H. W. (2014). Transition from the triple helix to N-tuple helices? An interview with Elias G. Carayannis and David FJ Campbell. *Scientometrics*, 99 (1), 203-207. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1124-3>

Pérez Lindo, A. (1985). *Universidad, política y sociedad*. Buenos Aires: Eudeba.

Pérez Lindo, A. (2016) El modo 3 de producción de conocimiento, las universidades y el desarrollo inteligente de América del Sur. *Integración y Conocimiento*. n°5 vol. 2 <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/integracionyconocimiento/article/view/15727/15557>.

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), 237–262.

Slaughter, S.; Leslie, L. L. (1997) *Academic capitalism: politics, policies, and the entrepreneurial university*. Baltimore: John Hopkins.

Toledo, V. M. (2013) El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, vol. XXXIV, núm. 136, 2013, pp. 41-71 El Colegio de Michoacán, A.C Zamora, México

Ziman, John (1994) *Prometheus Bound. Science in a Dynamic Steady State*. Cambridge, UK: Cambridge University Press

Ziman, J. (2000) *Real Science: What It is and What It Means*. Cambridge, UK: Cambridge University Press

