

## 6. Papel de las capacidades tecnológicas y de vinculación en el caso de los institutos de investigación universitarios: caso del IF-UNAM



VICTORIA PAMELA SILVA DOMÍNGUEZ\*

MARÍA DEL PILAR MONSERRAT PÉREZ HERNÁNDEZ\*\*

DOI: <https://DOI.org/10.52501/cc.324.06>

### Resumen

Este trabajo analiza las capacidades tecnológicas y de vinculación de instituto público de investigación en México (IF-UNAM), enfocándose en las actividades de vinculación de servicios y de desarrollo tecnológico. Se encontró que el instituto cuenta con capacidades tecnológicas y de vinculación débiles, no ha logrado combinar sus recursos para que se fortalezcan, y así articularse con el resto de los agentes del Sistema de Innovación en México. Para paliarlo se recomiendan acciones tales como definir la estrategia competitiva, definir objetivos y planeación, proyectar las capacidades basado en recursos, renovar su planta académica, mantener la acreditación sus laboratorios, participar en actividades industriales, y en solución a problemas nacionales.

**Palabras clave:** *capacidades tecnológicas, vinculación, institutos investigación universitarios.*

---

\* Maestra en Política y Gestión del Cambio Tecnológico. Coordinadora de la Unidad de Vinculación y Transferencia del Conocimiento y técnica académica del Instituto de Física de la UNAM, México. ORCID: 0009-0004-4722-659X; correo electrónico: victoria@fisica.unam.mx

\*\* Doctora en Economía y Gestión de la Innovación y Política Tecnológica. Profesora titular del CIECAS-IPN, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1352-6004>

## Introducción

El estadio actual de la humanidad está determinado por el binomio competitividad e innovación, por un lado, la competitividad ha determinado las decisiones de los países a través de mecanismos institucionales, económicos, entre otros. La carrera de la competitividad implica habilidades para generar altos niveles de empleo y de ingresos de los factores, mientras están expuestos a la competencia internacional.

El segundo componente es la innovación, la cual alude a las capacidades de la empresa para conservar y ampliar nuevos mercados internacionales. La empresa es la unidad para vincular con los sectores generadores de conocimiento. De acuerdo con Solleiro y Castañón (2016, p.29), la competitividad se define como “capacidad sostenida para ganar y mantener una participación lucrativa en el mercado”. La capacidad de innovación a nivel empresa, sector y/o industria, y a nivel país es requerida al querer obtener competitividad frente a los pares.

Este binomio da forma, ritmo y dirección al Sistema Nacional de Innovación (SNI), que se caracteriza como un modelo de articulación entre los diversos agentes que lo componen: academia, industria y gobierno. Una relación que ha sido parte de estudios empíricos y teóricos ha sido la vinculación universidad-empresa. Se ha mencionado en estos estudios que las empresas y sus capacidades tecnológicas definen, en gran medida, el éxito de esos vínculos, así como de la innovación en sí misma. El análisis se ha centrado en las empresas, incluso a nivel sectorial, debido a que la innovación, que ocurre cuando ya entra al mercado, depende de la empresa, pues ella tiene los canales de distribución, las capacidades de producción y las relaciones comerciales.

Respecto a otro agente del SNI, la universidad, existen pocos casos de estudio que analicen a la universidad, tanto en sus capacidades tecnológicas como en sus capacidades de vinculación, por lo que el análisis de casos particulares brinda elementos al estado del arte para conformar un abanico de posibilidades respecto a la vinculación.

La universidad juega un papel importante en el desarrollo de la ciencia y la tecnología a través de sus actividades de investigación y docencia. En

los últimos años, y por diversas causas, se le ha adjudicado una tercera actividad: la vinculación. Esta actividad la realizan los institutos o centros de investigación dentro de la universidad. Sin embargo, se ha identificado que en muchos casos no tienen las capacidades tecnológicas ni de vinculación.

Este trabajo caracteriza las capacidades tecnológicas y de vinculación del Instituto de Física, qué tipo de políticas y/o actividades las impulsan y, en particular, si se adecúa al SNI. El Instituto de Física es público, pues pertenece a la UNAM, por lo que en adelante se denominará el Instituto. Se busca responder las siguientes preguntas: ¿Cuenta el Instituto con las capacidades tecnológicas para lograr una vinculación academia-industria? ¿Qué tipo de políticas y/o actividades las impulsan? ¿Qué tipo de adecuaciones realizó el Instituto para vincularse al SNI?

La metodología asociada es la de un caso de estudio, donde se recopila información con base en diversas fuentes dentro del Instituto y, posteriormente, se analiza cualitativamente y, de ser posible, también de forma cuantitativa, dando soporte a los resultados.

## Marco teórico

El binomio innovación y competitividad, siguiendo a Unger (2018), permite llevar a cabo de manera cotidiana acciones de innovación, pues es un ingrediente indispensable para desarrollar y mantener una competitividad sustentable. La premisa de sustentabilidad económica es que la competitividad de empresas, sectores, estados y países en el largo plazo guarda una estrecha relación con las buenas prácticas de innovación como fuente de ventaja competitiva dinámica. Es por ello que la empresa es la unidad para vincular con los sectores generadores de conocimiento, pues así se generará valor, ya sea al producto, a los procesos para la eficiencia y/o cualquier tipo de valor agregado.

Los cambios tecnológicos también han sido estudiados y analizados por diversos autores, por ejemplo, la tecnología como un mecanismo de desarrollo económico y de competitividad. Dosi y Orseniego (1988) proponen los paradigmas tecno-económicos, aunque otros autores proponen los paradigmas tecnológicos, como Pérez (1985), donde no sólo se involucra el aspecto

tecnológico, sino también el económico e incluso el social, introduciendo el término de paradigma tecno-económico. Así, la autora identifica cinco revoluciones tecnológicas. En este sentido, un paradigma técnico-económico da respuesta a un conjunto de problemas tecnológicos relacionados, dependiendo de un conjunto de principios científicos y de métodos de organización similares (Cantwell, sf).

En éste mismo razonamiento, Rothwell (1994) identifica cinco generaciones de la innovación que están alineadas con Pérez (2010):

- a) Technology push. La Revolución Industrial forma parte de esto. La innovación se enfocó en el avance tecnológico de productos empujados al mercado.
- b) Need pull. Enfocado a las necesidades de los consumidores.
- c) Coupling model. Los primeros dos modelos enlazados. La investigación y desarrollo cobra mayor relevancia.
- d) Integrated model. En esta generación se relacionan tanto la I+D con mercadotecnia como con la tercera generación y con los proveedores, teniendo un mejor acercamiento con los consumidores.
- e) System integration and networking model. Existe en este una mayor relación entre los proveedores y los consumidores, además de la creación de un sistema integral entre las necesidades de I+D y las de mercado.

Estas cinco generaciones son modelos de cambio tecnológico. El argumento de fondo es que las regiones y los países en posición de liderazgo económico lo sustentan en el hecho de ser también los líderes del progreso tecnológico. La industria se estudia como un conjunto de procesos enfocados en la transformación de recursos para la obtención de productos y, generalmente, se clasifica por sectores, donde las actividades y los productos resultantes de los entes productores de la industria (empresas) poseen características similares como tecnología, técnicas o proveedores.

Estudios a nivel sectorial han planteado patrones en las actividades de innovación como parte de sus diferencias en múltiples variables como recursos tangibles e intangibles, organización, líneas de producción, entre otras. Pavitt (1984) encontró patrones sectoriales de innovación. Malerba (1999) analiza a nivel sectorial la innovación y puntualiza que el conocimiento juega

un papel fundamental en ella. Afirma que el conocimiento es acumulativo e identifica tres diferentes fuentes de esa acumulación: el proceso de aprendizaje, las capacidades organizacionales y la retroalimentación del mercado.

Las organizaciones han sido parte de numerosos estudios sociológicos, económicos y científicos para explicar diversos fenómenos, dentro de ellas y en su exterior. Se conciben como coordinadoras de las acciones de las personas en la búsqueda de objetivos amplios que no podrían alcanzarse individualmente (Rodríguez, 1992). Según Hannan y Freeman (1989), la habilidad de la sociedad en su conjunto para responder a condiciones cambiantes depende del nivel de respuesta de las organizaciones que la forman y de la diversidad de sus poblaciones de organizaciones. Las organizaciones surgen como resultado de la profesionalización en las sociedades, resultado de la especialización del trabajo. Existen diferentes tipos de organizaciones y diversos autores que las clasifican. Hall (1968) propone la siguiente tipificación:

- a) Organización autónoma: está compuesta únicamente por profesionales, por lo tanto, su estructura organizativa jerárquica, la componen ellos mismos.
- b) Organización heterónoma: está compuesta por profesionales y no profesionales. Estos actores están sujetos a la acción de la estructura organizativa jerárquica no profesional.
- c) Departamentos profesionales: se encuentran en organizaciones mucho más grandes y donde los profesionales ejercen control sobre su trabajo.

Las organizaciones científicas están compuestas por profesionales científicos, ya sea de igual y/o de diferente especialización con un objetivo en común, que generalmente es la investigación. Estas organizaciones suelen ser autónomas dentro de ellas en el sentido de Hall (1968); sin embargo, algunas están sometidas a marcos jurídicos e institucionales, cuando pertenecen a una estructura organizacional más amplia, que las cataloga como organizaciones heterónomas.

Las organizaciones se componen de recursos para realizar sus actividades, lo cual no sólo implica el personal sino también la infraestructura, los recursos materiales, el financiamiento, entre otros recursos, que permiten la dinámica de la organización. Estas combinaciones son con base en los

recursos existentes en la empresa. Penrose (1959) postuló que el crecimiento de la empresa está basado en recursos, y define a los recursos como los “inputs” en el proceso de producción y a los servicios como las contribuciones que esos recursos pueden hacer a las operaciones productivas de la empresa. El término “servicios” que la autora refiere es equivalente al de “capacidades”, según la interpretación de Suárez (sf). Aunque Penrose no discutía el término de innovación, su teoría basada en recursos para el crecimiento de la empresa afirma que los vínculos entre los recursos y su combinación en el sistema productivo (y las actividades que conllevan) son imprescindibles para que la empresa crezca y genere una mayor rentabilidad. Aunque no abunda sobre cómo las ganancias de esas actividades se distinguen, como Schumpeter en su obra ya antes abordada.

Las empresas tienen como objetivo fundamental generar mayor rentabilidad que sus competidoras, es decir, ser más competitivas en diversos niveles. Diversos autores han afirmado que para ello es necesario definir una estrategia empresarial e incluso, una estrategia tecnológica. El aprendizaje es un elemento primordial en la creación de las rutinas en la organización, como parte de las actividades de la empresa. Existe una teoría del aprendizaje en las organizaciones, que trata sobre las maneras en que se crea conocimiento y se difunde: la teoría de la creación del conocimiento organizacional. En la teoría de la creación del conocimiento organizacional se distinguen dos tipos de conocimiento: tácito y explícito. El primero, según Nonaka y Takeuchi (1999), es subjetivo, basado en la experiencia, simultáneo (aquí y ahora) y análogo, es decir, orientado hacia la práctica. El segundo es objetivo, racional, secuencial (allá y entonces) y digital, es decir, orientado hacia una teoría libre de contexto. Estos autores proponen cuatro formas de conversión del conocimiento, que solo van en una dirección: socialización (de tácito a tácito), exteriorización (de tácito a explícito), interiorización (de explícito a tácito) y combinación (explícito a explícito). En una organización, estas interacciones crean conocimiento por parte de su personal. Nonaka y Takeuchi (1999) proponen que, a través de una espiral, se pasa por estas combinaciones a fin de que el conocimiento se transporte, modifique, formalice, reflexione o, en palabras de los autores, se armonice (socialización), conceptualice (exteriorización), opere (interiorización) y sea sistémico (combinación).

La creación del conocimiento organizacional es un proceso en “espiral” que inicia en el plano individual y, a medida que avanza a los siguientes niveles grupal, organizacional e interorganizacional, interactúa con otras formas de conocimiento que son los diferentes departamentos y/o divisiones de la organización.

## Capacidades de la organización

Para el caso de estudio se propone un modelo de capacidades lineal de innovación, alineado al modelo de innovación de *technology push* ya mencionado anteriormente. Se incluyen las capacidades como sigue en el figura 6.1:

Figura 6.1. Capacidades de la organización



Fuente: elaboración propia.

Las capacidades científicas son las referidas al desarrollo de la ciencia, es decir, el avance de conocimiento de frontera en un área, ya sea como disciplina principal o una multidisciplinaria. El avance de conocimiento se logra a través de la generación de teorías, estudios, análisis basados en el método científico, que logren aportar nuevas ideas, métodos, formas, entre otros. Las capacidades científicas, por lo tanto, son aquellas habilidades que permiten el desarrollo y avance de la ciencia. Esas habilidades incluyen la investigación y sus resultados determinan en gran medida los nuevos conocimientos generados. Es por esto que los indicadores de capacidades científicas se encuentran inmersos en un marco profesional e institucional que juzga los resultados de la investigación; indicadores como publicaciones en revistas indexadas, citas de esas publicaciones, formación de recursos humanos, entre otros.

De las capacidades científicas se pasa a las capacidades tecnológicas, que implica tanto la investigación aplicada como el desarrollo tecnológico. Según el Manual Frascati (OCDE, 2003), el desarrollo experimental “consiste en trabajos sistemáticos fundamentados en los conocimientos existentes obtenidos por la investigación o la experiencia práctica, que se dirigen a la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos, a establecer nuevos procedimientos, sistemas y servicios, o a mejorar considerablemente los que ya existen”. Asimismo, según Cimoli (2000), las capacidades tecnológicas son los recursos necesarios para la generación y gestión del cambio tecnológico, la adquisición de la tecnología embebida, y habilidades laborales, la gestión de la organización y la asimilación del conocimiento.

Las capacidades tecnológicas se estudian empíricamente en tres niveles: nacional, sectorial y de la empresa. A nivel de empresa, según Lall (1992), éstas incluyen a las capacidades de inversión, de producción y de vinculación:

- a) Capacidades de inversión. Habilidades que se requieren antes de crear nuevas instalaciones o de expandir una planta existente.
- b) Capacidades de producción. Cubren desde las habilidades básicas (control de calidad, operación y mantenimiento), pasando por las que son un poco avanzadas (adaptación del equipo y su mejoramiento) hasta las más exigentes (investigación, diseño e innovación).
- c) Capacidades de vinculación. Habilidades que se requieren para recibir y transmitir información, ya sea de proveedores de componentes, subcontratistas, asesores, empresas de servicios o instituciones tecnológicas.

En las capacidades tecnológicas se encuentra embebido el conocimiento en la organización, ya sea el que existe o el que se pudiese generar, lo que implica también procesos de aprendizaje y de solución de problemas. Las capacidades de absorción implican capacidades de aprendizaje y de habilidades de solución de problemas; las primeras envuelven el desarrollo para asimilar el conocimiento existente, mientras que las segundas representan la creación de nuevo conocimiento (Cohen y Levinthal, 1990). Un atributo de estas habilidades es el reconocer el valor de la información

nueva, así como su asimilación y aplicación para fines comerciales. Según Solleiro (2008), los objetivos de la asimilación de la tecnología son: a) optimizar el aprovechamiento de tecnología, b) mejorar la competitividad, c) lograr la capacidad de generar mejoras que incrementen la calidad y la productividad.

Un elemento importante para la asimilación de la tecnología es la capacitación del personal, pues para alcanzar el dominio de los procesos, técnicas, metodologías y la organización necesaria para la operación eficiente y confiable, cuando los diferentes niveles de personal pueden comprender las bases de sus actividades y el significado que tienen en el contexto de todo el proceso productivo (Solleiro, 2008). En una organización, la capacidad de absorción dependerá de las capacidades de absorción de los individuos que la conforman e incluyen a habilidad para explotar el conocimiento asimilado y generado. Esto implica canales de comunicación adecuados para que exista una transferencia de información.

Cohen y Levinthal (1990) asumen que la I+D no sólo genera conocimiento, sino que contribuye a las capacidades de absorción de la organización. Es por ello que proponen un modelo para identificar las capacidades de absorción, considerando tres factores: efecto directo de aprendizaje, oportunidad tecnológica y apropiabilidad. Estos tres factores se encuentran supeditados al gasto en I+D, que es el indicador que se usará en el caso, los cuales sugieren que el rol de las capacidades de absorción y el camino en el cual se desarrollan tienen implicaciones en la adopción y difusión de la innovación.

Lawson y Samson (2001, p. 384) definen la capacidad de innovación como “la habilidad para transformar continuamente el conocimiento y las ideas en nuevos productos, procesos y sistemas para beneficio de la empresa y sus accionistas”. Las capacidades de innovación, por lo tanto, son las habilidades que posee la organización para crear y mantener su ventaja competitiva con base en el conocimiento. La habilidad para explotar el conocimiento externo es un componente crítico de las capacidades de innovación (Cohen y Levinthal, 1990).

## Vinculación para la innovación

La interacción entre los sectores académico y privado es fundamental para lograr el dinamismo innovador que las empresas requieren. Según el Manual de Oslo (OCDE, 2005), los vínculos de una empresa actúan como fuente de conocimiento y tecnología (...) abarcando las fuentes pasivas de información hasta los proveedores de conocimiento y tecnología pasando por los consorcios de cooperación.

Las empresas innovadoras emplean a personal calificado, es decir, recursos humanos con el conocimiento pertinente para el procesamiento y manejo de la innovación que se ha producido y comercializado; su perfil puede ser técnico con conocimientos medios (generalmente adquieren conocimiento tácito con base en la experiencia), no así de profesionales con alta formación. Las actividades innovadoras en la empresa incluyen la cooperación y la adquisición de conocimiento entre empresas y con el sector académico. La primera implica, según la OCDE (2005), la participación en proyectos de cooperación conjunta; la segunda implica la compra del conocimiento o tecnología externa sin la cooperación activa de la fuente. Es por ello que el personal requiere el manejo de ambos tipos de vinculación. Existen factores que obstaculizan las actividades innovadoras en las empresas, como costos elevados o demanda insuficiente, falta de personal calificado o las normas nacionales.

Según Etzkowitz y Leydesdorff (2000), la triple hélice genera una infraestructura de conocimiento cuando se sobreponen esferas institucionales, cada una asumiendo su propio rol y con organizaciones híbridas que emergen de la interfaz. El objetivo común de estas esferas es crear un ambiente innovador que consiste en empresas *spin-off* de las universidades, iniciativas trilaterales para el desarrollo de la economía basada en el conocimiento y alianzas estratégicas entre las empresas, los grupos de investigación académica y el gobierno.

El funcionamiento de esta triple hélice en cuanto a las relaciones universidad-industria-gobierno se obtiene por la dinámica de “engranaje” de transformaciones institucionales, mecanismos evolutivos y la nueva posición de la universidad. (Etzkowitz, Leydesdorff, 2000). La dinámica de la triple hélice resulta en un nuevo modo de producción del conocimiento que

contribuye a llegar a una sociedad del conocimiento, como lo sugiere Sandoval (2006), donde los modelos de sociedad del conocimiento que fomentan tanto los gobiernos como los organismos internacionales se apoyan en la producción, capitalización y uso del conocimiento científico y tecnológico que se genera dentro de los tres sectores fundamentales y estratégicos: las universidades, las empresas y los gobiernos. Existen factores que desaceleran el dinamismo que el modelo de la triple hélice sugiere, como los procesos altamente burocráticos de las universidades o los objetivos por los cuales actúan la universidad y la empresa, tanto en líneas de investigación como en la apropiación de los derechos de propiedad intelectual.

En diversos países se han tenido experiencias a lo que la vinculación se refiere. No ha sido un camino claro donde estén bien definidos desde el principio los roles y las actividades de cada agente involucrado. Por ejemplo, en Estados Unidos se aprueba la Ley Bayh Dole, que autoriza a las universidades a cobrar regalías por las invenciones patentables que resulten de investigaciones financiadas por el gobierno federal (Varela, 1997). Defensores de la vinculación afirman que las universidades se encuentran en su “segunda revolución académica”. Webster y Etzkowitz (1991) señalan que han existido en la historia revoluciones académicas. La segunda revolución se caracteriza por una “capitalización del conocimiento” que busca hacer del saber universitario un factor económico directo y, al mismo tiempo, un instrumento de política gubernamental de desarrollo industrial (Varela, 1997).

Según Ritter (2010), las actividades de vinculación incluyen:

- a) servicios tecnológicos: análisis, ensayos, calibraciones, mediciones, informes técnicos, certificación de la conformidad, pruebas y verificaciones, consultorías tecnológicas.
- b) servicios de capacitación: cursos “*in company*”, pláticas y capacitación.
- c) servicios de información: búsquedas en bases de datos nacionales e internacionales, búsqueda en bases de patentes, información tecnológica en general.
- d) proyectos de I+D: investigación básica, aplicada, desarrollo experimental.
- e) proyectos de incubadoras de empresas.
- f) proyectos de empresas junior: consultoría y prestación de servicios.

- g) Esta autora va más allá y sugiere otras actividades relacionadas a la transferencia de conocimiento, o lo que se llama, en el medio, transferencia de tecnología, que son otro tipo de interacciones entre los agentes del sin, la academia y la empresa. Aquí el concepto de transferencia de tecnología es complementario al de vinculación, por lo que al tratar la vinculación se refiere a un concepto amplio de lo que es y de las actividades propias.

## Singularidades del caso mexicano

En el caso de México, Unger (2018) propone tres etapas de la política de ciencia y tecnología en el país. La primera se caracteriza por el intervencionismo tecnológico de corte institucional (década de 1970 a mediados de la década de 1980) que incluyó por parte del gobierno federal la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conahcyt) y la promulgación del marco regulatorio de la inversión extranjera y la transferencia de tecnología todavía en el contexto de industrialización con protección.

En una segunda etapa, significó un viraje completo, priorizando el desarrollo de libres mercados con cambios estructurales de libre comercio y de desregulación (mediados de 1980 a 2000), etapa que culminó con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y las iniciativas de ajuste unilateral a las prácticas internacionales en materia de inversión, propiedad intelectual y comercio, entre otras. Estas iniciativas fueron impulsadas por los principales organismos multilaterales de fomento al desarrollo. La tercera etapa, más reciente, corresponde de 2000 a 2018, distinguiéndose por intentos de promoción más explícitos a la innovación, si bien todavía poco precisos y la mayoría con instrumentos de corto alcance. En esos intentos se incluyeron diversas políticas. Añadimos una cuarta fase del 2019 a la fecha, caracterizada por la deliberada ausencia de instrumentos de política de fomento a la innovación y la centralización de recursos y capacidades en megaproyectos que carecen en su naturaleza de la innovación.

Las políticas de promoción a la innovación durante la tercera etapa han progresado internacionalmente, a su vez, en tres momentos con el

correspondiente efecto en la política mexicana. La primera fase o momento de este nuevo movimiento más informado, aunque todavía incierto y titubeante, se distinguió por lo que ahora se denomina una primera generación de políticas de innovación con muchos estímulos para las empresas otorgados amplia e indiscriminadamente. En esa primera fase todavía se percibía la innovación como un proceso con causalidades esencialmente lineales y que merecía ser objeto de la acción de escopetazo con múltiples instrumentos, incluyendo algunos como apoyos fiscales y financieros a fondo perdido para la I+D y sin reparar en la evaluación de resultados. En México aparecieron una variedad de instrumentos (estímulos fiscales a I+D, fondos sectoriales, fondos mixtos, becas, Sistema Nacional de Investigadores, avance, compite y estímulos a la innovación). La segunda generación de políticas se distinguió por impulsar la promoción de redes y las relaciones proveedor-usuario del conocimiento científico y tecnológico, incluyendo algunos intentos más bien de corte académico para entender en la práctica la naturaleza sistémica de la innovación.

La tercera generación de políticas de innovación ajusta el objetivo hacia la economía del conocimiento, lo que supone enfatizar aspectos más particulares pero complejos, tales como la importancia del aprendizaje, el fomento de la difusión y de la vinculación, el uso ampliado de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), y la promoción selectiva de algunos sectores y servicios e intangibles de alto valor agregado. El resultado del conjunto es todavía incierto, limitado y sin evidencia sólida respecto a logros de naturaleza sistémica, pero sí puede afirmarse que ha mejorado, aunque muy lentamente, la comprensión de tan complejos procesos.

En México este tipo de interacciones no es tan activa como se quisiera. FUNTEC (FCCT, 2006) señala que la ausencia de fuertes vínculos (...) tiene su explicación en la existencia de importantes diferencias entre los programas de investigación que dominan la agenda de las universidades y las demandas de las empresas (Dutrénit, 2010). Las actividades de las universidades por sí mismas no son innovadoras. La investigación que se realiza no suele estar enfocada, “desde el punto de vista de las organizaciones empresariales el tipo de investigación que se realiza en la mayoría de las universidades difícilmente responden a problemas prácticos que enfrentan las empresas” (FCCT, 2006, p. 32 en Dutrénit, 2010, p. 94).

Los obstáculos a la vinculación principalmente se enfocan en las dos partes involucradas (academia y empresas), conoce los intereses y las motivaciones, aunque existan los canales de comunicación y las oportunidades hasta financieras, ni la empresa (principalmente Pymes) posee un acervo de conceptos científicos y de investigación de ciencia y tecnología, ni la institución científica conoce los términos empresariales y financieros. Para lograr la vinculación, requieren un perfil que “combate” de cierta manera sus rutinas organizacionales que se llevan a cabo actualmente, aunque sería deseable que se implemente ese nuevo perfil que facilitaría la vinculación con los sectores industriales.

Solleiro y Castañón (2012) afirman que las instituciones universitarias requieren adoptar algunas prácticas gerenciales propias del sector privado, particularmente las relacionadas con la gestión de la propiedad intelectual y la administración de ingresos extraordinarios. Además del lenguaje y las prácticas, la institución debe llevar una estrategia de negocios, planteada gracias a su portafolio de negocios que realizó. Introducir una estrategia de negocios es un imperativo para la actuación de la universidad en el mercado tecnológico. Esto involucra la preocupación por los resultados y un control de la calidad de la investigación, centrado en los usuarios del conocimiento, el manejo de la relación con clientes y una estrategia de comercialización de servicios.

Un problema de la institución científica en cuanto a sus formas de vinculación, ya sea por servicios o transferencia de tecnología, es que no tiene implementados sistemas para la mejora de la eficiencia y efectividad de sus resultados. “Los conceptos de efectividad y eficiencia, comúnmente adoptados por los sectores empresariales, han sido trasladados a las instituciones que interaccionan con empresas, y se expresan en la adopción de principios de “buenas prácticas” en sus actividades diarias, con el fin de reforzar y perfeccionar sus capacidades” (Ritter dos Santos en Solleiro y Castañón, 2016, p. 258).

Según Becerra (2002), es importante que la gestión de esa vinculación sea un servicio de fomento, de soporte y protección para el investigador, lo que implica todo un cambio de mentalidad en la institución. El mismo autor sugiere que haya oficinas especializadas en cada entidad académica que agilicen y simplifiquen los procesos y procedimientos para las actividades en la contratación de servicios.

Existen diversos mecanismos de vinculación, entre ellos los institucionales, que son esfuerzos de las instituciones para que se realicen de buena forma las actividades de vinculación y la transferencia de tecnología. Estos mecanismos institucionales, aunque comparten el mismo objetivo, la vinculación de la universidad con las empresas y el gobierno, tienen diferentes tanto la estructura como sus funciones institucionales y metas.

Según Ritter (2008), existen seis mecanismos institucionales:

- a) Fundaciones de apoyo: institución privada sin fines de lucro constituida por personas físicas. Vincula a las líneas de investigación desarrolladas dentro de la universidad con los proyectos contratados por las empresas.
- b) Incubadoras de empresas de base tecnológica: iniciativa que ampara a las nuevas empresas, sean industriales o de servicios, para que los productos originados en las instituciones de investigación puedan alcanzar a los consumidores potenciales.
- c) Polos y parques tecnológicos: son el conjunto de empresas intensivas en tecnología y las universidades en un espacio físico y geográfico determinado, creando vínculos interinstitucionales.
- d) Tecnópolis: es una región que busca la innovación en bienes y servicios, estableciendo flujos de conocimiento de forma virtual.
- e) Centros de investigación cooperativa: estructuras autónomas radicadas en las universidades, orientadas al desarrollo de la investigación aplicada.
- f) Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT): modelo de vinculación interinstitucional. Su creación deriva de la necesidad de la profesionalización de la gestión de las actividades de interacción de la universidad con el sector productivo y el gobierno.

Otro mecanismo de vinculación son lo que se conocen como unidades de vinculación, que suelen igualarse a las OTT por sus objetivos comunes y forma de organización. Las OTT, que se conocen como organizaciones de intermediación, son formas de la vinculación para enfrentar y paliar las barreras u obstáculos a la vinculación. Otras de estas formas también son las interfaces, organizaciones en cuyo interior se desarrolla el vínculo entre universidades y empresas en forma de investigación cooperativa, como las incubadoras y los parques tecnológicos (Varela, 1997).

Las unidades de vinculación pueden estar insertadas en instituciones que tienen una organización, estructura, funciones e incluso identidad propia. Debido a ello, estas unidades suelen tener características diversas. Existe otra categoría, donde las unidades se encuentran en centros de investigación que pertenecen a universidades públicas. Para estas, el objetivo prioritario es integrar la misión, visión, y objetivos del centro y de la universidad con las actividades de vinculación para lograrlo y, de ser posible, se necesitan modificar conductas, funciones, incluso las mismas estructuras de la organización.

## **El caso de estudio: Instituto de Física de la UNAM**

Para entender la situación actual del Instituto, y en general del sistema de investigación científica en México, se debe remontar a la época de los años ochenta, cuando tres elementos se consideran fundamentales para comprender la realidad actual del Sistema de Ciencia y Tecnología e Innovación. El primer elemento es jurídico-constitucional. En 1980 se adicionó una fracción VIII al artículo tercero constitucional en la que se elevaron a rango constitucional la autonomía universitaria y la libertad de cátedra y de investigación (Domínguez *et al.*, 1998). Esto proporciona un elemento jurídico nacional de que la investigación es libre, y que sólo depende de quien la realiza. No se puede obligar a ningún investigador a dedicarse a cualquier tipo de área o campo del conocimiento si va en contra de su libertad de investigación. El segundo elemento es la situación económica y política, la crisis económica y política permeaba hasta en los sectores académicos y científicos. El tercer elemento es la creación del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en 1984, con la intención de reparar la “fuga de cerebros” que se vivía debido a la crisis en el país y a la creciente inconformidad de la comunidad científica que había experimentado un deterioro importante en sus niveles de ingreso durante los primeros años de la década de los ochenta (Dutrénit *et al.*, 2010). Dicho programa de incentivos complementa el salario de los investigadores y representa el principal instrumento para apoyar las actividades científicas y tecnológicas que se encuentran vigentes en la actualidad.

Con este contexto nacional, queda claro que la premisa de que los institutos de investigación han basado sus actividades en el principio de libre cátedra y de investigación, y se han concentrado en cumplir con los requisitos que marca el programa SNI para seguir con la filiación

En la UNAM, los egresos que se destinaron a todas sus dependencias para el año 2023 (del 1 de enero al 31 de diciembre) provienen de los ingresos obtenidos de diversas fuentes de ingresos: subsidio del gobierno federal (89.0%) e ingresos propios (11%). Los siguientes son aquellos egresos en los que se divide el presupuesto por función: docencia 61.8% del presupuesto total de egresos, la investigación el 25.9%, la extensión universitaria el 7.5% y la gestión institucional 4.8%, por lo que se concluye que la prioridad de la universidad es la docencia y la investigación permanece como segunda en importancia. En cuanto a vinculación, se encuentra dentro del rubro de extensión universitaria, el cual es el tercero en sus prioridades.

Como ejemplo se eligen dos programas de investigación en ciencia y tecnología, por un lado, y por otro, de vinculación. Esos programas en el presupuesto de egresos de la universidad se encuentran en los rubros de investigación y de extensión universitaria, respectivamente: investigación en ciencias y desarrollo tecnológico y vinculación con la sociedad.

El 84.5% del presupuesto del Instituto se destina a sueldos y salarios.<sup>1</sup> Del resto, sólo el 6.3% proviene del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), por lo que no existe una inversión considerable en proyectos científicos y tecnológicos propios.

## **Construyendo capacidades del Instituto de Física de la UNAM**

La tradición del IF-UNAM experimental ha sido la física nuclear, por lo que se han adquirido otros aceleradores. Pero también otras disciplinas experimentales han surgido a partir de los años ochenta, como la física de materiales. Desde sus inicios, la investigación teórica y, posteriormente, la experimental, han tenido fuertes lazos con universidades en el extranjero,

---

<sup>1</sup> Informe de Actividades 2022-2023, Informe sobre la gestión 2019-2023, Instituto de Física.

debido generalmente a que los investigadores realizan sus estudios de posgrado en ellas, creando relaciones de colaboración. Actualmente, los trabajos de investigación que se llevan a cabo en el Instituto cubren aspectos de investigación en física teórica y experimental, básica y aplicada. La trayectoria tecnológica de IF-UNAM, de acuerdo con la taxonomía de Pavitt (1984), se basa en la ciencia, pues su recurso es la investigación como elemento principal y el desarrollo como secundario, y sus medios de apropiación son I+D, *know-how*, patentes, entre otros.

En abril de 2023, el IF-UNAM cuenta con 116 investigadores y 54 técnicos académicos. Este tipo de personal se encuentra integrado por ocho Departamentos de Investigación con su respectivo año de fundación (UNAM, 2023): Estado Sólido (1962), Física Cuántica y Fotónica (2018), Física Experimental (1983), Física Nuclear y Aplicaciones de la Radiación (2018), Física Teórica (1939), Física Química (1989), Materia Condensada (1981) y Sistemas complejos (1990). En cuanto a la edad promedio del personal académico, para investigadores es de 58 años, la cual se ha mantenido por más de una década, y para técnicos académicos es de 53 años. Se observa que la situación por la pandemia por Covid 19 de 2020 no fue un factor de impacto negativo en la productividad publicaciones.

Los temas de la física sobre los que más se publica es materia condensada con 28%, le siguen física química (15%), física aplicada (15%), física multidisciplinaria (14%), partículas y campos (10%), atómica y molecular (6%), física matemática (6%) y óptica (6%).

**Tabla 6.1.** *Evolución de la producción promedio de artículos publicados del Instituto de Física*

| <i>Año</i> | <i>Promedio de artículos publicados</i> |
|------------|-----------------------------------------|
| 2016       | 2.18                                    |
| 2017       | 2.26                                    |
| 2018       | 2.17                                    |
| 2019       | 2.74                                    |
| 2020       | 2.65                                    |
| 2021       | 2.72                                    |
| 2022       | 2.51                                    |

Fuente: elaboración propia con base en el Informe sobre la gestión 2019-2023, Instituto de Física.

Otro aspecto importante en el Instituto que incluye en su misión es la formación de recursos humanos y la docencia. Sus indicadores son las tesis dirigidas por nivel académico, es decir, licenciatura, y posgrado, además de los cursos impartidos (tabla 6.2).

**Tabla 6.2.** *Evolución de las tesis dirigidas*

| <i>Año</i> | <i>Número de tesis</i> | <i>Promedio por investigador</i> |
|------------|------------------------|----------------------------------|
| 2017       | 95                     | 0.74                             |
| 2018       | 87                     | 0.67                             |
| 2019       | 87                     | 0.66                             |
| 2020       | 60                     | 0.48                             |
| 2021       | 102                    | 0.84                             |
| 2022       | 77                     | 0.63                             |

Fuente: elaboración propia con base en el Informe sobre la gestión 2019-2023, Instituto de Física.

Desde que fue aprobado el programa de Posgrado en Ciencias Físicas, el Instituto participa como sede académica de diversos posgrados, como las dos maestrías, en Ciencias Físicas y en Física Médica y sólo un Doctorado en Ciencias. El comportamiento respecto a este indicador de docencia es más o menos constante, pues en la mayoría de los casos, los mismos investigadores ó técnicos académicos han dado el mismo curso por muchos años consecutivos. Las instituciones en las cuales se imparten estos cursos son la Facultad de Ciencias, la de Ingeniería, la de Química, la de Odontología, el Instituto de Materiales dentro de la Universidad, y fuera en la Universidad Iberoamericana. Toda la docencia de los investigadores y técnicos académicos está enfocada a la física.

El financiamiento para las actividades del Instituto proviene de diversas fuentes, principalmente de la partida presupuestal anual que le corresponde dado el presupuesto federal que se le otorga a la Universidad.

En la siguiente tabla se muestra el financiamiento que se recibe a través de programas de apoyo a la investigación y docencia de la UNAM como lo son PAPIIT y PAPIIME, también con apoyo de Conahcyt, fondos concurrentes de la UNAM, laboratorios nacionales, otros proyectos, así como de ingresos generados internamente por los laboratorios.

Tabla 6.3. *Financiamiento*

| <i>Financiamiento</i>               | <i>2017</i> | <i>2018</i> | <i>2019</i> | <i>2020</i> | <i>2021</i> | <i>2022</i> |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PAPIIT y PAPIME                     | 12.87       | 13.32       | 12.46       | 13.14       | 11.95       | 12.6        |
| CONACYT                             | 20.61       | 27.72       | 18.98       | 14.45       | 22.41       | 1.08        |
| Fondos Concurrentes UNAM            | 5.49        | 8.02        | 1.83        | 0           | 0           | 0           |
| Laboratorios Nacionales UNAM        | 0           | 0.3         | 2.28        | 4.15        | 3.41        | 2.85        |
| Otros Proyectos                     | 5.46        | 1.13        | 2.29        | 2.62        | 2.50        | 0.9         |
| Ingresos generados por Laboratorios | 3.59        | 1.85        | 2.08        | 1.00        | 2.12        | 1.93        |
| Apoyos específicos UNAM             | 8.03        | 6.20        | 5.88        | 5.43        | 8.51        | 2.48        |
| Totales (millones de pesos)         | 56.05       | 58.54       | 45.8        | 40.79       | 50.9        | 21.84       |

Fuente: elaboración propia con base en el Informe sobre la gestión 2019-2023, Instituto de Física.

Se muestra claramente una tendencia a que el apoyo a investigación provenga del Conahcyt, más que de la Universidad. En la siguiente tabla se muestra el total de proyectos por año desde 2017 a 2022. Como se puede notar, el apoyo al mayor número de proyectos proviene de programas de la UNAM.

Tabla 6.4. *Propiedad intelectual registradas en 2024 en el Instituto de Física*

| <i>Patrocinador</i> | <i>2017</i> | <i>2018</i> | <i>2019</i> | <i>2020</i> | <i>2021</i> | <i>2022</i> |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PAPIIT y PAPIME     | 70          | 70          | 71          | 68          | 68          | 58          |
| CONACYT             | 32          | 28          | 33          | 29          | 33          | 24          |
| Otros               | 6           | 4           | 4           | 5           | 3           | 3           |
| Proyectos Totales   | 108         | 102         | 108         | 102         | 104         | 85          |
| Promedio/Inv.       | 0.38        | 0.78        | 0.86        | 0.81        | 0.86        | 0.70        |

Fuente: elaboracion propia con base en informacion de la unacad de vinculaci3n y transferencia de conocimiento del Instituto de Fisica (UNAM).

Respecto a los derechos sobre propiedad intelectual que haya registrado el Instituto, se encontró la siguiente información a 2024:

**Tabla 6.5.** *Propiedad intelectual registradas en 2024 en el Instituto de Física*

| <i>Figura de propiedad intelectual</i>                           | <i>Institución que otorgará el registro</i> | <i>Título</i>                                                                                                                                                                        | <i>Académico</i>         |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Título de registro de esquema de trazado de circuitos integrados | IMPI                                        | Modulador sigma delta en modo corriente de primer orden para la digitalización de pulsos spm                                                                                         | José Rubén Alfaro Molina |
| Solicitud de patente                                             | IMPI                                        | Método de calibración y obtención de resolución en energía para detectores de equipos de tomografía por emisión de positrones a partir del espectro de radiación de fondo del 1761.u | Héctor Alva Sánchez      |
| Solicitud de diseño industrial                                   | IMPI                                        | Dibujo industrial de interfaz gráfica de usuario aplicable a pantalla                                                                                                                | Héctor Alva Sánchez      |
| Certificado de registro de programa de cómputo                   | INDAUTOR                                    | Calibración y resolución en energía de espectro I.YSO                                                                                                                                | Héctor Alva Sánchez      |
| Registro de marca                                                | IMPI                                        | BOXik (dase 10)                                                                                                                                                                      | Arturo Menchaca Rocha    |

Fuente: elaboración propia con base en información de la unidad de vinculación y transferencia de conocimiento del Instituto de Física (UNAM).

De las patentes otorgadas con anterioridad al año 2024 se obtuvo la siguiente información:

**Tabla 6.6.** *Registro de la propiedad intelectual del Instituto de Física 2012-2023*

| <i>Patentes</i>             | <i>2012-2023</i> |
|-----------------------------|------------------|
| solicitadas nacionales      | 5                |
| solicitadas internacionales | 2                |
| otorgadas nacionales        | 5                |
| otorgadas internacionales   | 1                |
| abandonadas                 | 1                |

Fuente: elaboración propia con base en información de la unidad de vinculación y transferencia de conocimiento del Instituto de Física (UNAM).

Aunque se tienen registros de propiedad intelectual, los inventores no han externado su intención de transferir o licenciar su tecnología.

Una de las formas de vinculación del Instituto con la industria ha sido la de servicios externos que diversos laboratorios ofrecen al mercado. Dichos servicios se basan en la aplicación de técnicas analíticas a objetos de estudios y/o muestras para obtener información para diferentes fines, como el complementar investigación y desarrollo, controles de calidad de los productos y procesos, entre otros.

Los clientes de dichos laboratorios han solicitado que se cuente con estándares internacionales que permitan asegurar la calidad en los resultados de las mediciones y de las aplicaciones de las técnicas analíticas, por lo que el Instituto de Física, a través de la Unidad de Vinculación y Transferencia del Conocimiento ha realizado esfuerzos para implementar dichos estándares en los laboratorios.

El Instituto de Física actualmente mantiene un Sistema de Gestión de Calidad con base en las normas internacionales ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de Calidad” e ISO 17025: 2017 “Requisitos para la competencia técnica de laboratorios de ensayo” en cuatro de sus laboratorios, dos nacionales y dos universitarios que son:

- a) Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA).
- b) Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC).
- c) Laboratorio Universitario de Refinamiento de Estructuras Cristalinas (LAREC).
- d) Laboratorio Universitario Central de Microscopía (LCM).

Dichos laboratorios también cuentan con la certificación en la norma ISO 9001:2015, otorgada por un organismo externo. LEMA fue el primer laboratorio nacional del Subsistema de la Investigación Científica de la UNAM en obtener dicha certificación desde el año 2017 y, desde ese año, se ha renovado dos veces hasta el 2024. LANCIC y LAREC obtuvieron su certificación en el año 2021 y LCM en el 2024.

Se sabe que las capacidades de innovación implican las habilidades para transformar continuamente el conocimiento y las ideas en nuevos productos,

procesos y sistemas. Alguno de los indicadores usados comúnmente en cuestiones científicas y tecnológicas son las patentes, pues son los derechos para la explotación de la invención que se haya creado. El IF-UNAM tiene capacidades de innovación en crecimiento debido al incremento en sus patentes, así como en esfuerzos de estandarización internacional que le permiten ganar competitividad frente a sus competidores.

La consolidación de capacidades y el paso de una a otra implican una adecuada combinación de recursos, como propone Schumpeter (1961), es decir, una combinación de infraestructura, recursos humanos y financieros. Esto implica que se conozca con qué recursos se cuenta y evaluarlos, tanto al capital humano como a las tecnologías involucradas en las actividades del Instituto para el crecimiento de la organización, como sugiere Penrose (1957). La combinación de recursos que hasta el momento ha impulsado las capacidades de innovación del Instituto han sido las adecuadas para implementar procesos de calidad en sus laboratorios de servicio, así como en la gestión de propiedad intelectual adecuada.

## Conclusiones

La academia en México, en particular la academia enfocada a la docencia y la investigación, es un sector con características y formas de actuar específicas, en el sentido que tienen una trayectoria definida por el apoyo gubernamental y auspiciada por programas de incentivos que actualmente la coloca en una situación de no tener las capacidades suficientes para articularse con el sector industrial y empresarial en México. Esta desarticulación es efecto de su propia historia, políticas, visiones, de su personal de investigación y de su dinámica organizacional. Aunque a lo largo de su historia se ha tenido la voluntad en ciertas épocas de vincularse para resolver problemas a nivel nacional para el desarrollo del país, no se ha tenido una visión de largo plazo que considere no sólo los acontecimientos del país, sino los hechos mundiales, tanto en el sector científico y tecnológico, como en los económicos, políticos, culturales y financieros. Eso ha provocado que la institución como organización no cuente con una estrategia competitiva que le permita definir objetivos y

metas, así como plantear e implementar una planeación estratégica para el logro de ellos.

El Instituto debe plantearse una visión a largo plazo y una estrategia para cumplirla. Debe abrirse en varios sentidos, crear canales de comunicación que permitan el mejor flujo de las relaciones. Incluso, para conseguir esto, es necesario un cambio de cultura al interior que esté liberado de resistencia por parte de todo el personal tanto en el ámbito de la cultura organizacional como en lo referente a las actividades de vinculación. También tendría que modificarse el enfoque de que sólo la vinculación beneficia al Instituto con ingresos extras, sino que va más allá al obtener derramas en ambos sentidos, tanto la empresa educa al personal del Instituto en su dinámica industrial como el Instituto permea al personal de la empresa con conocimiento que ha generado y además nuevas formas de pensar, razonar y analizar.

La consolidación de capacidades y el paso de una a otra implican una adecuada combinación de recursos, es decir, una combinación de infraestructura, recursos humanos, financieros. Esto implica que se conozca con qué recursos se cuenta y evaluarlos, tanto al capital humano como en las tecnologías involucradas en las actividades del Instituto para el crecimiento de la organización. Dado que las actividades de vinculación que se realizan actualmente sólo son las de servicios, se deben reforzar esas actividades con otros laboratorios que realicen servicios y así tener una densidad de personal que considere viable y sustantivas estas actividades y poder hacer un cambio paulatino para la consideración y realización de proyectos de I+D con empresas en el futuro.

Las políticas del IF-UNAM deben ser integrales, amplias y que satisfagan tanto los intereses actuales como las oportunidades que existen, que no se han aprovechado, por lo tanto, tiene que existir una reflexión profunda sobre la naturaleza del Instituto, su trayectoria, su legado y los nuevos retos que enfrenta tanto a nivel de la Universidad, tanto en los ámbitos nacional como internacional, retos tanto en la competencia en ciencia y tecnología como en lo financiero.

## Referencias

- Cantwell, J. (sf). *Innovation, profits and growth: Schumpeter and Penrose*. University of Reading.
- Cohen, W. y Levinthal, D. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Cruz Manjarrez, H. (1983). El desarrollo de la física en México. *Los Universitarios - UNAM*, 11(7), 14–23. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/CLA01000047636>
- Dosi, G. y Orseniego, L. (1988). Coordination and transformation: An overview of structures, behaviours and changes in evolutionary environments. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (Eds.), *Technical change and economic theory* (pp. 13–37). Pinter Publishers.
- Dutrénit, G. et al. (2010). *El sistema nacional de innovación mexicano: Instituciones, políticas, desempeño y desafíos*. UAM.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and “Mode 2” to a triple helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123.
- FCCT. (2006). *Diagnóstico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación en México (2000–2006)*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Flores, J. y Moreno, M. (s.f.). La física en la UNAM. *Revista de la Universidad de México*.
- Grant, R. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 33(3), 114–135.
- Gander, J. P. (1986). The economics of university–industry research linkages. *Technological Forecasting and Social Change*, 29(1), 1–10.
- Lall, S. (1994). Las capacidades tecnológicas. En J. J. Salomon, F. Sagasti y C. Sachs (Comps.), *Una búsqueda incierta: Ciencia, tecnología y desarrollo* (pp. 301–339). Fondo de Cultura Económica.
- Lawson, B. y Samson, D. (2001). Developing innovation capability in organisations: A dynamic capabilities approach. *International Journal of Innovation Management*, 5(3), 337–400.
- Menchaca, A. (1997). *La historia de la física en México* (Vols. I y II).
- Menchaca, A. (2000). La física en México: Los temas y las instituciones. En A. Menchaca (Coord.), *Las ciencias exactas en México* (pp. 107–128). Fondo de Cultura Económica.
- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora de conocimiento: Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de innovación*. Oxford University Press.
- Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. Oxford University Press.
- Pérez, C. (1996). Nueva concepción de la tecnología y sistema nacional de innovación. *Cuadernos de CENDES*, 13(31), 9–33.
- Pérez, C. (1985). *Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos*.
- Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185–202.
- Ritter dos Santos, M. (2016). La transferencia de tecnología de las universidades hacia

- las empresas. En J. L. Solleiro y R. Castañón (Coords.), *Gestión tecnológica: Conceptos y prácticas*. CambioTec A.C.
- Rothwell, R. (1994). Towards the fifth-generation innovation process. *International Marketing Review*, 11(1), 7–31.
- Schumpeter, J. A. (1961). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Harvard University Press.
- Solleiro, J. L. y Castañón, R. (Coords.). (2016). *Gestión tecnológica: Conceptos y prácticas*. CambioTec A.C.
- Solleiro, J. L. y Castañón, R. (2012). Competitividad, innovación y transferencia de tecnología en México. *ICE, Revista de Economía*, (869).
- Unger, K. (2018). Innovación, competitividad y rentabilidad en los sectores de la economía mexicana. *Gestión y Política Pública*, 27(1), 3–37.
- Varela, G. (1997). Los patrones de vinculación universidad-empresa en EUA y Canadá y sus implicaciones para América Latina. En R. Casas y M. Luna (Coords.), *Gobierno, academia y empresas en México: Hacia una nueva configuración de relaciones*. UNAM-Plaza y Valdés.
- Webster, A. J. y Etzkowitz, H. (1991). *Academic industry relations: The second academic revolution?* Science Policy Support Group.