

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**Facultad de Economía y Relaciones Internacionales**  
**Programa de Doctorado en Estudios del Desarrollo Global**



Tesis:

**La innovación como factor de sostenibilidad económica  
de los centros de investigación científica en México**

que para obtener el grado de:

**Doctor en Estudios del Desarrollo Global**

Presenta:

**Isaura Gonzalez Rubio Acosta**

Director de tesis:

**Dr. Santos López Leyva**

**Tijuana, Baja California, agosto de 2020.**

## **Agradecimientos**

Al Instituto Politécnico Nacional, por la autorización otorgada para dedicar mis horas de nombramiento a la realización de mis estudios doctorales. Con especial mención para la Secretaría de Investigación y Posgrado, la Coordinación de Proyectos Especiales de la Secretaría Académica, el Comité Técnico para el Otorgamiento de Becas, Estudio Apoyos Económicos y Licencias con Goce de Sueldo y el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital. Mi agradecimiento por la oportunidad brindada para mi superación académica, así como también a todas las personas que de una u otra forma intervinieron en las gestiones administrativas correspondientes.

A la Universidad Autónoma de Baja California, particularmente a los directivos y académicos de la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales, por la oportunidad de formarme en el programa de Doctorado en Estudios del Desarrollo Global. Un gran orgullo egresar de este posgrado certificado como competencia internacional ante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su alta calidad.

Un profundo agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. Santos López Leyva, por transmitirme sus conocimientos, y por su invaluable asesoría, dedicación y apoyo, que me permitieron concluir en tiempo y forma mis estudios. Su ejemplo de calidad y calidez humana, además de su profesionalismo y enseñanzas son huellas que perdurarán durante toda mi trayectoria personal y profesional.

Al Dr. Arturo Serrano Santoyo, primera persona de quien aprendí que los beneficios de la ciencia y la tecnología deben, sin distinción, alcanzar a toda la humanidad. Mi agradecimiento por la oportunidad de volver a tomar su cátedra, por su apoyo como lector de este trabajo y sobre todo por su amistad.

Agradezco a la Dra. Sylvia Mónica Pérez Núñez, a la Dra. Jocelyne Rabelo Ramírez y al Dr. Alejandro Mungaray Lagarda, por su tiempo y disposición como lectores de este trabajo.

A la Dra. Erika Chávez Nungaray, Coordinadora de Posgrado e Investigación en la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales; a la Dra. Ana Bárbara Mungaray Moctezuma, al Dr. Rafael Velázquez Flores y a la Dra. Martha Cecilia Jaramillo Cardona, Coordinadores del Programa de Maestría y Doctorado en Estudios del Desarrollo Global durante mi trayectoria como estudiante. Quienes además de atender con entrega y dedicación las actividades del programa, me apoyaron de manera cordial y oportuna en mis gestiones ante el Instituto Politécnico Nacional.

A mi familia y amigos por sus palabras de aliento y apoyo incondicional en los momentos precisos, mi agradecimiento es inconmensurable. Especialmente a mis pequeñas grandes maestras: mis hijas, quienes además de ser mi motor, me apoyaron de mil y un maneras para que fuera posible concluir con éxito esta etapa. Les dedico este logro.

## Resumen

El objetivo de la investigación es proponer un marco analítico de la sostenibilidad económica en los centros de investigación científica en México, por la vía de la innovación, tanto tecnológica como organizacional, tal que permita identificar los factores que condicionan el retorno de recursos hacia los centros de investigación.

La *sostenibilidad económica*, se conceptualiza como la relación entre el retorno de recursos por vía de las actividades de investigación, desarrollo e innovación y el presupuesto público otorgado a los centros de investigación para la realización de actividades administrativas, operación, e inversión.

Para cumplir el objetivo, este trabajo toma la forma de una investigación cuantitativa con análisis correlacional, con base en seis centros de investigación científica de carácter público que fueron seleccionados bajo criterios específicos. La metodología se dividió en dos partes: la primera se abordó desde la innovación tecnológica, mientras que la segunda se orientó desde la innovación organizacional.

Para abordar el enfoque de la innovación tecnológica, se realizó un análisis de las actividades de patentamiento y su comercialización, la creación de empresas *spin-off* y la existencia de Oficinas de Transferencia Tecnológica o, en su caso, áreas de apoyo a estas actividades en los centros de investigación. Se analizaron tendencias, resultados económicos, semejanzas y divergencias entre los centros estudiados.

La vertiente de la innovación organizacional se articuló mediante la gestión del conocimiento, bajo un enfoque de medición de capital intelectual; posteriormente, mediante un análisis correlacional, se identificaron los factores que pudieran estar influenciando los resultados de los centros de investigación, en particular los relacionados con su sostenibilidad económica.

**Palabras claves:** centros de investigación públicos, innovación tecnológica, innovación organizacional.

## **Abstract**

The objective of the research is to propose an analytical framework of economic sustainability in scientific research centers in Mexico, through innovation, both technological and organizational, so as to identify the factors involved in the return of resources to the institution.

Economic sustainability, in this research, is conceptualized as the relationship between the return of resources through research, development and innovation (R+D+i) activities and the public budget awarded to research centers for carrying out activities. administrative, operation, and investment.

To fulfill the objective, this work takes the form of a quantitative research with correlational analysis, based on six public research centers that were selected under specific criteria. The methodology was divided into two parts: The methodology was divided into two parts: the first was approached from technological innovation, while the second was oriented from organizational innovation.

To address the technological innovation approach, an analysis was carried out of patenting activities and their commercialization, the creation of spin-off companies and the existence of Technology Transfer Offices or, where appropriate, areas of support for these activities in research centers. Trends, economic results, similarities, and divergences between the centers were analyzed.

The organizational innovation aspect was articulated through knowledge management, under an approach of measuring intellectual capital; Subsequently, through a correlational analysis, the factors that could be influencing the results of the research centers were identified, particularly those related to their economic sustainability.

**Keywords:** public research centers, technological innovation, organizational innovation.

## Contenido

Resumen .....	3
Abstract.....	4
Índice de figuras .....	8
Índice de tablas .....	9
Abreviaturas, siglas y acrónimos.....	11
Introducción.....	12
Capítulo I Construcción del objeto de estudio.....	16
1.1 Planteamiento del problema.....	18
1.1.1 La problemática de la innovación tecnológica .....	20
1.1.2 La problemática de la innovación organizacional .....	23
1.1.3 Preguntas de investigación .....	24
1.2 Objetivos e hipótesis .....	24
1.2.1 Objetivo general .....	25
1.2.2 Objetivos específicos .....	25
1.2.3 Hipótesis .....	25
1.3 Justificación .....	25
Capítulo II Marco teórico .....	28
2.1 Los centros de investigación como generadores de conocimiento .....	30
2.1.1 Teoría de la innovación tecnológica.....	30
2.1.2 Modelos de innovación para el emprendimiento académico.....	33
2.1.3 Modelos de transferencia tecnológica .....	35
2.2 Los centros de investigación como organizaciones .....	40
2.2.1 Teoría del neoinstitucionalismo y el isomorfismo .....	41
2.2.2 Teoría de la innovación organizacional.....	42

Capítulo III	Marco contextual .....	46
3.1	Revisión del estado del arte de la innovación para la sostenibilidad en el sector del conocimiento.....	46
3.1.1	Método de búsqueda y hallazgos.....	46
3.1.2	Trabajos de gestión del conocimiento en México .....	51
3.2	Capitalización del conocimiento científico en el contexto internacional .....	52
3.2.1	Modelos de universidad .....	52
3.2.2	Universidades en el contexto internacional.....	53
3.3	El contexto nacional de los centros de investigación e IES.....	60
3.3.1	Los centros de investigación e IES en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación .....	60
3.3.2	Presupuesto federal para la ciencia, tecnología, la innovación y el sector educativo .....	61
Capítulo IV	Métodos y datos.....	69
4.1	Variables .....	69
4.2	Delimitación espacial y temporal .....	70
4.2.1	Criterios para la delimitación espacial.....	70
4.2.2	Criterios para la delimitación temporal .....	72
4.3	Metodología.....	73
4.3.1	Enfoque metodológico para la innovación tecnológica .....	73
4.3.2	Enfoque metodológico para la innovación organizacional .....	73
Capítulo V	Resultados y discusión.....	88
5.1	Resultados particulares .....	88
5.1.1	Centro de investigación A.....	88
5.1.2	Centro de investigación B .....	95
5.1.3	Centro de investigación C .....	101

5.1.4 Centro de investigación D .....	106
5.1.5 Centro de investigación E .....	113
5.1.6 Centro de investigación F.....	118
5.2 Resultados generales .....	123
5.2.1 Identificación de factores mediante la innovación organizacional .....	123
5.2.2 Identificación de factores de la innovación tecnológica .....	125
5.2.3 La sostenibilidad económica y sus factores asociados.....	127
Capítulo VI Conclusiones.....	135
Referencias .....	140
Anexo. Formulario para recolección de datos de los centros de investigación .....	153

## Índice de figuras

Figura 2.1 Representación de los elementos clave de la investigación .....	28
Figura 2.2 Elasticidad en la representación de los elementos de la investigación .....	29
Figura 2.3 Evolución de los modelos de innovación para el emprendimiento académico... 34	
Figura 2.4 Modelo lineal de la transferencia de tecnología de universidad a empresa .....	38
Figura 2.5 Modelo dinámico de transferencia de tecnología de universidad a empresa .....	39
Figura 2.6 Estructura del modelo de capital intelectual « <i>Intelect</i> » aplicado a las universidades y OPI.....	45
Figura 3.1 Ponderación de indicadores para el <i>THE World University Ranking</i> .....	54
Figura 3.2 Acumulado de puntuación, indicadores: colaboración universidad/industria, creación e impacto del conocimiento en el GII. ....	58
Figura 4.1 Fases de la metodología para el análisis por centro de investigación.....	75
Figura 5.1 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación A, 2014-2018.....	91
Figura 5.2 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación B, 2014-2018 .....	98
Figura 5.3 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación C, 2014-2018.....	104
Figura 5.4 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación D, 2014-2018.....	110
Figura 5.5 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación E, 2014-2018 .....	116
Figura 5.6 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación F, 2014-2018.....	120
Figura 5.7 Evolución de centros de investigación con alta sostenibilidad, 2014-2018.....	128
Figura 5.8 Porcentaje de investigadores que pertenecen a redes nacionales de investigación, 2014-2018.....	130
Figura 5.9 Tasa de artículos JCR por investigador, 2014-2018 .....	130
Figura 5.10 Evolución con centros de investigación de media-baja sostenibilidad, 2014-2018 .....	132

## Índice de tablas

Tabla 2.1 Trabajos sobre innovación y sus enfoques .....	32
Tabla 2.2 Etapas de maduración tecnológica, según modelo TRL .....	36
Tabla 2.3 Taxonomía de los modelos de gestión del conocimiento.....	44
Tabla 3.1 Posiciones absolutas en los distintos criterios de las universidades que encabezan el <i>THE World University Ranking</i> .....	56
Tabla 3.2 Universidades que encabezan el <i>THE World University Ranking</i> por ingresos de la industria .....	57
Tabla 3.3 Presupuesto anual autorizado y variaciones para el ramo 38 y CPI, 2014-2019 .	64
Tabla 3.4 Presupuesto anual autorizado y variaciones para la UNAM, 2014-2019.....	65
Tabla 3.5 Presupuesto anual autorizado y variaciones para el IPN, 2014-2019 .....	67
Tabla 3.6 Presupuesto anual autorizado y variaciones para las universidades públicas estatales, 2014-2019 .....	68
Tabla 4.1 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría capital humano.....	77
Tabla 4.2 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría capital organizacional.....	78
Tabla 4.3 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría capital relacional.....	79
Tabla 4.4 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría sostenibilidad.....	80
Tabla 4.5 Categorías y descripción de los datos de los centros de investigación.....	81
Tabla 4.6 Fuentes de recopilación de datos .....	83
Tabla 5.1 Estadísticas básicas del centro de investigación A.....	89
Tabla 5.2 Índices de Spearman del centro de investigación A.....	94
Tabla 5.3 Estadísticas básicas del centro de investigación B.....	96
Tabla 5.4 Índices de Spearman del centro de investigación B .....	100
Tabla 5.5 Estadísticas básicas del centro de investigación C.....	102
Tabla 5.6 Índices de Spearman del centro de investigación C .....	105
Tabla 5.7 Estadísticas básicas del centro de investigación D.....	107

Tabla 5.8 Índices de Spearman del centro de investigación D.....	112
Tabla 5.9 Estadísticas básicas del centro de investigación E .....	114
Tabla 5.10 Índices de Spearman del centro de investigación E .....	117
Tabla 5.11 Estadísticas básicas del centro de investigación F .....	119
Tabla 5.12 Índices de Spearman del centro de investigación F.....	122
Tabla 5.13 Patentes solicitadas y otorgadas a los centros de investigación, 2014-2018....	125
Tabla 5.14 Patentes vigentes y comercializadas por los centros de investigación, 2014-2018 .....	126
Tabla 5.15 Porcentaje del origen de los recursos económicos generados por los centros de investigación de alta sostenibilidad, 2014-2018.....	129
Tabla 5.16 Porcentaje del origen de los recursos económicos ejercidos en el año por los centros de investigación de alta sostenibilidad para proyectos I+D+i, 2014-2018 .....	131
Tabla 5.17 Porcentaje del origen de los recursos económicos generados por los centros de investigación de media-baja sostenibilidad, 2014-2018.....	133
Tabla 5.18 Porcentaje del origen de los recursos económicos ejercidos en el año por los centros de investigación de media-baja sostenibilidad para proyectos I+D+i, 2014-2018	134

## Abreviaturas, siglas y acrónimos

ANUIES	Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
CI	Centro de investigación
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CPI	Centro Público de Investigación
DGEP	Dirección General de Evaluación de Políticas
DOF	Diario Oficial de la Federación
GC	Gestión del conocimiento
GII	Índice Mundial de Innovación
I+D	Investigación y desarrollo
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
IES	Institución de Educación Superior
IMPI	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial
IPN	Instituto Politécnico Nacional
LCyT	Ley de Ciencia y Tecnología
OPI	Organismo Público de Investigación
OTRIS	Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación
OTT	Oficina de Transferencia Tecnológica
PECiTI	Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación
PIB	Producto Interno Bruto
SEP	Secretaría de Educación Pública
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SNCTI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
SNCyT	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología
SNI	Sistema Nacional de Investigadores
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

## Introducción

Para los centros de investigación científica cuya principal fuente de financiamiento proviene del sector público, el crear valor a partir del conocimiento que se genera, además de contribuir al avance de la ciencia y la tecnología, representa ingresos económicos que posibilitan enfrentar con mayores recursos los desafíos que implican el lograr objetivos y alcanzar metas bajo un presupuesto limitado y restringido en su ejercicio.

La generación de recursos propios en los centros de investigación de carácter público tiene efectos importantes tanto en el ámbito interno como en el ámbito externo. En el ámbito interno destaca el contar con una mayor flexibilidad en el ejercicio de los recursos económicos. En el ámbito externo se subraya el uso adecuado de los recursos públicos dada la retribución a la sociedad mediante el aporte al desarrollo económico por la vía de la creación de nuevos productos y servicios que brinden soluciones a problemáticas vigentes.

De aquí que cobra importancia la *sostenibilidad económica*, conceptualizada como la relación entre el retorno de recursos por vía de las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) y el presupuesto público otorgado a los centros de investigación para la realización de sus actividades administrativas, su operación, e inversión.

Esta investigación postula que un factor para incrementar la sostenibilidad económica de los centros de investigación científica es la innovación, misma que se aborda desde dos vertientes. La primera es la innovación tecnológica desde la faceta de los centros de investigación públicos como entes generadores de conocimiento, se exploran las prácticas que conducen a hacer, del resultado de las investigaciones, fuente de beneficios tangibles a través de diversos mecanismos de transferencia del conocimiento.

La segunda vertiente es la innovación organizacional, articulada a partir de la gestión del conocimiento bajo el enfoque de la medición del capital intelectual, de tal forma que se genere un referente cuantitativo del conocimiento capitalizable que poseen los centros de investigación científica, que además permita identificar los factores que pudieran estar influenciando en sus resultados.

En este orden de ideas, el objetivo central de esta investigación es proponer un marco analítico a partir del cual, los tomadores de decisiones en los centros de investigación científica cuenten con elementos objetivos que coadyuven en la construcción de acciones

estratégicas dirigidas hacia el incremento de la sostenibilidad económica de los centros, fundamentadas en dos vertientes de la innovación: la innovación tecnológica y la innovación organizacional.

La revisión de la literatura arrojó que existen métodos financieros para valorar el retorno de inversiones en investigación y desarrollo en el sector privado (Link, 1993); mientras que en el contexto de la inversión pública para la investigación, Piric y Reeve (1997) examinan y categorizan diferentes dimensiones para evaluar dicha inversión. Sin embargo, estas aproximaciones están orientadas exclusivamente hacia métodos costo-beneficio en términos económicos.

Por otra parte, las métricas en cuanto a productividad de la I+D+i basadas en publicaciones científicas, índice H, propiedad intelectual, dadas en función de la creación, difusión y protección del conocimiento, por sí mismas tampoco representan un esquema integral que valore los resultados globales de un centro de investigación debido a que no consideran otros activos de su capital intelectual tales como: su capacidad para relacionarse con los sectores público y privado o sus vínculos con la sociedad. A su vez, tampoco están asociadas a los recursos económicos de los que disponen ni consideran los ingresos generados por la vía de la transferencia del conocimiento.

Con base en lo anterior, la contribución principal de esta investigación consiste en considerar los activos del capital intelectual de los centros de investigación científica de carácter público en México tales que, adaptados al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y asociados a su sostenibilidad económica, sea posible identificar los factores que sugieren estar relacionados con sus resultados.

La hipótesis de esta investigación postula, entonces, que en los centros de investigación científica de carácter público en México, la innovación organizacional posibilita la caracterización de los factores que condicionan la transformación de los conocimientos generados a fuente de recursos; dicha caracterización, coadyuva a contar con elementos objetivos que posibilitan el definir estrategias en pro del incremento de la sostenibilidad económica mediante actividades de investigación, desarrollo e innovación tecnológica.

La investigación se desarrolló en seis capítulos. En el primer capítulo se construye el objeto de estudio, a través del planteamiento de la problemática en lo general y en lo particular respecto a la innovación tecnológica y a la innovación organizacional en los centros

de investigación científica. A partir de la problemática se plantean las preguntas de investigación, objetivo general, objetivos específicos e hipótesis. El primer capítulo finaliza con la justificación que le otorga pertinencia a esta investigación.

El segundo capítulo está constituido por el marco teórico y se estructura en dos apartados. El primer apartado sitúa a los centros de investigación científica bajo su función sustantiva de generadores de conocimiento, se introduce la teoría de la innovación con énfasis en la innovación tecnológica. En seguida, se presentan los modelos clásicos de innovación para el emprendimiento mediante el conocimiento académico/científico y finalmente, se desarrolla el tema de la transferencia tecnológica, en cuanto a niveles de madurez de la tecnología, actores y evolución del modelo lineal al modelo dinámico de transferencia. El segundo apartado del marco teórico lo constituye la visión de los centros de investigación como organizaciones, se aborda desde la escuela neoinstitucionalista, a través de la cual se caracterizan a los centros de investigación dentro de los tres tipos de isomorfismo: coercitivo, mimético y normativo. Posteriormente se trata la teoría de la innovación organizacional desde el punto de vista de la gestión del conocimiento, instrumentada mediante la medición del capital intelectual.

El tercer capítulo expone el marco contextual en tres enfoques. El primer enfoque consiste en una revisión sistemática de la literatura científica relacionada con el retorno de recursos al sector del conocimiento por la vía de la innovación. El segundo enfoque analiza el ámbito internacional del conocimiento académico/científico con resultados destacados en cuanto al retorno de recursos por actividades con la industria. Mientras que el tercer enfoque presenta el contexto nacional de los centros de investigación científica con financiamiento público en México desde su participación en el SNCTI, así como los mecanismos de asignación de presupuesto federal para su operación, se analiza su evolución en los últimos años.

En el cuarto capítulo se describen las variables de la investigación, se plantea y justifica la delimitación espacial dada por los centros de investigación seleccionados, así como la delimitación temporal elegida para este estudio. Posteriormente se especifican y describen los métodos empleados para la investigación, sus etapas, así como las fuentes de datos utilizadas.

El quinto capítulo presenta los resultados obtenidos y su discusión, se conforma por dos apartados; el primero presenta los resultados en lo particular para cada centro de investigación y su discusión, mientras que en el segundo se discuten los resultados generales obtenidos a partir del análisis global, donde se abordan los elementos clave de la investigación en lo referente a la innovación tecnológica, la innovación organizacional y la sostenibilidad económica. En el sexto y último capítulo se presentan las conclusiones generales, cumplimiento de objetivos e hipótesis y recomendaciones de trabajo futuro.

# Capítulo I

## Construcción del objeto de estudio

El conocimiento, la innovación a partir del conocimiento y los beneficios que como consecuencia brindan a la sociedad, son aspectos clave en el crecimiento y desarrollo de las economías. De acuerdo con Bazdresch y Romo (2006), la alta competitividad e innovación de los países está dada por un entramado institucional articulado y eficiente, un marco regulatorio que alienta la innovación, un sistema financiero que facilita el financiamiento de proyectos de desarrollo tecnológico y un entorno cultural que valora la ciencia y la tecnología como elementos clave de la competitividad y de los niveles de calidad de vida de la población. En este tenor, la presente investigación aborda dichos elementos desde el ámbito de los centros de investigación científica de México.

El informe 2014-2016 del Foro Consultivo Científico y Tecnológico señala que “las instituciones académicas y de investigación en México han desarrollado un gran potencial de capacidades científicas y tecnológicas reconocidas, tanto en el contexto nacional como en el internacional; sin embargo, la innovación implica la articulación de recursos y capacidades con el entorno productivo a fin de transformar los productos generados en espacios académicos para ponerlos al servicio de la sociedad” (Franco, 2016, pág. 14). De lo anterior se desprenden las siguientes interrogantes ¿Cuáles son los factores y condiciones que permiten que el conocimiento generado en los centros de investigación científica se traduzca en bienes y servicios útiles a la sociedad? ¿De qué forma la gestión de conocimiento contribuye a contar con elementos para la toma de decisiones estratégicas que impulsen la sostenibilidad económica en los centros de investigación científica? La presente investigación aporta elementos para responder a estas interrogantes con la finalidad de contribuir al aprovechamiento de los recursos disponibles y, en consecuencia, al incremento de la sostenibilidad económica de los centros de investigación científica a través de sus actividades de I+D+i.

La generación de conocimiento es el punto de partida crucial para la transferencia tecnológica (Siegel, Waldman, Atwater, & Link, 2004), y para otros mecanismos de transferencia de conocimiento que transforman el conocimiento en valor. Uno de los recursos

imprescindibles para la producción de conocimiento en los centros de investigación científica es el capital intelectual, mismo que emana de los investigadores, así como de los recursos disponibles para la investigación que, a su vez, están influenciados por una gran diversidad de factores. En México, ha sido motivo de estudio y debate el tema de los incentivos que fomentan la productividad científica emanada de la publicación de artículos científicos más que de la participación de los investigadores en proyectos de índole regional o de colaboración con el sector productivo (Cabrera, 2014).

En este contexto es relevante examinar el desempeño de México en el ámbito científico tomando como referente su posicionamiento internacional en la publicación científica, así como en el ámbito competitivo mediante la cuantificación de la innovación. Con respecto a la publicación de artículos, México ocupa la posición número 28 de un total 239 países y el segundo lugar en Latinoamérica después de Brasil, (SJR, 2020). No obstante, en cuanto al Índice Mundial de Innovación (GII – *Global Innovation Index*), México ocupa el lugar 56 de 129 países que conforman el ranking, y el tercer lugar en Latinoamérica y el Caribe, después de Chile y Costa Rica (Cornell University; INSEAD; WIPO, 2019).

El GII, calcula la calidad de innovación tomando en cuenta: i) las tres mejores universidades de cada país; ii) las familias de patentes ingresadas en al menos dos oficinas de propiedad intelectual, es decir, la internacionalización de invenciones nacionales; y iii) el índice H. Este método de cálculo de posiciones coincide con la afirmación de que la cantidad de patentes no es un indicador de la innovación por sí mismo (Bazdresch & Romo, 2006), particularmente en las universidades (García Galván, 2017); no obstante, incide en la capacidad de innovación.

En calidad de innovación, México obtuvo la posición 33 a nivel global, mientras que, entre las economías de ingreso medio, México alcanzó el sexto lugar después de China, India, Rusia, Brasil y Malasia.

Dado a que la posición de México en cuanto a publicaciones, innovación en general y calidad de la innovación no ha variado significativamente en los últimos años, es que se afirma que en México se produce conocimiento competitivo a nivel internacional, pero no se transforma en innovación al mismo ritmo.

En congruencia con el planteamiento de Cabrera (2014, pág. 45), quien señala que “el papel de las instituciones no es propiamente inducir la innovación, sino generar las

condiciones para que la construcción de sinergias y la gestación de innovaciones se dé de manera natural y autosostenible”, el planteamiento para este proyecto de tesis doctoral está centrado en determinar los factores que condicionan la sostenibilidad económica de los centros de investigación públicos que desarrollan la ciencia y tecnología en México, a través de la innovación tecnológica y organizacional.

Esta investigación se limita a instituciones con actividades de generación de conocimiento cuya fuente de financiamiento proviene mayormente de fondos públicos dado que el tema de los recursos es preponderante en referencia a su disponibilidad, gestión, rendición de cuentas y resultados. Por consiguiente, cobra relevancia el incremento de la sostenibilidad con miras a contar con fuentes de ingreso diversificadas y brindar resultados con impacto social, de forma tal que generen un retorno económico que les permita avanzar en la consecución de sus objetivos, así como retribuir a la sociedad con resultados que la beneficien.

## **1.1 Planteamiento del problema**

El posicionamiento en términos de publicaciones científicas refleja que en México se cuenta con recursos humanos calificados, laboratorios y equipamiento especializado, acceso a bases de datos científicas en el estado del arte, así como infraestructura física y recursos económicos y materiales.

Es precisamente la publicación científica uno de los mecanismos más utilizados en la difusión o transferencia del conocimiento producido por los investigadores en los centros de investigación científica. Otros mecanismos son la formación de recursos humanos, y la comercialización del conocimiento. Este último se da a través de actividades como consultorías, contratos de investigación con la industria, patentamiento y creación de *spin-off* (Landry, Amara, & Rherrad, 2006). De estas actividades, el patentamiento es la que cuenta con mayor visibilidad a nivel nacional e internacional ya que los países con organismos reguladores de la propiedad intelectual cuentan con bases de datos públicas de invenciones y emiten informes con indicadores de interés público.

En México, son las universidades y centros de investigación, los titulares nacionales que sobresalen en la cantidad de solicitudes de patentes, dejando atrás a empresas e

inventores independientes. Esto da cuenta de que los resultados producidos por el sector del conocimiento tienen potencial aplicabilidad en el sector productivo y, por ende, capacidad de incrementar su sostenibilidad económica mediante el ingreso de recursos autogenerados por actividades de I+D+i.

El patentamiento y otros medios como el establecimiento de incubadoras universitarias son acciones impulsadas debido a la reducción en el financiamiento público y por las presiones crecientes en cuanto a la rendición de cuentas (Kolympiris & Klein, 2017).

En estas instituciones, la generación de recursos económicos por la vía de la comercialización del conocimiento incrementa sus activos, necesarios en el emprendimiento de nuevos proyectos o para la continuidad de los existentes, principalmente en un entorno donde el financiamiento público al que están sujetas es variable y además incierto.

En el año 2000, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) planteaba que, además de la búsqueda de fondos adicionales para la investigación, las universidades ya no monopolizan el conocimiento científico en virtud de que cada vez más industrias se encuentran integrando áreas de investigación y desarrollo a su estructura (OECD, 2000); de aquí que los investigadores se vieron en la necesidad de no solo vincularse con sus pares académicos sino también a través de redes de conocimiento más amplias (Schuetze, 1996a; Schuetze, 1996b). En consecuencia, “los académicos que se mantuviesen alejados de la innovación tecnológica se verían excluidos de grupos de pares importantes, colocándolos en una situación desventajosa en lo individual y en lo institucional” (Gibbons, 1992, pág. 97).

Bajo este marco, la problemática planteada en esta investigación está asociada a que el conocimiento científico que tenga viabilidad de ser transferido al aparato productivo mediante mecanismos de comercialización, precisa contar con las condiciones necesarias tal su transformación en productos o servicios innovadores que atiendan problemáticas reales sea factible, este desafío se aborda desde la dimensión de la innovación tecnológica. En segunda instancia, es deseable que las instituciones cuenten con los elementos objetivos que les permitan implementar acciones estratégicas hacia este objetivo, esta perspectiva se explorará desde la dimensión de la innovación organizacional.

### **1.1.1 La problemática de la innovación tecnológica**

La Secretaría de Educación Pública (SEP) a través de la Dirección General de Evaluación de Políticas (DGEP), en su diagnóstico relativo a la investigación científica y desarrollo tecnológico en México, presenta “una primera aproximación en la definición de la problemática específica que presentan los proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación al no vincularse con la generación de conocimiento y/o con los diversos sectores de la economía nacional para la resolución de problemas nacionales” (DGEP, 2015, pág. 2). Este diagnóstico señala, como una de las características más notables en México, la falta de vinculación del sector empresarial con los grupos y centros de investigación científica y tecnológica existentes en el país. Destaca además que es preciso que las empresas aprovechen las capacidades existentes en las IES y centros de investigación públicos.

La DGEP señala que “se requiere consolidar la continuidad y disponibilidad de los apoyos necesarios para que los investigadores en México puedan establecer compromisos en plazos adecuados para abordar problemas científicos y tecnológicos relevantes, permitiéndoles situarse en la frontera del conocimiento y la innovación, y competir en los circuitos internacionales” (DGEP, 2015, pág. 6). Entre sus conclusiones destaca que, en buena medida, los rezagos en la capacidad para crear y aplicar el conocimiento obedecen a la baja inversión tanto pública como privada, pero además a un sistema educativo que no promueve la innovación, e insuficientemente vinculado con el ámbito productivo.

Entonces, el tema de la innovación tecnológica con miras al incremento de la sostenibilidad económica es un aspecto relevante dadas las limitaciones presupuestales que enfrentan los centros de investigación públicos, así como las instituciones de educación superior (IES) que realizan investigación y desarrollo tecnológico. El identificar los factores que inciden en el resultado de estos emprendimientos es relevante en la toma de decisiones y en la implementación de estrategias encaminadas a romper el ciclo de bajos recursos-baja innovación.

Posteriormente, en 2016, el informe de Evaluación de Diseño del Programa Presupuestario para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2016), elaborado por el Instituto de Investigaciones Dr. José María

Luis Mora identifica como debilidades, no sólo la insuficiente vinculación con el sector productivo del país previamente diagnosticada, sino además la escasa vinculación interinstitucional entre las diferentes instituciones educativas y de investigación en la identificación de áreas comunes de desarrollo y búsqueda de resultados. Menciona además que, “al entregar los fondos a una institución, los fondos son usados por investigadores de esa institución en particular y no necesariamente por los que mejores resultados podrían alcanzar” (SEP, 2016, pág. 44). Lo que implica un fuerte señalamiento hacia los mecanismos de asignación de recursos encaminados a fortalecer la investigación, desarrollo e innovación en México.

En 2017, el Programa Presupuestario para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, presenta como problema en el ejercicio 2017 la “falta de desarrollo de proyectos de investigación científica, tecnológica e innovación para la generación de conocimiento y/o favorecer la solución de los problemas nacionales” (DGEP, 2017, pág. 19), destacando nuevamente como origen de ello la insuficiencia de apoyos económicos para la ejecución de proyectos.

Una segunda arista en la problemática de la innovación tecnológica está dada por la dinámica interna en los centros de investigación e IES con actividades de investigación, desarrollo e innovación y se plantea a continuación.

En ocasiones sucede que, al concluir un proyecto de investigación con resultados comprometidos de índole académico, como participación en congresos, tesis, publicaciones, y sin restricciones en cuanto a compromisos de propiedad intelectual con terceros, resulta de interés institucional explorar su viabilidad comercial, tal que se traduzca en un producto o servicio que la institución pueda ofrecer a terceros. Estas funciones se llevan a cabo en las Oficinas de Transferencia Tecnológica (OTT) que pueden encontrarse dentro de los mismos centros de investigación o IES. Cuando no cuentan con una, es posible que en su estructura existan áreas a cargo de las actividades de identificar estas oportunidades de comercialización, iniciar los procesos de valuación tecnológica y protección de la propiedad intelectual, así como la búsqueda de contrapartes interesados en una posible transferencia tecnológica.

No obstante, el desarrollo de proyectos en los centros de investigación bajo la óptica de una posible comercialización implica dar cumplimiento a expectativas del mercado, dar

respuesta a regulaciones y a los niveles de seguridad exigidos por las normas aplicables (Castrejón Mata, Hernández Sampieri, & Ruiz Rueda, 2012). Posterior a ello, ya en la etapa de comercialización, los autores resaltan la importancia de contar con conocimiento de herramientas mercadológicas para establecer precios competitivos en función de la disminución de costos. Otra alternativa es también la creación de empresas de base tecnológica que directamente comercialice los productos o servicios resultantes de la investigación.

Para los investigadores que no están familiarizados con estas actividades y sus implicaciones, pueden llegar a ser un desafío importante, que concluya con la percepción de que el esfuerzo requerido es mayor que los beneficios económicos e intelectuales que podrían obtener; Dutrénit, De Fuentes, y Torres (2010) señalan que esto puede ser a consecuencia de que en México la transferencia del conocimiento por la vía de la comercialización no es común.

En el camino hacia la comercialización del conocimiento por la vía de la invención está la etapa del patentamiento. Tanto las solicitudes de patente, como las patentes concedidas son producto de una inversión importante de recursos para la formación de capital humano, e investigación científica y tecnológica, en la búsqueda de mejorar o aportar una forma novedosa de resolver un problema (Conacyt, 2017). En México, la tasa de patentes universitarias otorgadas en 2017 fue del 32%, lo que representa un incremento de seis puntos con respecto al año 2016 (IMPI, 2016; IMPI, 2017). Destaca, además que, entre los trece principales titulares de patentes nacionales, doce son universidades e institutos de investigación (IMPI, 2018).

García Galván (2017, pág. 89) señala que “más allá de que muchas patentes no se exploten ni industrial ni comercialmente, éstas se reconocen como buenos indicadores de la actividad innovativa de las organizaciones. Así, podrían considerarse como parte del capital reputacional”. Esto sucede con mayor frecuencia en las instituciones académicas que en la industria. Las instituciones académicas que cuentan con patentes pueden no explotarlas comercialmente, pero se benefician en términos de dicho capital reputacional. Mientras que, para la industria, una patente sin explotación no tiene sentido dada su naturaleza lucrativa. Empero es deseable que, para las instituciones públicas investigación, el ciclo de la

innovación tecnológica logre culminar con la explotación comercial de sus patentes, para entonces avanzar en pro del incremento de su sostenibilidad académica.

### **1.1.2 La problemática de la innovación organizacional**

Las instituciones públicas de investigación cuentan con decretos de creación y normatividad que, en algunos casos, no brindan un margen amplio para la toma de decisiones y acciones que permitan avanzar a un ritmo más dinámico y acorde al contexto vigente. Este escenario es una limitante de consideración ya que las estrategias para el incremento de ingresos propios con beneficios potenciales en distintos ámbitos pudieran no ser susceptibles de llevarse a cabo.

Hoy en día, un elemento clave que puede aplicarse sin contraponerse a normatividad alguna es la gestión del conocimiento mediante la medición del capital intelectual. La viabilidad de poner en marcha un esquema de medición del capital intelectual obedece a que los centros de investigación públicos e IES cuentan con los datos necesarios o en todo caso, tienen al alcance las fuentes de información requeridas para recabarlos. Lo anterior se debe a que, por cuestión de normatividad, planeación, presupuesto o de rendición de cuentas, las instituciones públicas elaboran informes de forma periódica de una serie de indicadores tales como número de investigadores y estudiantes, cantidad de artículos publicados, proyectos de investigación vigentes, solicitudes de patente presentadas y otorgadas, entre otros.

Estos datos, sumados a información presupuestal y de financiamiento de proyectos, proporcionan la materia prima necesaria para ir más allá de la gestión administrativa ya que posibilitan la medición de su capital intelectual y valorarla con respecto a su sostenibilidad económica.

Una situación ligada a esta problemática es que estos datos suelen estar disociados en áreas distintas de la estructura organizacional de las instituciones, puede que únicamente se concentren en sus informes semestrales o anuales y principalmente es poco frecuente encontrarla correlacionada entre sí. Cuando esto sucede, los datos no generan conocimiento. El gestionar el conocimiento organizacional, mediante un método de capital intelectual, genera información de alto valor agregado de posibilita la identificación de factores y condiciones que están impactando en los resultados de productividad o de sostenibilidad de

las instituciones y permite orientar los esfuerzos e impulsar estrategias dirigidas hacia las metas establecidas.

### **1.1.3 Preguntas de investigación**

Dada la problemática descrita, es de interés explorar los mecanismos que permitan incrementar la sostenibilidad económica de los centros de investigación científica de carácter público con miras a enfrentar la incertidumbre presupuestal y a aprovechar la oportunidad de generar recursos a partir del conocimiento que se produce. Por lo anterior, la pregunta central que se responde en esta investigación es:

¿Cuáles son los factores y condiciones que determinan la capacidad de incrementar la sostenibilidad económica en los centros de investigación científica públicos en México por la vía de la innovación?

De esta interrogante se desprenden las siguientes preguntas secundarias:

- ¿Cuáles son los factores y condiciones que permiten que el conocimiento generado en los centros de investigación científica se traduzca en bienes y servicios útiles a la sociedad?
- ¿De qué forma la gestión de conocimiento puede coadyuvar a contar con elementos para la toma de decisiones estratégicas que impulsen la sostenibilidad económica en los centros de investigación científica?

La primera pregunta secundaria se aborda desde el ámbito de la innovación tecnológica, mientras que la segunda se estudia desde la óptica de la innovación organizacional, a través de la medición del capital intelectual.

## **1.2 Objetivos e hipótesis**

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos que se persiguen en esta investigación. Posteriormente se enuncia la hipótesis a comprobar.

### **1.2.1 Objetivo general**

Proponer un marco analítico de la sostenibilidad económica en los centros de investigación científica de carácter público en México, por la vía de la innovación, tanto tecnológica como organizacional, tal que permita identificar los factores que condicionan el retorno de recursos hacia la institución.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Precisar los factores de la innovación tecnológica que inciden en la transformación de conocimiento en valor en los centros de investigación científica públicos.
- Presentar una propuesta de innovación organizacional apoyada en la gestión del conocimiento que permita establecer las bases para la medición del capital intelectual en los centros de investigación científica públicos en México.

### **1.2.3 Hipótesis**

En los centros de investigación científica de carácter público en México, la innovación organizacional posibilita la caracterización de los factores que condicionan la transformación de los conocimientos generados a fuente de recursos; dicha caracterización, coadyuva a contar con elementos objetivos que posibilitan el definir estrategias en pro del incremento de la sostenibilidad económica mediante actividades de investigación, desarrollo e innovación tecnológica.

## **1.3 Justificación**

El desarrollo y crecimiento económico a través de la ciencia y la tecnología, así como las repercusiones de la innovación en estos ámbitos, son temas vigentes en las agendas gubernamentales. Su importancia radica en que hoy en día, la posición de cada país en la economía internacional depende de su capacidad para absorber conocimientos y acortar la brecha con la frontera tecnológica (CEPAL, 2016).

En este contexto, las instituciones académicas son un actor preponderante. Según el Banco Mundial (2007), si las universidades logran aumentar en forma significativa el flujo de innovación mediante su propia investigación básica y aplicada, y si dichas innovaciones son susceptibles de emplearse en el sector de los negocios, los países que tienen sectores universitarios dinámicos podrán contar con índices mayores de crecimiento.

No obstante, las IES y los centros de investigación científica cuya principal fuente de recursos tiene su origen en el gasto público, deben sortear desafíos importantes para subsanar las dificultades originadas por un presupuesto limitado, de crecimiento marginal y restringido en su ejercicio ya que, pese a ello, tienen el compromiso de alcanzar con cabalidad sus objetivos y metas. Entonces, cobra importancia la generación de ingresos propios que permitan ser aplicados a las necesidades y prioridades identificadas, en particular, en aquellas donde el presupuesto asignado resulta insuficiente o no aplicable por motivos de normatividad.

La generación de ingresos mediante el conocimiento producido en los centros de investigación científica no es una tarea trivial, los motivos radican en la misma naturaleza del conocimiento: es difícil de contener, sus utilidades son inciertas, la coordinación de los actores involucrados en proyectos importantes es costosa y resulta complicado apropiarse los beneficios de la difusión de las innovaciones; por tanto, la inversión en tecnología e innovación suele ubicarse por debajo de un nivel óptimo (Bazdresch & Romo, 2006).

En este panorama, se torna relevante la identificación de los factores y condiciones que inciden en el acrecentamiento de los ingresos propios y, por ende, en el aumento de la sostenibilidad económica de los centros de investigación científica con financiamiento público.

Una sostenibilidad económica creciente trae consigo efectos de positivos al interior de estas instituciones, que también se reflejan en su entorno. Entre los efectos internos destacan la posibilidad de contar con recursos susceptibles de ser aplicados al desarrollo de nuevas investigaciones, dar continuidad de las existentes, mejorar la infraestructura o realizar adquisiciones complementarias de productos o servicios no permitidos por la normatividad aplicable al ejercicio de los recursos públicos. La máxima utilidad esperada consiste en que las dificultades asociadas a la disponibilidad de los recursos gubernamentales no limiten el

alcance de la misión, visión y objetivos de los centros de investigación científica públicos en México.

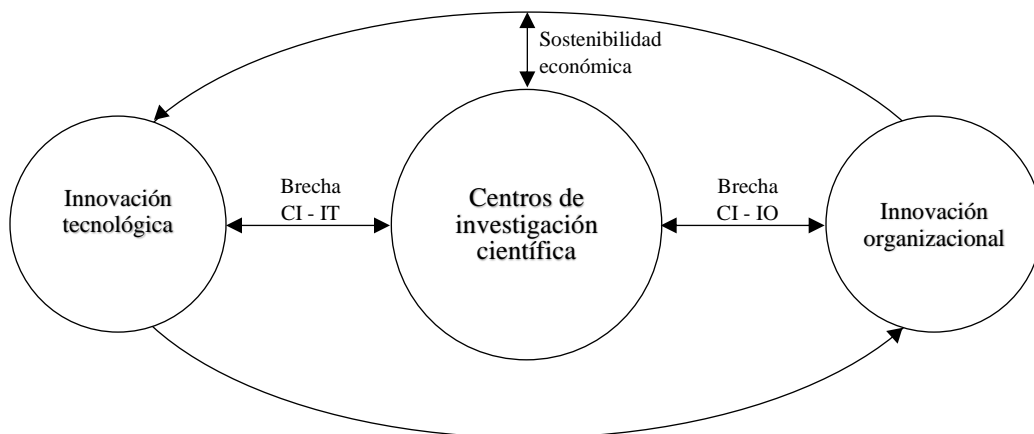
En cuanto a los efectos externos, destaca el fomento a un ambiente de competitividad, incide en una rendición de cuentas positiva a la sociedad en torno a que el ejercicio de los recursos públicos está favoreciendo la generación de productos, empresas y empleos que mejoran la calidad de vida de la población. Finalmente, se constata la pertinencia de las investigaciones y programas académicos ofrecidos por las IES y centros de investigación científica, consecuencia altamente deseable en el sentido de que sus resultados impactan en el crecimiento y desarrollo nacional.

## Capítulo II

### Marco teórico

En el desarrollo de esta investigación destacan tres elementos clave interrelacionados y bajo los cuales se estructura el marco teórico: los centros de investigación científica (CI) como eje de este trabajo, la innovación tecnológica (IT) y la innovación organizacional (IO). Entre ellos se propone una dinámica generada por la brecha existente entre los centros de investigación y las dos clases de innovación, así como por la sostenibilidad económica resultante de estas interacciones, lo que se esquematiza en la figura 2.1.

Figura 2.1 Representación de los elementos clave de la investigación



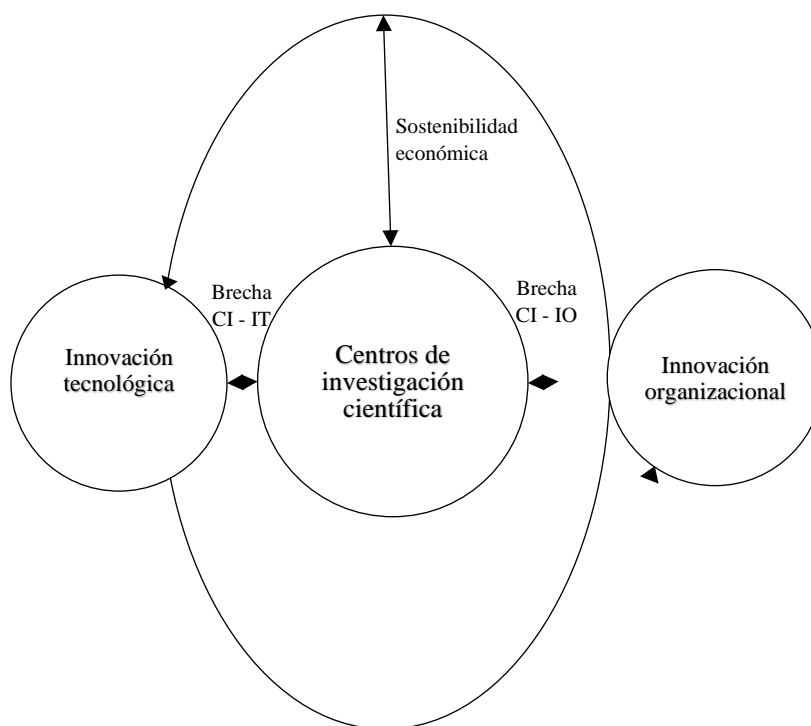
Fuente: Elaboración propia.

La representación propuesta incorpora una retroalimentación entre ambos tipos de innovación. Esta sinergia está dada por la dinámica generada a partir de dos facetas de los centros de investigación: como ente generador de conocimiento y como organización. Dicha retroalimentación da lugar a un círculo virtuoso cuyo propósito será fomentar una mejora continua en los mecanismos de creación de valor y de gestión del conocimiento (GC).

Se observan además dos brechas horizontales, la primera corresponde a la existente entre los centros de investigación científica y su innovación tecnológica (CI-IT) y la segunda concierne a la distancia entre los centros de investigación científica y su innovación organizacional (CI-IO).

Se trata de un modelo elástico que esquematiza la hipótesis de esta investigación, al acortar las brechas que separan a los centros de investigación de la innovación, la sostenibilidad económica se incrementa (figura 2.2). Mientras que, en caso contrario, al incrementar el distanciamiento entre los centros de investigación y la innovación, la sostenibilidad económica se reducirá.

Figura 2.2 Elasticidad en la representación de los elementos de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el marco contextual presenta el estado del arte en la literatura científica concerniente a la innovación en las universidades y los centros de investigación científica desde la perspectiva organizacional y tecnológica misma que da pauta para determinar la pertinencia del tema bajo estudio. Desde un enfoque global, se analizan las universidades y países con resultados notables en relación con el alcance de objetivos de calidad en términos de sostenibilidad económica e innovación. Finalmente se trata el contexto nacional de los centros de investigación e IES.

## **2.1 Los centros de investigación como generadores de conocimiento**

El Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018) acentúa que el conocimiento es la base de la innovación, y que la meta de la innovación es la creación o preservación de valor. Señala que el término *innovación* puede significar tanto una actividad como el resultado de la actividad.

Solleiro R. y Terán B. (2012, pág. 39) subraya que “Innovación y creación de conocimiento son dos conceptos que tienen una fuerte relación. Las ideas se forman a través de una profunda interacción entre las personas en ambientes que tienen las condiciones para permitir la creación de conocimiento y éste, a su vez, se reflejará en la generación de innovaciones”.

La investigación sobre la innovación es objeto de diferentes disciplinas, y sus enfoques económicos cuentan con distintas perspectivas teóricas con una contribución diferenciada de visión (OECD/Eurostat, 2005). Cirera y Maloney (2017) señalan que un punto de vista popular sobre la innovación es aquel que acota el término a la invención de nuevas tecnologías o de modelos de negocio disruptivos que, empero son parte importante del proceso innovativo, dejan fuera gran parte del proceso, como lo es la implementación incremental de ideas y conocimiento para mejorar las organizaciones, no únicamente en lo referido a las actividades de investigación y desarrollo, sino también a actividades de acumulación de conocimiento, a menudo informales, o mediante la colaboración con otras organizaciones.

En el ámbito de esta investigación, son estos dos enfoques de interés con respecto a la innovación: la innovación tecnológica y la innovación organizacional.

### **2.1.1 Teoría de la innovación tecnológica**

Para esta investigación, la innovación tecnológica se plantea desde la perspectiva del pensamiento evolucionista. Tiene su origen en la obra de Charles Darwin de 1859, quien señaló que todos los seres vivos tienen un origen el común, a partir del cual se han producido múltiples ramificaciones. En términos económicos, el primer autor en utilizar esta aproximación en las teorías económicas fue Alfred Marshall en 1890 quien, siendo parte de

la corriente neoclásica, cuestionó su carácter estático y postuló que las mismas condiciones en distintos momentos no producen los mismos resultados (Calderón & Hartmann, 2010).

Posterior a los trabajos de Marshall surgieron los de Shumpeter (1934), quien estableció que el desarrollo económico está directamente relacionado con la innovación y que esto se da mediante un proceso en el que las tecnologías nuevas reemplazan a las tecnologías existentes. A este proceso lo denominó *destrucción creativa*. En este tenor, definió a la innovación como la utilización productiva de un invento. Nelson y Winter tomaron estos conceptos para explicar el patrón de evolución del cambio económico, en 1977 señalaron que la innovación también se caracteriza por la incertidumbre de sus resultados (Calderón & Hartmann, 2010).

El enfoque evolucionista no concibe a la tecnología como un bien público, a diferencia del trabajo de Solow, que le da este tratamiento y concibe a la innovación como un proceso exógeno a la actividad económica y a la ciencia se le sitúa fuera del proceso económico (López & Lugones, 1997).

En este mismo orden de ideas, Heijs y Buesa (2016) señalan que la teoría neoclásica consideraba que la tecnología era información y que su proceso de producción era resultado de la acción secuencial de las instituciones de investigación y de las empresas innovadoras, lo que describe al modelo lineal del cambio tecnológico, bajo este enfoque la tecnología permitiría una difusión inmediata. En cambio, el modelo interactivo o evolucionista está basado en una interacción continua entre los distintos actores y elementos durante todo el proceso de innovación y posterior comercialización.

Por tanto, la teoría evolucionista es una crítica a la postura neoclásica basada en que: i) muchas tecnologías son conocimientos tácitos difíciles de transferir; ii) el proceso de codificación tiene sus límites y, iii) gran parte de los conocimientos pueden no ser fáciles de copiar o transferir, aun siendo codificables (Heijs & Buesa, 2016).

Para los evolucionistas, los resultados del proceso de innovación están protegidos por el carácter tácito de muchos de los componentes, por su alto nivel de complejidad, por medidas legales a través de la propiedad intelectual, por secretismo o mediante un proceso de innovaciones incrementales continuas (Heijs & Buesa, 2016).

De la corriente evolucionista surge la concepción sistémica de la innovación, integrada por el sistema de relaciones que establecen los actores públicos y privados en un territorio,

su capacidad para estimular y conducir la innovación y los mecanismos de interacción de dichos actores, “dentro de este entramado de actores, las universidades y los centros de investigación adquieren un papel especial y protagónico, ya que estos actúan como productores de gran parte de los insumos que nutren a la innovación —conocimiento, tecnología y talento humano” (Cabrera-Flores, López Leyva, & Serrano Santoyo, 2017).

En cuanto a la relación entre la ciencia, la tecnología y la innovación, Kline y Rosenberg (1986) son enfáticos al señalar que la ciencia no únicamente produce innovación, sino que la innovación también produce ciencia. Asimismo, afirman que la tecnología no es simplemente ciencia aplicada, ya que esto sesgaría el concepto de innovación.

La innovación, la tecnología, sus aristas y convergencia han sido ampliamente abordadas en distintas vertientes. Los enfoques más representativos se plasman en la tabla 2.1, en la que se describe brevemente su orientación con sus proponentes.

Tabla 2.1 Trabajos sobre innovación y sus enfoques

<b>Enfoque</b>	<b>Descripción</b>	<b>Proponente</b>
Comportamiento organizacional en la incertidumbre	La decisión de innovar con frecuencia se da en situaciones difíciles de prever, como lo son la demanda de productos y las utilidades potenciales de las tecnologías	Rosenberg (1994)
Estructuras organizativas	La innovación en materia de organización versa sobre los procesos de aprendizaje y la adaptación a la evolución de la tecnología	Lam (2005)
Comportamiento de los consumidores	Aborda el desafío de adaptar los productos a la demanda, es decir, la innovación de producto	Hunt (1993)
Difusión del conocimiento y la tecnología	Se centra en los factores que inciden en la toma de decisiones de las empresas en lo referente a la adopción de nuevas tecnologías, acceso a nuevos conocimientos y su asimilación	Hall (2005)
Aproximación evolucionista	Innovación como proceso dependiente de las interacciones entre diversidad de agentes y factores que dan lugar al conocimiento y a la tecnología	Nelson y Winter (1982)
Innovación como sistema	Estudia la influencia de las instituciones externas sobre las actividades innovadoras	Lundvall (1992) Nelson (1993)
Régimen de propiedad	Es la medida en que una tecnología se puede proteger contra la imitación, factor que incentiva la innovación	Teece (1986)
Innovación como determinante del éxito	El éxito o fracaso de una empresa podría estar determinada por la elección de una innovación, entre ellas están el desarrollo interno, adquisiciones y alianzas	Roberts y Berry (1985)
Ciclo de vida de las innovaciones	Consta de un modelo de tres fases: fluida, transicional y específica. La primera gobernada por la incertidumbre de mercado y tecnológica, la segunda implica interacción empresa-cliente y la tercera inicia cuando se impulsa la innovación	Abernathy y Utterback (1978)
Evolución de la innovación	Inicia con una discontinuidad tecnológica e impulsa una ventaja competitiva importante. Continúa con la “era de la conmoción” y finalmente surge un “diseño dominante” que marca la “era de cambios graduales”	Tushman y Rosenkopf (1992)
Función para el progreso técnico	La tasa de avance de una tecnología es una función de la cantidad de esfuerzo invertido y sigue una curva en forma de S	Foster (1986)

Fuente: Adaptado de Manual de Oslo (2005) y Ahmed et al. (2012).

## 2.1.2 Modelos de innovación para el emprendimiento académico

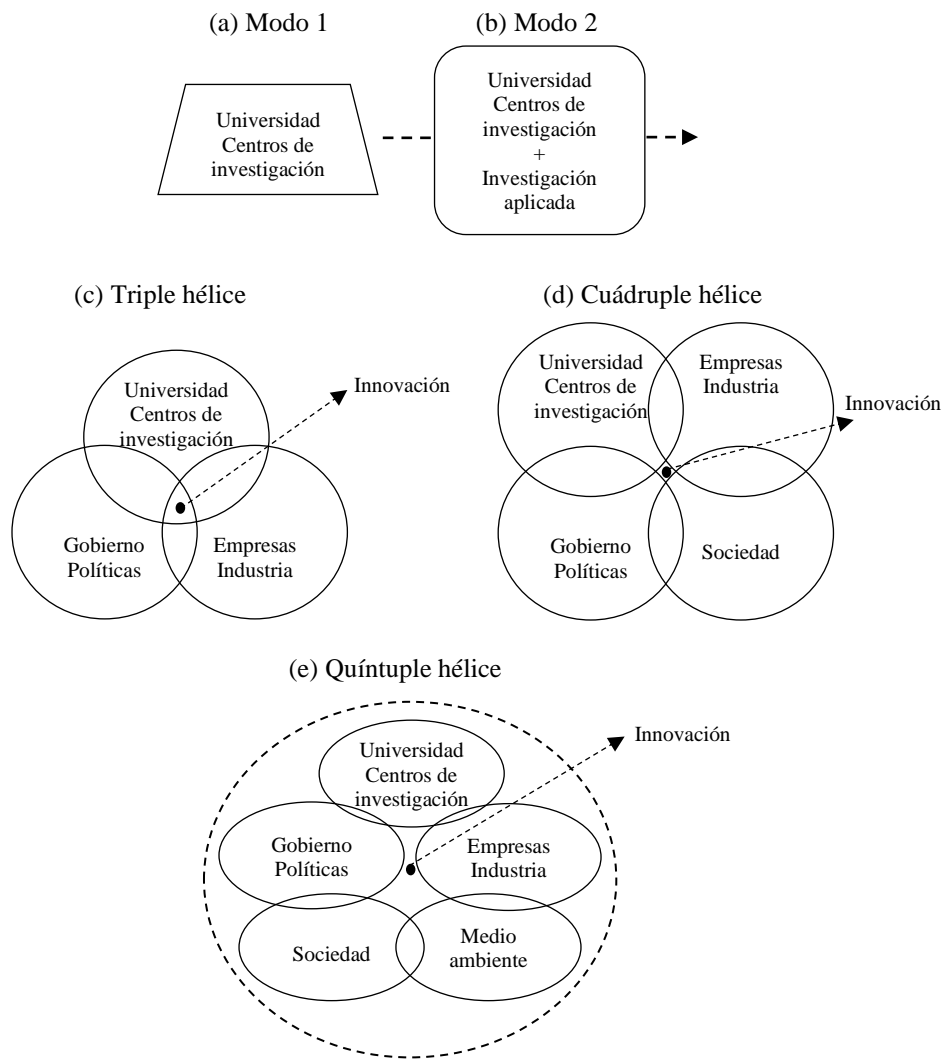
El tema de la innovación es también estudiado desde el rol que desempeñan los centros de investigación científica y las universidades. Etzkowitz y Leydesdorff (1995) señalan que las universidades y las industrias asumen tareas que en el pasado eran competencia del otro, y su vez observan que los gobiernos ofrecen incentivos y presionan a las instituciones académicas para ir más allá de las funciones tradicionales de educación e investigación, tal que contribuyan a la generación de riqueza.

Los modelos de innovación que abarcan a estas instituciones han evolucionado hasta incorporar cada vez más actores. Esta evolución se esquematiza en la figura 2.3.

En términos de configuraciones para la producción de conocimiento, Gibbons (2013) diferencia el Modo 1 (figura 2.3a) y el Modo 2 (figura 2.3b) de la siguiente manera: en el Modo 1 los problemas se establecen y resuelven en un contexto gobernado por los intereses de comunidades académicas específicas, está basado en la disciplina. Mientras que el Modo 2 se lleva a cabo en un contexto de aplicación, pero no debe considerarse como ciencia aplicada. Los elementos de conocimiento que ingresan al Modo 2 se basan en fuentes más allá de las de cualquier conjunto de disciplinas, el Modo 2 es transdisciplinario.

La relación universidad-industria-gobierno es conocida como la triple hélice (figura 2.3c). Etzkowitz y Leydesdorff estudian la forma en que esta relación se convierte del modelo lineal de innovación a un modelo en espiral con distintas etapas en la capitalización del conocimiento; Izquierdo Alonso, Moreno Fernández, e Izquierdo Arroyo (2008) describen los cuatro procesos inmersos en el movimiento en espiral de las tres hélices en este modelo: i) las transformaciones en cada hélice, la universidad, industria y gobierno en sí mismos; ii) las transformaciones que ocurren por la influencia de una hélice sobre otra; iii) el surgimiento de una capa superpuesta dinámica de las relaciones trilaterales, las transiciones y hasta transmutaciones de las instituciones, por ejemplo, la universidad realizando actividad empresarial; y d) las transformaciones en cada institución por los efectos sobre éstas del proceso anterior, a los que Etzkowitz y Leydesdorff denominan *efecto recursivo*.

Figura 2.3 Evolución de los modelos de innovación para el emprendimiento académico



- (a) (b) Gibbons et al. (1994)
- (c) Etzkowitz y Leydesdorff (2000a)
- (d) Carayannis y Campbell (2009)
- (e) Carayannis y Campbell (2010)

Fuente: Barth T.D. y Schlegelmilch W. (2013).

En esta investigación se aborda la transmutación de las instituciones públicas de producción del conocimiento hacia la actividad empresarial mediante la transformación del conocimiento en valor. La hélice del gobierno se trata desde la esfera del presupuesto público federal otorgado para su operación, los incentivos y los esquemas adicionales de financiamiento para la investigación y desarrollo tecnológico; la hélice de la industria se aborda desde la esfera de los recursos privados invertidos para I+D+i en los centros de investigación, así como de los servicios que les prestan.

Continuando con la evolución de los modelos, al de la triple hélice siguió el modelo de la cuádruple hélice (figura 2.3d). La hélice que se incorpora involucra a la sociedad y a su bagaje cultural como parte del proceso de creación del conocimiento (Carayannis & Campbell, 2009). Posteriormente surgió el modelo de la quíntuple hélice, en el cual se representa el medio ambiente, que hace visible el desarrollo sustentable como parte de la creación y producción del conocimiento y de las innovaciones (Carayannis & Campbell, 2010).

### **2.1.3 Modelos de transferencia tecnológica**

Un aspecto fundamental en la transferencia tecnológica es conocer el estado guardan las tecnologías susceptibles de transferir. Escorsa Castells y Valls Pasola (2003) se refieren a la clasificación de la tecnología propuesta por la consultora Arthur D. Little; la cual señala cuatro categorías: tecnologías clave, tecnologías básicas, tecnologías incipientes, y tecnologías emergentes.

Las tecnologías clave son aquellas que permiten a las empresas diferenciarse de las demás por representar mayores ventajas en cuanto a calidad, costos y prestaciones; en consecuencia, ofrecen un mayor impacto sobre la competitividad. Las tecnologías básicas son muy conocidas por todos los competidores del sector, pero en consecuencia no ofrecen ninguna ventaja competitiva. Las tecnologías incipientes son aquellas que se encuentran en una fase inicial de su desarrollo, pero han demostrado su potencial para representar una futura ventaja, por lo que pueden convertirse en claves. Las tecnologías emergentes también están en una etapa inicial, pero a diferencia de las incipientes, su impacto potencial es desconocido, con ciertos indicios prometedores.

De aquí que las empresas orientadas hacia la innovación prestarán atención y recursos al menos a una tecnología incipiente que podría representar ventajas competitivas futuras.

Una clasificación que permite medir el grado de madurez de la tecnología en los procesos de transferencia tecnológica es el propuesto por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, *National Aeronautics and Space Administration*), en Estados Unidos. La NASA creó un modelo para medir los niveles de madurez denominado *Technology Readiness Levels* (TRL). Este modelo se ha empleado en convocatorias nacionales e internacionales para el financiamiento a proyectos de desarrollo. A continuación, se presenta la adaptación al modelo TRL desarrollada por la Dirección de Comercialización de Tecnología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt, 2015).

Tabla 2.2 Etapas de maduración tecnológica, según modelo TRL

Nivel relativo de la tecnología	Nivel TRL	Definición
Operación del sistema	TRL 9	Sistema probado con éxito en entorno real Operación de sistemas
Desarrollo de sistemas y subsistemas	TRL 8	Sistema final completo y evaluado a través de pruebas y demostraciones
	TRL 7	Demostración de sistema o prototipo completo en un entorno operativo
Demostración tecnológica	TRL 6	Modelos de sistema o subsistema de prototipo en un entorno relevante
Desarrollo tecnológico	TRL 5	Validación de componentes y/o disposición de los mismos en un entorno relevante
	TRL 4	Validación de componentes y/o disposición de los mismos en un entorno de laboratorio
Validación conceptual	TRL 3	Prueba de concepto
Investigación tecnológica básica	TRL 2	Concepto de la tecnología o formulación de la aplicación
	TRL 1	Observación y reporte de principios básicos

Fuente: Conacyt (2015).

Stefani (2018) detalla la distribución de la inversión pública y privada en un sistema que completa el ciclo de la innovación, muestra que existe una brecha crítica que, para cerrarla, la mayoría de los países desarrollados crean organizaciones intermedias

especializadas en el desarrollo y evaluación de las tecnologías recientes para su potencial comercialización.

El ciclo inicia cuando las universidades y centros de investigación, principalmente financiados con fondos públicos, trabajan en la generación de nuevos conocimientos. Cuando eventualmente un hallazgo tiene aplicación comercial viable a futuro, se desarrolla la tecnología hasta las etapas de pruebas de concepto o validación en el laboratorio (TRL 3-4). Las empresas e industrias concentran su inversión en I+D en tecnologías con cierto grado de madurez: TRL mayor que 6, en la clasificación de la consultora Arthur D. Little equivale a las tecnologías incipientes. Esto posibilita el llevarlas a escala de producción con cierto grado de previsibilidad; es decir, principalmente canalizan recursos en tecnologías que se sabe que funcionan, viables de fabricar y con las que se consigue un beneficio económico. Es esta fase en la que se genera la brecha crítica, que va de la transición desde el hallazgo científico a la innovación industrial. Aquí se precisa del esfuerzo combinado de científicos, ingenieros, economistas, expertos en marketing, logística, comercialización, financiamiento y captación de capitales de riesgo (Stefani, 2018) .

En el contexto de esta investigación, la transferencia tecnológica es el proceso mediante el cual se trasladan a terceros los avances tecnológicos desarrollados en los centros de investigación, para su transformación en bienes, procesos y servicios útiles, aprovechables comercialmente; así, la transferencia tecnológica es un vínculo para la generación de desarrollo científico-técnico y económico y, para que se produzca en forma efectiva, se precisan de modelos de transferencia con actores e intereses en cada etapa (López G., Mejía C., & Schmal S., 2006).

Siegel et al. (2004) describen los siguientes actores, aun cuando se refieren al sector universitario, también son aplicables en el ámbito de los centros de investigación científica:

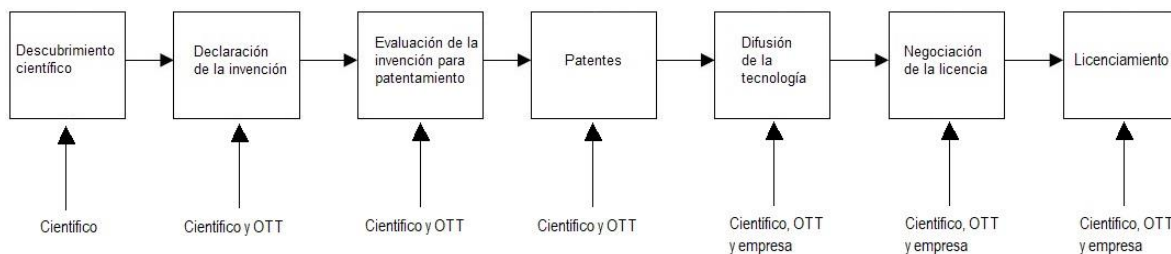
- Científicos universitarios: productores primarios del conocimiento o tecnología.
- Administradores de la tecnología universitaria: representan los intereses universitarios en la negociación del conocimiento producido por los científicos universitarios, conocidos en general como las OTT u Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación (OTRIS). Intermediarios entre la universidad y la industria.
- Empresas: quienes comercializan las tecnologías convenidas en el proceso de transferencia.

López et al. (2006) proponen además los siguientes actores:

- Científicos de la industria: encargados de analizar e incorporar el conocimiento adquirido para utilizarlo en el proceso de innovación.
- Gobierno: generador de políticas públicas que regulan el proceso de transferencia.

La figura 2.4 presenta, de manera conceptual, el proceso de transferencia de tecnología de una universidad o centro de investigación a una empresa.

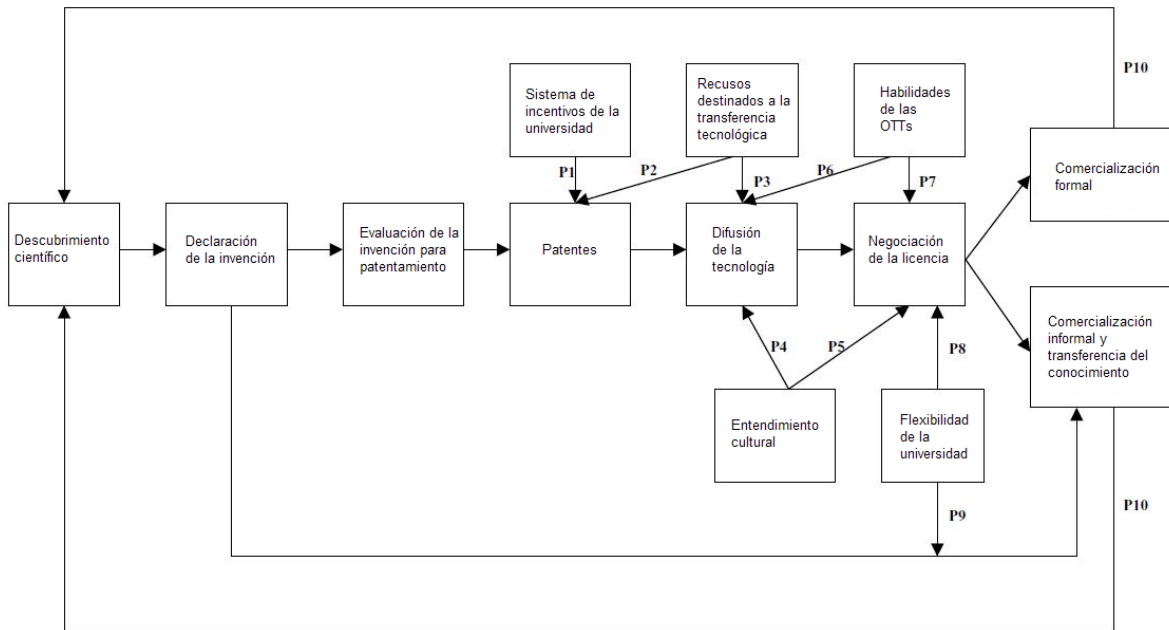
Figura 2.4 Modelo lineal de la transferencia de tecnología de universidad a empresa



Fuente: Siegel et al. (2004).

El modelo dinámico de transferencia de tecnología de universidad a empresa que se presenta en la figura 2.5 es una reformulación del modelo lineal (Siegel et al., 2004), tiene como fin la transferencia tecnológica a través de la comercialización o difusión, ya sean formales o informales. Para esto se precisa de una organización que contemple recursos de personal y tecnológicos destinados a dicha transferencia, así como sistemas de compensación, incentivos y programas de capacitación para el desarrollo de habilidades para la comercialización.

Figura 2.5 Modelo dinámico de transferencia de tecnología de universidad a empresa



Fuente: Siegel et al. (2004).

El modelo contempla las siguientes proposiciones:

- P1. Las universidades que proveen mayores incentivos a la participación de los investigadores en transferencia tecnológica generan más patentes y licencias.
- P2. Las universidades que asignan más recursos para las OTT generan más patentes y licencias.
- P3. Las universidades que asignan más recursos para las OTT dedican más esfuerzos a la difusión de las tecnologías en la industria.
- P4. Un bajo nivel de entendimiento cultural reduce la efectividad de los esfuerzos de la universidad por comercializar los resultados de las investigaciones.
- P5. Un bajo nivel de entendimiento cultural impide la negociación de los acuerdos de licenciamiento.
- P6. Las OTT administradas por personas con experiencia y habilidades en mercadeo dedicarán mayores esfuerzos en establecer alianzas con las empresas.

- P7. Las OTT administradas por personas con experiencia y conocimiento en negociación son más exitosas en concretar los acuerdos de transferencia tecnológica con las empresas.
- P8. La baja flexibilidad por parte de la universidad deriva en un menor número de acuerdos de transferencia con las empresas/empresarios.
- P9. Cuando la inflexibilidad de la universidad es alta, los investigadores tienen a evadir el proceso formal de transferencia y recurren a otros mecanismos informales.
- P10. Las universidades que se involucran en la transferencia de conocimiento científico-tecnológico a las empresas experimentan un incremento en la actividad investigativa básica o fundamental.

La transferencia tecnológica es un proceso que implica diversos actores a lo largo de un entramado de actividades que, si bien pueden tener un resultado exitoso, al final también puede no resultar satisfactorio dado que se trata de un proceso no lineal y multifactorial. Cuando en el proceso de transferencia tecnológica intervienen las universidades o los centros de investigación científica, se incrementa la complejidad al enfrentar desafíos como el nivel de madurez de los desarrollos y la normatividad institucional.

## **2.2 Los centros de investigación como organizaciones**

Partiendo de que “las organizaciones son unidades sociales deliberadamente construidas que persiguen fines en común en las que es observable una división del trabajo, una distribución del poder, y que no han sido pensadas al azar sino planificadas deliberadamente para mejorar la realización de objetivos específicos” (Entzióni citado en Acosta Ochoa y Buendía Espinosa, 2016), es que en este apartado se explora la teoría del neoinstitucionalismo para explicar cómo es que los centros de investigación se ajustan a los distintos isomorfismos y cuáles son las presiones a las que se enfrentan en este sentido.

Posteriormente, se aborda la teoría de la innovación organizacional, adoptando la medición del capital intelectual como instrumento de la gestión del conocimiento para conformar el marco analítico que se planea como objetivo de la presente investigación.

### 2.2.1 Teoría del neoinstitucionalismo y el isomorfismo

Una de las teorías particularmente influyente en el análisis de las organizaciones dedicadas a la investigación está dada por la escuela neoinstitucionalista, que explica la forma de una organización en función de su entorno institucional caracterizado por mercados, regímenes regulatorios y un campo organizacional (Schuetzenmeister, 2010). Por campo organizacional se entiende el conformado por otras organizaciones con objetivos similares que, entre sí, se reconocen y se atienden (Meyer y Rowan citados en Schuetzenmeister, 2010).

Para explicar cómo es que las organizaciones de investigación se exponen a las presiones de cambio organizacional, es preciso introducir, en el marco de la teoría neoinstitucionalista, los tres mecanismos de cambio isomorfo institucional.

El isomorfismo “es un proceso que fuerza a una unidad de una población a parecerse a otras unidades que se enfrentan a las mismas condiciones del entorno” (DiMaggio, P. J. & Powell, W. W., 1991, pág. 66). A partir de esta definición, DiMaggio y Powell identifican tres mecanismos a través de los cuales ocurre el cambio isomorfo institucional: el isomorfismo coercitivo, el isomorfismo mimético y el isomorfismo normativo. A continuación se sintetizan.

El isomorfismo coercitivo es resultado de las presiones, tanto formales como informales, ejercidas sobre las organizaciones por otras organizaciones de las cuales dependen y también por expectativas culturales en la sociedad dentro de la cual funcionan. En algunos escenarios, el cambio organizacional es una respuesta directa a mandatos gubernamentales.

DiMaggio y Powell (1991) señalan que “cuando los objetivos son ambiguos, o cuando el entorno crea incertidumbre simbólica, las organizaciones pueden modelarse a sí mismas en otras organizaciones”, señalan también que el tomar como modelo a otras organizaciones puede explicar la innovación al seguir “organizaciones similares en su campo que perciben como más legítimas o exitosas” (DiMaggio P. J. & Powell W. W., 1983, pág. 152). A este isomorfismo se denomina mimético.

Finalmente, el isomorfismo normativo “responde a una asimilación de las reglas y normas de comportamiento como estrategia para garantizar el éxito entre el conjunto de

competidores y los grupos de interés de un campo organizacional” (Acosta Ochoa & Buendía Espinosa, 2016, pág. 16).

Para DiMaggio y Powell (1991), la similitud puede facilitar que las organizaciones realicen transacciones entre sí, atraigan personal con vocación profesional, sean reconocidos como legítimos y de buena reputación, y se ajusten a las categorías administrativas que definen la elegibilidad para subvenciones públicas y privadas y contratos.

En las organizaciones universitarias y de investigación se pueden observar las tres formas de isomorfismo. El isomorfismo coercitivo se da cuando las universidades comparten un entorno legal común dentro de un sistema nacional de investigación o educación, proviene también de las políticas científicas; la mimesis es a menudo la respuesta a la incertidumbre de las administraciones universitarias que adoptan modelos a seguir, como los de algunas universidades de élite con influencia en las políticas universitarias y de investigación; en cuanto al isomorfismo normativo, los factores que forman las organizaciones universitarias y de investigación se componen por las llamadas normas mertonianas y por las estructuras del mercado laboral profesional (Schuetzenmeister, 2010).

Las normas mertonianas tienen como preceptos el comunitarismo, el universalismo, el desinterés, la originalidad y el escepticismo. El comunitarismo exige que los frutos de la ciencia académica sean considerados como conocimiento público. El universalismo se refiere al contexto social de las contribuciones de la ciencia, que no sean rechazadas por criterios como nacionalidad o estatus social, entre otros. El desinterés se refiere a que las contribuciones deben obedecer a un interés general y no a intereses particulares. La originalidad tiene que ver con aportar a la ciencia a través de plantear nuevos problemas, tipos de investigación, datos, teorías o explicaciones. Finalmente, el escepticismo trata el escrutinio como una característica esencial de la ciencia (Ziman, 2003).

### **2.2.2 Teoría de la innovación organizacional**

Desde el enfoque neoinstitucionalista, los sistemas de medición del desempeño están constituidos por reglas institucionalizadas del entorno social, así como otras estructuras organizativas formales, la comprensión profunda de las relaciones causales entre los

diferentes indicadores hace posible un control integral de toda la organización (Piber & Pietsch, 2006).

En correspondencia con esta perspectiva, la innovación organizacional en esta investigación se aborda desde el enfoque de gestión del conocimiento (GC) por la vía de la medición del capital intelectual.

### *Gestión del conocimiento y capital intelectual*

El término *gestión del conocimiento* (del inglés *Knowledge Management*) fue acuñado por primera vez en 1975 en los trabajos de George Frederick Goerl, Nicholas Henry y Jerry McCaffery (Serenko & Bontis, 2004). El término *capital intelectual*, asociado con frecuencia a la gestión del conocimiento, aparece también en 1975 en un libro escrito por George Feiwel titulado *The Intellectual Capital of Michael Kalecki*. No obstante, fue John Kenneth Galbraith quien introdujo por primera vez el término en 1969 (Tzortzaki & Mihiotis, 2014).

A nivel macro, la gestión del conocimiento permite a los individuos, equipos y organizaciones enteras crear, compartir y aplicar de forma colectiva y sistemática el conocimiento para alcanzar sus objetivos estratégicos y operativos (North & Kumta, 2018). Los autores señalan que la gestión del conocimiento realiza dos contribuciones, la primera es aumentar la eficiencia y la eficacia de las operaciones y la segunda es innovar.

La concepción de la gestión del conocimiento ha sido mayormente aplicada al ámbito empresarial. No obstante, las instituciones de investigación en su rol de organizaciones y más aún, como entes generadores de conocimiento, son susceptibles de aplicar las estrategias de GC, tal que impulsen la transformación del conocimiento en valor y, en consecuencia, den lugar a ventajas competitivas.

Barragán Ocaña (2009) propone una taxonomía para los modelos de gestión del conocimiento que retoma las clasificaciones de otros autores e incorpora una más; como resultado, obtiene las cinco categorías descritas en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Taxonomía de los modelos de gestión del conocimiento

Categoría	Descripción
Modelos conceptuales, teóricos y filosóficos de gestión del conocimiento	Describen y analizan los modelos de gestión del conocimiento bajo un enfoque teórico y conceptual fundamentalmente, se identifican por considerar la vertiente filosófica en su concepción.
Modelos cognoscitivos y de capital intelectual de gestión del conocimiento	Tratan de explicar los mecanismos causales que permiten optimizar el uso del conocimiento a través de una relación causa-efecto. La aplicación de este tipo de modelos se encuentra dirigida hacia industrias y organizaciones que utilizan y toman como base al conocimiento para generar valor.
Modelos de redes sociales y de trabajo de gestión del conocimiento	Pretenden explicar cómo se adquiere, transfiere, intercambia y genera el conocimiento tomando como base los procesos sociales y el aprendizaje organizacional.
Modelos de redes sociales y de trabajo de gestión del conocimiento	Pretenden explicar cómo se adquiere, transfiere, intercambia y genera el conocimiento tomando como base los procesos sociales y el aprendizaje organizacional.
Modelos científicos y tecnológicos de gestión del conocimiento	Su fin es la gestión de la innovación tecnológica y su propósito es promover la investigación y el desarrollo dentro de organizaciones públicas o privadas y modelos que hacen uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para optimizar y facilitar el uso y aplicación del conocimiento.

Fuente: Barragán Ocaña, 2009.

En la presente investigación se adoptó un modelo de medición de capital intelectual modificado, con indicadores científicos y tecnológicos cuyo detalle se describe en el capítulo IV correspondiente a métodos y datos.

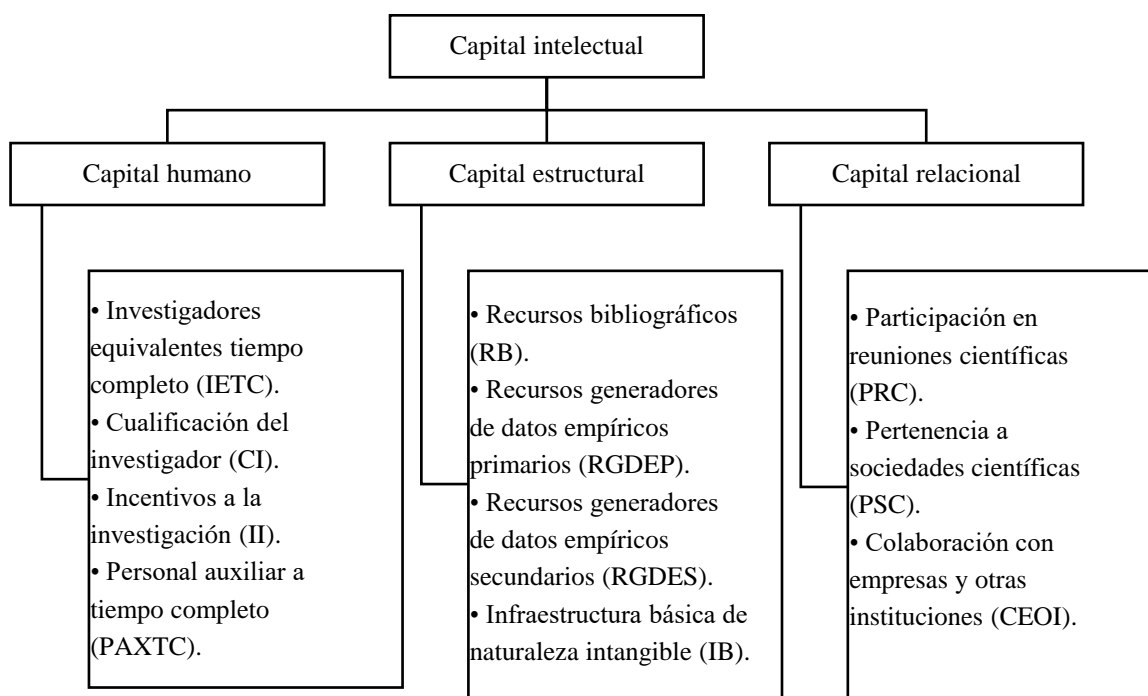
Edvinsson y Sullivan (1996) definen el capital intelectual como el conocimiento que puede convertirse en valor. En la literatura, al capital intelectual también se le conoce como activos intangibles, elementos clave en la gestión del conocimiento.

El modelo «*Intelect*» (Euroforum, 1998) de medición de capital intelectual fue adaptado por Bueno (2001) para su aplicación en universidades y organismos públicos de investigación (OPI), propone la estructura de la figura 2.6 y sus categorías se describen a continuación.

El capital humano lo conforma el conocimiento de las personas utilizado por la organización. En las universidades y OPI abarca el conjunto de conocimientos y capacidades de sus integrantes: personal académico, estudiantes, técnicos, personal administrativo. El capital estructural es el conjunto de conocimientos propiedad de la organización y que permanece independientemente de las personas. Algunos ejemplos de este capital en las universidades y OPI son los recursos bibliográficos, archivos, sistemas, las bases de datos y otros medios intangibles.

El capital relacional se refiere al valor del conjunto de relaciones que la organización mantiene con los diferentes agentes sociales (CIC citado en Bueno, 2001), para las universidades y OPI, “está directamente vinculado a la capacidad de las para integrarse en su entorno socioeconómico y desarrollar redes de variada índole, que son las que construyen la «sociedad red» de nuestro tiempo” (Castells citado en Bueno, 2001).

Figura 2.6 Estructura del modelo de capital intelectual «*Intelect*» aplicado a las universidades y OPI



Fuente: Bueno (2001).

Por otra parte, Cricelli et al. (2018) presentan un modelo de capital intelectual que considera también el capital humano, el capital relacional, pero en este modelo el capital estructural cambia por el capital organizacional. El capital organizacional es el soporte para que el capital humano desarrolle sus actividades, puede definirse como el “conjunto de herramientas que retienen, refuerzan y transfieren conocimiento a través de las actividades de la organización” (de Frutos-Belizón, Martín-Alcázar y Sánchez-Gardey 2019). Se optó por utilizar el modelo de Cricelli et al. (2018) como referencia para el desarrollo de la presente investigación, los detalles del modelo y su adaptación se describen en el capítulo IV Métodos y datos.

## **Capítulo III**

### **Marco contextual**

#### **3.1 Revisión del estado del arte de la innovación para la sostenibilidad en el sector del conocimiento**

La literatura científica reciente muestra que el emprendimiento universitario, la universidad innovadora, y el emprendimiento académico, son temas de pertinencia y relevancia creciente. Schmitz et al. (2016) encontraron que la tendencia en la publicación de artículos académicos en revistas de alto impacto se ha incrementado de manera significativa en los últimos diez años. Es un tema multidisciplinario y prevalece en las investigaciones relacionadas con la economía y los negocios.

En la literatura explorada por Schmitz et al. (2016), las publicaciones que relacionan la innovación universitaria y el emprendimiento con el término *sostenibilidad* son escasas; los autores afirman que “en la sociedad del conocimiento, las universidades han asumido nuevas misiones y relaciones con el fin de contribuir al desarrollo económico y social, mientras preservan su propia sostenibilidad” (Schmitz et al., 2016, pág. 369). Esta relación de conocimiento, desarrollo y sostenibilidad es aplicable, además, a los organismos públicos de investigación, que, si bien algunos de ellos no tienen su origen en una universidad o IES, sus funciones sustantivas de investigación se ven alcanzadas por compromiso de encaminarse en pro del desarrollo y, de incrementar su sostenibilidad en aras de enfrentar con mayores recursos la probable insuficiencia del presupuesto público para el alcance de sus objetivos y metas.

##### **3.1.1 Método de búsqueda y hallazgos**

La innovación es un tema ampliamente estudiado en la literatura, para esta investigación, el interés se centra en identificar las contribuciones relevantes en esta temática desde las vertientes de la innovación tecnológica y la organizacional, acotadas al ámbito de las organizaciones cuya función sustantiva es la generación de conocimiento. Cómo ya se ha

mencionado, la innovación organizacional se explora desde una perspectiva institucional, con enfoque en la aplicación de métodos de gestión del conocimiento y capital intelectual.

La base de datos utilizada para la revisión de la literatura fue la colección principal de *Web of Science*. Las búsquedas se limitaron a publicaciones en inglés entre los años 1998 y 2018, periodo suficiente para reflejar tendencias en la evolución de la temática, su pertinencia y relevancia, en el idioma con mayor cobertura internacional.

### *Innovación tecnológica*

A partir de la revisión sistemática de la innovación tecnológica, se identificaron cuatro categorías: i) triple hélice, ecosistema de innovación, ciencia y tecnología para el desarrollo; ii) comercialización de la tecnología, transferencia de conocimiento y/o de tecnología, patentes; iii) emprendimiento y empresas *spin-off*; iv) flujos del conocimiento, *spillovers*, y cultura de la información. A continuación, se describen los hallazgos en cada una de las categorías identificadas.

En la categoría i) triple hélice, ecosistema de innovación, ciencia y tecnología para el desarrollo, se encontraron trabajos relevantes a partir del año 2000. Etzkowitz, Webster, Gebhardt, y Terra (2000) analizan el rol de la universidad en las sociedades cada vez más basadas en el conocimiento, perfilan un paradigma empresarial emergente en el que la universidad desempeña un papel destacado en la innovación tecnológica. Weckowska, Molas-Gallart, y Tang (2018) sostienen que los marcos legislativos pueden estimular el desarrollo de prácticas locales para la gestión y explotación de la propiedad intelectual, que a su vez determinan la cantidad de patentes académicas; no obstante, un estudio nueve años atrás (Fabrizio, 2007) encontró evidencia que sugiere que las patentes académicas pueden obstaculizar o, al menos, ralentizar la innovación industrial. Por otra parte, Azagra-Caro, Pardo, y Rama (2014) concluyen que la experiencia práctica en innovación tecnológica mejora las percepciones de las empresas sobre la utilidad de la investigación pública. En ese mismo año, Khorsheed y Al-Fawzan (2014) proponen un nuevo modelo para la colaboración universidad-industria que apunta a combinar recursos académicos e industriales para llevar a cabo investigación y desarrollo orientados a la industria e innovación. Vico, Hellsmark, y Jacob (2015) proponen una tipología para medir el impacto de la investigación académica en

la sociedad que, ayuda a comprender y analizar, los roles que asumen los investigadores para que el conocimiento académico sea útil.

En la categoría ii) comercialización de la tecnología, transferencia de conocimiento y/o de tecnología, patentes; se identificaron trabajos relevantes a partir del año 2002. La mayor parte de ellos son estudios empíricos con enfoque cuantitativo. Graff, Heiman, y Zilberman (2002) analizan el negocio de la transferencia de tecnología, encontraron que el alcance de las patentes universitarias es reducido en relación con la industria, y que los ingresos por transferencia de tecnología son muy pequeños con relación a los presupuestos de investigación de las universidades. Otsuka (2012) examina la contribución de las patentes universitarias a la innovación tecnológica, mediante datos de citas de patentes investiga cómo el conocimiento incorporado en las patentes universitarias influye en la innovación tecnológica. En años recientes, los trabajos en esta categoría versan sobre los desafíos que se presentan en la transferencia de tecnología a la industria, tales como el de Carayannis, Cherepovitsyn, y Ilinova (2016) y el de Chatterjee et al. (2018). Finalmente, en un estudio empírico de macro-nivel, Tijssen y Winnink (2018) proponen un modelo analítico y un método de medición de la excelencia en I+D basado en publicaciones en revistas científicas y técnicas, así como en patentes.

En la categoría relativa a iii) emprendimiento y empresas *spin-off*, los trabajos relevantes son mayormente marcos conceptuales y análisis cualitativos que datan de 1998. Carayannis, Rogers, Kurihara y Allbritton (1998) examinan el proceso a través del cual se forma una nueva compañía de alta tecnología a partir de una organización matriz de investigación pública. Steffensen, Rogers y Speakman (2000) analizan los mecanismos que promueven e inhiben el proceso de empresas *spin-off* en los centros de investigación universitarios, así como la forma en que estos facilitan la transferencia de tecnología. Smilor, O'Donnell, Stein y Welborn (2007) examinan los impulsores que han dado forma a un enfoque más proactivo y empresarial para la creación de centros de alta tecnología a través de tres universidades de investigación. Shah y Pahnke (2014) proponen un marco para comprender el alcance completo del emprendimiento universitario y sus factores impulsores, su objetivo es proporcionar información sobre los recursos necesarios para fomentarlo. En años más recientes, Lee et al. (2016) proponen un marco de evaluación de tecnología en las

universidades que consiste en un enfoque híbrido de toma de decisiones de criterios múltiples para evaluar y priorizar las alternativas óptimas con el mejor potencial comercial.

Los artículos que destacan con relación a la última categoría iv) flujos del conocimiento, *spillovers* y, cultura de la información, corresponden al periodo 2015-2016, presentan marcos conceptuales y resultados de análisis cuantitativos y cualitativos. Mowery y Ziedonis (2015) comparan la localización de flujos de conocimiento de invenciones universitarias a través de contratos de mercado y *spillovers* ajenos al mercado ejemplificados por citas de patentes. Vick, Nagano y Popadiuk (2015) identifican los comportamientos y valores de la información que describen la cultura de la información dentro de un proyecto mientras se produce la creación de conocimiento y, en consecuencia, innovación tecnológica. Carayannis, Rogers, Kurihara y Allbritton (2016) estudian la situación en que algunos científicos filtran sus descubrimientos a terceros mientras trabajan para sus universidades y examina los contextos que exacerban y disminuyen este comportamiento.

A partir de esta revisión de la literatura se identifica que, en el ámbito de los centros de investigación y de las universidades, la innovación tecnológica ha estado presente en los últimos veinte años desde una diversidad de enfoques. Un punto de convergencia es, sin duda, que los organismos generadores de conocimiento precisan tener lazos sólidos con otros actores de su entorno, más allá de la difusión con pares científicos y académicos. Estos lazos posibilitan permear los resultados de sus investigaciones y desarrollos, de forma tal que encuentren una vía para que dichos conocimientos se transformen en innovaciones aplicables a la solución de problemas que afectan a la sociedad y cuya intervención permita contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, y a impulsar el desarrollo y crecimiento económico regional y nacional. Estas interacciones favorecen la articulación de un sistema de innovación dinámico, el cual posibilita el retorno de recursos a los centros de investigación y universidades por la vía de la transferencia del conocimiento.

### *Innovación organizacional*

Ngoc-Tan y Gregar (2018) aseveran que investigaciones demuestran que la gestión del conocimiento es un antecedente y una base para la innovación organizacional.

En este contexto, para la presente investigación, la innovación organizacional se aborda desde el ámbito de los mecanismos de gestión de conocimiento para la búsqueda del aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles en la transformación del conocimiento en valor, en particular, desde el enfoque de la medición del capital intelectual en los centros de investigación científica y universidades con actividades de investigación.

En la revisión de la literatura, se encontró que Tikhomirova N. et al. (2010) examinan la implementación de un espacio de conocimiento integrado como un método para la gestión del conocimiento en una red universitaria global.

En una visión más amplia, Lehrer, Nell y Gaerber (2009) identifican tres desarrollos dentro de las universidades que emanan de un entorno nacional favorable: la innovación organizacional, la capacidad para la selección estratégica de sus focos de investigación y la capacidad para contribuir al desarrollo de nuevas industrias. Posteriormente, Etzkowitz H. (2016) trata sobre la universidad emprendedora y las políticas, prácticas e innovación organizacional para convertir el conocimiento en actividad económica, y para abordar los problemas de la sociedad.

#### *Aproximaciones generales hacia la innovación tecnológica y organizacional*

El análisis de los trabajos en los cuales se compaginan las aproximaciones de la innovación tecnológica y la innovación organizacional en los centros de investigación e IES arrojó publicaciones a partir del año 2009, hasta llegar a algunos de reciente publicación. Esto habla de la actualidad y pertinencia del tema, así como del interés por abordar estos aspectos desde una orientación científica. A continuación, se exponen de manera sucinta algunos estudios con este enfoque.

Chen, Huang y Cheng (2009) proponen un método para medir el desempeño de la gestión del conocimiento de una universidad tecnológica mediante indicadores desde una perspectiva competitiva. Feng, Chen, Wang y Chiang (2012) explican las relaciones entre el capital intelectual, los resultados de investigación y el rendimiento de la transferencia de tecnología mediante el papel que desempeñan las oficinas universitarias de transferencia tecnológica en el proceso de innovación. En trabajos más recientes, Secundo et al. (2017b) proponen un nuevo marco conceptual basado en los enfoques de capital intelectual para medir

las actividades de la tercera misión de las universidades. En este mismo tenor, Secundo et al. (2017a) muestran cómo el capital intelectual puede ser movilizado por las oficinas universitarias de transferencia de tecnología debido a la correlación entre la transferencia eficiente de tecnología universitaria y el capital intelectual. Loyarte et al. (2018) publicaron un modelo para apoyar a la toma de decisiones de directivos de los centros tecnológicos de investigación en referencia a disposiciones y apuestas tecnológicas, de investigación y desarrollo dado el valor de los proyectos.

Pese a que la revisión de la literatura proporciona un amplio espectro de trabajos en la temática, pocos de ellos abordan de forma directa la relación de la innovación con la sostenibilidad económica en los organismos públicos de investigación, objetivo de esta investigación.

### **3.1.2 Trabajos de gestión del conocimiento en México**

A continuación, se presentan en orden cronológico los resultados de la exploración referente a trabajos relacionados con la gestión del conocimiento aplicados a organismos públicos de investigación en México e IES con actividades de creación y difusión del conocimiento.

Medellín Cabrera (2003) explora las características y obstáculos de la administración del conocimiento en cuanto a capacidad de creación, codificación, almacenamiento, difusión, intercambio, explotación y medición del conocimiento en el Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA). Funes Cataño (2007) presenta una propuesta valuación de los activos intangibles para el caso de la UNAM, por medio del análisis de indicadores de capital intelectual, tal que esta información se anexe a la financiera.

Topete Barrera y Bustos Farías (2008) proponen: i) un modelo de gestión de capital intelectual y de su impacto en la gestión de calidad de las IES públicas mexicanas, ii) 54 indicadores de capital intelectual que generen indicios acerca de la competitividad y la productividad en la estructura y gestión de las IES en el contexto mexicano, iii) un cuadro de mando académico como articulador de los indicadores y, iv) un reporte de capital intelectual para las IES.

Solleiro (2010) describe los resultados de la aplicación de una herramienta de evaluación en centros de I+D+i, desarrollada para probar la hipótesis de que los centros

latinoamericanos requieren prácticas formales de gestión del conocimiento y trascender de las evaluaciones tradicionales. El cuestionario diseñado para ello genera una evaluación cualitativa de la gestión del conocimiento y de la generación de valor en los centros públicos de investigación (Solleiro et al. 2009).

La diferenciación de esta investigación con respecto a las propuestas anteriores radica en que el tratamiento en la presente investigación es de índole cuantitativo, con indicadores que se correlacionan entre sí y que se contrastan entre los centros de investigación estudiados. Sumado a lo anterior, se incorpora la métrica de la sostenibilidad económica que resulta de la razón entre los recursos públicos otorgados para operación, administración e inversión y los ingresos que los centros de investigación perciben por actividades de transferencia de conocimiento. Los resultados obtenidos arrojan información sobre los factores que pueden estar influyendo en los resultados de los centros de investigación y, en consecuencia, posibilita la orientación de las estrategias para el alcance de sus objetivos y metas.

## **3.2 Capitalización del conocimiento científico en el contexto internacional**

A nivel mundial existen universidades con una amplia trayectoria y experiencia en transferir sus conocimientos a terceros mediante los mecanismos de comercialización del conocimiento. Con el propósito de ubicar estas universidades, su procedencia y explorar los medios que utilizan para lograr el retorno de recursos, este apartado presenta las universidades que destacan bajo el criterio de transferencia del conocimiento.

Para introducir esta sección, se presentan los modelos de universidad y como han transitado desde la función sustantiva de la enseñanza hasta la transferencia del conocimiento generado con miras al desarrollo económico y social.

### **3.2.1 Modelos de universidad**

En primera instancia, se sintetiza el modelo de universidad Humboldtiana, seguido por el modelo de universidad empresarial, referida también como universidad emprendedora o universidad innovadora (De Groof, 2018; van Vught, 1999) y finalmente se comenta el modelo de universidad para el desarrollo.

Arocena y Sutz (2016) presentan a la universidad Humboldtiana como un modelo caracterizado por combinar la enseñanza y la investigación, mismo que fue potenciado por el llamado “matrimonio de la ciencia y la tecnología”. Hoy en día a más de dos siglos de su surgimiento, no se puede afirmar de forma generalizada que la relación ciencia y tecnología en las universidades está consolidada o que se trata de un camino lineal o directo por el que es posible transitar sin obstáculos del conocimiento a la aplicación y, más aún, a la innovación.

La siguiente fase en la evolución de las universidades es el modelo de universidad empresarial, que además de sus funciones de enseñanza y la investigación, está caracterizado por capitalizar el conocimiento en pro del crecimiento económico (Arocena & Sutz, 2016). El sistema de investigación se ha convertido en una parte integral del desarrollo, la difusión y la explotación de nuevos conocimientos; los aspectos clave de esta estructura institucional incluyen, entre otros, las políticas para incentivar la vinculación academia-industria, la apertura para el cambio científico y la importancia del mecanismo integrador entre académicos y empresarios (Benner, 2011).

Por último, la universidad para el desarrollo “se caracteriza por la práctica conjunta de la enseñanza, la investigación, y la extensión y otras actividades en el medio, apuntando a sumar esfuerzos con muy diversos actores sociales en pro del Desarrollo Humano Sustentable” (Arocena & Sutz, 2016, pág. 5).

En el ámbito del desarrollo global, la universidad para el desarrollo es un modelo que se ajusta a la preocupación por la mejora de la calidad de vida de la sociedad. Empero, un equilibrio adecuado entre los modelos es deseable en el sentido de que los conocimientos generados a través de la investigación aporten un beneficio que impacte en el incremento de la sostenibilidad económica, ya que por ende permitirá aportar a la sociedad productos y servicios que mejoren su calidad de vida.

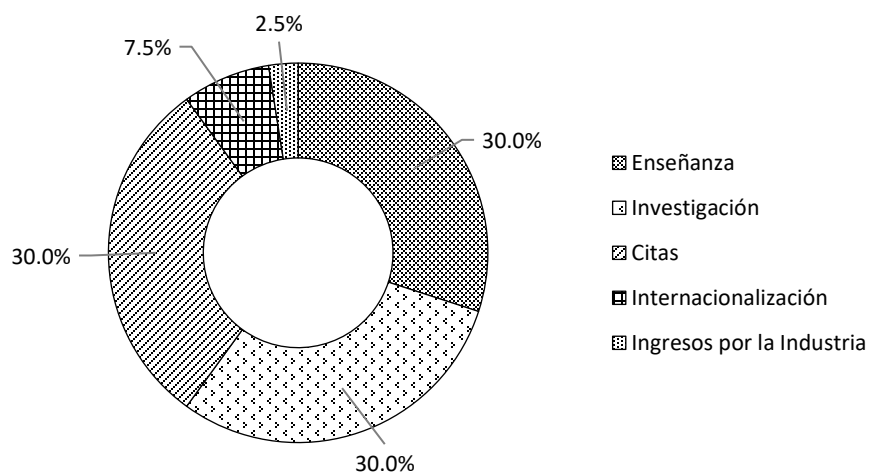
### **3.2.2 Universidades en el contexto internacional**

Para determinar la selección de las universidades de alto desempeño en el contexto internacional se utilizó el ranking denominado *Times Higher Education*. En su metodología evalúa como categoría independiente la transferencia del conocimiento a través de los

ingresos generados por las interacciones con la industria y el comercio. Esta categoría busca captar la actividad de transferencia de conocimiento al observar cuánto ingreso procedente de la industria obtiene una universidad para sus actividades de investigación, ajustado por la paridad de poder adquisitivo, en función de la cantidad de personal académico que emplea (Times Higher Education, 2019).

La puntuación global que este ranking otorga está basada en la enseñanza, investigación, influencia de la investigación mediante citas, ingresos procedentes de la industria e internacionalización. La ponderación para cada uno de estos elementos se presenta en la figura 3.1 y método de cálculo se describe a continuación.

Figura 3.1 Ponderación de indicadores para el *THE World University Ranking*



Fuente: Elaboración propia con datos de *Times Higher Education, 2019*.

La categoría de enseñanza valora el ambiente de aprendizaje mediante una encuesta de reputación, la tasa de académicos con respecto a estudiantes, la tasa de doctorados otorgados con respecto a títulos universitarios otorgados, la tasa de doctorados otorgados con respecto al personal académico y la tasa de ingresos institucionales con respecto al personal académico. La categoría correspondiente a la investigación se mide mediante una encuesta de reputación, la relación entre los ingresos para investigación y el personal académico, y la tasa de publicaciones con respecto al personal académico y de investigación. Las citas miden la influencia de la investigación. La categoría de internacionalización está dada por la proporción de estudiantes y personal académico extranjero, además de la coautoría

internacional dada por la relación entre las publicaciones internacionales y el total de publicaciones.

Para colocarse en este ranking, las universidades deben, al menos, contar con estudiantes de pregrado y tener mil publicaciones relevantes entre 2014 y 2018, con un mínimo de 150 publicaciones por año. Se excluyen las universidades en las que el 80% o más de los resultados de sus investigaciones están concentradas solo en una de las once áreas temáticas del ranking: artes y humanidades, salud, ingeniería y tecnología, ciencias de la computación, ciencias de la vida, ciencias físicas, negocios y economía, ciencias sociales, psicología, leyes y educación.

La tabla 3.1 presenta las diez mejores universidades de las 1,397 evaluadas y que fueron publicadas en el año 2020. Los valores de la tabla muestran la posición absoluta que guarda cada universidad de forma global y en cada uno de los cinco criterios que conforman el ranking. Es importante resaltar que todas las universidades listadas cuentan con oferta académica y de investigación en las áreas de ingeniería y ciencias de computación.

En la primera posición se encuentra la Universidad de Oxford de Reino Unido, misma que ha conservado desde el año 2012. Se observa que es líder en investigación con una excelente posición con respecto a su influencia a través de citas, cuenta además con una alta valoración en el rubro de enseñanza. En segundo lugar, está el Instituto de Tecnología de California, con una destacada valoración en enseñanza, la más alta de sus posiciones en las cinco categorías, y posee también un elevado nivel en investigación. En tercera posición está la Universidad de Cambridge, que sigue de cerca a la Universidad de Oxford en la categoría de investigación y por sólo una posición la supera en el rubro de enseñanza.

En lo general, en los rubros enseñanza e investigación, las diez universidades conservan una posición absoluta entre las 21 mejores. No obstante, en la categoría de citas las posiciones se dispersan, sólo la mitad de las universidades conservan su lugar entre las diez primeras posiciones; el lugar más bajo en este rubro lo tiene la Universidad de Cambridge, pese a que en la categoría de investigación conserva una excelente posición.

Tabla 3.1 Posiciones absolutas en los distintos criterios de las universidades que encabezan el *THE World University Ranking*

Nombre	País	Global	Enseñanza	Investigación	Citas	Ingresos industria	Internacionalización
Universidad de Oxford	Reino Unido	1	5	1	9	177	22
Instituto de Tecnología de California	Estados Unidos	2	2	4	15	63	151
Universidad de Cambridge	Reino Unido	3	4	2	31	236	37
Universidad Stanford	Estados Unidos	4	1	5	1	170	188
Instituto de Tecnología de Massachusetts	Estados Unidos	5	5	10	3	70	99
Universidad de Princeton	Estados Unidos	6	7	6	6	245	172
Universidad de Harvard	Estados Unidos	7	8	3	5	395	217
Universidad de Yale	Estados Unidos	8	3	7	18	310	285
Universidad de Chicago	Estados Unidos	9	9	11	25	305	218
Colegio Imperial de Londres	Reino Unido	10	15	21	22	153	18

Fuente: Elaboración propia con datos de *Times Higher Education*, 2019.

Ahora bien, la situación cambia radicalmente para estas universidades en rubro de los ingresos por la industria. El Instituto de Tecnología de California, es el más alto en esta categoría con la posición 63, mientras que la Universidad de Harvard se desplaza hasta la posición 395. La mayor dispersión con respecto a las posiciones globales se explica dado que es el rubro con menor ponderación en el total: 2.5%, lo mismo ocurre para el caso de la internacionalización, cuya contribución es del 7.5%.

Estos resultados dan cuenta de que las investigaciones destacadas no necesariamente llegan a traducirse en productos o servicios comercializables susceptibles de posicionarse en la industria.

Entonces, ¿Cuáles son las universidades mejor posicionadas con respecto a los ingresos para investigación que reciben por transferencia del conocimiento a la industria? La tabla 3.2 presenta las doce universidades igualadas en mayor puntuación. En este listado se observa una mayor diversidad en cuanto al país de origen de las universidades, está numéricamente dominado por las universidades alemanas, mismas que además se encuentran bien

posicionadas en el ranking global. De nuevo, todas las universidades listadas cuentan con oferta académica y de investigación en las áreas de ingeniería y ciencias de computación.

Encabeza la lista la Universidad Tsinghua, con sede en China. Esta universidad tiene un desempeño destacado en investigación e innovación. En 2016 presentó 2,350 patentes nacionales y le fueron otorgadas 1,890. Mientras que en el contexto internacional presentó 280 solicitudes de patente, de las cuales 360 fueron concedidas. Posee 355 institutos de investigación científica, de los cuales 147 pertenecen organismos nacionales de investigación, 106 son laboratorios independientes y 102 son laboratorios colaborativos. Dispone de plataformas de innovación y emprendimiento para sus estudiantes, y cuenta con el parque científico más grande del mundo en el que se busca que los hallazgos en los laboratorios se transformen en productos que beneficien a la sociedad (Tsinghua University, 2017).

Tabla 3.2 Universidades que encabezan el *THE World University Ranking* por ingresos de la industria

Posición Global	Nombre	País
23	Universidad Tsinghua	China
32	Ludwig-Maximilians Universidad de Munich	Alemania
43	Universidad Técnica de Munich	Alemania
59	Universidad de Wageningen	Holanda
86	Universidad de Freiburg	Alemania
107	Universidad Zhejiang	China
194	Universidad de Witwatersrand	Sudáfrica
351–400	Universidad Khalifa	Emiratos Árabes Unidos
401–500	Universidad Nacional de Investigación Nuclear MEPHI	Rusia
601–800	Universidad Técnica de Estambul	Turquía
801–1000	Universidad Asia, Taiwán	Taiwan
1001+	Universidad de Anatolia	Turquía

Fuente: Elaboración propia con datos de *Times Higher Education*, 2019.

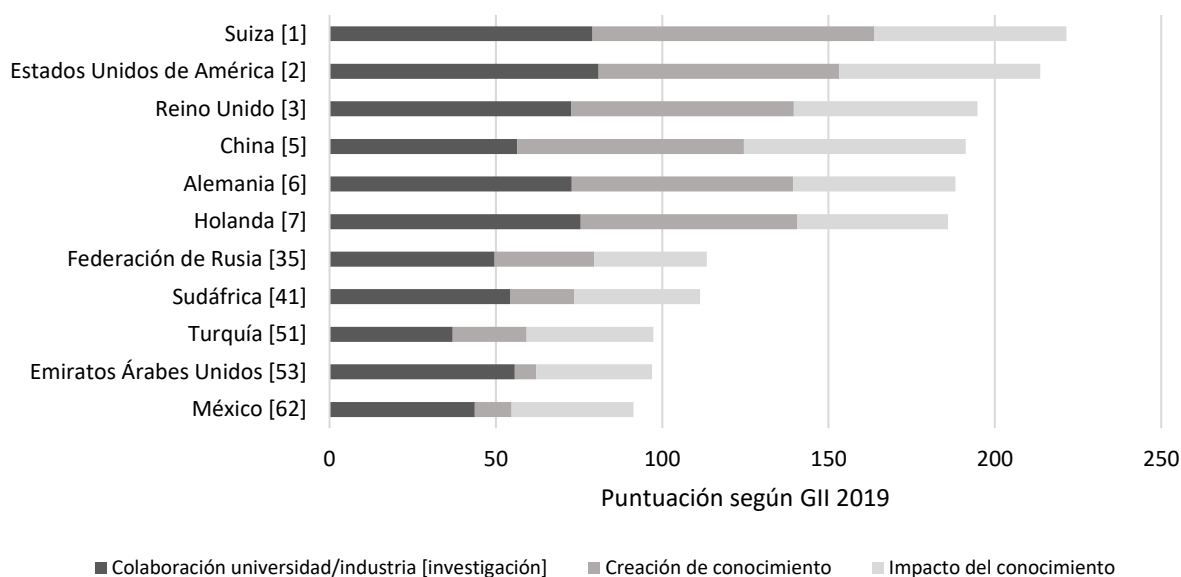
La dispersión en la posición global de las universidades de la tabla 3.2 da cuenta de que la mejor calificación en el rubro de investigación no condiciona explícitamente la capacidad de generar ingresos para la investigación por parte de la industria.

Para analizar de qué manera la innovación está contribuyendo a generar valor a partir del conocimiento se utilizó la base de datos del Índice Mundial de Innovación (GII, 2019).

Como punto de partida, se analizan las puntuaciones relativas a i) la colaboración universidad-industria con fines de investigación, ii) la creación del conocimiento y iii) el impacto del conocimiento, de los países en los que se localizan las universidades listadas en las tablas 3.1 y 3.2 que destacan en el ranking global y con respecto a los ingresos generados por vía de la transferencia del conocimiento. Como referente, se incorporó Suiza, primer lugar en el ranking GII y en esta sumatoria de indicadores. También se añadió a México para contrastar sus resultados.

La gráfica de la figura 3.2 presenta el acumulado de la puntuación para los indicadores de colaboración universidad-industria con fines de investigación, creación e impacto del conocimiento. Al costado del nombre de cada país se indica su posición absoluta con respecto al acumulado de la puntuación de estos indicadores referente a las 129 economías evaluadas.

Figura 3.2 Acumulado de puntuación, indicadores: colaboración universidad/industria, creación e impacto del conocimiento en el GII.



Fuente: Elaboración propia con datos de GII, 2019.

Se observa que en las primeras posiciones se encuentran los países catalogados como economías altas, a excepción de China, país clasificado como economía media-alta. Sudáfrica, Federación de Rusia y Turquía, economías medias-altas también, se encuentran dentro de las primeras 51 posiciones. Emiratos Árabes Unidos, economía alta, ocupa la

posición 53, mientras que México, economía media-alta, se posiciona en el lugar 62, cercana a la media numérica de las economías que abarca el GII para el 2019.

Se identifica una marcada tendencia de que los países con fuertes lazos universidad-industria para la investigación que pertenecen a la clasificación de economías altas, logran un mejor posicionamiento en cuanto a la sostenibilidad de sus universidades ya que el conocimiento producido cuenta con una vía en la que genera valor de impacto.

En cuanto a la posición de México, encontramos que está por debajo del promedio de los países analizados, con una relación universidad-industria relativamente equiparable a países de su mismo nivel de economía, no obstante, este es un indicador subjetivo ya que está basado en encuestas. En lo referente a la creación del conocimiento, México cuenta con una baja puntuación, sin embargo, el impacto del conocimiento se da en una proporción mucho mayor que su creación, con una diferencia significativa con respecto a los países mejor posicionados.

Uno de los aspectos que otorga un buen posicionamiento en el impacto del conocimiento es el subindicador de porcentaje de industrias de alta y media tecnología, México se posiciona en lugar número once, destacado a nivel global. En cuanto a la creación del conocimiento, es el subindicador de índice-H el que otorga la mejor valoración con la posición 34, fortaleza entre los países que integran la clasificación de economías medias-altas.

Al analizar los subindicadores que otorgan la puntuación para las valoraciones de creación e impacto del conocimiento, así como el posicionamiento destacado de México con en el subindicador de importaciones y exportaciones de alta tecnología de absorción del conocimiento, en el que México destaca a nivel global en la posición 10, se concluye que el conocimiento que se está creando no es necesariamente el mismo que está causando el impacto. El origen de este último puede deberse fundamentalmente a la tecnología extranjera que llega a México a través de las compañías multinacionales. Esto sugiere, además, que los graduados en ciencias e ingeniería, subindicador en el que México ocupa la posición 27, más que contribuir a la generación de la tecnología, contribuyen en la producción de artículos científicos.

Lo anterior valida nuevamente la afirmación de que México genera conocimiento a un nivel competitivo, más este no se refleja en innovaciones que traduzcan en valor en la misma

medida. En este sentido, la contribución de las universidades y centros de investigación es fundamental, ya que al contar con mecanismos que logren incentivar la innovación tanto tecnológica como organizacional, permitirá avanzar en su sostenibilidad y también en el desarrollo y crecimiento económico del país.

### **3.3 El contexto nacional de los centros de investigación e IES**

Los centros de investigación científica y las IES con actividades de generación y difusión del conocimiento están enmarcados dentro del SNCTI. En esta sección se aborda su participación en el sistema, la procedencia del presupuesto destinado para su operación, además de la evolución de dicho presupuesto durante el periodo 2013-2019.

#### **3.3.1 Los centros de investigación e IES en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación**

El origen del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) se remonta a 1985, año en que se expidió la Ley para Coordinar y Promover el Desarrollo Científico y Tecnológico, misma que estableció los mecanismos de coordinación del ámbito científico y tecnológico en sus tres esferas: el sector productivo, la educación y el Estado (CESOP, 2006).

A partir de entonces, el SNCyT ha evolucionado junto con la Ley de la cual emana, hacia lo que hoy en día es el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), mientras que la Ley para Coordinar y Promover el Desarrollo Científico y Tecnológico se convirtió en la Ley de Ciencia y Tecnología (LCyT).

La LCyT vigente data del año 2002, sus últimas reformas fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en 2015. No obstante, el 15 de mayo de 2019, el DOF publicó el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de los artículos 3o., 31 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el artículo sexto transitorio del decreto se mandata al Congreso de la Unión a expedir la Ley General de Ciencia, Tecnología e Innovación a más tardar en el año 2020 (DOF, 2019), misma que a la fecha del presente reporte no se ha publicado.

El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 (PECiTI, 2014), emanado de la LCyT vigente, señala que el SNCTI se compone por actores del sector público en sus tres niveles, el sector académico y de investigación, y el conjunto de empresas con actividades de ciencia, tecnología e innovación. Bajo este marco jurídico, el Conacyt es el coordinador y eje articulador del SNCTI.

Es importante resaltar que, en México, la mayoría de las actividades de investigación y desarrollo experimental se realizan en los Centros Públicos de Investigación (CPI) Conacyt, en los institutos de investigación que dependen de las Secretarías de Estado y en las IES (CESOP, 2006).

En este contexto, se torna relevante el tema de la asignación de recursos para las actividades de ciencia, tecnología e innovación en el país y, en lo concerniente a esta investigación, el financiamiento para los centros de investigación e IES públicos con actividades de investigación. En este orden de ideas, la reciente reforma de la fracción V del artículo 3° de la Constitución Mexicana señala que “El Estado apoyará la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, [...] para lo cual deberá proveer recursos y estímulos suficientes, conforme a las bases de coordinación, vinculación y participación que establezcan las leyes en la materia” (DOF, 2019).

### **3.3.2 Presupuesto federal para la ciencia, tecnología, la innovación y el sector educativo**

La LCyT publicada en 2002 instituye al Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico como órgano de política y coordinación en materia de ciencia y tecnología. En la reforma publicada en 2009, este órgano cambió su denominación a Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, está presidido por el Titular del Ejecutivo Federal e integrado por diversas dependencias y organismos vinculados a la ciencia y la tecnología, incluyendo al Conacyt, (Manual de Organización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2017).

La LCyT vigente, en el artículo 6, fracción II concede al Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico la facultad de definir prioridades y criterios para la asignación del gasto público federal en ciencia, tecnología e innovación, los

cuales incluyen áreas estratégicas y programas específicos y prioritarios, a los que se les deba otorgar especial atención y apoyo presupuestal. Cabe resaltar que, en México, el financiamiento a la ciencia y la tecnología proviene principalmente de los recursos del gobierno federal (López S. , 2014), por tal razón es de suma importancia el tema de la asignación presupuestal en este rubro.

El Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico es la instancia facultada para aprobar el proyecto de presupuesto consolidado de ciencia, tecnología e innovación a incluir en el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación (Ley de Ciencia y Tecnología, 2002, artículo 6, fracción V).

La LCyT en su artículo 9, contempla la integración de un Comité Intersecretarial coordinado de manera conjunta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y por el Secretario Ejecutivo, al que asistirán los subsecretarios o funcionarios de nivel equivalente de la Administración Pública Federal encargados de las funciones de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación de cada sector. Este comité se apoyará en un Secretario Técnico con funciones permanentes, designado conjuntamente por la SHCP y el Conacyt.

El objetivo de este comité es “garantizar la eficaz incorporación de las políticas y programas prioritarios en los anteproyectos de programas operativos y presupuestos anuales, así como para la revisión integral y de congruencia global del anteproyecto de presupuesto federal en lo relativo a ciencia, tecnología e innovación y asegurar la ejecución de los instrumentos específicos de apoyo que determine el Consejo General” (Ley de Ciencia y Tecnología, 2002, Artículo 9).

Además, en la LCyT se establece que “El Ejecutivo Federal y el Gobierno de cada Entidad Federativa, con sujeción a las disposiciones de ingresos y gasto público correspondientes que resulten aplicables, concurrirán al financiamiento de la investigación científica y desarrollo tecnológico. El monto anual que el Estado-Federación, entidades federativas y municipios-destinen a las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, deberá ser tal que el gasto nacional en este rubro no podrá ser menor al 1% del producto interno bruto del país” (Ley de Ciencia y Tecnología, 2002, Artículo 9 Bis). Meta que a la fecha no se ha logrado alcanzar.

### *Presupuesto para los Centros Públicos de Investigación Conacyt*

El Sistema de Centros Públicos de Investigación Conacyt es una red multidisciplinaria de investigación científica, tecnológica, de educación superior y de innovación, con calidad internacional, cobertura nacional y pertinencia regional que impulsa el bienestar de la sociedad a través del conocimiento (Centros Conacyt, 2018); “es la segunda fuerza de generación de conocimiento y desarrollo tecnológico en el País, con gran importancia nacional, regional y sectorial [...] que promueve constantemente la generación colectiva, interinstitucional, e interdisciplinaria del conocimiento” (Conacyt, s.f.).

El sistema está conformado por 27 CPI integrados en cinco coordinaciones: a) Materiales, manufactura avanzada y procesos industriales; b) Física, matemáticas y ciencias de datos; c) Medio ambiente, salud y alimentación; d) Política pública y desarrollo regional y e) Historia y antropología social; (Conacyt, 2018).

Entre los resultados que los CPI comunican está la cantidad de proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación que han realizado. En 2014 los CPI en su conjunto, tuvieron un repunte importante con respecto a los años previos, con un total de 2,999 proyectos. En 2015 la cantidad de proyectos se redujo a 2,910, y para 2016 hubo una disminución más significativa con un total de 2,733 proyectos realizados, en 2017 tuvieron una ligera recuperación con el desarrollo de 2,796 proyectos (Conacyt, 2017).

Los recursos federales para los CPI se desprenden del ramo 38 del Presupuesto de Egresos de la Federación, mismo que anualmente se autoriza al Conacyt, que también ejerce para su operación y para la operación de sus diversos programas.

La tabla 3.3 presenta el presupuesto anual autorizado total para el ramo 38, y de éste, el monto destinado a los CPI; la tabla muestra también sus variaciones en términos reales para el periodo 2014-2019. El incremento más importante de presupuesto se presentó en el año 2014, pero al año siguiente la variación real para los Centros Públicos de Investigación decayó a la mitad. No obstante, a partir del 2016, se aprecia una franca disminución en el presupuesto autorizado, que no alcanza a compensar la inflación. Para 2020 se aprecia una ligera recuperación para los Centros Públicos de Investigación con un incremento real de 2.18%, sin embargo, Conacyt tuvo un ligero decremento del presupuesto autorizado con respecto al 2020 y no alcanzó a compensar la inflación.

Tabla 3.3 Presupuesto anual autorizado y variaciones para el ramo 38 y CPI, 2014-2019

Año	Presupuesto total Ramo 38 (MDP)	Variación real * Ramo 38	Presupuesto para los CPI (MDP)	Variación real * CPI
2014	\$ 31,086.3	18.6%	\$ 5,973.8	12.7%
2015	\$ 33,706.7	4.9%	\$ 6,566.6	6.3%
2016	\$ 34,010.3	-2.1%	\$ 6,653.7	-1.7%
2017	\$ 26,963.5	-23.3%	\$ 5,605.9	-18.4%
2018	\$ 27,225.9	-3.7%	\$ 5,788.0	-1.5%
2019	\$ 24,764.7	-12.45%	\$ 5,814.9	-3.31%

MDP – Millones de pesos.

\* Calculado con base en el índice deflactor del PIB para el año correspondiente.

Fuente: Elaboración propia con datos del Presupuesto de Egresos de la Federación 2014 al 2019.

En términos nominales Conacyt, sus programas y los CPI están operando con un presupuesto inferior al que tenían hace cinco años. Esto y la variabilidad en la asignación de recursos federales que se observa es un desafío importante en la gestión y en el cumplimiento de metas y objetivos de las instituciones.

#### *Presupuesto federal para la UNAM y el IPN*

El presupuesto federal tanto de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como del Instituto Politécnico Nacional (IPN) se desprende del ramo 11, que corresponde a la Secretaría de Educación Pública (SEP). A continuación, se presenta la información referente a la UNAM y su presupuesto, para posteriormente presentar lo correspondiente al IPN.

#### *UNAM*

La Ley Orgánica de la UNAM es el máximo ordenamiento jurídico que regula su personalidad, su estructura y su vida interna. El artículo primero establece que "La Universidad Nacional Autónoma de México es una corporación pública, organismo descentralizado del Estado, dotado de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionistas, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones, principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales" (UNAM, 2018).

La UNAM es una institución que ha transitado hacia el modelo de universidad emprendedora a través de sus políticas en fomento a los procesos y actividades de innovación y desarrollo tecnológico; en 2016 ajustó su legislación interna para adaptarse a los cambios que representaron las reformas a la Ley General de Responsabilidades Administrativas y a la Ley de Ciencia y Tecnología realizadas en 2015, que consienten la formación de empresas por investigadores de instituciones públicas y la transferencia de tecnología a dichas empresas; este ajuste se realizó a través de los “Lineamientos para la Conformación de Unidades de Vinculación y Transferencia de Conocimientos de la UNAM” (Corona Treviño, 2018).

La UNAM es sin duda un actor relevante en el SNCTI, esto se refleja en su posicionamiento como la institución nacional con mayor la cantidad de patentes nacionales otorgadas por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). En el año 2017 la UNAM obtuvo 43 registros de patentes, mientras en que 2018 alcanzó 44 registros (IMPI, 2017;IMPI, 2018).

Año con año, a la UNAM le es autorizado un presupuesto anual conformado por un subsidio procedente del gobierno federal, así como un presupuesto procedente de sus ingresos propios. En el periodo 2014-2019 el porcentaje promedio procedente del subsidio federal ha sido de 88.82%, con un incremento nominal promedio anual inferior al 5% e incremento real promedio anual de 1.5%.

En la tabla 3.4 se presenta la evolución del presupuesto por año, se observa que el incremento real ha sido marginal, particularmente a partir de 2017. El mayor incremento en este periodo fue en 2015 con una variación real del 2.61%.

Tabla 3.4 Presupuesto anual autorizado y variaciones para la UNAM, 2014-2019

<b>Año</b>	<b>Presupuesto total autorizado (pesos)</b>	<b>Incremento nominal (%)</b>	<b>Variación real (%) *</b>
2014	\$35,584,146,143.00	5.53%	1.67%
2015	\$37,755,686,350.00	6.10%	2.61%
2016	\$39,381,976,365.00	4.31%	1.17%
2017	\$40,929,422,558.00	3.93%	0.61%
2018	\$43,195,749,455.00	5.54%	0.70%
2019	\$44,942,499,166.00	4.04%	0.14%

\* Calculado con base en el índice deflactor del PIB para el año correspondiente.

Fuente: Elaboración propia con información del Presupuesto de Egresos de la Federación 2014 al 2019.

La Ley Orgánica del IPN, artículo primero establece que “El Instituto Politécnico Nacional es la institución educativa del Estado creada para consolidar, a través de la educación, la Independencia Económica, Científica, Tecnológica, Cultural y Política para alcanzar el progreso social de la Nación” (IPN, 1981). Plantea en su visión ser una “Institución educativa incluyente de prestigio internacional, que con su comunidad contribuye al desarrollo científico, tecnológico e innovación con impacto social en el país” (IPN, 2018).

Entre las acciones más relevantes del IPN encaminadas al fortalecimiento de las actividades de transferencia de conocimiento, destaca la publicación del Acuerdo por el que se expide el reglamento para la transferencia de conocimiento en el Instituto Politécnico Nacional, mismo que “tiene por objeto establecer requisitos y procedimientos para la conformación de asociaciones estratégicas, alianzas tecnológicas, consorcios, unidades de vinculación y transferencia de conocimiento, nuevas empresas de base tecnológica y redes regionales de innovación, así como *Spin off* y *Spin out*” (Gaceta Politécnica, 2018, pág. 29).

Los resultados del IPN en materia de patentes han tenido un repunte importante a partir de 2016, año en el que se solicitaron y otorgaron 19 patentes, para 2017 el número de patentes otorgadas creció a 35, mientras que la cantidad de las solicitudes disminuyeron a 13, no obstante, en 2018 las solicitudes ingresadas sumaron 62, y las patentes concedidas ascendieron a 20. En una valoración con respecto al periodo 1998-2018, es el último año el que ha contado con mejores resultados (IPN, 2018a).

La tabla 3.5 presenta la evolución del presupuesto autorizado al IPN para el periodo 2014-2019. Se observa que la situación presupuestal del IPN guarda similitud con respecto a la UNAM. El 2015 fue también su mejor año con un incremento real del 4.62%. A partir del año 2017 se presentó un recorte presupuestal en términos reales que no alcanzó a compensar la inflación, mientras que en el año previo el incremento fue prácticamente el necesario para lograr una variación real positiva. Para 2018 se observa un incremento marginal, pero para el año 2019 el incremento nominal no fue suficiente para compensar la inflación. Para el periodo 2014-2019 la variación nominal promedio fue también inferior al 5%, mientras que la variación real promedio fue de 1.2%.

Tabla 3.5 Presupuesto anual autorizado y variaciones para el IPN, 2014-2019

<b>Año</b>	<b>Presupuesto total autorizado (pesos)</b>	<b>Incremento nominal (%)</b>	<b>Variación real (%) *</b>
2014	\$ 13,822,289,139.00	8.39%	4.42%
2015	\$ 14,952,781,707.00	8.18%	4.62%
2016	\$ 15,419,634,424.00	3.12%	0.02%
2017	\$ 15,554,922,987.00	0.88%	-2.35%
2018	\$16,348,897,378.00	5.10%	0.29%
2019	\$16,979,882,829.00	3.86%	-0.04%

\* Calculado con base en el índice deflactor del PIB para el año correspondiente.

Fuente: Elaboración propia con información del Presupuesto de Egresos de la Federación 2014 al 2019.

### *Subsidio federal a universidades públicas estatales*

La federación otorga subsidio a organismos descentralizados estatales, el de las universidades públicas procede de la Subsecretaría de Educación Superior, adscrita a la SEP, por vía de la Dirección General de Educación Superior Universitaria (DGESU). La DGESU atiende a 68 instituciones en todos los estados de la república, mediante el envío de recursos federales para apoyo a sus gastos de operación. Estas instituciones se clasifican en: universidades públicas estatales, universidades de apoyo solidario y universidades interculturales (DGESU, 2020).

El financiamiento para las universidades públicas estatales, además de las erogaciones del gobierno federal, está también compuesto por erogaciones de la entidad federativa en la que se encuentran. Actualmente suman 34 universidades públicas estatales en el país (Ugalde, s.f.).

Una característica importante de las universidades públicas estatales es que son instituciones autónomas. Las cuatro vertientes de la autonomía universitaria son: libre determinación para elegir la forma de gobierno y de designación de las autoridades académicas; libre determinación para establecer los programas y planes de estudio, las líneas de investigación y las políticas culturales; libre determinación sobre el destino de las partidas presupuestales y de los ingresos autogenerados como resultado de los instrumentos celebrados con los diversos sectores productivos, gubernamentales y privados; libre determinación en el diseño del orden jurídico universitario, aprobando las normas legales de

aplicación interna y observancia obligatoria para toda la comunidad universitaria (UNAM, 2009).

La tabla 3.6 presenta el presupuesto autorizado por año para el periodo 2014-2019. Se identifica una tendencia similar que en los casos anteriores. Si se considera la inflación, a partir del año 2017 hubo un decremento en el presupuesto autorizado, además de que el incremento en 2016 también estuvo en el límite para compensar la inflación. A partir del 2018 el incremento al presupuesto ha sido marginal. Para el periodo 2014-2019 la variación nominal promedio fue de 6.8%, mientras que la variación real promedio fue de 3%, promedios superiores a los presentados por la UNAM y el IPN.

Tabla 3.6 Presupuesto anual autorizado y variaciones para las universidades públicas estatales, 2014-2019

<b>Año</b>	<b>Presupuesto autorizado (pesos)</b>	<b>Incremento nominal (%)</b>	<b>Variación real (%) *</b>
2014	\$ 47,062,816,925.00	14.13%	9.95%
2015	\$ 52,315,636,754.00	11.16%	7.51%
2016	\$ 53,961,459,128.00	3.15%	0.04%
2017	\$ 55,688,715,486.00	3.20%	-0.10%
2018	\$ 58,406,326,568.00	4.88%	0.08%
2019	\$ 60,836,128,329.00	4.16%	0.25%

\* Calculado con base en el índice deflactor del PIB para el año correspondiente.

Fuente: Elaboración propia con información del Presupuesto de Egresos de la Federación 2014 al 2019.

Estas condiciones generalizadas, con la tendencia reciente dirigida a acrecentar el presupuesto hasta el límite de compensar la inflación, resaltan la importancia de incrementar la sostenibilidad económica de las instituciones, de tal manera que cuenten con los recursos necesarios que les permitan avanzar en la consecución de sus objetivos, con el ánimo de que las restricciones en el presupuesto federal otorgado y las limitaciones por normatividad de su ejercicio no obstaculicen el camino hacia metas de alto alcance.

## **Capítulo IV**

### **Métodos y datos**

A continuación, se presenta el proceso de investigación llevado a cabo para el desarrollo de esta tesis. Se describen las variables de investigación, se especifica y fundamenta la delimitación de tiempo y espacio para el estudio, y se describe cada una de las etapas que conforma la metodología con su correspondiente justificación.

#### **4.1 Variables**

El eje central de esta investigación se integra por tres elementos principales: i) la sostenibilidad económica de los centros de investigación científica, ii) la innovación tecnológica, consecuencia de las actividades de investigación, iii) la innovación organizacional que permite identificar los factores que condicionan los resultados esperados.

Dado que se desea comprobar que la innovación posibilita la caracterización de los factores que condicionan la transformación de los conocimientos generados a fuente de recursos y, que por ende dicha caracterización coadyuva a contar con elementos objetivos que posibilitan definir estrategias en pro del incremento de la sostenibilidad económica de los centros, es que se declara la sostenibilidad económica como la variable dependiente en esta investigación, y se especifica la innovación como la variable independiente.

La relación planteada es que, a mayor innovación tecnológica y organizacional, se producen los insumos necesarios que posibilitan la implementación de estrategias que coadyuven a incrementar la sostenibilidad económica en los centros de investigación de carácter público. En este orden de ideas, el entorno se presenta como una variable explicativa, bajo el considerando de que el pensamiento evolucionista de la innovación marca que sus resultados son inciertos y que dichos resultados dependen de las condiciones vigentes.

## **4.2 Delimitación espacial y temporal**

En esta sección se plantea y justifica la delimitación espacial y temporal de la investigación a través de los criterios de selección que a continuación se describen.

### **4.2.1 Criterios para la delimitación espacial**

El marco contextual desarrollado en la tesis, con relación a la sostenibilidad de las universidades internacionales con actividades de investigación, da cuenta de que las áreas de estudio comunes en la generación de recursos para la investigación por la vía de la transferencia del conocimiento hacia la industria abarcan mayormente las ingenierías y las ciencias de la computación. Es por esta razón y por el reciente advenimiento de la cuarta revolución industrial que esta investigación contempló la selección de centros de investigación científica con actividades de producción y difusión del conocimiento en las áreas de ingeniería y fisicomatemática.

Se ha resaltado también la relevancia de la sostenibilidad para las instituciones cuya fuente de financiamiento proviene de recursos públicos, es debido a ello que los centros de investigación seleccionados dependen, para su operación, de la asignación de recursos procedentes del presupuesto federal.

Además de los criterios mencionados y con la finalidad de que los centros de investigación cuenten con un ámbito normativo que fomente y regule las actividades de innovación, se tomó como criterio de selección que las instituciones dispongan de políticas, lineamientos y/o reglamentos encaminados al fomento de la innovación, de la protección intelectual y de la comercialización del conocimiento. Esto con el fin de contar con un escenario más equilibrado en el análisis de los resultados que se generen a partir del estudio.

#### *Centros de investigación seleccionados*

A continuación, se plantean dos consideraciones con relación a la selección de los centros de investigación y el manejo de sus datos:

Primera: con fundamento en que el objetivo de esta investigación es proponer un marco analítico para identificar relaciones entre factores de la innovación, sin pretensión de una generalización de resultados, la selección de los centros de investigación para este trabajo se realizó de forma no probabilística tomando en cuenta que se cumplan con los criterios establecidos mencionados con anterioridad.

Segunda: dado que el presente estudio no contempla el análisis de casos con la finalidad de realizar un ranking de desempeño entre los centros de investigación, sino identificar correlaciones entre los factores que han influenciado en sus resultados a través de la metodología del capital intelectual, se optó por emplear una denominación genérica para la identificación de los centros de investigación al momento de exponer los resultados y su discusión.

Con base en las consideraciones anteriores, se seleccionaron de un total de seis centros de investigación a partir dos estructuras administrativas distintas: tres centros de investigación pertenecientes al Instituto Politécnico Nacional y tres centros del Sistema de CPI Conacyt.

#### *Centros de investigación del Instituto Politécnico Nacional*

El IPN cuenta con veinte centros de investigación distribuidos en tres ramas del conocimiento: once centros de ingeniería y ciencias fisicomatemáticas, ocho centros de ciencias médico-biológicas y un centro en la rama de las ciencias sociales y administrativas.

Pese a que los centros de investigación científica del IPN se rigen por la misma normatividad, se han detectado diferencias importantes en el alcance de sus objetivos institucionales, inclusive entre centros de las mismas ramas del conocimiento y con líneas de investigación afines.

Los contrastes en las métricas de evaluación con las que el IPN pondera su desempeño demuestran esta afirmación (IPN, 2018a). Es por lo anterior que se optó por seleccionar tres centros de investigación del área de ingeniería y ciencias fisicomatemáticas con líneas de investigación equivalentes y distinto desempeño, lo cual permite estudiar los factores asociados que podrían estar dando lugar a la diferenciación entre sus resultados.

La denominación genérica para los centros de investigación seleccionados del IPN es como sigue: *Centro A* para el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, *Centro B* para el Centro de Investigación en Computación y *Centro C* para el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo.

#### *Centros de investigación del Sistema de CPI Conacyt*

La selección de tres CPI obedece a que entre sus objetivos está el “promover la innovación científica, tecnológica y social el avance de México en su integración a la economía del conocimiento” (Conacyt, s.f.). En este tenor, los CPI son actores fundamentales en el SNCTI en México y cuentan con el aparato administrativo y normatividad necesaria para poner en marcha la consecución de este objetivo.

La denominación genérica de estos centros en lo sucesivo será como sigue: *Centro D* para el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, *Centro E* para el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica y *Centro F* para el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.

#### **4.2.2 Criterios para la delimitación temporal**

La delimitación temporal para la investigación abarca de 2014 a 2018. Esta elección obedece a que es el periodo de tiempo comprendido por Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) en México cuyo propósito fue guiar en la transición del país hacia una economía basada en el conocimiento, para lo cual definió como una de sus prioridades “Consolidar las instituciones existentes dedicadas a la ciencia y la tecnología e incrementar su número para atender las necesidades actuales de generación y aplicación del conocimiento y las que provengan del surgimiento de temas emergentes” (PECiTI, 2014).

En este contexto, es que los centros de investigación son actores fundamentales en la transición hacia una economía basada en el conocimiento. Se considera además que este periodo de cinco años provee una ventana de tiempo que posibilita valorar la evolución y las tendencias de los aspectos bajo estudio.

### **4.3 Metodología**

Esta investigación busca proponer un marco analítico de la sostenibilidad económica, basado en la innovación tecnológica y la innovación organizacional que identifique los factores y condiciones que permiten que el conocimiento producido se traduzca en bienes y servicios útiles a la sociedad y que, además, demuestre que la gestión del conocimiento coadyuva a la toma de decisiones estratégicas en pro de la sostenibilidad económica de los centros de investigación. Por lo anterior, este trabajo toma la forma de una investigación cuantitativa con análisis correlacional, con base en los seis centros de investigación seleccionados. La metodología aplicada a esta investigación se dividió en dos partes: la primera aborda el enfoque de la innovación tecnológica, mientras que la segunda trata sobre la innovación organizacional.

#### **4.3.1 Enfoque metodológico para la innovación tecnológica**

Para abordar el enfoque de la innovación tecnológica, se realizó un análisis que considera sus aspectos clave, tales como: las actividades de patentamiento, la comercialización de sus desarrollos, la creación de empresas *spin-off*, así como la existencia de áreas en la estructura organizacional de los centros de investigación que realizan actividades relacionadas con las OTT o, en su caso las OTT integradas en o para los centros.

Con base en la delimitación temporal, acotada al periodo 2014-2018, se analizan las tendencias y los resultados económicos que representan las transacciones relativas a estos conceptos para los centros de investigación estudiados.

Este análisis se realiza en lo tanto en lo particular para cada centro de investigación como en lo general.

#### **4.3.2 Enfoque metodológico para la innovación organizacional**

Como se apuntó previamente, el enfoque para la innovación organizacional aplicado en esta investigación se basa en la gestión del conocimiento mediante la medición del capital intelectual.

En la revisión del estado del arte se encontró que durante la última década se instaura un interés creciente en el campo de las metodologías encaminadas a medir los recursos y las capacidades universitarias para la docencia, la investigación y la innovación. En estas investigaciones, el análisis de los datos e indicadores a través de métodos estadísticos permite determinar cuáles son los factores clave que inciden de forma particular en el alcance de sus metas. A través de este tipo de análisis es posible que los tomadores de decisiones conduzcan estrategias y encaminen esfuerzos con mayor certeza hacia el logro de sus objetivos. Sin embargo, a la fecha no se encontraron estudios que particularicen estas metodologías para los organismos públicos de investigación mexicanos, y que tengan énfasis en la identificación de los factores clave asociados a su sostenibilidad, principal contribución de esta tesis.

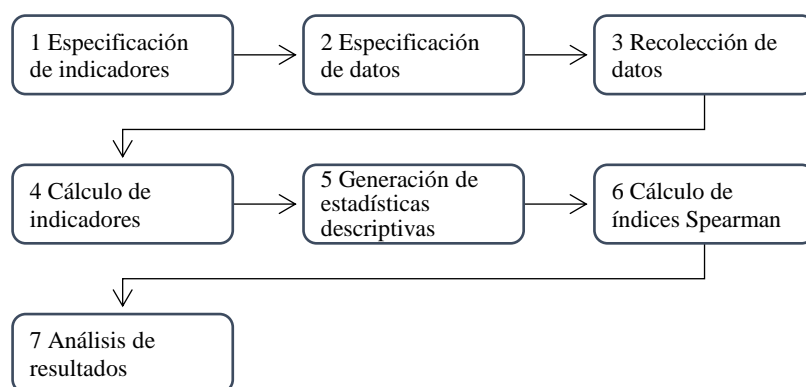
El trabajo de Cricelli et al. (2018), explora el capital intelectual y su relación con el desempeño en temas de investigación, innovación y educación universitarios. En su metodología, los autores utilizan el cálculo de los índices de Spearman, medida de correlación para identificar el grado de correspondencia entre las variables bajo estudio. El análisis del grado de relación entre estas variables proporciona indicios sobre el condicionamiento de un indicador con respecto al resultado de otro. Este análisis permite, entonces, establecer conclusiones relativas a la influencia o no de diversos factores con respecto a los resultados esperados. Es bajo esta premisa que el trabajo de Cricelli et al. (2018) se seleccionó como principal referencia metodológica.

No obstante, los indicadores propuestos por Cricelli et al. (2018) no alcanzan a abarcar, con el detalle requerido, los factores relativos a la innovación tecnológica y la sostenibilidad que se desean explorar en esta investigación, en particular los relativos a transferencia del conocimiento y el presupuesto del que se dispone. En este sentido, la exploración de otros trabajos relativos a esta temática arrojó que la investigación de Sánchez, Elena-Pérez, y Castrillo (2009) presenta una propuesta de indicadores financieros y no financieros con una mejor aproximación hacia los objetivos de la presente investigación. A partir de su propuesta, se procedió a realizar una adaptación acorde a la estructura de la ciencia, la investigación, el desarrollo y la innovación en México, misma que se describe en la fase uno del siguiente apartado.

## *Metodología por centro de investigación*

El enfoque metodológico para la innovación organizacional para el procesamiento y análisis por centro de investigación implementado en esta investigación tiene como objetivo encontrar relaciones significativas asociadas a los factores estudiados, particularmente los relativos a la innovación tecnológica y la sostenibilidad económica. Las fases de la metodología implementada están representadas en la figura 4.1.

Figura 4.1 Fases de la metodología para el análisis por centro de investigación



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe cada fase de la aplicación de la metodología.

### *1. Especificación de indicadores*

A partir de los indicadores propuestos por Sánchez, Elena-Pérez, y Castrillo (2009), se determinaron aquellos que son pertinentes a los centros de investigación tal que se cumplan los objetivos planteados para este trabajo. Se realizó el descarte de los que indicadores no aplicables, así como la incorporación de los nuevos, con base en el SNCTI en México. Entre las adaptaciones figuran la incorporación de programas y políticas nacionales de impulso a la investigación, desarrollo e innovación, como lo es el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y el Programa de Cátedras para jóvenes investigadores, ambos coordinados por el

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), además de los incentivos y planes estratégicos al interior de los centros de investigación.

El resultado de esta adaptación se presenta en tablas 4.1, 4.2 y 4.3, los indicadores se desglosan de acuerdo con la clase de capital intelectual a la que pertenecen y se proporciona el método de cálculo por variable. A cada variable se le ha asignado un nombre para efectos de identificación.

La tabla 4.1 presenta los indicadores relativos al *capital humano* divididos en dos subcategorías: *eficiencia* y *apertura*. Recapitulando lo planteado en el marco teórico, el capital humano implica el conocimiento de una organización a través de las personas que lo conforman, su importancia radica en que es fuente de innovación y renovación estratégica (Bontis 1998).

Esta categoría y sus subcategorías están normalizadas de acuerdo con el número de investigadores. Se consideran investigadores a todos aquellos que poseen categoría de investigadores como tal, así como a los técnicos académicos, posdoctorantes y catedráticos Conacyt. Para el indicador relativo a los estímulos económicos, se consideran a los investigadores con relación contractual directa, no se contabiliza a posdoctorantes ni a los investigadores del programa de Cátedras Conacyt. Parte del capital humano también son los estudiantes de doctorado. Cabe señalar que, para alcance de los objetivos de este estudio, únicamente se consideró el capital humano relacionado directamente con la función sustantiva de producir conocimiento, no obstante, parte importante de la operación de un centro de investigación es su aparato administrativo, también fuente de innovación y renovación estratégica a nivel organizacional.

La subcategoría *eficiencia* considera recursos para la I+D+i, investigadores en el SNI y aquellos con otros estímulos derivados de actividades I+D+i. La subcategoría *apertura* mide la pertenencia de los investigadores a redes o asociaciones nacionales e internacionales de investigación, se suman además a aquellos investigadores, tanto nacionales como internacionales, que se han recibido en estancia en el centro de investigación por un mínimo seis meses. Para la apertura también se está considerando la proporción de estudiantes extranjeros con respecto al total de estudiantes.

Tabla 4.1 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría capital humano

CAPITAL HUMANO	
<i>EFICIENCIA</i>	
<i>h1_fondosporinv</i>	Total de fondos para investigación y desarrollo e innovación (I+D+i) / número de investigadores
<i>h2_estdocporinv</i>	Número de estudiantes de doctorado / número de investigadores
<i>h3_sniporinv</i>	Número de Investigadores en el SNI / número de investigadores
<i>h4_investporinv</i>	Número de Investigadores con otros estímulos económicos derivados de la I+D+i / número de investigadores con relación contractual directa
<i>APERTURA</i>	
<i>h5_nacredinvporinv</i>	Número de investigadores que pertenecen a asociaciones o redes de investigación nacionales / número de investigadores
<i>h6_intredinvporinv</i>	Número de investigadores que pertenecen a asociaciones o redes de investigación internacionales / número de investigadores
<i>h7_nacvisporinv</i>	Número de investigadores visitantes nacionales / número de investigadores
<i>h8_intvisporinv</i>	Número de investigadores visitantes internacionales / número de investigadores
<i>h9_estextporestdoc</i>	Número de estudiantes extranjeros / número de estudiantes

Fuente: Adaptada de Sánchez, Elena-Pérez, y Castrillo (2009).

La tabla 4.2 presenta los indicadores relativos al capital organizacional. Como ya se mencionó, el capital organizacional abarca el conjunto de herramientas que retienen, refuerzan y transfieren conocimiento (de Frutos-Belizón, Martín-Alcázar y Sánchez-Gardey 2019).

En esta investigación, la *autonomía* como parte del capital organizacional está acotada al nivel financiero. Valora la procedencia de los recursos destinados a I+D+i: público, privado o internacional, así como el manejo de los recursos públicos a nivel central o si el centro de investigación cuenta con la autonomía para ejercerlos de acuerdo con necesidades y criterio propios.

La subcategoría de *codificación del conocimiento mediante publicaciones* mide la cantidad de publicaciones, y el promedio del índice H de los investigadores y técnicos académicos en el SNI. Dado el nexo indiscutible entre la innovación tecnológica y la propiedad intelectual, este último es sin duda uno de los aspectos claves a valorar en esta investigación.

Además de las patentes concedidas al centro de investigación, se toman en cuenta las solicitudes y su comercialización, lo que conforma la subcategoría de *codificación del conocimiento mediante propiedad intelectual*.

Tabla 4.2 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría capital organizacional

CAPITAL ORGANIZACIONAL	
<i>AUTONOMÍA</i>	
<i>o1_recIDisrelpres</i>	Cantidad de recursos dedicados a I+D+i / presupuesto total (sin costo de personal)
<i>o2_preceCIDirelpreIDi</i>	Cantidad de presupuesto dedicado a I+D+i administrado a nivel central / presupuesto de investigación
<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	Financiamiento público para investigación / financiamiento total para la investigación
<i>o4_finprivrelrecIDi</i>	Financiamiento privado / financiamiento total para la investigación
<i>o5_finintrelrecIDi</i>	Financiamiento internacional/ financiamiento total para la investigación
<i>CODIFICACIÓN DEL CONOCIMIENTO MEDIANTE PUBLICACIONES</i>	
<i>o6_artjcr</i>	Cantidad de artículos publicados indizados en el JCR
<i>o7_indiceHprom</i>	Índice H promedio de los investigadores y técnicos académicos que pertenecen al SNI
<i>CODIFICACIÓN DEL CONOCIMIENTO MEDIANTE PROPIEDAD INTELECTUAL</i>	
<i>o8_patsol</i>	Número de patentes solicitadas (en el año) por el centro de investigación
<i>o9_patoto</i>	Número de patentes otorgadas (en el año) al centro de investigación
<i>o10_patvig</i>	Número de patentes vigentes propiedad del centro de investigación
<i>o11_patcom</i>	Número de patentes comercializadas (en el año) por el centro de investigación
<i>o12_patramcom</i>	Número de patentes que, al finalizar el año, quedaron en trámite de comercialización
<i>o13_totpatcomer</i>	Total de patentes comercializadas por el centro de investigación
<i>o14_totpatnocomer</i>	Total de patentes del centro de investigación sin comercializar
<i>o15_retornoporpi</i>	Retornos al centro de investigación por licencias, patentes, derechos de autor
<i>DECISIONES ESTRATÉGICAS</i>	
<i>o16_planestinv*</i>	Existencia de un plan estratégico de investigación
<i>o17_evaplaninv*</i>	Existencia de mecanismos para evaluar el plan estratégico de investigación

\*Variables dicotómicas: 1-Sí, 2-No.

Fuente: Elaboración propia, adaptada de Sánchez, Elena-Pérez, y Castrillo (2009).

La categoría de capital organizacional incluye también la existencia o en su caso, carencia de un plan estratégico para la I+D+i en el centro de investigación, y en su caso, el mecanismo de evaluación para dicho plan.

El capital relacional de un centro de investigación es relevante en cuanto a su incidencia en la sociedad, qué tanto aporta mediante el conocimiento generado y qué grado de reciprocidad existe a la sociedad dados los recursos públicos con los que opera. La tabla 4.3 mide este aspecto través de las subcategorías de *empresas spin-off*, *contratos y proyectos de I+D+i*, *transferencia de conocimiento a través de OTT* y *recursos humanos*. También considera la participación del centro de investigación en aspectos relevantes a nivel público, como lo son *la participación en políticas nacionales para la I+D+i* y *la comprensión pública*

*de la ciencia*. El tema de la vinculación de los entes académicos con el entorno ha sido ampliamente estudiado y es natural adjudicarle un alto valor en lo concerniente a la sostenibilidad de los centros de investigación, ya que en la medida en que estos sean visibles al sector productivo y a la sociedad en general es que podrán contribuir a ellos a través de los resultados de sus investigaciones.

Tabla 4.3 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría capital relacional

---

CAPITAL RELACIONAL

---

<i>SPIN-OFF</i>	
<i>r1_spinoffcreadas</i>	Número de empresas <i>spin-off</i> creadas (en el año) por el centro de investigación
<i>r2_spinoffactivas</i>	Número de empresas <i>spin-off</i> activas (en el año)
<i>CONTRATOS Y PROYECTOS DE I+D+i</i>	
<i>r3_contrprivado</i>	Número de contratos con el sector privado
<i>r4_contrpublico</i>	Número de contratos con el sector público
<i>TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO A TRAVÉS DE OFICINAS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA (OTT)</i>	
<i>r5_existeott*</i>	Existencia de una Oficina de Transferencia de Tecnología institucional
<i>r6_existeottenci*</i>	Existencia de un área específica en el CI que realice o apoye las actividades de una OTT
<i>r7_ptoparaott</i>	Presupuesto que destinó el CI para las actividades relativas a OTT durante el año / Gasto corriente
<i>TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO A TRAVÉS DE RECURSOS HUMANOS</i>	
<i>r8_relestdocpub</i>	Número de estudiantes de doctorado con apoyo público / total de estudiantes de doctorado
<i>r9_relestdocpriv</i>	Número de estudiantes de doctorado con apoyo privado / total de estudiantes de doctorado
<i>r10_relestdocautofin</i>	Número de estudiantes de doctorado con autofinanciamiento / total de estudiantes de doctorado
<i>PARTICIPACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS NACIONALES PARA LA I+D+i</i>	
<i>r11_actividadespoliticas*</i>	Existencia de actividades relacionadas con la formulación de políticas nacionales para la I+D+i
<i>r12_ptoparapoliticas</i>	Presupuesto que destinó el CI para estas actividades durante el año / Gasto corriente
<i>r13_evapoliticas*</i>	Existencia de mecanismos para evaluar el impacto de la participación del CI en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i
<i>COMPRENSIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA</i>	
<i>r14_existedivulgacion*</i>	Existencia de actividades y eventos específicos para promover la ciencia
<i>r15_ptodivulgacion</i>	Presupuesto que destinó el CI para estas actividades durante el año / Gasto corriente
<i>r16_evadivulgacion*</i>	Existencia de mecanismos para evaluar el impacto de las actividades para promover la ciencia

---

\*Variables dicotómicas: 1-Sí, 2-No.

Fuente: Elaboración propia, adaptada de Sánchez, Elena, y Castrillo (2009).

La contribución principal de este trabajo es el análisis cuantitativo de la sostenibilidad y sus factores asociados. Para esto, se han definido tres indicadores descritos en la Tabla 4.4, *s1\_sostenibilidad* mide la proporción de recursos generados por el centro de investigación por actividades I+D+i con respecto al presupuesto público que recibe sin considerar los costos de personal, únicamente gasto corriente e inversión.

El porcentaje de los recursos que el centro de investigación retorna a I+D+i procedente de estas mismas actividades está representado por *s2\_retornoporsost*, esto es, si los ingresos que se están generados se utilizan en nuevos proyectos de investigación y desarrollos.

Finalmente, *s3\_porcentajeIDi* representa la proporción recursos procedentes de I+D+i con respecto al total de los ingresos generados por el centro de investigación, producto de otras actividades que le retribuyen recursos.

Tabla 4.4 Variables e indicadores calculados para los centros de investigación, categoría sostenibilidad

SOSTENIBILIDAD	
<i>s1_sostenibilidad</i>	Recursos generados por actividades de I+D+i / Gasto corriente + Inversión
<i>s2_retornoporsost</i>	Recursos generados por actividades de I+D+i invertidos en I+D+i / Recursos generados por actividades de I+D+i
<i>s3_porcentajeIDi</i>	Recursos generados por I+D+i / total de recursos generados

Fuente: Elaboración propia.

## 2. Especificación de datos

La tabla 4.5 describe la especificación de datos requerida para el cálculo de los indicadores presentados en las tablas de la 4.1 a la 4.4. Si bien algunas de las variables son explícitas con respecto a lo que representan y miden, existen otras que incorporan datos compuestos referentes a los programas para impulso de la ciencia y tecnología en México, mismos que se puntualizan a continuación.

En la categoría de datos financieros, los fondos institucionales se refieren a aquellos que la misma institución o sistema de centros provee, por ejemplo, mediante convocatorias internas para proyectos de I+D+i.

Tabla 4.5 Categorías y descripción de los datos de los centros de investigación

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Datos financieros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Recursos económicos ejercidos para proyectos de I+D+i, desglosado por: a) fondos institucionales, b) fondos Conacyt, c) otro tipo de fondos del sector público, d) fondos internacionales, e) fondos privados.</li> <li>– Presupuesto público ejercido.</li> <li>– Recursos económicos generados.</li> <li>– Autonomía en el ejercicio del presupuesto público.</li> <li>– Recursos económicos generados aplicados a I+D+i</li> </ul>
Investigadores y estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cantidad de investigadores titulares, técnicos académicos, posdoctorantes, profesores del programa Cátedras Conacyt.</li> <li>– Cantidad de investigadores en el SNI desglosado por nivel.</li> <li>– Cantidad de investigadores con estímulos adicionales a la I+D+i.</li> <li>– Pertenencia a redes de investigación nacionales e internacionales.</li> <li>– Cantidad de investigadores visitantes nacionales e internacionales (al menos 6 meses de estancia).</li> <li>– Cantidad de alumnos de doctorado (por tipo de financiamiento para estudios: fondos públicos, privados, autofinanciamiento y cantidad de extranjeros).</li> </ul>
Publicaciones y propiedad intelectual	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cantidad de artículos publicados indizados en el JCR.</li> <li>– Índice H promedio de los investigadores y técnicos académicos que pertenecen al SNI.</li> <li>– Cantidad de solicitudes de patente ingresadas al Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI) durante el año.</li> <li>– Cantidad de patentes vigentes, otorgadas, comercializadas y en trámite de comercialización.</li> </ul>
Decisiones estratégicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Existencia de un plan estratégico de investigación y desarrollo tecnológico y de un mecanismo para su evaluación.</li> </ul>
Vinculación	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cantidad de empresas <i>spin-off</i> creadas y activas.</li> <li>– Contratos con el sector público y privado.</li> </ul>
Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Existencia de una Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT) institucional.</li> <li>– Existencia de un área específica que realice o apoye las actividades de una OTT.</li> <li>– Actividades y presupuesto.</li> </ul>
Políticas nacionales para la I+D+i	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Actividades relacionadas con la formulación de políticas nacionales para la I+D+i.</li> <li>– Importancia, mecanismos de evaluación del impacto de las actividades y presupuesto destinado.</li> </ul>
Comprensión pública de la ciencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Actividades y eventos específicos para promover la ciencia</li> <li>– Importancia, mecanismos de evaluación del impacto de las actividades y presupuesto destinado.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Los fondos Conacyt proceden de programas presupuestales destinados al otorgamiento de apoyos para el crecimiento, fortalecimiento y vinculación del sector de la ciencia, la tecnología y la innovación (Conacyt s.f.). Cada tipo de programa publica sus

convocatorias incluyendo objetivos, bases, y términos de referencia. El presupuesto público ejercido se precisa en tres rubros, el que se destina a nómina, el dirigido hacia el gasto corriente y el autorizado para inversión. En cuanto a autonomía se requiere conocer si alguna parte del presupuesto otorgado es administrado por alguna instancia central o superior al centro de investigación.

En cuanto a los recursos generados, se precisa identificar la procedencia en cuanto a las actividades que le dieron origen, como: cursos, asesorías, contratos, servicios científicos o tecnológicos, licenciamiento, comercialización de patentes o derechos de autor, y de estos especificar si provienen del sector público o del sector privado, se consideran también ingresos por empresas *spin-off* u otros.

En la categoría de investigadores y estudiantes se especifica la cantidad de investigadores que se han hecho acreedores al nombramiento de investigador nacional otorgado por el SNI. El SNI fue creado en 1984 como una distinción que simboliza la calidad y prestigio de sus contribuciones científicas. En paralelo al nombramiento, se otorgan estímulos económicos cuyo monto varía con la distinción asignada: candidato, tres niveles de investigador nacional e investigador nacional emérito (Conacyt s.f.).

También en esta categoría de datos está considerado el programa Cátedras Conacyt, creado con el objetivo de formar una masa crítica de capital humano altamente calificado que incremente y fortalezca la capacidad de generación, aplicación y transferencia de conocimiento en los temas y las áreas prioritarias para el país, mediante la incorporación de investigadores a instituciones públicas de educación superior e investigación (Conacyt s.f.). Los CPI de Conacyt en su conjunto, ocupan la segunda posición en porcentaje de investigadores cátedras con un 25%, después de las universidades públicas estatales (Ciencia y Desarrollo s.f.), mientras que, con respecto a los investigadores con nombramiento en el SNI ocupan la tercer posición después de las universidades públicas estatales y de la Universidad Nacional Autónoma de México, (Rodríguez 2016).

La siguiente categoría corresponde a los resultados por propiedad intelectual y publicaciones, con datos referentes a número de artículos indexados en JCR, índice H promedio de los investigadores en el SNI, y estado de patentes: solicitudes, otorgadas, comercializadas o en trámite de comercialización.

Se precisa conocer sobre la existencia de un plan que permita la toma de decisiones estratégicas, la vinculación medida por número de contratos y empresas *spin-off* creadas y vigentes, si se cuenta con OTT o área afín que realice o apoye sus actividades.

Por la parte de la relación con la sociedad, es relevante conocer si el centro de investigación participa en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i y si organiza actividades encaminadas a la comprensión pública de la ciencia, como parte de su capital relacional.

### 3. Recolección de datos

Los datos de los centros de investigación científica seleccionados para el presente trabajo fueron obtenidos y validados por diversas fuentes públicas de libre uso, mismas que se presentan en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Fuentes de recopilación de datos

<b>Fuentes</b>	<b>Datos</b>
Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)	Matrícula de los programas de doctorado de los centros de investigación.
Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI)	Datos relativos a solicitudes de patentes y patentes otorgadas.
Informes estadísticos y de rendición de cuentas	Los centros de investigación públicos contemplan por normatividad la rendición de cuentas. En sus informes incluyen datos públicos relativos a su presupuesto, de investigación, de vinculación e innovación, estadísticos de la planta académica y de los estudiantes, entre otros.
Plataforma Nacional de Transparencia	Información generada, administrada o en posesión de las autoridades de entidades públicas, consultada en el Sistema de Portales de Obligaciones de Transparencia (SIPOT) o por solicitud específica cuando no se localice la información pública con el detalle requerido.
Portal web del centro de investigación	Como parte de la visibilidad de su oferta académica, de investigación y de servicios, así como por obligaciones de transparencia, los centros de investigación presentan información diversa en su portal web, compatible con la requerida en esta investigación.
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	Datos presupuestales respecto a los fondos públicos autorizados y ejercidos por los centros de investigación públicos.

Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de organizar los datos, así como para contar con un instrumento único que incluyera la especificación detallada de cada uno de los datos, se procedió a diseñar un formulario para recolección de datos.

Una vez elaborado, se realizó una prueba piloto de recolección de datos con uno los centros de investigación seleccionados. El propósito fue obtener retroalimentación en cuanto a i) la claridad de los enunciados para la solicitud de datos, es decir, que no se preste a confusión o interpretación errónea; ii) que sean datos viables de recabar, ya sea mediante sus reportes estadísticos, sistemas informáticos, informes anuales, entre otros; iii) que la información solicitada sea de acceso público y de libre uso.

La prueba piloto de recolección de datos resultó aleccionadora ya que permitió clarificar algunos de los enunciados en el formulario, mismos que fueron actualizados en una segunda versión, en la cual se incorporaron otros datos que inicialmente no habían sido contemplados, pero que después de un segundo análisis se determinó que eran importantes para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Se realizó una segunda prueba, con la versión actualizada del formulario que se presenta como anexo único. Se obtuvo el cien por ciento de la información del centro de investigación, que contabiliza 110 datos, a partir de los cuales se calculan 45 indicadores anuales correspondientes al periodo 2014-2018.

#### *4. Cálculo de indicadores*

La cuarta fase de la metodología está dada por el cálculo de los indicadores por cada año del periodo delimitado para el estudio, 2014-2018, para cada uno de los seis centros de investigación. Para cada categoría de capital intelectual, así como para la categoría agregada de sostenibilidad económica, el método de cálculo por indicador se encuentra especificado en las tablas 4.1, 4.2, 4.3, y 4.4.

#### *5. Generación de estadísticas descriptivas*

En la fase cinco de la metodología se generan las estadísticas descriptivas básicas de cada variable: el promedio, la desviación estándar, mínimo y máximo de las cinco observaciones

generadas, una por año correspondiente al periodo 2014-2018, para cada centro de investigación. Los resultados se presentan divididos por categorías y subcategorías, de acuerdo con la clasificación del capital intelectual, así como con la categoría incorporada para el análisis de la sostenibilidad económica.

## 6. Cálculo de índices Spearman

La fase seis corresponde al cálculo de los índices de Spearman, medida de correlación utilizada para analizar el grado de correspondencia entre dos variables bajo estudio. Esta es una etapa en la metodología empleada por Cricelli et al. (2018) que permite detectar la interrelación entre las variables definidas y con base en ello, identificar los factores y condicionantes de la innovación tal que sea posible estructurar estrategias de impulso a la sostenibilidad económica de los centros, basadas en información objetiva.

La medida de correlación de Spearman entre las variables  $X$  y  $Y$  está dada por la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{\sum R(X_i)R(Y_i) - n((n+1)/2)^2}{\left(\sum R(X_i)^2 - n((n+1)/2)^2\right)^{1/2} \left(\sum R(Y_i)^2 - n((n+1)/2)^2\right)^{1/2}} \quad (1)$$

Donde:

$(X_i, Y_i), i = 1, 2, \dots, n$

$R(X_i)$ : Rango de  $X_i$

$R(Y_i)$ : Rango de  $Y_i$

En caso de empates entre rangos, el rango asignado corresponde al valor promedio entre los rangos que hubieran sido asignados si no se presentara el empate (Conover, 1999).

La ecuación para la correlación de Spearman sin empates de rango es la siguiente:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum [R(X_i) - R(Y_i)]^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

Para los cálculos de la fase cinco y la fase seis se utilizó el software STATA®, con cinco observaciones por variable, correspondientes al valor anual de cada una.

## 7. *Análisis de resultados*

En la fase siete se discuten los resultados obtenidos. Este análisis se realiza mediante dos aproximaciones, en lo particular a cada centro de investigación y en lo general.

En lo particular, se analiza cada una de las categorías y subcategorías del capital intelectual, en cuanto a evolución y tendencias en el periodo estudiado, se discuten también los resultados de correspondencias individuales a partir del cálculo de sus índices de Spearman.

El análisis de resultados en lo general se presenta de acuerdo con la metodología descrita a continuación.

### *Metodología para la valoración general*

La valoración general se obtiene mediante el análisis de coincidencias y discrepancias entre los resultados de los índices de Spearman, con base en ello se identifican los factores que sugieren influenciar de manera común a los centros de investigación. Este análisis, más que llevar a una generalización permite dar inicios sobre probables situaciones que, una vez reconocidas, puedan llevar a determinar estrategias en pro de avanzar hacia los objetivos y metas de los centros de investigación. En esta segunda parte de la metodología se valoran los indicadores que sugieren influir sobre la sostenibilidad económica.

Para efectos del análisis de la sostenibilidad, los centros de investigación se clasificaron en dos categorías en función de los recursos generados por actividades de I+D+i y el presupuesto federal autorizado para sus gastos de operación e inversión. La primera categoría denominada *centros de investigación de alta sostenibilidad*, está conformada por los centros en los que los recursos generados por actividades de I+D+i son mayores o iguales a la suma del presupuesto para gasto corriente e inversión, condición necesaria en, al menos, tres de los cinco años del periodo 2014-2018, delimitación temporal para la investigación. De aquí que, al dividir los recursos generados por actividades de I+D+i entre el presupuesto para gasto corriente e inversión, el resultado deberá mayor o igual a *uno* en al menos tres de los cinco años.

La segunda categoría está integrada por los *centros de investigación de media-baja sostenibilidad*, los cuales, por el contrario, son aquellos centros de investigación cuyos recursos generados por actividades de I+D+i son menores al acumulado del presupuesto para gasto corriente y el presupuesto para inversión, esto en al menos tres de los cinco años del periodo analizado. Se tiene entonces que, si la sostenibilidad es menor a *uno* en tres o más años, se trata de un centro de media-baja sostenibilidad.

## **Capítulo V**

### **Resultados y discusión**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita en el capítulo IV. El apartado 5.1 describe y analiza los resultados particulares a cada centro de investigación, se valoran las categorías y subcategorías del capital intelectual con base en las tendencias que presentaron en los indicadores calculados por el periodo 2014-2018, se especifican sus estadísticas descriptivas y posteriormente los índices de Spearman calculados. El análisis de estos índices proporciona indicios de los factores que sugieren interrelación. El apartado 5.2 presenta la valoración general de los resultados obtenidos por los centros de investigación con tres abordajes, el primero referente a los factores que están asociados a la innovación organizacional, el segundo asociado a la innovación tecnológica y el tercero a la sostenibilidad.

#### **5.1 Resultados particulares**

##### **5.1.1 Centro de investigación A**

A continuación, se presentan los resultados generados del centro de investigación A, perteneciente al IPN. Sus estadísticas básicas se presentan en la tabla 5.1, mientras que el cálculo de sus índices Spearman se muestran en la tabla 5.2. Se discuten sus características, tendencias y hallazgos en lo particular.

En lo que respecta al capital humano, la subcategoría *eficiencia* presenta una tendencia creciente con excepción del número de estudiantes de doctorado por investigador. En lo que a *apertura* se refiere, predomina la adscripción de investigadores a redes o asociaciones internacionales sobre las nacionales, se reportan sólo investigadores visitantes nacionales. Antes de 2018 no se reportan estudiantes extranjeros.

En cuanto al capital organizacional, subcategoría de *autonomía*, se observa que, sin considerar el costo de personal, la cantidad de recursos que el centro de investigación ha destinado a la investigación en dicho periodo ha oscilado entre el 25% y 47% de su

presupuesto ejercido. Existe autonomía financiera en el ejercicio de sus recursos para I+D+i ya que no hay presupuesto administrado para ello a nivel central. La mayor parte de su presupuesto para I+D+i ha sido público, sin inversión del sector privado y con una baja contribución por parte de fondos internacionales.

En cuanto a la codificación del conocimiento, claramente ha dominado la vía de las publicaciones científicas con respecto a la vía de la propiedad intelectual. Tiene solicitudes de patentes ingresadas al IMPI, mismas que durante este periodo continúan su proceso de registro. Dado que aún no cuenta con patentes otorgadas, no aplica la comercialización y, en consecuencia, no tiene ingresos procedentes por este concepto.

Tabla 5.1 Estadísticas básicas del centro de investigación A

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Capital humano</b>					
<i>Eficiencia</i>	<i>h1_fondosporinv</i>	102,418.40	45,839.87	52,629.32	16,4800.80
	<i>h2_estdocporinv</i>	0.62	0.17	0.40	0.81
	<i>h3_sniporinv</i>	0.32	0.04	0.26	0.36
	<i>h4_investporinv</i>	0.47	0.09	0.32	0.56
	<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.23	0.02	0.21	0.26
<i>Apertura</i>	<i>h6_intredinvporinv</i>	0.31	0.08	0.21	0.39
	<i>h7_nacvisporinv</i>	0.02	0.02	0.00	0.04
	<i>h8_intvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h9_estextporestdoc</i>	0.03	0.06	0.00	0.13
<b>Capital organizacional</b>					
<i>Autonomía</i>	<i>o1_recIDisrelpres</i>	0.34	0.10	0.25	0.47
	<i>o2_precenIDirelpreIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	0.99	0.02	0.95	1.00
	<i>o4_finprirelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o5_finintrelrecIDi</i>	0.01	0.02	0.00	0.05
<i>C. c. mediante publicaciones</i>	<i>o6_artjer</i>	27.20	9.73	16.00	41.00
	<i>o7_indiceHprom</i>	10.13	0.30	9.67	10.33
<i>C. c. mediante P.I.</i>	<i>o8_patsol</i>	1.00	1.41	0.00	3.00
	<i>o9_patoto</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o10_patvig</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o11_patcom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o12_pattramcom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o13_totpatcomer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o14_totpatnocomer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o15_retornoporpi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 5.1 (Continuación) Estadísticas básicas del centro de investigación A

<b>Categoría</b> <i>Subcategoría</i>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<i>Decisiones estratégicas</i>	<i>o16_planestinv</i>	1.80	0.45	1.00	2.00
	<i>o17_evaplaninv</i>	2.60	0.89	1.00	3.00
<b>Capital relacional</b>					
<i>Spin-off</i>	<i>r1_spinoffcreadas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r2_spinoffactivas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Contratos y proyectos I+D+i</i>	<i>r3_contrprivado</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r4_contrpublico</i>	0.20	0.45	0.00	1.00
<i>T. c. a través de OTT</i>	<i>r5_existeott</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
	<i>r6_existeottenci</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>r7_ptoparaott</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>T. c. a través de recursos humanos</i>	<i>r8_relestdocpub</i>	0.86	0.06	0.80	0.95
	<i>r9_relestdocpriv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r10_relestdocautofin</i>	0.14	0.06	0.05	0.20
<i>Políticas para la I+D+i</i>	<i>r11_actividadespoliticas</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
	<i>r12_ptoparapoliticas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r13_evapoliticas</i>	3.00	0.00	3.00	3.00
<i>Comprensión pública de la ciencia</i>	<i>r14_existedivugacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.04	0.01	0.03	0.05
	<i>r16_evadivulgacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
<b>Sostenibilidad económica</b>					
	<i>s1_sostenibilidad</i>	0.03	0.04	0.00	0.09
	<i>s2_retornoporsost</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>s3_porcentajeIDI</i>	1.00	0.00	1.00	1.00

C. c. – Codificación del conocimiento

T. c. – Transferencia del conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

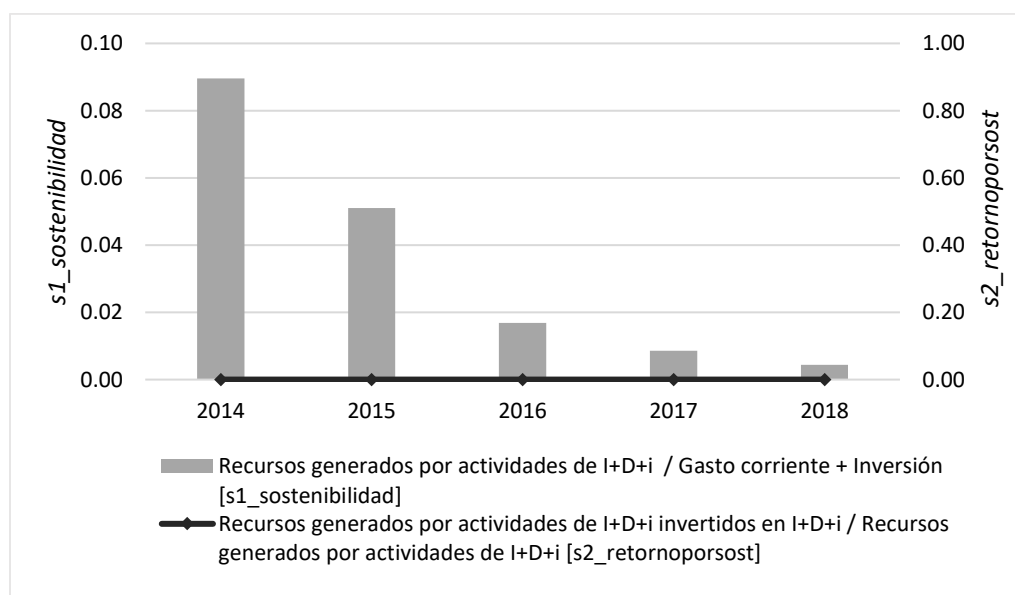
Por otra parte, el Centro A manifiesta que derivado de un proceso de planeación estratégica incluyente, participativa y orientada a resultados llevado a cabo a finales del 2017, generó un Plan Estratégico 2018-2019, que contempla en sus proyectos: i) Efectividad en el proceso de generación de ciencia, y ii) Fomento del desarrollo tecnológico y el capital intelectual. Cuenta con un mecanismo de evaluación, no obstante, señala que no contempla acciones en caso de incumplimiento, por lo que el avance alcanzado durante el 2018 está por debajo de lo comprometido.

En cuanto al capital relacional, no existen empresas *spin-off* ni se han creado en el periodo analizado, los contratos con el sector público han sido escasos y nulos con el sector

privado. El centro de investigación A cuenta con una OTT institucional, así como un área interna de apoyo destinada a las actividades propias de las OTT, sin presupuesto específico destinado para ellas. La mayor parte de sus estudiantes de doctorado obtienen apoyo de fondos públicos para sus estudios y existe un bajo porcentaje de estudiantes que autofinancian sus estudios. No existen estudiantes con apoyo de fondos privados. No participa de forma directa en actividades para la formulación de políticas nacionales para la I+D+i, no obstante, se ha tenido participación a nivel estatal. Un rubro que el centro de investigación A califica muy importante en su quehacer son las actividades de divulgación científica, evalúa impacto de sus resultados y destina presupuesto para las mismas.

En cuanto a la sostenibilidad trasladada a porcentaje, el Centro A ha generado entre el 0.4 y 8.9 % de recursos proporcionales al presupuesto federal otorgado para su operación, esto sin considerar el costo de personal, su evolución se aprecia en la figura 5.1. Este presupuesto ha sido derivado de sus actividades de I+D+i, pero no reporta que dichos recursos se hayan aplicado en retorno a actividades I+D+i.

Figura 5.1 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación A, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

En lo general, resalta la baja producción en propiedad intelectual, y se observa un bajo capital relacional en lo relativo a los proyectos, no obstante, cuenta con producción científica de alto nivel.

La tabla 5.2 presenta los índices de Spearman de los indicadores asociados al centro de investigación A. Para este y todos los centros de investigación, se omiten las observaciones cuyos datos son constantes a lo largo del periodo estudiado ya que no proporcionan información en este método. Se hace la precisión que el nombre de las variables en la primera fila se redujo a seis caracteres para facilitar el despliegue de los datos.

A continuación, partiendo de los resultados obtenidos, se destacan algunas correlaciones de interés.

Se observa una alta correlación entre los indicadores relativos los investigadores que pertenecen al SNI y aquellos que cuentan con otros estímulos económicos derivados de la I+D+i, este resultado sugiere que los estímulos institucionales se encuentran también alineados con los mecanismos de evaluación del SNI. Para el centro de investigación A, se observa que la codificación del conocimiento mediante propiedad intelectual es incipiente, por lo que, de manera preliminar se observa que se carece de incentivos efectivos para promover este enfoque en una medida equiparable a la codificación del conocimiento por la vía de las publicaciones científicas.

Otro resultado de interés es la alta correlación entre la pertenencia de los investigadores a las redes y asociaciones de investigación con respecto a los fondos disponibles para la investigación. Esto indica que una alta apertura produce también una alta eficiencia.

Se observa una correlación negativa entre la cantidad de estudiantes de doctorado por investigador y los indicadores correspondientes a la publicación científica. Este es un resultado atípico ya que se espera que la producción científica se incremente con respecto al número de estudiantes doctorales.

En cuanto a la propiedad intelectual, las solicitudes de patente se encuentran altamente correlacionadas también con los recursos disponibles para la investigación, así como con la pertenencia de los investigadores a redes y asociaciones de investigación nacionales e internacionales. Ello da cuenta que el financiamiento y la vinculación con pares académicos son factores que inciden en lo relativo a la transformación del conocimiento hacia innovaciones tecnológicas.

En cuanto a la sostenibilidad, se tiene que la proporción de los recursos generados por actividades de I+D+i se correlaciona de forma directa con la cantidad de estudiantes por investigador, y de forma consistente con los resultados anteriores, se correlaciona de manera inversa con los resultados de la codificación del conocimiento a través de publicaciones científicas. Estos resultados sugieren que la participación de los estudiantes incide en el desarrollo de proyectos que generan recursos para el centro de investigación.

El análisis de los índices de correlación de Spearman realizado ha permitido ratificar que en el periodo 2014-2018, el centro de investigación A presenta mayores resultados orientados hacia la investigación científica, mismos que se contraponen a aquellos obtenidos por medio de la codificación del conocimiento con enfoque hacia la propiedad industrial. Se observa que, en los resultados científicos, la pertenencia de los investigadores a asociaciones y redes de investigación ha influido; mientras que, para los resultados relacionados con las solicitudes de patentes registradas y la sostenibilidad, la cantidad de estudiantes de doctorado sugiere ser un factor determinante.

Tabla 5.2 Índices de Spearman del centro de investigación A

	<i>h1_fon</i>	<i>h2_est</i>	<i>h3_sni</i>	<i>h4_inv</i>	<i>h5_nac</i>	<i>h6_int</i>	<i>h7_nac</i>	<i>h9_est</i>	<i>o1_rec</i>	<i>o3_fin</i>	<i>o5_fin</i>	<i>o6_art</i>	<i>o7_ind</i>	<i>o8_pat</i>	<i>o16_pla</i>	<i>o17_eva</i>	<i>r4_con</i>	<i>r8_rel</i>	<i>r10_rel</i>	<i>r15_pto</i>	<i>s1_sos</i>	
Capital Humano																						
<i>h1_fondosporinv</i>	1.00																					
<i>h2_estdocporinv</i>	0.50	1.00																				
<i>h3_sniaporinv</i>	-0.50	-0.50	1.00																			
<i>h4_investporinv</i>	-0.20	-0.30	0.90*	1.00																		
<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.90*	0.10	-0.30	0.00	1.00																	
<i>h6_intredinvporinv</i>	0.90*	0.10	-0.30	0.00	1.00*	1.00																
<i>h7_nacvisporinv</i>	0.00	0.29	-0.29	0.00	0.00	0.00	1.00															
<i>h9_estextporestdoc</i>	-0.71	-0.35	0.71	0.35	-0.71	-0.71	-0.61	1.00														
Capital organizacional																						
<i>o1_recIDisrelpres</i>	1.00*	0.50	-0.50	-0.20	0.90*	0.90*	0.00	-0.71	1.00													
<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	-0.34	-0.78	0.11	-0.22	-0.11	-0.11	-0.65	0.40	-0.34	1.00												
<i>o5_finintrelrecIDi</i>	0.34	0.78	-0.11	0.22	0.11	0.11	0.65	-0.40	0.34	-1.00*	1.00											
<i>o6_artjer</i>	-0.60	-0.90*	0.70	0.40	-0.30	-0.30	-0.58	0.71	-0.60	0.78	-0.78	1.00										
<i>o7_indiceHprom</i>	-0.22	-0.89*	0.45	0.22	0.11	0.11	-0.65	0.40	-0.22	0.88	-0.88	0.89*	1.00									
<i>o8_patsol</i>	0.89*	0.22	-0.11	0.11	0.89*	0.89*	-0.32	-0.40	0.89*	-0.13	0.13	-0.22	0.13	1.00								
<i>o16_planestinv</i>	0.71	0.35	-0.71	-0.35	0.71	0.71	0.61	-1.00*	0.71	-0.40	0.40	-0.71	-0.40	0.40	1.00							
<i>o17_evaplaninv</i>	0.71	0.35	-0.71	-0.35	0.71	0.71	0.61	-1.00*	0.71	-0.40	0.40	-0.71	-0.40	0.40	1.00*	1.00						
Capital relacional																						
<i>r4_contrpublico</i>	0.00	0.71	-0.71	-0.71	-0.35	-0.35	0.41	-0.25	0.00	-0.40	0.40	-0.71	-0.79	-0.40	0.25	0.25	1.00					
<i>r8_relestdocpub</i>	0.70	-0.80	-0.40	0.00	0.50	0.50	0.58	-0.71	0.70	-0.89*	0.89*	-0.90*	-0.78	0.45	0.71	0.71	0.35	1.00				
<i>r10_relestdocautofin</i>	-0.70	0.80	0.40	0.00	-0.50	-0.50	-0.58	0.71	-0.70	0.89*	-0.89*	0.90*	0.78	-0.45	-0.71	-0.71	-0.35	-1.00*	1.00			
<i>r15_ptodivulgacion</i>	-0.30	0.30	0.10	-0.20	-0.60	-0.60	-0.58	0.71	-0.30	0.11	-0.11	0.10	-0.11	-0.22	-0.71	-0.71	0.35	-0.30	0.30	1.00		
Sostenibilidad																						
<i>s1_sostenibilidad</i>	0.60	0.90*	-0.70	-0.40	0.30	0.30	0.58	-0.71	0.60	-0.78	0.78	-1.00*	-0.89*	0.22	0.71	0.71	0.71	0.90*	-0.90*	-0.10	1.00	

\*p<0.05

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2 Centro de investigación B

El centro de investigación B pertenece al IPN, diferencia del Centro A, se localiza en la misma entidad de la cual emana su administración central, sus estadísticas básicas se presentan en la tabla 5.3. y el cálculo de sus índices Spearman se muestran en la tabla 5.4. A continuación, se discuten sus características, tendencias y hallazgos en lo particular.

En la categoría de capital humano, referente a eficiencia, la tasa de fondos para I+D+i respecto al número de investigadores se ha mantenido en mayor medida constante a lo largo del periodo, con excepción del año 2016, en que el centro B tuvo un ingreso significativo derivado de fondos Conacyt, lo que cuadruplicó la tasa del año previo. La tasa de estudiantes, hasta el año 2017 venía presentando una tendencia negativa, no obstante, para 2018 tuvo un incremento del 50%. La proporción de investigadores SNI con respecto al total se mantuvo relativamente constante, con su valor más bajo en 2015. De igual manera, la tasa del número de investigadores con otros estímulos económicos derivados de la I+D+i con respecto número de investigadores con relación contractual directa se ha mantenido sin una variación significativa, con un valor promedio de 0.5. Es decir, en promedio la mitad de los investigadores cuenta con otros estímulos económicos derivados de la I+D+i, adicionales al SNI.

En cuanto a la apertura, se observa una tendencia positiva hacia la internacionalización, medido en términos de la pertenencia de los investigadores a redes y asociaciones internacionales, la visita de investigadores internacionales en estancias de por lo menos seis meses, así como en el incremento de la proporción de estudiantes extranjeros.

En el rubro de autonomía del capital organizacional, el centro presenta un financiamiento cien por ciento público respecto al presupuesto dedicado a I+D+i. Mientras que la relación de la cantidad de recursos dedicados a I+D+i entre el presupuesto total sin costo de personal, después de una tendencia positiva en los primeros tres años del periodo estudiado, en 2017 presentó una caída importante, con una franca recuperación para 2018.

Con respecto a la codificación del conocimiento por publicaciones, desde 2014 se venía presentando una tendencia negativa, misma que repuntó en 2017, para caer nuevamente en 2018. El Centro B presenta resultados en cuanto a la codificación del conocimiento por la vía de la propiedad intelectual. Ha mantenido una tendencia regular en la solicitud de patentes,

con excepción del año 2016, en el que no tiene registro de solicitudes presentadas. Para 2017 reporta una patente otorgada, que para 2018 continuó sin comercialización. Este centro manifiesta un ingreso marginal en 2014 por vía de licencias, patentes, derechos de autor.

En la subcategoría de decisiones estratégicas, el centro de investigación B comunica que cuenta con planes estratégicos de investigación, así como mecanismos para su evaluación, a lo largo de todo el periodo.

En cuanto al capital relacional, no manifiesta empresas *spin-off* durante el periodo, el cien por ciento de sus contratos I+D+i han sido con el sector público, al inicio del periodo no contaba con un área que realizara actividades de OTT, lo cual ocurrió en el año 2015, y a partir de 2017 contó con una OTT institucional.

En lo referente a la transferencia del conocimiento a través de recursos humanos, en promedio el 86% han sido estudiantes con apoyo público, no obstante, en 2018, ha incrementado la proporción de estudiantes por autofinanciamiento.

No ha participado en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i, aunque califica de importancia dichas actividades. La comunicación pública de la ciencia es, sin duda, un aspecto de mucha importancia en el capital relacional de este centro de investigación, en todo el periodo evaluado manifiesta haber realizado actividades con recursos autogenerados, así como también, contar con mecanismos que miden la efectividad de dichas actividades.

Tabla 5.3 Estadísticas básicas del centro de investigación B

<b>Categoría</b> <b>Subcategoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
Capital humano					
<i>Eficiencia</i>	<i>h1_fondosporinv</i>	290754.80	331002.50	71604.54	876057.80
	<i>h2_estdocporinv</i>	0.78	0.16	0.57	0.95
	<i>h3_sniporinv</i>	0.50	0.09	0.34	0.57
	<i>h4_investporinv</i>	0.52	0.06	0.46	0.59
	<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.58	0.04	0.55	0.64
<i>Apertura</i>	<i>h6_intredinvporinv</i>	0.02	0.02	0.00	0.04
	<i>h7_nacvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h8_intvisporinv</i>	0.01	0.01	0.00	0.03
	<i>h9_estextporestdoc</i>	0.09	0.04	0.05	0.14

Tabla 5.3 (Continuación) Estadísticas básicas del centro de investigación B

<b>Categoría</b> <i>Subcategoría</i>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	
<b>Capital organizacional</b>						
<i>Autonomía</i>	<i>o1_recIDisrelpres</i>	0.77	0.32	0.40	1.25	
	<i>o2_precenDirelpreIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
	<i>o4_finprirelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o5_finintrelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>C. c. mediante publicaciones</i>	<i>o6_artjcr</i>	150.00	34.73	109.00	195.00	
	<i>o7_indiceHprom</i>	1.40	3.13	0.00	7.00	
<i>C. c. mediante P.I.</i>	<i>o8_patsol</i>	2.40	1.52	0.00	4.00	
	<i>o9_patoto</i>	0.20	0.45	0.00	1.00	
	<i>o10_patvig</i>	0.40	0.55	0.00	1.00	
	<i>o11_patcom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o12_patramcom</i>	0.40	0.55	0.00	1.00	
	<i>o13_totpatcomer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o14_totpatnocomer</i>	0.40	0.55	0.00	1.00	
	<i>o15_retornoporpi</i>	19.80	44.27	0.00	99.00	
	<i>Decisiones estratégicas</i>	<i>o16_planestinv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
		<i>o17_evaplaninv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
<b>Capital relacional</b>						
<i>Spin-off</i>	<i>r1_spinoffcreadas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r2_spinoffactivas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>Contratos y proyectos I+D+i</i>	<i>r3_contrprivado</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r4_contrpublico</i>	3.80	3.11	0.00	7.00	
<i>T. c. a través de OTT</i>	<i>r5_existeott</i>	1.60	0.55	1.00	2.00	
	<i>r6_existeottenci</i>	1.20	0.45	1.00	2.00	
	<i>r7_ptoparaott</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>T. c. a través de recursos humanos</i>	<i>r8_relestdocpub</i>	0.86	0.11	0.68	0.97	
	<i>r9_relestdocpriv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r10_relestdocautofin</i>	0.14	0.12	0.00	0.32	
<i>Políticas para la I+D+i</i>	<i>r11_actividadespoliticas</i>	2.00	0.00	2.00	2.00	
	<i>r12_ptoparapoliticas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r13_evapoliticas</i>	3.00	0.00	3.00	3.00	
<i>Comprensión pública de la ciencia</i>	<i>r14_existedivugacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
	<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.15	0.05	0.08	0.21	
	<i>r16_evadivulgacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
<b>Sostenibilidad económica</b>						
	<i>s1_sostenibilidad</i>	28.86	25.44	0.27	51.50	
	<i>s2_retornoporsost</i>	0.05	0.00	0.05	0.06	
	<i>s3_porcentajeIDi</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	

C. c. – Codificación del conocimiento

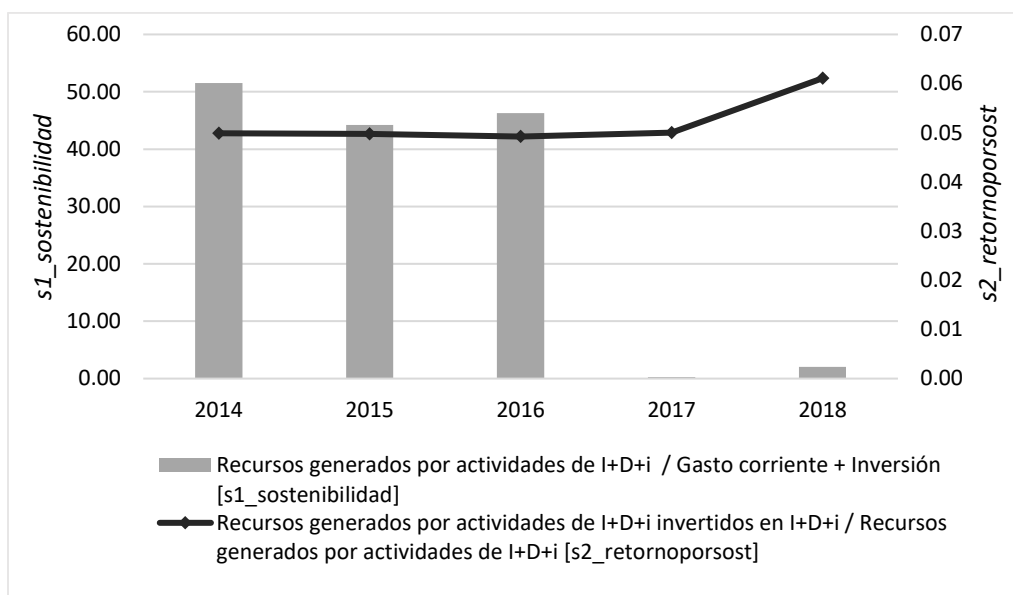
T. c. – Transferencia del conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las métricas establecidas, este centro de investigación cuenta con una alta sostenibilidad, representada de forma gráfica en la figura 5.2. La relación entre los recursos generados por actividades de I+D+i con respecto a la suma del gasto corriente e inversión llegó a su punto máximo en 2014, dado que los recursos generados por actividades de I+D+i rebasaron más de cincuenta veces al presupuesto otorgado al Centro B para su gasto corriente e inversión. Todos los años han rebasado los recursos generados por I+D+i con relación a su presupuesto federal, el año más bajo fue el 2017, superando en un 27.44% el presupuesto concedido, en la gráfica de la figura 5.2 no se alcanza a apreciar ya que está representado por un valor de 0.27.

Un promedio del 5.2% de estos recursos generados han sido aplicados en retorno a actividades de I+D+i en el Centro B. El centro de investigación señala que el cien por ciento de los recursos que ha generado han sido derivados de actividades de I+D+i.

Figura 5.2 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación B, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

Los índices Spearman para el centro de investigación B se presentan en la tabla 5.4. Se encuentra una fuerte correlación positiva entre la cantidad de estudiantes de doctorado con la cantidad de investigadores que cuentan con otros estímulos a la I+D+i. asimismo, se observa una fuerte correlación entre los contratos públicos y los estudiantes, así como con los investigadores con otros estímulos a la I+D+i, no obstante, los contratos públicos a su vez presentan una correlación negativa con respecto a los investigadores que forman parte del SNI. Pese a que estadísticamente existen otros pares de indicadores que señalan correlación, estas no tienen un significado relevante en la realidad. De forma individual, y pese a que este es un centro con altos índices de sostenibilidad no se encuentra una relación estadísticamente significativa entre ella y la innovación en términos de las patentes solicitadas y otorgadas. Si bien este centro es altamente sostenible de acuerdo con la definición, su sostenibilidad proviene de fondos públicos.

Tabla 5.4 Índices de Spearman del centro de investigación B

	<i>h1_fon</i>	<i>h2_est</i>	<i>h3_sni</i>	<i>h4_inv</i>	<i>h5_nac</i>	<i>h6_int</i>	<i>h8_int</i>	<i>h9_est</i>	<i>o1_rec</i>	<i>o6_art</i>	<i>o7_ind</i>	<i>o8_pat</i>	<i>o9_pat</i>	<i>o10_pat</i>	<i>o12_pat</i>	<i>o14_tot</i>	<i>o15_ret</i>	<i>r4_con</i>	<i>r5_exi</i>	<i>r6_exi</i>	<i>r8_rel</i>	<i>r10_rel</i>	<i>r15_pto</i>	<i>s1_sos</i>	<i>s2_ret</i>
Capital humano																									
<i>h1_fondosporinv</i>	1.00																								
<i>h2_estdocporinv</i>	0.30	1.00																							
<i>h3_sniporinv</i>	-0.21	-0.87	1.00																						
<i>h4_investporinv</i>	0.30	1.00*	-0.87	1.00																					
<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.56	0.82	-0.66	0.82	1.00																				
<i>h6_intredinvporinv</i>	-0.31	-0.67	0.58	-0.67	-0.92*	1.00																			
<i>h8_intvisporinv</i>	-0.78	-0.45	0.34	-0.45	-0.86	0.80	1.00																		
<i>h9_estextporestdoc</i>	-0.67	-0.87	0.79	-0.87	-0.94*	0.79	0.80	1.00																	
Capital organizacional																									
<i>o1_recDisrelpres</i>	0.40	0.10	-0.05	0.10	-0.21	0.56	0.22	-0.05	1.00																
<i>o6_artjcr</i>	-0.20	0.70	-0.72	0.70	0.67	-0.82	-0.34	-0.56	-0.60	1.00															
<i>o7_indiceHprom</i>	-0.35	0.00	0.00	0.00	-0.54	0.73	0.79	0.36	0.71	-0.35	1.00														
<i>o8_patsol</i>	-0.82	0.10	-0.08	0.10	-0.39	0.34	0.80	0.39	0.05	0.21	0.73	1.00													
<i>o9_patoto</i>	-0.71	-0.71	0.54	-0.71	-0.54	0.18	0.40	0.73	-0.71	0.00	-0.25	0.18	1.00												
<i>o10_patvig</i>	-0.87	-0.58	0.44	-0.58	-0.89*	0.74	0.97*	0.89*	0.00	-0.29	0.61	0.74	0.61	1.00											
<i>o12_patramcom</i>	-0.87	-0.58	0.44	-0.58	-0.89*	0.74	0.97*	0.89*	0.00	-0.29	0.61	0.74	0.61	1.00*	1.00										
<i>o14_totpatnocomer</i>	-0.87	-0.58	0.44	-0.58	-0.89*	0.74	0.97*	0.89*	0.00	-0.29	0.61	0.74	0.61	1.00*	1.00*	1.00									
<i>o15_retornoporpi</i>	0.00	0.71	-0.36	0.71	0.73	-0.73	-0.40	-0.54	-0.35	0.71	-0.25	0.18	-0.25	-0.41	-0.41	-0.41	1.00								
Capital relacional																									
<i>r4_contrpublico</i>	0.36	0.97*	-0.94*	0.97*	0.79	-0.63	-0.46	-0.89*	0.15	0.67	0.00	0.03	-0.73	-0.59	-0.59	-0.59	0.54	1.00							
<i>r5_existeott</i>	0.87	0.58	-0.44	0.58	0.89*	-0.74	-0.97*	-0.89*	0.00	0.29	-0.61	-0.74	-0.61	-1.00	-1.00	-1.00	0.41	0.59	1.00						
<i>r6_existeottenci</i>	0.00	0.71	-0.36	0.71	0.73	-0.73	-0.40	-0.54	-0.35	0.71	-0.25	0.18	-0.25	-0.41	-0.41	-0.41	1.00*	0.54	0.41	1.00					
<i>r8_relestdocpub</i>	-0.10	0.10	0.15	0.10	0.46	-0.67	-0.45	-0.15	-0.80	0.50	-0.71	-0.15	0.35	-0.29	-0.29	-0.29	0.71	-0.05	0.29	0.71	1.00				
<i>r10_relestdocautofin</i>	0.10	-0.10	-0.15	-0.10	-0.46	0.67	0.45	0.15	0.80	-0.50	0.71	0.15	-0.35	0.29	0.29	0.29	-0.71	0.05	-0.29	-0.71	-1.00*	1.00			
<i>r15_ptodivulgacion</i>	-0.22	-0.45	0.23	-0.45	-0.80	0.92*	0.75	0.57	0.67	-0.67	0.79	0.34	0.00	0.65	0.65	0.65	-0.79	-0.34	-0.65	-0.79	-0.89*	0.89*	1.00		
Sostenibilidad																									
<i>s1_sostenibilidad</i>	0.70	0.70	-0.36	0.70	0.87	-0.67	-0.78	-0.82	0.10	0.30	-0.35	-0.41	-0.71	-0.87	-0.87	-0.87	0.71	0.62	0.87	0.71	0.40	-0.40	-0.67	1.00	
<i>s2_retornoporsost</i>	-0.35	0.00	0.00	0.00	-0.54	0.73	0.79	0.36	0.71	-0.35	1.00*	0.73	-0.25	0.61	0.61	0.61	-0.25	0.00	-0.61	-0.25	-0.71	0.71	0.79	-0.35	1.00

\*p<0.05

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3 Centro de investigación C

El centro de investigación C pertenece al IPN y se localiza en la misma entidad de la cual emana su administración central, sus estadísticas básicas se presentan en la tabla 5.5. y el cálculo de sus índices Spearman se muestran en la tabla 5.6. A continuación, se discuten sus características, tendencias y hallazgos en lo particular.

En cuanto a la categoría del capital humano, referente a la *eficiencia*, la proporción de investigadores en el SNI con respecto al total y la cantidad de estudiantes de doctorado por investigador presenta una tendencia positiva. No obstante, la tasa de fondos para investigación y desarrollo e innovación (I+D+i) por número de investigadores ha tenido un comportamiento oscilante, su punto más alto durante el periodo evaluado fue en 2014, mismo que no se volvió a alcanzar. Para todo el periodo estudiado no reporta investigadores con otros estímulos económicos derivados de la I+D+i.

Su apertura internacional es escasa, todos sus investigadores pertenecen más bien a redes nacionales con una tendencia decreciente, además no reporta investigadores visitantes. La presencia de estudiantes extranjeros también ha sido marginal.

A continuación, se presenta el análisis referente al capital relacional. En cuanto a la *autonomía*, reporta que el cien por ciento de su financiamiento en todo el periodo evaluado es de origen público, el presupuesto privado e internacional es nulo. La tasa de recursos dedicados a I+D+i respecto al presupuesto total sin costo de personal se mantuvo sin muchas variaciones los primeros tres años del periodo con un promedio de 0.43, reportando su punto más bajo en el año 2017 con 0.02, con una significativa recuperación en 2018 con 0.7.

En lo que respecta a la codificación del conocimiento por publicaciones, la tendencia en cuanto la cantidad ha sido variable, con un mínimo de 28 publicaciones en 2014 y un máximo de 48 publicaciones en 2017. No obstante, el índice H reportado de las publicaciones de los investigadores en SNI presenta una tendencia ascendente. No reporta codificación del conocimiento por la vía de propiedad intelectual en todo el periodo, además, en cuanto a decisiones estratégicas, no reportan la existencia de un plan estratégico de investigación. En cuanto al capital relacional, el Centro C es bajo en lo general. No cuenta con empresas *spin-off* creadas ni activas en el periodo evaluado.

Tabla 5.5 Estadísticas básicas del centro de investigación C

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Capital humano</b>					
<i>Eficiencia</i>	<i>h1_fondosporinv</i>	108291.00	66336.71	4257.80	182483.30
	<i>h2_estdocporinv</i>	0.48	0.17	0.25	0.69
	<i>h3_sniporinv</i>	0.97	0.04	0.92	1.00
	<i>h4_investporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.73	0.08	0.63	0.83
<i>Apertura</i>	<i>h6_intredinvporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h7_nacvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h8_intvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h9_estextporestdoc</i>	0.09	0.15	0.00	0.33
<b>Capital organizacional</b>					
<i>Autonomía</i>	<i>o1_recIDisrelpres</i>	0.39	0.25	0.02	0.70
	<i>o2_precenDirelpreIDi</i>	1.45	2.91	0.04	6.65
	<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	1.03	0.06	1.00	1.13
	<i>o4_finprirelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o5_finintrelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>C. c. mediante publicaciones</i>	<i>o6_artjcr</i>	38.60	9.04	28.00	48.00
	<i>o7_indiceHprom</i>	7.60	1.14	6.00	9.00
<i>C. c. mediante P.I.</i>	<i>o8_patsol</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o9_patoto</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o10_patvig</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o11_patcom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o12_patramcom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o13_totpatcomer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o14_totpatnocomer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o15_retornoporpi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Decisiones estratégicas</i>	<i>o16_planestinv</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
	<i>o17_evaplaninv</i>	3.00	0.00	3.00	3.00
<b>Capital relacional</b>					
<i>Spin-off</i>	<i>r1_spinoffcreadas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r2_spinoffactivas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Contratos y proyectos I+D+i</i>	<i>r3_contrprivado</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r4_contrpublico</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>T. c. a través de OTT</i>	<i>r5_existeott</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
	<i>r6_existeottenci</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
	<i>r7_ptoparaott</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>T. c. a través de recursos humanos</i>	<i>r8_relestdocpub</i>	0.71	0.28	0.33	1.00
	<i>r9_relestdocpriv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r10_relestdocautofin</i>	0.29	0.28	0.00	0.67
<i>Políticas para la I+D+i</i>	<i>r11_actividadespoliticas</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
	<i>r12_ptoparapoliticas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r13_evapoliticas</i>	2.00	0.00	2.00	2.00

Tabla 5.5 (Continuación) Estadísticas básicas del centro de investigación C

<b>Categoría</b> <i>Subcategoría</i>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<i>Comprensión pública de la ciencia</i>	<i>r14_existedivulgacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.01	0.01	0.00	0.02
	<i>r16_evadivulgacion</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
Sostenibilidad económica					
	<i>s1_sostenibilidad</i>	8.96	6.49	3.76	16.16
	<i>s2_retornoporsost</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>s3_porcentajeIDi</i>	1.00	0.00	1.00	1.00

C. c. – Codificación del conocimiento

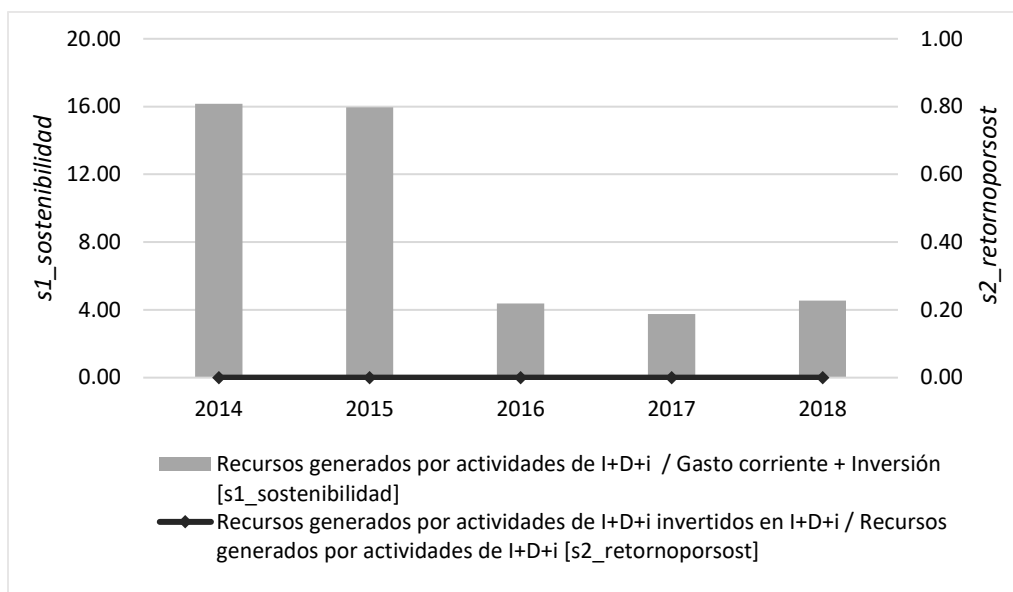
T. c. – Transferencia del conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

Tampoco reporta contratos, ni con el sector público ni con el sector privado. Reporta actividades de gestión de la propiedad intelectual, no obstante, señala que no existe un área específica en el centro de investigación que realice o apoye las actividades de una OTT, este comportamiento se mantiene constante para todo el periodo analizado. Realiza transferencia de conocimiento a través de recursos humanos, la cantidad de estudiantes de doctorado con apoyo público y por autofinanciamiento ha variado a lo largo del periodo. En 2014 alcanza un mayor número de estudiantes por autofinanciamiento, mientras que para el último año todos sus estudiantes de doctorado cuentan con apoyo público. La participación del Centro C en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i es nula durante todo el periodo. No obstante, ha realizado actividades en fomento a la comprensión pública de la ciencia, con presupuesto destinado para ello en los últimos dos años, aunque no cuenta con mecanismos para evaluar su impacto.

En cuanto a su sostenibilidad, manifiesta que el total de los recursos que han ingresado proceden de actividades de I+D+i a lo largo de todo el periodo. En la figura 5.3 se observa que durante todo el periodo analizado, los recursos generados por actividades de I+D+i superan en gran medida a la suma del gasto corriente e inversión, mismas que proceden de actividades como cursos, asesorías, contratos, servicios científicos o tecnológicos al sector público y privado, más no especifican el detalle en la información proporcionada.

Figura 5.3 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación C, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

Los índices Spearman con relaciones directas para este centro de investigación, que podrían sugerir información de interés son dos. La primera relación está dada por tasa de estudiantes por investigador con respecto a la solicitud de patentes, esto podría sugerir que los estudiantes tienen una participación importante en los desarrollos tecnológicos susceptibles de registro de patentes. Mientras que la segunda relación está dada por la proporción de estudiantes extranjeros y la publicación de artículos JCR, que sugiere una mayor participación de estudiantes extranjeros en este tipo de publicaciones.

Tabla 5.6 Índices de Spearman del centro de investigación C

	<i>h1_fon</i>	<i>h2_est</i>	<i>h3_sni</i>	<i>h5_nac</i>	<i>h9_est</i>	<i>o1_rec</i>	<i>o2_pre</i>	<i>o3_fin</i>	<i>o6_art</i>	<i>o7_ind</i>	<i>r8_rel</i>	<i>r10_rel</i>	<i>r15_pto</i>	<i>s1_sos</i>
Capital humano														
<i>h1_fondosporinv</i>	1.00													
<i>h2_estdocporinv</i>	-0.21	1.00												
<i>h3_sniporinv</i>	0.00	-0.30	1.00											
<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.62	-0.68	-0.30	1.00										
<i>h9_estextporestdoc</i>	-0.89*	-0.23	0.00	-0.23	1.00									
Capital organizacional														
<i>o1_recIDisrelpres</i>	0.70	0.36	0.29	-0.05	-0.89*	1.00								
<i>o2_preceIDirelpreIDi</i>	-0.90*	0.36	0.29	-0.87	0.67	-0.40	1.00							
<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	0.71	-0.73	0.41	0.73	-0.40	0.35	-0.71	1.00						
<i>o6_artjcr</i>	-1.00*	0.21	0.00	-0.62	0.89*	-0.70	0.90*	-0.71	1.00					
<i>o7_indiceHprom</i>	-0.36	0.76	0.15	-0.92*	-0.06	0.21	0.67	-0.73	0.36	1.00				
<i>o8_patsol</i>	-0.21	1.00*	-0.30	-0.68	-0.23	0.36	0.36	-0.73	0.21	0.76	1.00			
<i>o10_patvig</i>	0.21	-1.00	0.30	0.68	0.23	-0.36	-0.36	0.73	-0.21	-0.76	-1.00	1.00		
Capital relacional														
<i>r15_ptodivulgacion</i>	-0.67	0.11	0.65	-0.80	0.50	-0.22	0.89*	-0.40	0.67	0.63	0.11	-0.11	1.00	
Sostenibilidad														
<i>s1_sostenibilidad</i>	0.60	-0.21	0.00	0.62	-0.45	0.50	-0.70	0.71	-0.60	-0.67	-0.21	0.21	-0.67	1.00

\*p<0.05

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.1.4 Centro de investigación D

El centro de investigación D pertenece a la Coordinación de física, matemáticas y ciencias de datos del Sistema de CPI, fue creado por el gobierno federal para descentralizar las actividades científicas y para la modernización del país; sus estadísticas básicas se presentan en la tabla 5.7. y el cálculo de sus índices Spearman se muestran en la tabla 5.8. A continuación, se discuten sus características, tendencias y hallazgos en lo particular.

El análisis de la evolución temporal de los indicadores arroja los resultados descritos a continuación. Relativo al capital humano en la subcategoría *eficiencia*, se tiene que la relación de fondos para I+D+i con respecto al número de investigadores ha presentado una tendencia oscilante, es decir, por cada incremento, ha venido un posterior decremento y aún más marcado que el decremento anterior. En lo referente a los investigadores en SNI y con otros estímulos a la I+D+i, se ha mantenido mayormente una estabilidad en el periodo analizado, con una tendencia ligeramente positiva. En cuanto a la relación de estudiantes de doctorado por investigador, en los primeros tres años se presentaba estabilidad con una ligera tendencia positiva, no obstante, en los últimos dos años, la tendencia en esta relación es claramente negativa. En el tema de la apertura del capital humano, el centro de investigación D manifestó no contar con registro de la pertenencia de los investigadores a asociaciones o redes de investigación nacionales e internacionales. El único indicador disponible en este caso es de la proporción de estudiantes extranjeros respecto a los estudiantes nacionales, el cual presenta una tendencia irregular, siendo decreciente en el último año analizado.

En lo referente al capital organizacional subcategoría de autonomía, el indicador relativo a la cantidad de recursos dedicados a I+D+i con respecto al presupuesto total sin costo de personal, se observa cierta estabilidad inicial con pequeñas variaciones, no obstante, un importante incremento en el último año analizado. Destacando que, en todos los casos, los recursos dedicados a I+D+i rebasan el presupuesto total sin considerar el costo del personal.

En el centro de investigación D existe autonomía financiera en el ejercicio de sus recursos para I+D+i ya que no hay presupuesto administrado para ello a nivel central.

Tabla 5.7 Estadísticas básicas del centro de investigación D

<b>Categoría</b> <i>Subcategoría</i>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	
<b>Capital humano</b>						
<i>Eficiencia</i>	<i>h1_fondosporinv</i>	2958862.00	1600901.00	1221705.00	5380820	
	<i>h2_estdocporinv</i>	0.90	0.08	0.77	0.96	
	<i>h3_sniporinv</i>	0.87	0.04	0.80	0.89	
	<i>h4_investporinv</i>	0.86	0.02	0.83	0.87	
	<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>Apertura</i>	<i>h6_intredinvporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>h7_nacvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>h8_intvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>h9_estextporestdoc</i>	0.2	0.01	0.19	0.21	
<b>Capital organizacional</b>						
<i>Autonomía</i>	<i>o1_recIDisrelpres</i>	1.62	0.52	1.24	2.52	
	<i>o2_preceIDirelpreIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	0.88	0.09	0.73	0.98	
	<i>o4_finprirelrecIDi</i>	0.02	0.01	0.01	0.04	
	<i>o5_finintrelrecIDi</i>	0.05	0.03	0.01	0.09	
<i>C. c. mediante publicaciones</i>	<i>o6_artjcr</i>	295.40	51.30	224.00	357	
	<i>o7_indiceHprom</i>	0.36	0.01	0.34	0.37	
<i>C. c. mediante P.I.</i>	<i>o8_patsol</i>	2.60	1.67	1.00	5.00	
	<i>o9_patoto</i>	0.80	1.30	0.00	3.00	
	<i>o10_parvig</i>	5.00	3.32	2.00	9.00	
	<i>o11_patcom</i>	0.60	0.89	0.00	2.00	
	<i>o12_patramcom</i>	4.40	2.51	2.00	7.00	
	<i>o13_totpatcomer</i>	0.60	0.89	0.00	2.00	
	<i>o14_totpatnocomer</i>	4.40	2.51	2.00	7.00	
	<i>o15_retornoporpi</i>	1394800.00	2371041.00	0.00	5474000.00	
	<i>Decisiones estratégicas</i>	<i>o16_planestinv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
		<i>o17_evaplaninv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
<b>Capital relacional</b>						
<i>Spin-off</i>	<i>r1_spinoffcreadas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r2_spinoffactivas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>Contratos y proyectos I+D+i</i>	<i>r3_contrprivado</i>	1.00	1.00	0.00	2.00	
	<i>r4_contrpublico</i>	0.20	0.45	0.00	1.00	
<i>T. c. a través de OTT</i>	<i>r5_existeott</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
	<i>r6_existeottenci</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
	<i>r7_ptoparaott</i>	0.01	0.01	0.00	0.03	
<i>T. c. a través de recursos humanos</i>	<i>r8_relestdocpub</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
	<i>r9_relestdocpriv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r10_relestdocautofin</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>Políticas para la I+D+i</i>	<i>r11_actividadespoliticas</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
	<i>r12_ptoparapoliticas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r13_evapoliticas</i>	2.00	0.00	2.00	2.00	

Tabla 5.7 (Continuación) Estadísticas básicas del centro de investigación D

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<i>Subcategoría</i>					
<i>Comprensión</i>	<i>r14_existedivugacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
<i>pública de la</i>	<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.00	0.00	0.00	0.01
<i>ciencia</i>	<i>r16_evadivulgacion</i>	2.00	0.00	2.00	2.00
Sostenibilidad económica					
	<i>s1_sostenibilidad</i>	0.54	0.22	0.28	0.89
	<i>s2_retornoporsost</i>	0.56	0.31	0.07	0.85
	<i>s3_porcentajeIDI</i>	1.00	0.00	1.00	1.00

C. c. – Codificación del conocimiento

T. c. – Transferencia del conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

La mayor parte de su presupuesto para I+D+i ha sido de origen público, con una baja contribución por del sector privado, ligeramente superada por la contribución a partir de fondos internacionales.

La codificación del conocimiento mediante publicaciones ha sido creciente, tanto la cantidad de artículos, como el índice H promedio se ha incrementado en el periodo estudiado. En cuanto a la codificación por propiedad intelectual presenta actividad relevante, descrita a continuación. Todos los años ha presentado solicitudes de patente, siendo el 2016 el año con el mayor número de patentes solicitadas, cinco; a partir del 2017 reporta patentes comercializadas, una en 2017 y dos en 2018, año en que se encuentran un total de siete patentes en comercialización. Además, en 2015 y 2017 se reportan retornos al centro de investigación D por licencias, patentes o derechos de autor. No reporta empresas *spin-off* en creadas o activas en el periodo evaluado.

En la subcategoría de decisiones estratégicas, el centro de investigación D comunica que cuenta con planes estratégicos de investigación, así como mecanismos para su evaluación, a lo largo de todo el periodo.

El capital relacional valora la interacción con el exterior, a continuación, se presentan los resultados del centro de investigación D. En cuanto a proyectos I+D+i, cuenta con cinco dentro del sector privado y uno con el sector público, la mayoría de ellos en los últimos tres años del periodo analizado. Cuenta con una OTT institucional, misma que realiza las gestiones relativas a la propiedad intelectual. A partir del año 2015 reporta presupuesto

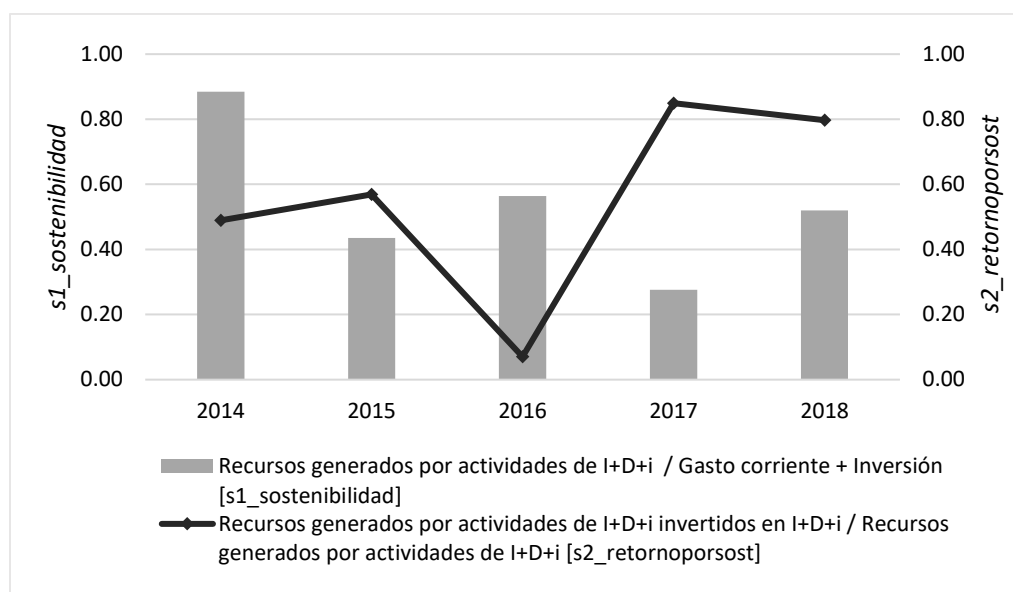
destinado para estas actividades, el más alto del periodo analizado se da en los años 2015 y 2016.

El centro de investigación D ha participado en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i durante todo el periodo analizado, manifiesta actividades relativas a la participación en comités nacionales e internacionales, así como en la formulación de programas a largo plazo. Esta participación la califica como muy importante y durante todo el periodo ha destinado recursos presupuestales para ello. Durante este periodo manifiesta que no cuenta con mecanismos para evaluar el impacto de su participación en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i.

Una actividad que el Centro D califica como muy importante durante todo el periodo son las actividades y eventos para promover la comprensión pública de la ciencia. Ha realizado estas actividades en el periodo estudiado con un presupuesto que presentó una tendencia decreciente hasta el 2017, con un repunte en el año 2018. El centro de investigación D manifiesta que durante este periodo no contó con mecanismos para evaluar el impacto de las actividades para promover la ciencia.

En el tema de la sostenibilidad económica, todos los ingresos autogenerados del centro de investigación provienen de actividades de I+D+i. En la gráfica de la figura 5.4 se aprecia que no existe una clara tendencia en los aspectos de los recursos que el centro genera con respecto al presupuesto ejercido en los rubros de gasto corriente más inversión, cómo tampoco en lo relativo a los recursos que genera por actividades de I+D+i que son reinvertidos en estas actividades. Tampoco se observa una relación constante entre estos indicadores.

Figura 5.4 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación D, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los índices de correlación de Spearman que se presentan en la tabla 5.8, arroja hallazgos interesantes de analizar dadas algunas de las interrelaciones entre las variables y se presentan a continuación.

Se observa una alta correlación entre los investigadores con SNI y con otros estímulos procedentes de la I+D+i, ello habla nuevamente de que los incentivos adicionales al SNI se otorgan bajo criterios de evaluación semejantes. Otro punto que observar es la existencia de una alta correlación entre los fondos para I+D+i por investigador y el retorno de recursos al centro de investigación por licencias, patentes y derechos de autor.

Este es un resultado interesante dado que valida la hipótesis de esta investigación en el sentido de que la innovación favorece la sostenibilidad económica de los centros de investigación, así mismo, que los recursos retornan dada la disponibilidad de financiamiento.

En cuanto al origen de los recursos, pese a que prevalecen los que tienen origen en el sector público, existe una alta correlación entre el financiamiento por el sector privado y el de fuentes internacionales. Ello habla de una apuesta por diversificar el origen del financiamiento, mismo que pese a no representar aún un porcentaje significativo, ha sido constante.

Existe correlación entre los recursos de origen público, las patentes otorgadas y las que se quedaron en trámite de comercialización, lo que nuevamente representa indicios de que los recursos públicos que se están aplicando reditúan en ingresos por la vía de la innovación.

Resulta interesante observar además que, en este centro de investigación, existe una alta relación entre la cantidad de artículos JCR y las patentes solicitadas. Es decir, no se contraponen ambas actividades. Además, el Centro D presenta una alta correlación entre las patentes otorgadas y su retorno por sostenibilidad, así como con los contratos celebrados por actividades de I+D+i con el sector privado. Aunque las contribuciones al financiamiento por el sector privado son bajas con respecto a las públicas, la evidencia sugiere que la cadena de sostenibilidad puede estar dada por la capitalización de los recursos públicos en innovaciones protegidas por la propiedad intelectual, que son introducidas al sector público generando recursos para el centro de investigación.

Tabla 5.8 Índices de Spearman del centro de investigación D

	<i>h1_fon</i>	<i>h2_est</i>	<i>h3_sni</i>	<i>h4_inv</i>	<i>h9_est</i>	<i>o1_rec</i>	<i>o3_fin</i>	<i>o4_fin</i>	<i>o5_fin</i>	<i>o6_art</i>	<i>o7_ind</i>	<i>o8_pat</i>	<i>o9_pat</i>	<i>o10_pat</i>	<i>o11_pat</i>	<i>o12_pat</i>	<i>o13_tot</i>	<i>o14_tot</i>	<i>o15_ret</i>	<i>r3_con</i>	<i>r4_con</i>	<i>r7_pto</i>	<i>r15_pto</i>	<i>s1_sos</i>	<i>s2_ret</i>	
Capital humano																										
<i>h1_fondosporinv</i>	1.00																									
<i>h2_estdocporinv</i>	0.30	1.00																								
<i>h3_sni</i>	-0.22	0.22	1.00																							
<i>h4_investporinv</i>	-0.10	-0.05	0.92*	1.00																						
<i>h9_estextporestdoc</i>	0.16	0.00	-0.88*	-0.97*	1.00																					
Capital organizacional																										
<i>o1_recIDisrelpres</i>	-0.90*	-0.40	0.34	0.21	-0.16	1.00																				
<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	-0.40	-0.60	-0.11	-0.15	0.32	0.70	1.00																			
<i>o4_finprirelrecIDi</i>	-0.63	0.00	-0.35	-0.43	0.25	0.26	-0.16	1.00																		
<i>o5_finintrelrecIDi</i>	-0.50	0.30	-0.22	-0.36	0.16	0.10	-0.40	0.95*	1.00																	
<i>o6_artjcr</i>	-0.60	0.10	0.67	0.41	-0.32	0.80	0.50	-0.11	-0.10	1.00																
<i>o7_indiceHprom</i>	-0.05	-0.67	0.34	0.50	-0.32	0.41	0.67	-0.65	-0.82	0.36	1.00															
<i>o8_patsol</i>	-0.58	0.11	0.41	0.11	0.00	0.79	0.63	-0.03	-0.05	0.95*	0.27	1.00														
<i>o9_patoto</i>	-0.11	-0.78	-0.13	0.00	0.18	0.45	0.89*	-0.41	-0.67	0.22	0.86	0.29	1.00													
<i>o10_patvig</i>	-0.62	-0.67	0.29	0.29	-0.16	0.87	0.87	-0.14	-0.36	0.67	0.79	0.65	0.80	1.00												
<i>o11_patcom</i>	-0.45	-0.89*	0.13	0.29	-0.18	0.67	0.78	-0.18	-0.45	0.34	0.86	0.29	0.88	0.92*	1.00											
<i>o12_patramcom</i>	-0.47	-0.63	0.18	0.16	0.00	0.79	0.95*	-0.25	-0.47	0.63	0.81	0.67	0.88*	0.97*	0.88*	1.00										
<i>o13_totpatcomer</i>	-0.45	-0.89*	0.13	0.29	-0.18	0.67	0.78	-0.18	-0.45	0.34	0.86	0.29	0.88	0.92*	1.00*	0.88*	1.00									
<i>o14_totpatnocomer</i>	-0.47	-0.63	0.18	0.16	0.00	0.79	0.95*	-0.25	-0.47	0.63	0.81	0.67	0.88*	0.97*	0.88*	1.00*	0.88*	1.00								
<i>o15_retornoporpi</i>	0.89*	0.11	0.13	0.29	-0.18	-0.67	-0.22	-0.88*	-0.78	-0.34	0.34	-0.41	0.13	-0.29	-0.13	-0.18	-0.13	-0.18	1.00							
Capital relacional																										
<i>r3_contrprivado</i>	0.00	-0.79	0.18	0.41	-0.25	0.32	0.63	-0.58	-0.79	0.16	0.97*	0.08	0.88*	0.73	0.88*	0.75	0.88*	0.75	0.35	1.00						
<i>r4_contrpublico</i>	0.35	-0.35	-0.40	-0.36	0.56	0.00	0.71	-0.56	-0.71	0.00	0.54	0.19	0.79	0.36	0.40	0.56	0.40	0.56	0.40	0.56	1.00					
<i>r7_ptoparaott</i>	0.45	0.78	0.63	0.52	-0.53	-0.45	-0.67	-0.41	-0.11	0.11	-0.23	-0.06	-0.63	-0.52	-0.63	-0.53	-0.63	-0.53	0.50	-0.35	-0.40	1.00				
<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.00	0.00	-0.79	-0.73	0.56	-0.35	-0.35	0.75	0.71	-0.71	-0.73	-0.56	-0.40	-0.54	-0.40	-0.56	-0.40	-0.56	-0.40	-0.56	-0.25	-0.40	1.00			
Sostenibilidad																										
<i>s1_sostenibilidad</i>	-0.50	0.30	-0.22	-0.36	0.16	0.10	-0.40	0.95*	1.00*	-0.10	-0.82	-0.05	-0.67	-0.36	-0.45	-0.47	-0.45	-0.47	-0.78	-0.79	-0.71	-0.11	0.71	1.00		
<i>s2_retornoporsost</i>	0.20	-0.80	-0.11	0.15	0.00	0.10	0.60	-0.58	-0.80	-0.10	0.87	-0.11	0.89*	0.56	0.78	0.63	0.78	0.63	0.45	0.95*	0.71	-0.45	-0.35	-0.80	1.00	

\*p<0.05

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.5 Centro de investigación E

El centro de investigación E también pertenece a la Coordinación de física, matemáticas y ciencias de datos del Sistema de CPI. Las estadísticas básicas se presentan en la tabla 5.9. y el cálculo de sus índices Spearman se muestran en la tabla 5.10. A continuación, se discuten sus características, tendencias y hallazgos en lo particular.

En la subcategoría de *eficiencia* del capital humano, se ha mantenido una tendencia constante en cuanto a la proporción de investigadores en el SNI, como en la proporción de estudiantes de doctorado por investigador. No obstante, la relación entre los fondos para I+D+i y el número de investigadores ha oscilado a lo largo del periodo bajo análisis. En cuanto a la subcategoría de *apertura*, la proporción del número de estudiantes extranjeros se ha mantenido estable, mientras que la pertenencia de investigadores a redes nacionales e internacionales se ha mantenido similar durante todo el periodo bajo estudio. No reporta estancias en el centro de investigadores nacionales o internacionales.

En la categoría del capital organizacional, el centro presenta un comportamiento favorable ya que la relación correspondiente a la cantidad de recursos dedicados a I+D+i y el presupuesto total ejercido sin costo de personal presenta una tendencia creciente, además los recursos para I+D+i no están sujetos a una administración central para su ejercicio. El financiamiento público predomina, aunque tiene una contribución internacional que se ha mantenido presente en todo el periodo y que presenta su valor más alto en el año 2016. Este mismo comportamiento se observa en la codificación de conocimiento mediante publicaciones, no obstante que el índice H promedio de los investigadores en el SNI ha presentado una leve tendencia decreciente.

La codificación del conocimiento mediante la propiedad intelectual presenta un comportamiento muy positivo en términos de que su cantidad de patentes ha incrementado de forma constante en el periodo estudiado. Asimismo, las patentes solicitadas y otorgadas han presentado una tendencia positiva, no obstante, presentan una ligera caída en el año 2016.

Un aspecto que destaca en este sentido es que las patentes obtenidas no han sido comercializadas y, por lo tanto, el centro de investigación no ha tenido ingresos por este concepto.

Tabla 5.9 Estadísticas básicas del centro de investigación E

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	
<b>Capital humano</b>						
<i>Eficiencia</i>	<i>h1_fondosporinv</i>	585597.60	217143.10	413252.30	834265.40	
	<i>h2_estdocporinv</i>	0.97	0.03	0.93	1.02	
	<i>h3_sniporinv</i>	0.59	0.04	0.55	0.66	
	<i>h4_investporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.05	0.03	0.03	0.09	
<i>Apertura</i>	<i>h6_intredinvporinv</i>	0.07	0.01	0.05	0.08	
	<i>h7_nacvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>h8_intvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>h9_estextporestdoc</i>	0.17	0.00	0.17	0.18	
<b>Capital organizacional</b>						
<i>Autonomía</i>	<i>o1_recIDisrelpres</i>	0.55	0.18	0.35	0.78	
	<i>o2_preceIDirelpreIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	0.98	0.01	0.96	0.99	
	<i>o4_finprirelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o5_finintrelrecIDi</i>	0.02	0.01	0.01	0.04	
<i>C. c. mediante publicaciones</i>	<i>o6_artjcr</i>	210.00	18.23	194.00	240.00	
	<i>o7_indiceHprom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>C. c. mediante P.I.</i>	<i>o8_patsol</i>	6.60	2.97	4.00	11.00	
	<i>o9_patoto</i>	3.60	2.30	1.00	6.00	
	<i>o10_parvig</i>	16.40	6.27	8.00	25.00	
	<i>o11_patcom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o12_pattramcom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o13_totpatcomer</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>o14_totpatnocomer</i>	16.40	6.27	8.00	25.00	
	<i>o15_retornoporpi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>Decisiones estratégicas</i>	<i>o16_planestinv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
		<i>o17_evaplaninv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
<b>Capital relacional</b>						
<i>Spin-off</i>	<i>r1_spinoffcreadas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r2_spinoffactivas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>Contratos y proyectos I+D+i</i>	<i>r3_contrprivado</i>	5.00	2.00	3.00	8.00	
	<i>r4_contrpublico</i>	15.60	1.52	14.00	18.00	
<i>T. c. a través de OTT</i>	<i>r5_existeott</i>	1.00	0.00	1.00	1.00	
	<i>r6_existeottenci</i>	2.00	0.00	2.00	2.00	
	<i>r7_ptoparaott</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>T. c. a través de recursos humanos</i>	<i>r8_relestdocpub</i>	0.91	0.03	0.88	0.94	
	<i>r9_relestdocpriv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r10_relestdocautofin</i>	0.09	0.03	0.06	0.12	
<i>Políticas para la I+D+i</i>	<i>r11_actividadespoliticas</i>	2.00	0.00	2.00	2.00	
	<i>r12_ptoparapoliticas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<i>r13_evapoliticas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tabla5.9 (Continuación) Estadísticas básicas del centro de investigación E

<b>Categoría</b> <i>Subcategoría</i>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<i>Comprensión pública de la ciencia</i>	<i>r14_existedivugacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.00	0.01	0.00	0.01
	<i>r16_evadivulgacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
Sostenibilidad económica					
	<i>s1_sostenibilidad</i>	0.16	0.08	0.06	0.24
	<i>s2_retornoporsost</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>s3_porcentajelDi</i>	1.00	0.00	1.00	1.00

C. c. – Codificación del conocimiento

T. c. – Transferencia del conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la subcategoría de decisiones estratégicas, a excepción del Centro C, el común denominador ha sido que los centros cuentan, con un plan estratégico para la investigación y el desarrollo tecnológico, el centro de investigación E manifiesta contar con dicho plan a lo largo de todo el periodo, así como con mecanismos para su evaluación.

En cuanto capital relacional, el centro de investigación E no reporta empresas *spin-off* ni creadas ni activas. Ha mantenido contratos de I+D+i tanto con el sector público como con el sector privado, destacando los primeros. El comportamiento a lo largo del periodo es complementario entre ambos ya que cuando los contratos con un sector han aumentado, en el otro sector han disminuido.

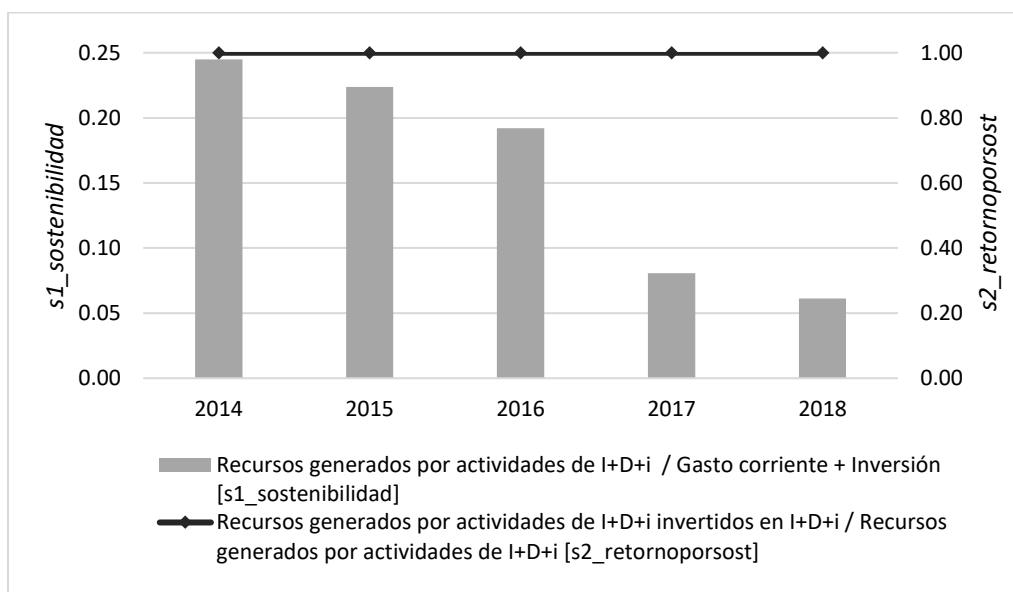
Durante el periodo 2014-2018 el centro de investigación E reportó una OTT para la realización de las actividades concernientes a la gestión de la propiedad intelectual. La mayor parte de sus estudiantes de doctorado cuenta con financiamiento público para la investigación, aunque a lo largo de todo el periodo han contado con estudiantes que autofinancian sus estudios.

No ha participado en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i, no obstante, el tema de la comunicación pública de la ciencia ha sido un aspecto de mucha importancia y al cual han dedicado presupuesto en todo el periodo y han evaluado sus resultados.

En la figura 5.5 se aprecia una tendencia decreciente en la sostenibilidad económica del Centro E, cuya variación más significativa se presenta del año 2016 al año 2017.

A diferencia de los otros centros de investigación estudiados, el Centro E reinvierte la totalidad de sus recursos generados en actividades de I+D+i.

Figura 5.5 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación E, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de índices Spearman, el centro de investigación E muestra correlación positiva entre la pertenencia de los investigadores a redes internacionales y su pertenencia al SNI. Las patentes vigentes presentan una alta correlación con respecto a relación del monto de recursos dedicados a I+D+i entre el presupuesto total ejercido por el centro de investigación. En este centro de investigación la sostenibilidad está correlacionada inversamente con sus patentes vigentes y aquellas no comercializadas. Esto se explica al observar que, en el Centro E, los recursos generados provienen de los contratos con el sector público y privado, dado que si bien, la cantidad de patentes es destacada con relación a los demás centros estudiados ninguna de ellas ha sido comercializada durante el periodo.

Tabla 5.10 Índices de Spearman del centro de investigación E

	<i>h1_fon</i>	<i>h2_est</i>	<i>h3_sni</i>	<i>h5_nac</i>	<i>h6_int</i>	<i>h9_est</i>	<i>o1_rec</i>	<i>o3_fin</i>	<i>o5_fin</i>	<i>o6_art</i>	<i>o8_pat</i>	<i>o9_pat</i>	<i>o10_pat</i>	<i>o14_tot</i>	<i>r3_con</i>	<i>r4_con</i>	<i>r8_rel</i>	<i>r10_rel</i>	<i>r15_pto</i>	<i>s1_sos</i>	
Capital humano																					
<i>h1_fondosporinv</i>	1.00																				
<i>h2_estdocporinv</i>	-0.31	1.00																			
<i>h3_sniporinv</i>	-0.30	0.15	1.00																		
<i>h5_nacredinvporinv</i>	-0.58	-0.16	0.74	1.00																	
<i>h6_intredinvporinv</i>	-0.22	0.29	0.89*	0.41	1.00																
<i>h9_estextporestdoc</i>	-0.71	-0.18	-0.35	0.19	-0.40	1.00															
Capital organizacional																					
<i>o1_recIDisrelpres</i>	0.10	-0.36	0.60	0.74	0.22	-0.35	1.00														
<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	0.11	0.73	0.58	0.03	0.65	-0.75	0.16	1.00													
<i>o5_finintrelrecIDi</i>	-0.11	-0.73	-0.58	-0.03	-0.65	0.75	-0.16	-1.00	1.00												
<i>o6_artjcr</i>	-0.40	0.05	-0.60	0.00	-0.78	0.71	-0.20	-0.53	0.53	1.00											
<i>o8_patsol</i>	0.62	-0.24	-0.05	0.05	-0.34	-0.54	0.67	0.14	-0.14	0.05	1.00										
<i>o9_patoto</i>	0.36	-0.29	0.10	0.35	-0.29	-0.36	0.82	0.05	-0.05	0.15	0.94*	1.00									
<i>o10_patvig</i>	-0.30	-0.36	0.70	0.95*	0.34	0.00	0.90*	0.00	0.00	-0.10	0.31	0.56	1.00								
<i>o14_totpatnocomer</i>	-0.30	-0.36	0.70	0.95*	0.34	0.00	0.90*	0.00	0.00	-0.10	0.31	0.56	1.00*	1.00							
Capital relacional																					
<i>r3_contrprivado</i>	-0.87	0.26	0.67	0.87	0.46	0.36	0.36	0.16	-0.16	0.15	-0.29	0.00	0.67	0.67	1.00						
<i>r4_contrpublico</i>	0.87	-0.53	0.10	-0.19	0.11	-0.73	0.41	0.11	-0.11	-0.67	0.55	0.39	0.10	0.10	-0.61	1.00					
<i>r8_relestdocpub</i>	0.40	0.56	-0.50	-0.63	-0.45	-0.35	-0.30	0.37	-0.37	0.30	0.41	0.21	-0.60	-0.60	-0.46	-0.05	1.00				
<i>r10_relestdocautofin</i>	-0.40	-0.56	0.50	0.63	0.45	0.35	0.30	-0.37	0.37	-0.30	-0.41	-0.21	0.60	0.60	0.46	0.05	-1.00*	1.00			
<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.00	-0.30	-0.87	-0.30	-0.97*	0.61	-0.29	-0.76	0.76	0.87	0.15	0.15	-0.29	-0.29	-0.30	-0.30	-0.29	-0.29	1.00		
Sostenibilidad																					
<i>s1_sostenibilidad</i>	0.30	0.36	-0.70	-0.95*	-0.34	0.00	-0.90*	0.00	0.00	0.10	-0.31	-0.56	-1.00*	-1.00*	-0.67	-0.10	0.60	-0.60	0.29	1.00	

\*p<0.05

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.6 Centro de investigación F

El centro de investigación F pertenece a la Coordinación de materiales, manufactura avanzada y procesos industriales del Sistema de CPI. Las estadísticas básicas se presentan en la tabla 5.11. y el cálculo de sus índices Spearman se muestran en la tabla 5.12. A continuación, se discuten sus características, tendencias y hallazgos en lo particular.

En la categoría de capital humano, relativo a eficiencia, a partir del 2015 se observa una tendencia decreciente en la tasa fondos para investigación y desarrollo e innovación (I+D+i) con respecto al número de investigadores. Esta tendencia decreciente se repite a partir del 2016 para la tasa de estudiantes de doctorado con respecto al número de investigadores. No obstante, la proporción de investigadores en el SNI ha ido al alza.

En cuanto a la apertura, únicamente manifiestan estudiantes extranjeros a partir de 2016, pero la pertenencia a redes de investigadores, así como investigadores visitantes está en ceros durante todo el periodo.

En cuanto al capital organizacional, el centro de investigación F, rebasa todo el periodo la cantidad de recursos dedicados a I+D+i con respecto al presupuesto total (sin incluir el rubro de nómina). No reporta que existan recursos para I+D+i administrados a nivel central, durante todo el periodo su financiamiento para investigación proviene de fondos públicos. En lo referente a la codificación del conocimiento mediante publicaciones, el centro de investigación F ha incrementado de manera sostenida la cantidad de sus publicaciones.

El Centro F presenta considerable actividad en cuanto a codificación del conocimiento mediante propiedad intelectual. Todos los años ha ingresado solicitudes de patente, el año con más solicitudes fue 2016. En el periodo analizado obtuvo 7 patentes. Indica la comercialización de una patente de 2016 a 2018. Cuenta con planes estratégicos de investigación y desarrollo tecnológico para todo el periodo, así como con mecanismos para su evaluación.

El Centro F es un centro con alto capital relacional. Durante todo el periodo celebró contratos tanto con el sector público, como con el sector privado, dominando numéricamente estos últimos. A partir de 2016 reportan una OTT y la existencia de un área específica en el centro de investigación que realice o apoye las actividades de la OTT.

Tabla 5.11 Estadísticas básicas del centro de investigación F

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Capital humano</b>					
<i>Eficiencia</i>	<i>h1_fondosporinv</i>	2128286.00	291286.10	1867642.00	2497645.00
	<i>h2_estdocporinv</i>	0.15	0.03	0.11	0.19
	<i>h3_sniporinv</i>	0.08	0.03	0.05	0.11
	<i>h4_investporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h5_nacredinvporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Apertura</i>	<i>h6_intredinvporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h7_nacvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h8_intvisporinv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>h9_estextporestdoc</i>	0.11	0.11	0.00	0.21
<b>Capital organizacional</b>					
<i>Autonomía</i>	<i>o1_recIDisrelpres</i>	1.26	0.15	1.12	1.51
	<i>o2_preceIDirelpreIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o3_finpubrelrecIDi</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>o4_finprirelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>o5_finintrelrecIDi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>C. c. mediante publicaciones</i>	<i>o6_artjcr</i>	41.20	11.61	26.00	55.00
	<i>o7_indiceHprom</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>C. c. mediante P.I.</i>	<i>o8_patsol</i>	6.40	2.07	5.00	10.00
	<i>o9_patoto</i>	1.40	1.34	0.00	3.00
	<i>o10_patvig</i>	4.20	3.11	0.00	7.00
	<i>o11_patcom</i>	0.60	0.55	0.00	1.00
	<i>o12_patramcom</i>	1.20	1.30	0.00	3.00
	<i>o13_totpatcomer</i>	0.60	0.55	0.00	1.00
	<i>o14_totpatnocomer</i>	3.60	2.61	0.00	6.00
	<i>o15_retonoporpi</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Decisiones estratégicas</i>	<i>o16_planestinv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>o17_evaplaninv</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
<b>Capital relacional</b>					
<i>Spin-off</i>	<i>r1_spinoffcreadas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r2_spinoffactivas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Contratos y proyectos I+D+i</i>	<i>r3_contrprivado</i>	45.60	13.41	25.00	61.00
	<i>r4_contrpublico</i>	10.00	3.81	5.00	15.00
<i>T. c. a través de OTT</i>	<i>r5_existeott</i>	1.40	0.55	1.00	2.00
	<i>r6_existeottenci</i>	1.40	0.55	1.00	2.00
	<i>r7_ptoparaott</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>T. c. a través de recursos humanos</i>	<i>r8_relestdocpub</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>r9_relestdocpriv</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r10_relestdocautofin</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Políticas para la I+D+i</i>	<i>r11_actividadespoliticas</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>r12_ptoparapoliticas</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r13_evapoliticas</i>	2.00	0.00	2.00	2.00

Tabla 5.11. (Continuación) Estadísticas básicas del centro de investigación F

Categoría	Variable	Media	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor máximo
<i>Subcategoría</i>					
<i>Comprensión pública de la ciencia</i>	<i>r14_existedivulgacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
	<i>r15_ptodivulgacion</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>r16_evadivulgacion</i>	1.00	0.00	1.00	1.00
Sostenibilidad económica					
	<i>s1_sostenibilidad</i>	0.93	0.24	0.69	1.33
	<i>s2_retornoporsost</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
	<i>s3_porcentajeIDi</i>	1.00	0.00	1.00	1.01

C. c. – Codificación del conocimiento

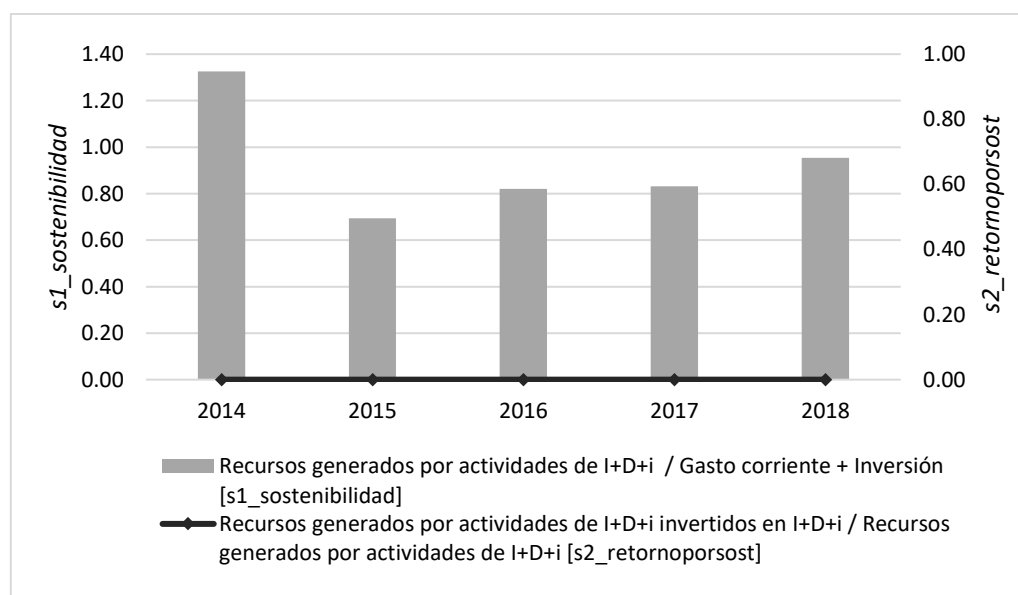
T. c. – Transferencia del conocimiento

Fuente: Elaboración propia.

En todo el periodo señala su participación en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i a través de comités nacionales e internacionales, mismas que califica de importantes. No cuenta con mecanismos de evaluación de impacto en estas actividades.

También realiza actividades y eventos para promover la comprensión pública de la ciencia durante todo el periodo, sin embargo, no los califica como de alta importancia y tampoco cuenta con mecanismos para medir su impacto.

Figura 5.6 Indicadores de sostenibilidad del centro de investigación F, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

La figura 5.6 presenta los indicadores de sostenibilidad para el Centro F de forma gráfica. Se aprecia que el centro de investigación F presenta alta sostenibilidad en el año 2014 superando los recursos generados con respecto al presupuesto recibido para gasto corriente e inversión. En 2015 presentó un decremento, no obstante, en los años posteriores se observa una tendencia creciente con ligeras variaciones. No reporta que recursos generados aplicados hacia actividades de I+D+i.

El análisis de los índices Spearman arroja hallazgos de interés. Existe una relación positiva entre la proporción de estudiantes por investigador con respecto a la cantidad de contratos con el sector público y privado. Esto puede sugerir que hay participación de estudiantes en las actividades contratadas o bien que el que los investigadores tengan estudiantes es un facilitador para la participación de los investigadores en las actividades bajo contrato. Por otra parte, la proporción de investigadores SNI con respecto al total incide directamente, de acuerdo con el análisis de los índices Spearman, en la proporción de estudiantes extranjeros y la cantidad de artículos JCR, también hay una relación positiva con las patentes vigentes, así como con aquellas que no han sido comercializadas. Por otra parte, también se encuentra una relación directa entre la proporción de estudiantes extranjeros y la producción de artículos JCR, así como con las patentes vigentes, comercializadas o no. Las patentes otorgadas tienen relación directa con las patentes que al finalizar el año quedan en trámite de comercialización, lo que sugiere que, una vez otorgada la patente, se inicia su comercialización.

Tabla 5.12 Índices de Spearman del centro de investigación F

	<i>h1_fon</i>	<i>h2_est</i>	<i>h3_sni</i>	<i>h9_est</i>	<i>o1_rec</i>	<i>o6_art</i>	<i>o8_pat</i>	<i>o9_pat</i>	<i>o10_pat</i>	<i>o11_pat</i>	<i>o12_pat</i>	<i>o13_tot</i>	<i>o14_tot</i>	<i>r3_con</i>	<i>r4_con</i>	<i>r5_exi</i>	<i>r6_exi</i>	<i>s1_sos</i>	<i>s3_por</i>	
Capital humano																				
<i>h1_fondosporinv</i>	1.00																			
<i>h2_estdocporinv</i>	0.40	1.00																		
<i>h3_sniporinv</i>	0.00	0.60	1.00																	
<i>h9_estextporestdoc</i>	-0.16	0.63	0.94*	1.00																
Capital organizacional																				
<i>o1_recIDisrelpres</i>	-0.80	-0.50	0.30	0.32	1.00															
<i>o6_artjcr</i>	0.00	0.60	1.00*	0.94*	0.30	1.00														
<i>o8_patsol</i>	-0.26	0.32	0.00	0.00	-0.11	0.00	1.00													
<i>o9_patoto</i>	0.79	0.74	0.00	0.00	-0.95*	0.00	0.11	1.00												
<i>o10_patvig</i>	0.05	0.67	0.97*	0.97*	0.21	0.97*	-0.11	0.11	1.00											
<i>o11_patcom</i>	0.00	0.87	0.87	0.91*	0.00	0.87	0.30	0.30	0.89*	1.00										
<i>o12_patramcom</i>	0.87	0.62	-0.10	-0.16	-0.97*	-0.10	0.11	0.97*	-0.03	0.15	1.00									
<i>o13_totpatcomer</i>	0.00	0.87	0.87	0.91*	0.00	0.87	0.30	0.30	0.89*	1.00*	0.15	1.00								
<i>o14_totpatnocomer</i>	0.05	0.67	0.97*	0.97*	0.21	0.97*	-0.11	0.11	1.00*	0.89*	-0.03	0.89*	1.00							
Capital relacional																				
<i>r3_contrprivado</i>	0.40	1.00*	0.60	0.63	-0.50	0.60	0.32	0.74	0.67	0.87	0.62	0.87	0.67	1.00						
<i>r4_contrpublico</i>	0.30	0.90*	0.70	0.79	-0.30	0.70	-0.05	0.58	0.82	0.87	0.41	0.87	0.82	0.90*	1.00					
<i>r5_existeott</i>	0.00	-0.87	-0.87	-0.91*	0.00	-0.87	-0.30	-0.30	-0.89*	-1.00	-0.15	-1.00	-0.89*	-0.87	-0.87	1.00				
<i>r6_existeottenci</i>	0.00	-0.87	-0.87	-0.91*	0.00	-0.87	-0.30	-0.30	-0.89*	-1.00	-0.15	-1.00	-0.89*	-0.87	-0.87	1.00*	1.00			
Sostenibilidad																				
<i>s1_sostenibilidad</i>	-1.00*	-0.40	0.00	0.16	0.80	0.00	0.26	-0.79	-0.05	0.00	-0.87	0.00	-0.05	-0.40	-0.30	0.00	0.00	1.00		
<i>s3_porcentajeIDi</i>	-0.35	0.00	0.71	0.56	0.71	0.71	0.19	-0.56	0.54	0.41	-0.54	0.41	0.54	0.00	0.00	-0.41	-0.41	0.35	1.00	

\*p<0.05

Fuente: Elaboración propia.

## **5.2 Resultados generales**

### **5.2.1 Identificación de factores mediante la innovación organizacional**

La innovación organizacional, aplicada a través de la medición del capital intelectual arrojó semejanzas entre los factores que influyen con respecto a los resultados en los centros de investigación. Desde un punto de vista estratégico, el tener conocimiento con respecto a estas relaciones permite tomar decisiones fundamentadas que se orienten hacia el cumplimiento de las metas comprometidas.

La metodología aplicada en la identificación de estos factores es el análisis de coincidencias entre los índices Spearman con correlación significativa entre los centros de investigación.

Una de las similitudes más sólida, dado que se presenta entre tres de los centros de investigación está relacionada con la codificación del conocimiento por la vía de la propiedad intelectual. Se identificó una correlación positiva entre las patentes vigentes de los centros y aquellas que están sin comercializar. Este hallazgo sugiere que, como se mencionó en la introducción, la tendencia al patentamiento universitario, o en este caso, en los centros de investigación, implica que frecuentemente no se llegue a una etapa de comercialización de las patentes. Por definición, esto significa que los desarrollos tecnológicos, al no llegar a la aplicación real, se conceptualicen como invenciones, mas no como innovaciones.

En contraposición, existe una correlación que coincide entre los centros con mayor actividad de patentamiento, en el sentido de que las patentes otorgadas en el año se correlacionan con aquellas que quedan en trámite de comercialización, esto sugiere que los centros de investigación impulsan la comercialización de sus patentes, por tanto, podría significar en estos casos que sus estrategias van más allá de solo acumular capital reputacional.

Otra coincidencia se da entre la proporción de investigadores SNI y aquellos que tienen otros estímulos adicionales derivados de la I+D+i. Esto sugiere que los mecanismos de evaluación para otorgar incentivos adicionales al SNI y los mecanismos para ingreso y permanencia en este sistema son similares, en consecuencia, los investigadores son doblemente incentivados para obtener los resultados que aseguren su permanencia,

resaltando que de 2014-2018 los criterios de evaluación tuvieron "un enfoque más numérico que cualitativo [...], el SNI se ha inclinado a la evaluación de individuos y resultados científicos publicados a corto plazo, desalentando el emprendimiento de proyectos de más largo plazo y alto impacto científico, la investigación multidisciplinaria sobre problemas complejos y la interacción con el sector empresarial con potencial de innovación" (Silva Payró, García Martínez, & Aquino Zúñiga, 2016, pág. 4). Esto contribuiría a explicar también la afirmación del capítulo I, en el que se lee que México produce conocimiento de alto nivel, más no se transforma en innovaciones al mismo ritmo.

También se encontró que, entre los centros con actividad de patentamiento, la apertura del capital humano, dada por la visita de investigadores del extranjero, está correlacionada con las gestiones relativas a la comercialización de patentes, podría sugerir, por ejemplo, que se trata de proyectos desarrollados de forma colaborativa con alguna institución extranjera.

Los contratos con el sector público muestran coincidencias entre centros de investigación con relación al número de estudiantes por investigador. Como ya se mencionó, esto podría ser indicio de que, a mayor cantidad de estudiantes, los investigadores tienen mayor oportunidad de participar en los contratos, o que los estudiantes también colaboran en los compromisos derivados de los contratos. Para el caso del sector privado, solo un centro sigue la misma tendencia ya que únicamente uno manifiesta actividad con dicho sector.

En lo general, estadísticamente la subcategoría con mayor influencia en los demás indicadores es la codificación del conocimiento por vía de la propiedad intelectual en términos de patentes vigentes y patentes no comercializadas, en segundo lugar, es la apertura del capital humano en términos de los estudiantes extranjeros, seguido de la codificación del conocimiento mediante publicaciones, la tasa de recursos dedicados a I+D+i respecto al presupuesto total sin costo de personal, la eficiencia del capital humano en cuanto a fondos y estudiantes por investigador, la pertenencia a redes de investigación nacionales y la sostenibilidad económica.

Bajo el mismo criterio estadístico, los factores con menor influencia son el capital relacional en cuanto a la comprensión pública de la ciencia, la participación en la formulación de políticas nacionales para I+D+i, empresas *spin-off*, y la apertura del capital intelectual en cuanto a recepción de investigadores nacionales visitantes. Cabe mencionar que en el caso de *spin-off* se debe a que ninguno de los centros comunicó de su creación o existencia.

## 5.2.2 Identificación de factores de la innovación tecnológica

A continuación, se discuten los factores resultantes del análisis de los centros de investigación en cuanto a la innovación tecnológica. Se estudia la evolución temporal de los indicadores relativos al capital organizacional, en cuanto a la codificación del conocimiento por la vía de la propiedad intelectual; así como a la transferencia del conocimiento a través de las Oficinas de Transferencia Tecnológica y *spin-off*, parte del capital relacional. Se analizan tendencias y resultados económicos derivados de las transacciones relativas a estos conceptos.

La tabla 5.13 presenta la evolución de patentes solicitadas y otorgadas a los centros de investigación durante el periodo 2014-2018. A excepción del Centro C, todos reflejan actividad de patentamiento. El Centro A tiene solicitudes en dos años consecutivos, pero siguen su proceso ante el IMPI, por lo cual aún no tienen patentes otorgadas. El Centro B presentó solicitudes en todo el periodo a excepción del año 2016, para 2017 reporta una patente otorgada. Los centros de investigación D, E y F han presentado solicitudes de forma ininterrumpida durante todo el periodo, todos ellos forman parte del sistema de CPI.

Tabla 5.13 Patentes solicitadas y otorgadas a los centros de investigación, 2014-2018

	Centro A	Centro B	Centro C	Centro D	Centro E	Centro F
<b>2014</b>						
Solicitadas	0	3	0	1	4	6
Otorgadas	0	0	0	0	1	0
<b>2015</b>						
Solicitadas	2	2	0	1	11	5
Otorgadas	0	0	0	0	6	2
<b>2016</b>						
Solicitadas	3	0	0	5	4	10
Otorgadas	0	0	0	0	2	3
<b>2017</b>						
Solicitadas	0	3	0	3	6	5
Otorgadas	0	1	0	3	3	2
<b>2018</b>						
Solicitadas	0	4	0	3	8	6
Otorgadas	0	0	0	1	6	0

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que los centros E y F tienen una trayectoria histórica en la actividad de patentamiento, ya que desde inicios del periodo estudiado manifiestan patentes otorgadas, lo cual se aprecia con mayor claridad en la tabla 5.14.

En cuanto a las patentes vigentes y comercializadas, se aprecia que los centros C, E y F tienen una trayectoria importante en la codificación del conocimiento por la vía de la propiedad intelectual. En el periodo estudiado el Centro E y el Centro F reportan comercialización de patentes en igual medida.

Tabla 5.14 Patentes vigentes y comercializadas por los centros de investigación, 2014-2018

	Centro A	Centro B	Centro C	Centro D	Centro E	Centro F
<b>2014</b>						
Vigentes	0	0	0	2	8	0
Comercializadas	0	0	0	0	0	0
<b>2015</b>						
Vigentes	0	0	0	2	14	2
Comercializadas	0	0	0	0	0	0
<b>2016</b>						
Vigentes	0	0	0	4	16	5
Comercializadas	0	0	0	0	0	1
<b>2017</b>						
Vigentes	0	1	0	8	19	7
Comercializadas	0	0	0	1	0	1
<b>2018</b>						
Vigentes	0	1	0	9	25	7
Comercializadas	0	0	0	2	0	1

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los ingresos por la vía de la propiedad intelectual, para el centro de investigación D en 2015, representó el 0.69% de sus ingresos por actividades de I+D+i, relativos a por concepto de licencias/patentes/derechos de autor correspondiente al sector público, el 7.23% al sector privado y, en 2017 el 5.14% por el mismo concepto al sector público. El Centro B registra una contribución del 0.00003% el 2014, procedente del sector público. El Centro E, destacado en capital relacional por la vía de la codificación del conocimiento en propiedad intelectual, no registró patentes comercializadas, ni en proceso de comercialización durante el periodo. El Centro F también cuenta con patentes vigentes a partir del 2015 y reporta comercialización en los años 2016, 2017 y 2018, sin embargo, no

registra ingresos por dicho concepto. Por su parte, el Centro B, indica que, en los años 2017 y 2018, su patente quedó en proceso de comercialización.

Es importante destacar que todos los centros de investigación cuentan con áreas u OTT dedicadas a la gestión de la propiedad intelectual, conducto por el cual es posible realizar estas actividades de solicitud y registro ante el IMPI.

### **5.2.3 La sostenibilidad económica y sus factores asociados**

Como se describió en el enfoque metodológico para la valoración general, los centros de investigación se clasificaron en dos categorías en función de su sostenibilidad económica: centros de investigación de alta sostenibilidad y centros de investigación de media-baja sostenibilidad.

En síntesis, la categoría de los centros de investigación de alta sostenibilidad está conformada por aquellos en los que, al dividir los recursos generados por actividades de I+D+i entre el presupuesto para gasto corriente e inversión, el resultado es mayor o igual a *uno* en al menos tres de los cinco años. La segunda categoría se integra por los centros cuyos recursos generados por actividades de I+D+i son menores al acumulado del presupuesto para gasto corriente y el presupuesto para inversión, condición necesaria en al menos tres de los cinco años del periodo analizado. Si la sostenibilidad es menor a *uno* en tres o más años, se trata de un centro de media-baja sostenibilidad.

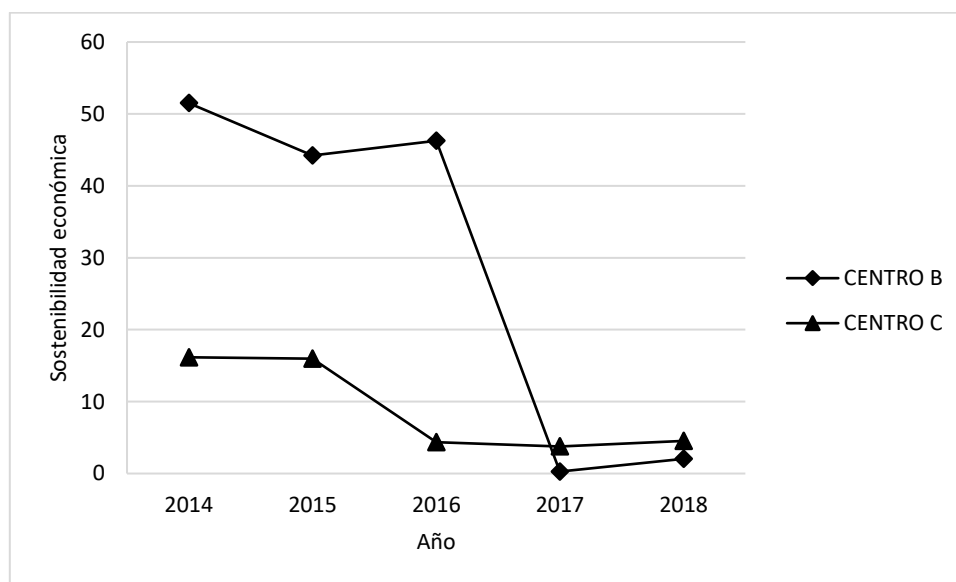
A partir de esta categorización se encontró que B y C son centros de investigación de alta sostenibilidad, mientras que A, D, E y F son centros de investigación de media-baja sostenibilidad.

Las características y evolución de los centros de investigación de alta y media-baja sostenibilidad, los factores comunes identificados entre centros pertenecientes a la misma categoría, así como los hallazgos resultantes a partir de esta clasificación se presentan en los siguientes apartados.

### Características de los centros de investigación de alta sostenibilidad

En la figura 5.7 se aprecia la evolución en la sostenibilidad de los Centros B y C, categorizados como centros de investigación de alta sostenibilidad. El Centro B presenta su punto máximo en 2014, posteriormente se observa una ligera variación en los dos años siguientes, no obstante, en el año 2017 presenta un decremento importante, donde su sostenibilidad desciende a 0.27, en 2018 tiene una recuperación que permite alcanzar un valor de 2.02. En lo referente al Centro C, sus variaciones son menores, no obstante, y pese a una caída importante en 2016, logró mantener una estabilidad relativa durante los últimos tres años del periodo analizado con una sostenibilidad promedio de 4.23.

Figura 5.7 Evolución de centros de investigación con alta sostenibilidad, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5.15 se observa que el origen de los recursos económicos generados por los centros de investigación de alta sostenibilidad procede, en su gran mayoría, del sector público. Lo que es un reflejo de que la participación del sector privado en actividades vinculantes con los centros de investigación públicos ha sido mayormente marginal en todo este periodo, tal como se mencionó en la problemática planteada.

Tabla 5.15 Porcentaje del origen de los recursos económicos generados por los centros de investigación de alta sostenibilidad, 2014-2018

	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Centro de investigación B</b>					
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector público</b>	99.7%	99.5%	99.7%	1.0%	83.9%
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector privado</b>	0.3%	0.5%	0.3%	99.0%	16.1%
<b>Centro de investigación C</b>					
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector público</b>	99.8%	99.9%	100.0%	100.0%	99.2%
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector privado</b>	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.8%

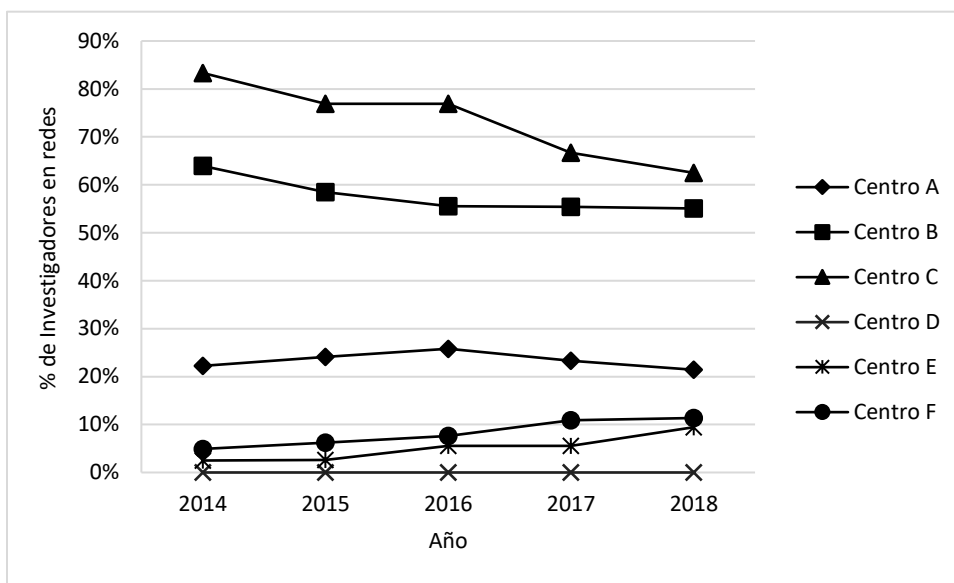
Fuente: Elaboración propia.

La metodología de innovación organizacional a través de la medición de capital intelectual permitió determinar las características comunes que estos centros presentan. En principio, un común denominador es que una alta proporción de investigadores pertenecen a redes nacionales de investigación. En la figura 5.8 se puede apreciar como los Centros B y C destacan con una proporción superior al 50% de sus investigadores con pertenencia a redes nacionales de investigación.

Esto podría sugerir que los centros de investigación de alta sostenibilidad están en mayor contacto con las problemáticas nacionales, por lo cual los resultados de sus investigaciones estarían deliberadamente orientados hacia proyectos del sector público en atención a estas problemáticas.

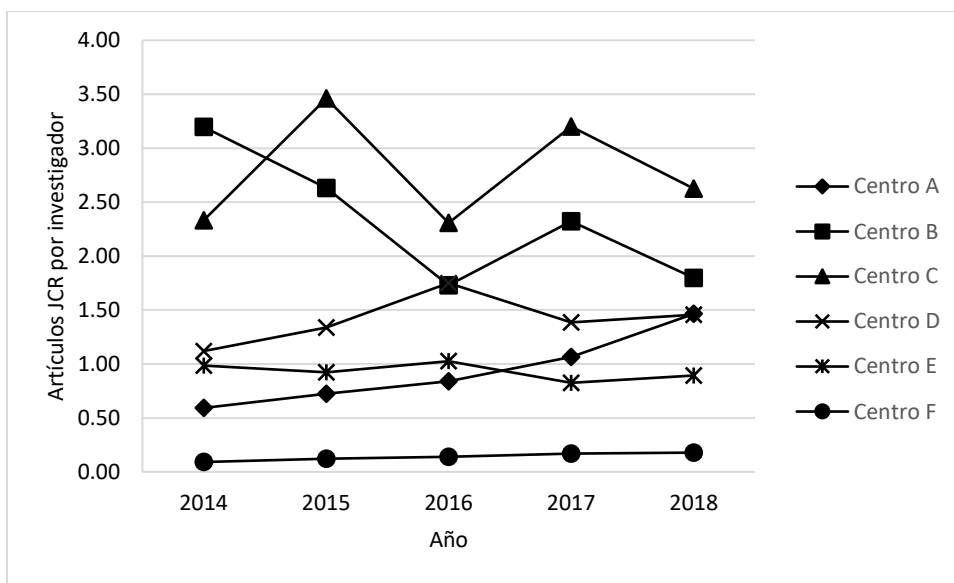
Otro aspecto que destaca en los centros de investigación con alta sostenibilidad es la tasa de artículos JCR por investigador. Esto se puede observar en la figura 5.9, los Centros B y C se encuentran a la encabezan las posiciones más altas en todo el periodo. Esto puede explicarse en parte, a que el financiamiento que estos centros tienen para sus proyectos de I+D+i provienen en su totalidad de fondos institucionales o fondos Conacyt, que, dependiendo de sus reglas de operación, los productos derivados de los proyectos con frecuencia incluyen publicaciones en revistas científicas, mismas que tanto a nivel institucional, como a nivel profesional, en lo individual, son altamente valoradas.

Figura 5.8 Porcentaje de investigadores que pertenecen a redes nacionales de investigación, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.9 Tasa de artículos JCR por investigador, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5.16 presenta el porcentaje de recursos para I+D+i ejercidos por los centros de investigación de alta sostenibilidad de acuerdo con su origen. Como se observa, el financiamiento en su totalidad proviene de fondos públicos.

Tabla 5.16 Porcentaje del origen de los recursos económicos ejercidos en el año por los centros de investigación de alta sostenibilidad para proyectos I+D+i, 2014-2018

	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Centro de investigación B</b>					
Fondos Institucionales	44.1%	24.8%	7.3%	97.2%	46.2%
Fondos Conacyt	55.9%	75.2%	92.7%	2.8%	53.8%
Otros fondos del sector público	0%	0%	0%	0%	0%
Fondos Internacionales	0%	0%	0%	0%	0%
Fondos privados	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Centro de investigación C</b>					
Fondos Institucionales	41.3%	81.5%	67.7%	100.0%	80.6%
Fondos Conacyt	58.7%	18.5%	32.3%	0.0%	19.4%
Otros fondos del sector público	0%	0%	0%	0%	0%
Fondos Internacionales	0%	0%	0%	0%	0%
Fondos privados	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

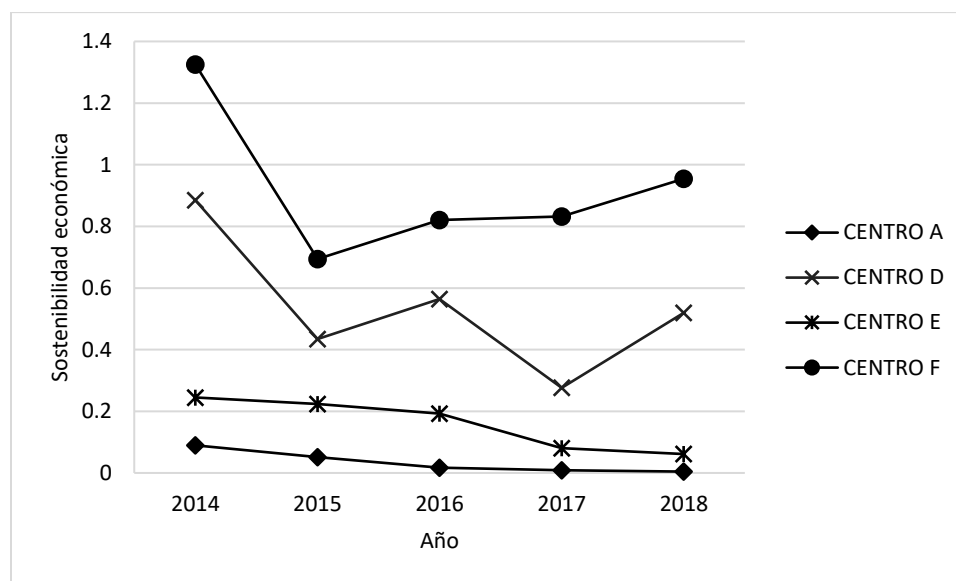
En cuanto a la codificación del conocimiento por vía de la propiedad intelectual, el Centro B cuenta con doce solicitudes de patente en el periodo 2014-2018, con una otorgada, que durante el periodo analizado no fue comercializada. Por otra parte, el Centro C no cuenta, con ninguna solicitud de patente durante el periodo evaluado, y tampoco con ninguna otorgada o vigente. En consecuencia, no existe retorno de recursos por esta vía. Se tiene por conclusión entonces, que la alta sostenibilidad de los centros de investigación analizados proviene de los servicios proporcionados al sector público y privado, dominando claramente el público.

#### *Características de los centros de investigación de media-baja sostenibilidad.*

A continuación, se exploran las características de los centros de investigación denominados de media-baja sostenibilidad. En la figura 5.10, que presenta la evolución de su sostenibilidad. Se aprecia que los Centros D y F, de sostenibilidad media al mantener una tasa superior a 0.5 en al menos tres de los años estudiados, presentan una tendencia muy

similar en cuanto a sus variaciones. Mientras que los Centros A y E presentan también entre ellos una variación y tendencia similar, a diferencia de los Centros D y F, cierran el periodo con una tendencia a la baja.

Figura 5.10 Evolución con centros de investigación de media-baja sostenibilidad, 2014-2018



Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de los centros de investigación de alta sostenibilidad, en la tabla 5.17 se observa que en el origen de los recursos económicos también participa el sector privado. Hallazgo que podría sugerir que, en parte, los centros de investigación en esta categoría buscan consolidar la vinculación con el sector privado con el propósito de contar con mayores recursos.

Otra característica también común a los centros de media-baja sostenibilidad es que los recursos ejercidos por estos centros de investigación para I+D+i provienen de fuentes más diversificadas que los centros de alta sostenibilidad, esto se aprecia en la tabla 5.18, ya además de los fondos institucionales y de los que provienen de Conacyt, en este periodo han contado con financiamiento internacional y privado.

Tabla 5.17 Porcentaje del origen de los recursos económicos generados por los centros de investigación de media-baja sostenibilidad, 2014-2018

	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Centro de investigación A</b>					
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector público</b>	11.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector privado</b>	18.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Otros</b> procedentes de actividades I+D+i*	70.02%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
<b>Centro de investigación D</b>					
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector público</b>	68.71%	61.03%	71.04%	41.88%	58.35%
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector privado</b>	31.29%	31.06%	28.96%	52.98%	41.65%
Licencias/patentes/derechos de autor relativo al <b>sector público</b>	0.00%	0.69%	0.00%	5.14%	0.00%
Licencias/patentes/derechos de autor relativo al <b>sector privado</b>	0.00%	7.23%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Centro de investigación E</b>					
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector público</b>	15.55%	10.49%	23.16%	69.34%	60.86%
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector privado</b>	79.30%	88.83%	76.29%	16.59%	0.00%
<b>Otros</b> procedentes de actividades I+D+i*	5.15%	0.68%	0.55%	14.07%	39.14%
<b>Centro de investigación F</b>					
Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al <b>sector público</b>	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	29.79%
<b>Otros</b> procedentes de actividades I+D+i*	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.21%

\* No relativos a cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos/licencias/patentes/derechos de autor

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.18 Porcentaje del origen de los recursos económicos ejercidos en el año por los centros de investigación de media-baja sostenibilidad para proyectos I+D+i, 2014-2018

	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Centro de investigación A</b>	29.7%	17.3%	13.1%	31.6%	51.4%
Fondos Institucionales	68.8%	77.7%	86.9%	68.4%	48.6%
Fondos Conacyt	0.0%	0.1%	0%	0%	0%
Otros fondos del sector público	1.5%	4.9%	0%	0%	0%
Fondos Internacionales	0%	0%	0%	0%	0%
Fondos privados	29.7%	17.3%	13.1%	31.6%	51.4%
<b>Centro de investigación D*</b>					
Fondos Institucionales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%
Fondos Conacyt	76.4%	62.0%	75.8%	96.0%	75.5%
Otros fondos del sector público	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fondos Internacionales	16.2%	3.8%	17.2%	1.7%	12.0%
Fondos privados	7.4%	2.0%	7.0%	2.2%	8.6%
<b>Centro de investigación E</b>					
Fondos Institucionales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fondos Conacyt	91.2%	78.5%	55.3%	77.1%	46.6%
Otros fondos del sector público	8.2%	19.5%	40.3%	20.9%	52.3%
Fondos Internacionales	0.5%	2.1%	4.3%	2.0%	1.1%
Fondos privados	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<b>Centro de investigación F</b>					
Fondos Institucionales	90.9%	83.5%	93.0%	98.6%	99.7%
Fondos Conacyt	9.1%	16.5%	7.0%	1.4%	0.3%
Otros fondos del sector público	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fondos Internacionales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fondos privados	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

\* 32.2% de origen no especificado

Fuente: Elaboración propia.

Como se analizó en el apartado anterior, la contribución de los ingresos por la comercialización de la propiedad intelectual para el periodo 2014-2018 es muy limitada, en comparación con las otras fuentes de ingreso para los centros de investigación estudiados.

## Capítulo VI

### Conclusiones

Los centros de investigación científica de carácter público en México enfrentan desafíos económicos importantes dadas sus restricciones presupuestales. Los datos recientes muestran que la variabilidad nominal del recurso público autorizado para el sector del conocimiento ha incrementado; sin embargo, la variación real ha tendido a ser la mínima necesaria para compensar la inflación. Por otra parte, las reglas de operación para ejercicio de los recursos públicos pueden llegar a dificultar la atención a las necesidades prioritarias de los centros de investigación y de las IES, con la consecuencia probable de representar obstáculos en el alcance de sus objetivos.

En este contexto, se estableció como objetivo general de la presente investigación, proponer un marco analítico para la sostenibilidad económica en los centros de investigación científica de carácter público en México. Entendiendo por sostenibilidad económica a la relación entre el retorno de recursos por vía de las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) y el presupuesto público otorgado a los centros de investigación para la realización de actividades administrativas, operación, e inversión.

Para atender este objetivo, la investigación se dirigió hacia los centros de investigación científica que cultivaran las áreas del conocimiento correspondientes a la ingeniería y a la fisicomatemática. Por su naturaleza, estos centros de investigación poseen una vocación intrínseca hacia el desarrollo tecnológico, lo que les posibilita la generación de ingresos y, en consecuencia, mayores recursos para avanzar en la consecución de sus metas.

La construcción del marco analítico se abordó desde la vía de la innovación en su vertiente tecnológica y su vertiente organizacional. Para ello se plantearon dos objetivos específicos. El primero, precisar los factores de la innovación tecnológica que inciden en la transformación de conocimiento en valor en los centros de investigación científica de carácter público, sea el valor representado tanto por el aporte de bienes y servicios útiles a la sociedad como por el beneficio económico que proporcione a los centros de investigación mediante los mecanismos de transferencia de conocimiento. El segundo objetivo específico fue presentar una propuesta de innovación organizacional basada en la gestión del conocimiento

que permita establecer las bases para la medición del capital intelectual en los centros de investigación científica de carácter público en México.

El primer objetivo específico emana del siguiente cuestionamiento ¿Cuáles son los factores y condiciones que permiten que el conocimiento generado en los centros de investigación científica se traduzca en bienes y servicios útiles a la sociedad? Para responder a esta pregunta se analizaron los resultados de los seis centros de investigación seleccionados, derivados de la codificación del conocimiento por la vía de la propiedad intelectual, de la creación o existencia de empresas *spin-off* y de la identificación de OTT o de áreas específicas en los centros de investigación para el apoyo o desarrollo de estas actividades.

Se encontró que la problemática de la transformación de conocimiento en valor en los centros de investigación científica públicos a través de la innovación tecnológica es multifactorial. A continuación, se describen estos hallazgos en cumplimiento del primer objetivo específico de la investigación.

La innovación tecnológica en términos de introducción de nuevos productos y servicios al mercado es aún incipiente, sólo dos centros han logrado consolidar los esfuerzos necesarios para lograr la comercialización de patentes. Tampoco se reportan empresas *spin-off*, por lo que este mecanismo de transferencia del conocimiento no ha sido abordado por los centros bajo estudio. En contraste, se encontró que hay centros con destacada codificación del conocimiento por propiedad intelectual, sin embargo, en lo general, no está siendo capitalizada a través de la comercialización, ya que no se indica que existan trámites de comercialización en proceso. Esto puede significar, o que la protección intelectual se busca con el fin de explotar la tecnología de forma exclusiva y que no necesariamente se espera un beneficio económico a partir de su comercialización; o que el interés primario radica en el acrecentamiento del capital reputacional de los centros de investigación por la vía del patentamiento. En los centros de investigación analizados, no se considera como generalidad el no finalizar con éxito el proceso de comercialización, ya que únicamente en uno de los centros se manifiesta que el proceso de comercialización no se ha logrado concretar en el periodo estudiado.

No obstante, dada la definición de sostenibilidad establecida, se encontró que los centros altamente sostenibles obtienen ingresos a partir de cursos, asesorías, contratos, servicios científicos y tecnológicos prestados al sector público y que la codificación del

conocimiento en estos centros está más bien orientada hacia las publicaciones científicas. Mientras que en los centros de media-baja sostenibilidad, de acuerdo con el mismo criterio, tienen una mayor diversidad en el origen de los recursos que generan como lo son ingresos por licencias, patentes y derechos de autor, otras fuentes adicionales por concepto I+D+i, además de una mayor participación por parte del sector privado. Lo que sugiere que estos centros de investigación, a largo plazo, tendrían altas probabilidades de generar ingresos significativos por la vía de la innovación tecnológica.

Se encontró, además, que los centros denominados de alta sostenibilidad obtienen recursos para I+D+i principalmente de fondos públicos, mientras que los centros de media-baja sostenibilidad cuentan con una mayor diversificación en los recursos para estas actividades, ya que manifiestan en mayor medida acceso a fondos internacionales y privados, aunque en bajo porcentaje respecto al financiamiento público.

Estos hallazgos sugieren que el SNCTI en México aún no cuenta con la articulación suficiente entre todos sus actores. La colaboración entre los centros de investigación y el sector privado para desarrollo de proyectos con impacto y de largo aliento es muy limitada, los centros de investigación con alta codificación del conocimiento por la vía de la propiedad intelectual cuentan con escasos beneficios económicos por concepto de la comercialización de sus patentes. Además, los centros de investigación con la capacidad para producir resultados que se traduzcan en productos y servicios innovadores de utilidad a la sociedad enfrentan dificultades inclusive para llegar a una etapa de protección intelectual.

Otra arista importante en cuanto a la articulación de capacidades es la vinculación interinstitucional. La suma de las fortalezas de los centros de investigación, dentro de la especificidad de sus líneas de investigación, posibilita abordar proyectos de largo aliento y alto impacto cuyos resultados representen beneficios al atender problemáticas locales y globales. Si bien este tema no está desagregado por tipo en el indicador de contratos y proyectos, se encontró que la pertenencia de los investigadores a redes nacionales de investigación es un factor común en los centros con alta sostenibilidad y sugiere que, es a partir de la pertenencia a estas redes, que puede surgir la vinculación interinstitucional para la participación conjunta en proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico.

Como recomendación con respecto al primer objetivo, se sugiere explorar mecanismos de colaboración multidisciplinaria o transdisciplinaria entre los centros de investigación con

desarrollo tecnológico y los centros de investigación del área social. Estos últimos cuentan con el capital intelectual requerido para identificar, medir, procesar y concluir sobre problemáticas y factores trascendentales que inciden en el desarrollo y bienestar de la sociedad. Esta sinergia entre el conocimiento científico-tecnológico y el conocimiento científico-social es susceptible de aportar valor a través de la identificación y atención a problemas locales y globales con factibilidad de ser abordados mediante soluciones tecnológicas, así como también posibilita medir el impacto de los beneficios que, una vez aplicada la solución desarrollada, estén aportando a la sociedad.

El segundo objetivo específico deriva del siguiente cuestionamiento ¿De qué forma la gestión de conocimiento puede coadyuvar a contar con elementos para la toma de decisiones estratégicas que impulsen la sostenibilidad económica en los centros de investigación científica? Para responder a esta pregunta la investigación se abordó desde un enfoque cuantitativo mediante la medición del capital intelectual, en sus categorías de capital humano, capital relacional y capital organizacional, a través del análisis de los índices de Spearman aplicados a los seis centros de investigación seleccionados para la investigación. Se realizó una adaptación de los indicadores para adaptarlos al SNCTI de México, y para el cumplimiento del objetivo general, se incorporó la categoría de *sostenibilidad económica*, tal que permitiese identificar correlaciones que impacten directamente sobre este aspecto central de la investigación.

En este contexto, la contribución principal de la investigación radica en que, pese a que existen parámetros clásicos para valorar la productividad de los centros de investigación, no existe un criterio que permita unificar y además cuantificar el capital intelectual con que cuentan los centros de investigación de carácter público en México. Esta metodología arroja indicios sobre los factores que pueden estar incidiendo en el alcance de sus metas y en específico, posibilita identificar aquellos relacionados con su sostenibilidad económica. Al detectar estas relaciones se dispone de una base objetiva sobre la cual se posibilita tomar decisiones estratégicas en la gestión de los centros de investigación, como la que se presenta a continuación a manera de recomendación.

La evidencia que emana a partir de esta investigación sugiere que, dadas las condiciones nacionales en las que aún no se logra consolidar un SNCTI articulado entre sus actores, los centros de investigación con baja sostenibilidad económica podrían, como

primera estrategia, incrementar su participación en la solución de problemas nacionales con propuestas innovadoras surgidas a partir de los resultados de sus investigaciones, ya que esto daría cabida a una mayor colaboración con el sector público, a través de la prestación de servicios o de realización de proyectos de I+D+i.

Las condiciones exógenas a los centros de investigación aún son significativas, por lo que se dificulta que el incremento en la sostenibilidad económica del sector del conocimiento provenga de la innovación tecnológica. No obstante, el impulsar la sinergia de la colaboración con el sector público, y también el privado en la medida de lo posible, puede incentivar un círculo virtuoso hacia la generación de recursos, pero sobre todo de una dinámica que fomente la cultura de la innovación y que permita aplicar los ingresos generados al desarrollo de proyectos de largo aliento con mayor impacto económico y social.

Con base en lo anterior, se acepta la hipótesis planteada: en los centros de investigación científica de México, la innovación organizacional posibilita la caracterización de los factores que condicionan la transformación de los conocimientos generados a fuente de recursos; dicha caracterización, coadyuva a contar con elementos objetivos que posibilitan la definición de estrategias en pro del incremento de la sostenibilidad económica mediante actividades de investigación, desarrollo e innovación tecnológica.

Como trabajo futuro, se sugiere trasladar la investigación hacia un enfoque cualitativo a través de una propuesta metodológica que incluya entrevistas estructuradas con directivos de los centros de investigación científica de carácter público, con el propósito de contrastar los resultados encontrados en la metodología cuantitativa con la operatividad cotidiana de los centros. Además de lo anterior, de estas entrevistas sería viable identificar factores o indicadores de interés adicionales para incorporarlos al marco analítico propuesto.

En un plazo mayor, una línea de trabajo sería estudiar los resultados producidos a partir de la implementación de estrategias resultantes de la aplicación del marco analítico propuesto, para valorar si los factores que se identifican y bajo los cuales se toman acciones estratégicas, están impactando en sus resultados de la forma esperada.

## Referencias

- Abernathy, W., & Utterback, J. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, 80(7), 40-47.
- Acosta Ochoa, A., & Buendía Espinosa, A. (2016). Perspectivas institucionales y educación superior desde miradas globales a espacios locales: el caso de México. *Revista de la Educación Superior*, 45(179), 9–23.
- Ahmed, P. K., Shepherd, C. D., Ramos, L., & Ramos, C. (2012). *Administración de la innovación*. México: Pearson.
- Allameh, S. (2018). Antecedents and consequences of intellectual capital. *Journal of Intellectual Capital*, 19(5), 858-874.
- Arocena, R., & Sutz, J. (2016). *Universidades para el desarrollo*. Universidad de la República, Uruguay. Montevideo: UNESCO.
- Azagra-Caro, J. M., Pardo, R., & Rama, R. (2014). Not searching, but finding: how innovation shapes perceptions about universities and public research organisations. *Journal of Technology Transfer*, 39(3), 454-471.
- Banco Mundial. (2007). *Cómo promueven las universidades el crecimiento económico* (1ra. ed.). Bogotá, Colombia: Mayol Ediciones S.A. .
- Barragán Ocaña, A. (2009). Aproximación a una taxonomía de modelos de gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 5(1), 65-101.
- Barth T.D., & Schlegelmilch W. . (2013). Academic Entrepreneur, Academic Entrepreneurship. En C. E.G. (Ed.), *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*. New York, NY: Springer.
- Bazdresch, C., & Romo, D. (2006). *El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de México en E. Cabrero, D. Valadés y S. López-Ayllón, El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México* (1ra. ed.). México: UNAM.
- Benner, M. (2011). In Search of Excellence? An International Perspective on Governance of University Research. En B. Goransson, & C. Brundenius (Edits.), *Universities in Transition. The changing role and challenges for academic institutions* (págs. 11-24). New York: Springer.

- Bontis, N. (1998). Intellectual capital: an exploratory study that develops measures and models. *Management Decision*, 36(2), 63-76. doi:10.1108/00251749810204142
- Bueno, C. E. (2001). *Gestión del Conocimiento en Universidades y Organismos Públicos de Investigación*. Universidad Autónoma de Madrid, Dirección General de Investigación. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de [https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/16\\_GestionConocimientoUniversidadesOPIS.pdf](https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/16_GestionConocimientoUniversidadesOPIS.pdf)
- Cabrera, M. (2014). *De la ciudad intensiva en conocimiento a la ciudad innovadora: aportaciones de la comunidad científica a la generación de ecosistemas de innovación (tesis doctorado)*. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Economía y Relaciones Internacionales.
- Cabrera-Flores, M., López Leyva, S., & Serrano Santoyo, A. (2017). Relevancia, pertinencia y socialización del conocimiento, ¿cómo contribuyen los investigadores a la innovación de Ensenada, México? *Investigaciones Regionales – Journal of Regional Research*, 37, 31-53.
- Calderón, M. G., & Hartmann, D. (1 de septiembre de 2010). *Una revisión del pensamiento evolucionista y el enfoque de los sistemas de innovación. Una perspectiva del caso latinoamericano*. (R. U. Sociales, Ed.) Recuperado el 11 de mayo de 2019, de <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=379>
- Carayannis, E. G., Cherepovitsyn, A. Y., & Ilinova, A. A. (2016). Technology commercialization in entrepreneurial universities: the US and Russian experience. *Journal of Technology Transfer*, 41(5), 1135-1147.
- Carayannis, E., & Campbell, D. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 24(3/4), 201-234.
- Carayannis, E., & Campbell, D. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41–69.
- Carayannis, E., Rogers, E., Kurihara, K., & Allbritton, M. (1998). High-technology spin-offs from government R & D laboratories and research universities. *Technovation*, 18(1), 1-11.

- Castrejón Mata, C., Hernández Sampieri, R., & Ruiz Rueda, H. (2012). Análisis de modelos de gestión tecnológica en centros de investigación. *Panorama Administrativo*(10), 5-20.
- Centros Conacyt. (2018). *Preguntas frecuentes*. Recuperado el 06 de septiembre de 2018, de [https://centrosconacyt.mx/?post\\_type=preguntas-frecuentes](https://centrosconacyt.mx/?post_type=preguntas-frecuentes)
- CEPAL. (2016). Ciencia, innovación y tecnología en la economía digital. La situación de América Latina y el Caribe.
- CESOP. (14 de marzo de 2006). *Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública*. Recuperado el 8 de mayo de 2019, de [www.diputados.gob.mx/cesop/](http://www.diputados.gob.mx/cesop/)
- Chatterjee, D., Leisyte, L., Dasappa, S., & Sankaran, B. (2018). University research commercialization in emerging economies: a glimpse into the 'black box'. *Science and Public Policy*, 45(3), 361-372.
- Chen, M.-Y., Huang, M.-J., & Cheng, Y.-C. (2009). Measuring knowledge management performance using a competitive perspective: An empirical study. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8449-8459.
- Ciencia y Desarrollo. (s.f.). *Aprovechando el talento, Cátedras Conacyt para jóvenes investigadores*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=397>
- Cirera, X., & Maloney, W. (2017). *The Innovation Paradox*. Washington, DC: World Bank Group. doi:10.1596/978-1-4648-1160-9
- Conacyt. (2015). *Etapas de maduración tecnológica, según metodología "Technology Readiness Level" de la NASA*. Dirección de Comercialización de Tecnología.
- Conacyt. (2017). *Informe general del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en México*. Ciudad de México.
- Conacyt. (2018). *Sistema de Centros Públicos de Investigación Conacyt, un componente primordial para la consolidación de la sociedad del conocimiento*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Conacyt. (s.f.). *Cátedras Conacyt*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-cientifico/catedrasconacyt>

- Conacyt. (s.f.). *Fondos y Apoyos Conacyt*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/fondos-y-apoyos>
- Conacyt. (s.f.). *Sistema de Centros de Investigación*. Recuperado el 27 de mayo de 2020, de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-de-centros-de-investigacion>
- Conacyt. (s.f.). *Sistema Nacional de Investigadores*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>
- Conover, W. J. (1999). *Practical nonparametric statistics*. New York: Willey.
- Cornell University; INSEAD; WIPO. (2019). *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation*.
- Corona Treviño, L. (2018). *Centros de investigación de la UNAM*. México: Centro e Economía y Prospectiva de la Ciencia y la Tecnología.
- Cricelli, L., Greco, M., Grimaldi, M., & Llanes Dueñas, L. (2018). Intellectual capital and university performance in emerging countries. *Journal of Intellectual Capital*, 19(1), 71-95.
- de Frutos-Belizón, J., Martín-Alcázar, F., & Sánchez-Gardey, G. (2019). Conceptualizing academic intellectual capital: definition and proposal of a measurement scale. *Journal of Intellectual Capital*, 20(3), 306-334. doi:10.1108/jic-09-2018-0152
- De Groof, J. (2018). On the 'Innovative University'. A few Challenging Reflections. *European Review*, 26(S1), S114-S123. doi:10.1017/s106279871700059x
- DGEP. (2015). *Diagnóstico Inicial - E021 Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico*. Secretaría de Educación Pública.
- DGEP. (2017). *Diagnóstico - E021 Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico*. Secretaría de Educación Pública.
- DGESU. (2020). *Dirección General de Educación Superior Universitaria*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de <http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/SFODE.aspx>
- DiMaggio P. J., & Powell W. W. (1983). The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. *American Sociological Review*, 48(2), 147-160.

- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1991). *The new institutionalism in organizational analysis*. Chicago: University of Chicago Press.
- DOF. (15 de mayo de 2019). Diario Oficial de la Federación . *DECRETO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de los artículos 3o., 31 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia educativa*.
- Dutrénit, G., De Fuentes, C., & Torres, A. (2010). Channels of interaction between public research organisations and industry and their benefits: evidence from Mexico. *Science and Public Policy*, 37(7), 513–526.
- Edvinsson, L., & Sullivan, P. (1996). Developing a model for managing intellectual capital. *European Management Journal*, 14(4), 356–364.
- Escorsa Castells, P., & Valls Pasola, J. (2003). *Tecnología e innovación en la empresa*. Barcelona: Edicions UPC.
- Etzkowitz, H. (2016). The entrepreneurial university: vision and metrics. *Industry and Higher Education*, 30(2), 83-97.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix of University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, 14(1 ), 14-19. Obtenido de <https://ssrn.com/abstract=2480085>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000a). The dynamics of innovation: from national systems and “Mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29, 109-123.
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., & Terra, B. (2000). The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 29(2), 313-330.
- Euroforum. (1998). *Modelo de medición del Capital Intelectual*. Madrid: Euroforum Escorial.
- Fabrizio, K. R. (2007). University patenting and the pace of industrial innovation. *Industrial and Corporate Change*, 16(4), 505-534.
- Feng, H.-I., Chen, C.-S., Wang, C.-H., & Chiang, H.-C. (2012). The role of intellectual capital and university technology transfer offices in university-based technology transfer. *Service Industries Journal*, 32(6), 899-917.
- Foster, R. (1986). *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books.

- Franco, J. (2016). *Informe a la Mesa Directiva del Foro Consultivo Científico y Tecnológico 2014-2016*. México: FCCyT.
- Funes Cataño, Y. (2007). *Valuación de los activos intangibles el caso de la UNAM*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración.
- Gaceta Politécnica. (2018). Acuerdo por el que se expide el Reglamento para la Transferencia de Conocimiento en el Instituto Politécnico Nacional. *18*(1402), 28-34.
- García Galván, R. (2017). Patentamiento universitario e innovación en México, país en desarrollo: teoría y política. *Revista De La Educación Superior*, *46*(184), 77-96. doi:10.1016/j.resu.2017.11.001
- Gianiodis, P. T., Markman, G. D., & Panagopoulos, A. (2016). Entrepreneurial universities and overt opportunism. *Small Business Economics*, *47*(3), 609-631.
- Gibbons, M. (1992). The industrial-academic research agenda. En R. Whiston (Ed.), *Research and Higher Education – The UK and the US*. Buckingham: SRHE and Open University Press.
- Gibbons, M. (2013). Mode 1, Mode 2, and Innovation. En E. Carayannis (Ed.), *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*. New York, NY: Springer.
- 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*. Londres: Sage.
- GII. (2019). *Global Innovation Index*. Recuperado el 23 de noviembre de 2018, de <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>
- Graff, G., Heiman, A., & Zilberman, D. (2002). University research and offices of technology transfer. *California Management Review*, *45*(1), 88-+.
- Hall, B. (2005). Innovation and Difussion. En D. Fagerberg, D. Mowery, & R. Nelson (Edits.), *The Oxford Hanbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Heijs, J., & Buesa, M. (2016). *Manual de economía de innovación. Tomo I. Teoría del cambio tecnológico y sistemas nacionales de innovación*. Madrid: Universidad Complutense Madrid.
- Hunt, S. (1983). *Marketing Theory: the philosophy of markating science*. New York: Richard D. Irwing, Inc.

- IMPI. (2016). *Informe anual 2016*. Ciudad de México.
- IMPI. (2017). *IMPI en cifras 2017*. Ciudad de México.
- IMPI. (2017). *Informe anual 2017*. Ciudad de México.
- IMPI. (2018). *IMPI en cifras 2018*. Ciudad de México.
- IPN. (1981). *Ley Orgánica del Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de <http://www.ipn.mx/Acerca-del-IPN/Documents/mision-vision/ley-organica.pdf>
- IPN. (2018). *Misión Institucional y Visión*. Recuperado el 16 de septiembre de 2018, de <http://www.ipn.mx/Acerca-del-IPN/Paginas/mision-vision.aspx#>
- IPN. (2018a). *Agenda Estadística enero-diciembre 2018*. Secretaría de Gestión Estratégica, Dirección de Evaluación.
- IPN. (2018a). *Anuario General Estadístico 2018*. México: IPN.
- Izquierdo Alonso, M., Moreno Fernández, L., & Izquierdo Arroyo, J. (2008). Grupos de investigación en contextos organizacionales académicos: una reflexión sobre los procesos de cambio y los retos futuros. *Investigación bibliotecológica*, 22(44), 103-141.
- Khorsheed, M. S., & Al-Fawzan, M. A. (2014). Fostering university-industry collaboration in Saudi Arabia through technology innovation centers. *Innovation-Management Policy & Practice*, 16(2), 224-237.
- Kline, S., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En R. Landau, & N. Rosenberg (Edits.), *The Positive Sum Strategy* (págs. 275-305). Washington, DC: National Academy Press.
- Kolympiris, C., & Klein, P. G. (2017). The Effects of Academic Incubators on University Innovation. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 1(2), 145-170.
- Lam, A. (2005). Organizational Innovation. En J. Fagerberg, D. Mowery, & R. Nelson (Edits.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Landry, R., Amara, N., & Rherrad, I. (2006). Why are some university researchers more likely to create spin-offs than others? Evidence from Canadian universities. *Research Policy*, 35, 1599–1615.
- Lee, Y. C., Lin, G. T., Hsi, P. H., & Lim, S. S. (2016). Evaluating the Commercial Potential of Original Technologies in Universities. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 75(8), 463-465.

- Lehrer, M., Nell, P., & Gaerber, L. (2009). A national systems view of university entrepreneurialism: Inferences from comparison of the German and US experience. *Research Policy*, 38(2), 268-280.
- Ley de Ciencia y Tecnología. (2002). DOF 5 de junio de 2002, última reforma DOF 8 de diciembre de 2015.
- Link, A. N. (1993). Methods for Evaluating the Return on R&D Investments. En M. J. Bozeman B. (Ed.), *Evaluating R&D Impacts: Methods and Practice*. Boston, MA: Springer.
- López G., M., Mejía C., J., & Schmal S., R. (2006). Un acercamiento al concepto de la transferencia de tecnología en las universidades y a sus diferentes manifestaciones. *Panorama Socioeconómico*, 24(32), 70-81.
- López, A., & Lugones, G. (1997). El proceso de innovación tecnológica en América Latina en los años. *Redes*, IV(9), 13-48. Recuperado el 11 de mayo de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90711323001>
- López, S. (2014). *La vinculación de la ciencia y la tecnología con el sector productivo, una perspectiva económica y social* (3ra. ed.). México: Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Loyarte, E., Garcia-Olaizola, I., Marcos, G., Moral, M., Gurrutxaga, N., & Florez-Esnal, J. (2018). Model for calculating the intellectual capital of research centres. *Journal of Intellectual Capital*, 19(4), 787-813.
- Luna Jiménez , A., Reyes Cornelio, R., & Jiménez Vera, Y. (2017). Gestión del conocimiento en universidades públicas mexicanas. *European Scientific Journal*, 13(1), 54-70.
- Lundvall, B. (Ed.). (1992). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers.
- Manual de Organización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (11 de septiembre de 2017). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 8 de mayo de 2019, de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?codnota=5496810&fecha=11/09/2017&cod\\_diario=277582](http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=5496810&fecha=11/09/2017&cod_diario=277582)
- Medellín Cabrera, E. (2003). *La administración del conocimiento en centros públicos de investigación y desarrollo: el caso Centro de Investigación en Química Aplicada*

- (*tesis maestría*). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración, Ciudad de México.
- Medellín Cabrera, E. (2003). *La administración del conocimiento en centros públicos de investigación y desarrollo: el caso del Centro de Investigación en Química Aplicada (tesis maestría)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración.
- Mowery, D. C., & Ziedonis, A. A. (2015). Markets versus spillovers in outflows of university research. *Research Policy*, 44(1), 50-66.
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press.
- Ngoc-Tan, N., & Gregar, A. (2018). Impacts of knowledge management on innovations in higher education institutions: an empirical evidence from Vietnam. *Economics & Sociology*, 11(3), 301-320.
- North, K., & Kumta, G. (2018). *Knowledge Management* (2da. ed.). Switzerland: Springer International Publishing.
- OECD. (2000). *Knowledge Management in the Learning Society*. París.
- OECD/Eurostat. (2005). *Manual de Oslo 2005* (Tercera ed.). Grupo Tragsa.
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (Cuarta ed.). Paris/Eurostat, Luxembourg: OECD Publishing.
- Otsuka, K. (2012). University patenting and knowledge spillover in Japan: panel-data analysis with citation data. *Applied Economics Letters*, 19(11), 1045-1049.
- PECiTI. (30 de julio de 2014). *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018*. Recuperado el 2019 de mayo de 2019, de Diario Oficial de la Federación (DOF):  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5354626&fecha=30/07/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5354626&fecha=30/07/2014)
- Piber, M., & Pietsch, G. (2006). Performance measurement in universities: the case of Knowledge Balance Sheets analyzed from a new institutionalist perspective. En M. J. Epstein (Ed.), *Performance Measurement and Management Control: Improving Organizations and Society* (Vol. 16, págs. 379–401). Oxford: Elsevier.

- Piric, A., & Reeve, N. (1997). Evaluation of Public Investment in R&D: Towards a Contingency Analysis. En *Policy Evaluation in Innovation and Technology: Towards Best Practices* (págs. 49-64). OECD.
- Roberts, E., & Berry, C. (1985). Entering new businesses: Selecting strategies for success. *Sloan Management Review*, 26(3), 3-17.
- Rodríguez, C. E. (2016). *El Sistema Nacional de Investigadores en números*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C.
- Rosenberg, N. (1994). *Exploring the Black Box: Technology, Economics, And History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sánchez, M., Elena-Pérez, S., & Castrillo, R. (2009). Intellectual capital dynamics in universities: a reporting model. *Journal of Intellectual Capital*, 10(2), pp.307-324.
- Schmitz, A., Urbano, D., Dandolini, G. A., de Souza, J. A., & Guerrero, M. (2016). Innovation and entrepreneurship in the academic setting: a systematic literature review. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 13(2), 369-395. doi:10.1007/s11365-016-0401-z
- Schuetze, H. (1996a). Innovation systems, regional development, and the role of universities in industrial innovation. *Industry and Higher Education*, 10(2), 71-78.
- Schuetze, H. (1996b). Knowledge, innovation and technology transfer – Universities and their industrial community. En H. F. Elliot (Ed.), *Communities and their Universities – The Challenge of Lifelong Education*. Londres: Lawrence and Wishart.
- Schuetzenmeister, F. (2 de enero de 2010). *University Research Management: An Exploratory Literature Review*. Recuperado el 10 de junio de 2020, de UC Berkeley: Institute of European Studies: <https://escholarship.org/uc/item/77p3j2hr>
- Secundo, G., De Beer, C., Schutte, C. S., & Passiante, G. (2017a). Mobilising intellectual capital to improve European universities' competitiveness The technology transfer offices' role. *Journal of Intellectual Capital*, 18(3), 607-624.
- Secundo, G., Perez, S. E., Martinaitis, Z., & Leitner, K. H. (2017b). An Intellectual Capital framework to measure universities' third mission activities. *Technological Forecasting and Social Change*, 123, 229-239.
- SEP. (2016). *Evaluación de Diseño Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico*. Secretaría de Educación Pública.

- Serenko, A., & Bontis, N. (2004). Meta-review of knowledge management and intellectual capital literature: citation impact and research productivity rankings. *Knowledge And Process Management*, 11(3), 185-198. doi:10.1002/kpm.203
- Shumpeter, J. (1934). *The theory of economic development*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Siegel, D., Waldman, D., Atwater, L., & Link, A. (2004). Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*, 21(1-2), 115-142.
- Silva Payró, M. P., García Martínez, V., & Aquino Zúñiga, S. P. (2016). Retos de crecimiento del sistema nacional de investigadores (SNI) del consejo nacional de ciencia y tecnología (Conacyt) en México. *Actualidades Investigativas en Educación*, 16(2), 1-24.
- SJR. (2020). *SCImago Journal Rank*. Recuperado el 6 de noviembre de 2019, de <http://www.scimagojr.com/countryrank.php>
- Smilor, R., O'Donnell, N., Stein, G., & Welborn, R. S. (2007). The Research University and the Development of High-Technology Centers in the United States. *Economic Development Quarterly*, 21(3), 203-222.
- Solleiro R., J. L., & Terán B., A. (2012). *Buenas prácticas de gestión de la innovación en centros de investigación tecnológica*. Ciudad de México: Instituto de Investigaciones Eléctricas y Universidad Nacional Autónoma de México.
- Solleiro, J. L. (2010). *Gestión del conocimiento en centros de investigación y desarrollo de México, Brasil y Chile*. Ciudad de México: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede México.
- Solleiro, J. L., Castañón, R., Herrera, A., González, A., & Escalante, F. (2009). Knowledge Management and Value Creation in Public Research Centers: The Development of a Diagnosis Tool. *Memorias PICMET Innovation Conference* (págs. 941-948). Portland: PICMET.
- Stefani, F. (agosto de 2018). *Rol actual y futuro de la ciencia en la innovación industrial y el crecimiento económico en Argentina*. Obtenido de

- [https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2019/05/Docuemnto\\_Stefani.pdf](https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2019/05/Docuemnto_Stefani.pdf)
- Steffensen, M., Rogers, E., & Speakman, K. (2000). Spin-offs from research centers at a research university. *Journal of Business Venturing*, *15*(1), 93-111.
- Teece, D. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, *15*(6), 285-305. doi:10.1016/0048-7333(86)90027-2
- Tijssen, R. J., & Winnink, J. J. (2018). Capturing 'R&D excellence': indicators, international statistics, and innovative universities. *Scientometrics*, *114*(2), 687-699.
- Tikhomirova, N., Tikhomirov, V., Telnov, Y., & Maksimova, V. (2010). The University's Integrated Knowledge Space in Knowledge Management. En A. Green, M. Stankosky, & L. Vandergriff (Edits.), *Search of knowledge management: pursuing primary principles* (págs. 147-159).
- Times Higher Education. (2019). *THE World University Rankings*. Recuperado el 1 de junio de 2020, de <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/world-university-rankings-2020-methodology>
- Topete Barrera, C., & Bustos Farías, E. (2008). *Sociedad del Conocimiento y Gestión del Capital Intelectual en Instituciones de Educación Superior Públicas Mexicanas*. Ciudad de México: Sociedad Cooperativa de Producción.
- Tsinghua University. (2017). *Tsinghua University*. Recuperado el 24 de mayo de 2020, de [https://www.timeshighereducation.com/sites/default/files/institution\\_downloads/2017\\_brochure\\_tsinghua\\_1.pdf](https://www.timeshighereducation.com/sites/default/files/institution_downloads/2017_brochure_tsinghua_1.pdf)
- Tushman, M., & Rosenkopf, L. (1992). Organizational determinants of technological change: toward a sociology of technological evolution. En B. Staw, & L. Cummings (Edits.), *Research in Organizational Behavior* (Vol. 14, págs. 311-347). Greenwich, Connecticut: JAI Press.
- Tzortzaki, A., & Mihiotis, A. (2014). A Review of Knowledge Management Theory and Future Directions. *Knowledge and Process Management*, *21*(1), 29-41. doi:10.1002/kpm.1429
- Ugalde, L. (s.f.). *Planeación, programación y rendición de cuentas del presupuesto de las universidades públicas en México: razones, resultados y retos*. Integralia.

- UNAM. (2009). *Autonomía Universitaria y Universidad Pública. El Autogobierno Universitario*. . México: UNAM.
- UNAM. (2018). *Qué es la UNAM*. Recuperado el 06 de septiembre de 2018, de <https://www.unam.mx/acerca-de-la-unam/que-es-la-unam>
- van Vught, F. (1999). Innovative universities. *Tertiary Education and Management*, 5(4), 347-354. doi:10.1080/13583883.1999.9967001
- Vick, T. E., Nagano, M. S., & Popadiuk, S. (2015). Information culture and its influences in knowledge creation: Evidence from university teams engaged in collaborative innovation projects. *International Journal of Information Management*, 35(3), 292-298.
- Vico, E. P., Hellsmark, H., & Jacob, M. (2015). Enacting knowledge exchange: a context dependent and 'role-based' typology for capturing utility from university research. *Prometheus*, 33(1), 3-20.
- Weckowska, D. M., Molas-Gallart, J., & Tang, P. (2018). University patenting and technology commercialization – legal frameworks and the importance of local practice. *R & D Management*, 48(1), 88-108.
- Ziman, J. (2003). *¿Qué es la ciencia?* (E. Pérez Sedeño, & N. Galicia Pérez, Trads.) Madrid: Cambridge University Press.

# **Anexo**

**Formulario para recolección de datos de los centros de investigación**

## Formulario para llenado de datos de los Centros de Investigación (CI)

**Centro de Investigación:** \_\_\_\_\_  
**Fecha de llenado:** \_\_\_\_\_  
**Responsable de la información:** \_\_\_\_\_  
**Correo(s) electrónico(s) de contacto:** \_\_\_\_\_  
**Teléfono(s) de contacto:** \_\_\_\_\_

Datos correspondientes a

**2014-2018**

En caso de requerir espacio adicional para las especificaciones solicitadas, favor de incorporar las hojas necesarias y señalar el anexo correspondiente en el espacio para observaciones. Gracias por su apoyo.

Datos financieros	2014	2015	2016	2017	2018
<b>[01]</b> Especificar los recursos económicos ejercidos en el año por el CI para proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i):					
Del total de recursos, aporte la siguiente información:					
1.1 Fondos Institucionales					
1.2 Fondos CONACYT					
1.3 Otro tipo de fondos del sector público [especificar]					
1.4 Fondos Internacionales					
1.5 Fondos privados					
<b>[02]</b> Presupuesto público ejercido por el CI, de acuerdo a los siguientes rubros:					
2.1 Nómina (Capítulo 1000)					
2.2 Gasto corriente (Capítulos 2000, 3000 y 4000)					
2.3 Inversión (Capítulo 5000)					
<b>[03]</b> ¿Dedicó presupuesto de gasto corriente [2.2] o inversión [2.3] para proyectos de I+D+i?					
3.1 En caso de respuesta afirmativa [03], indicar el monto					
<b>[04]</b> ¿A nivel central se administra parte o la totalidad del presupuesto para gasto corriente [2.2] o inversión [2.3]?					
4.1 En caso de respuesta positiva en [04], indicar el monto					
<b>[05]</b> Total de recursos económicos generados por el Centro de Investigación (CI)					
De la cantidad especificada en [05], indicar montos generados por:					
5.1 Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al sector público [especificar]					
5.2 Cursos/asesorías/contratos/servicios científicos o tecnológicos al sector privado [especificar]					
5.3 Licencias/patentes/derechos de autor relativo al sector público [especificar]					
5.4 Licencias/patentes/derechos de autor relativo al sector privado [especificar]					
5.5 Spin-off [especificar]					
5.6 Otros procedentes de las actividades de I+D+i [especificar]					
<b>[06]</b> De los recursos económicos generados por el CI [05], indicar el monto ejercido para I+D+i [especificar actividades/proyectos y año en que se ejercieron]					
<b>Capital humano</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>[07]</b> Cantidad de investigadores [especificar: base, interinos, por contrato, otro(s)], sin considerar profesores de Cátedras CONACYT o posdoctorantes					
Del total de investigadores en [07], indicar:					
7.1 SNI Eméritos					
7.2 SNI III					
7.3 SNI II					
7.4 SNI I					
7.5 SNI Candidatos					
7.6 Cuantos tienen otros estímulos económicos derivados de la I+D+i [especificar programa(s)]					
7.7 Cuantos pertenecen a asociaciones o redes de investigación nacionales					
7.8 Cuantos pertenecen a asociaciones o redes de investigación internacionales					

**[08]** Cantidad de técnicos académicos [especificar si son de base, interinos, por contrato, otro(s)]

<i>Del total de técnicos académicos en [08], indicar:</i>					
8.1 SNI Eméritos					
8.2 SNI III					
8.3 SNI II					
8.4 SNI I					
8.5 SNI Candidatos					
8.6 Cuantos tienen otros estímulos económicos derivados de la I+D+i [especificar programa(s)]					
8.7 Cuantos pertenecen a asociaciones o redes de investigación nacionales					
8.8 Cuantos académicos que pertenecen a asociaciones o redes de investigación internacionales					
[09] Cantidad de posdoctorantes					
<i>Del total de posdoctorantes [09], indicar:</i>					
9.1 SNI Eméritos					
9.2 SNI III					
9.3 SNI II					
9.4 SNI I					
9.5 SNI Candidatos					
9.6 Cuantos pertenecen a asociaciones o redes de investigación nacionales					
9.7 Cuantos pertenecen a asociaciones o redes de investigación internacionales					
[10] Cantidad de profesores del programa de Cátedras CONACYT					
<i>Del total de profesores del programa de Cátedras CONACYT [10], indicar:</i>					
10.1 SNI III					
10.2 SNI II					
10.3 SNI I					
10.4 SNI Candidatos					
10.5 Cuantos pertenecen a asociaciones o redes de investigación nacionales					
10.6 Cuantos pertenecen a asociaciones o redes de investigación internacionales					
[11] Cantidad de Investigadores visitantes nacionales [al menos 6 meses de estancia]					
[12] Cantidad de Investigadores visitantes internacionales [al menos 6 meses de estancia]					
[13] Cantidad de alumnos de doctorado					
<i>Del total de alumnos de doctorado [13], indicar cuantos</i>					
13.1 tienen apoyo de fondos públicos para sus estudios [especificar tipo]					
13.2 tienen apoyo de fondos privados para sus estudios [especificar tipo]					
13.3 autofinancian sus estudios					
13.4 son extranjeros					

<b>Publicaciones y propiedad intelectual</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
[14] Cantidad de artículos publicados indizados en el JCR					
[15] Índice H promedio de los investigadores y técnicos académicos que pertenecen al SNI, según Web Of Science					
[16] Cantidad de solicitudes de patente ingresadas al Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual (IMPI) durante el año					
[17] Cantidad de patentes otorgadas al CI durante el año					
[18] Cantidad de patentes comercializadas en el año					
[19] Cantidad de patentes que, al finalizar el año, quedaron en trámite de comercialización					
[20] Total de patentes vigentes del CI en el año					
<i>Del total de patentes en [20], indicar cantidad total de:</i>					
20.1 Patentes comercializadas					
20.2 Patentes sin comercializar					

<b>Decisiones estratégicas</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
[21] Existencia de un plan estratégico de investigación y desarrollo tecnológico [breve descripción]					

21.1 En caso de respuesta afirmativa [21], realizar una breve descripción del plan:

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
[22] Existencia de mecanismos para evaluar el plan estratégico de investigación y desarrollo tecnológico					

22.1 En caso de que la respuesta sea afirmativa [22], indicar: frecuencia, breve descripción y resultado general de la evaluación del plan estratégico en el año:

Capital relacional	2014	2015	2016	2017	2018
[23] Cantidad de spin-off creadas en el año					
[24] Cantidad de spin-off activas en el año					
[25] Cantidad de contratos con el <b>sector privado</b> [especificar: cursos, servicios, asesorías, desarrollos, otros]					
[26] Cantidad de contratos con el <b>sector público</b> [especificar: cursos, servicios, asesorías, desarrollos, otros]					

Oficinas de Transferencia de Tecnología	2014	2015	2016	2017	2018
[27] Existencia de una Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT) institucional					
[28] Existencia de un área específica en el CI que realice o apoye las actividades de una OTT					
[29] <i>Lista de verificación de actividades de la OTT y/o área en el CI</i>					
<input checked="" type="checkbox"/> Gestión de la propiedad intelectual					
<input checked="" type="checkbox"/> Actividades de contratación de investigación					
<input checked="" type="checkbox"/> Gestión relativa a Spin-off					
<input checked="" type="checkbox"/> Otros [especificar]					
[30] Presupuesto que destinó el CI para las actividades [29] durante el año [especificar procedencia del presupuesto]					

Participación en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i	2014	2015	2016	2017	2018
[31] Existencia de actividades relacionadas con la formulación de políticas nacionales para la I+D+i					
[32] <i>Lista de verificación de actividades relacionadas con la formulación de políticas</i>					
<input checked="" type="checkbox"/> Participación en comités nacionales e internacionales					
<input checked="" type="checkbox"/> Participación en la formulación de programas a largo plazo					
<input checked="" type="checkbox"/> Estudios relacionados con las políticas de I+D+i					
<input checked="" type="checkbox"/> Otras [especificar]					
[33] <i>Seleccione la escala de importancia para el CI de estas actividades</i>					
<i>5-Muy importante, 4-Importante, 3-Moderadamente importante, 2-De poca importancia, 1-Sin importancia</i>					
[34] Presupuesto que destinó el CI para estas actividades [32] durante el año [especificar procedencia del presupuesto]					
[35] Existencia de mecanismos para evaluar el impacto de la participación del CI en la formulación de políticas nacionales para la I+D+i					

35.1 En caso de que la respuesta sea afirmativa [35], indicar: frecuencia, breve descripción y resultado general de la participación del CI en la formulación de políticas nacionales en el año:

Comprensión pública de la ciencia	2014	2015	2016	2017	2018
[36] Existencia de actividades y eventos específicos para promover la ciencia					
[37] <i>Seleccione la escala de importancia para el CI de estas actividades y eventos</i>					
<i>5-Muy importante, 4-Importante, 3-Moderadamente importante, 2-De poca importancia, 1-Sin importancia</i>					
[38] Presupuesto que destinó el CI para estas actividades durante el año [especificar procedencia del presupuesto]					
[39] Existencia de mecanismos para evaluar el impacto de las actividades para promover la ciencia [frecuencia, breve descripción y resultado general en el año]					

39.1 En caso de que la respuesta sea afirmativa [39], indicar: frecuencia, breve descripción y resultado general de las actividades de promoción de la ciencia por parte del CI en el año: