



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración

Prospectiva Tecnológica para Centros Públicos de Investigación
con base en sus Capacidades Tecnológicas

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Doctor en Gestión Tecnológica e Innovación

Presenta:

Adela Eugenia Rodríguez Salazar

Dirigido por:

Dra. Denise Gómez Hernández

Querétaro, Qro. a 25 de octubre, 2021



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración
Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación

Prospectiva Tecnológica para Centros Públicos de Investigación
con base en sus Capacidades Tecnológicas

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Doctor en Gestión Tecnológica e Innovación

Presenta:

Adela Eugenia Rodríguez Salazar

Dirigido por:

Dra. Denise Gómez Hernández

Dra. Denise Gómez Hernández
Presidente

Dr. Juan José Méndez Palacios
Secretario

Dr. Ignacio Almaraz Rodríguez
Vocal

Dr. Martín Vivanco Vargas
Suplente

Dr. Julio Alcántar Flores
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Octubre, 2021
México

RESUMEN

La prospectiva tecnológica, como elemento importante dentro de la planeación estratégica para la innovación, ha sido utilizada para identificar futuros deseables de distintas áreas del conocimiento. No obstante, en México no es una práctica común, especialmente en los centros públicos de investigación (CPI) de base científico-tecnológica, los cuales son considerados como estratégicos para el desarrollo tecnológico y económico del país.

La presente investigación tiene como fin brindar a dichos centros una propuesta metodológica de prospectiva tecnológica basada en sus capacidades dinámicas (CD) y tecnológicas (CT), como mecanismo de apoyo para la delimitación y dirección de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico hacia mejores escenarios futuros.

La investigación se llevó a cabo en tres fases. En la primera, se identificaron y analizaron las CD relacionadas con la investigación más significativas; así como, su influencia sobre los resultados de la producción científica de los CPI; lo que hizo posible determinar un marco de CD para los CPI mexicanos y precisar los principales métodos de prospectiva, a considerar dentro de la propuesta metodológica. Posteriormente, se identificaron y analizaron las CT, relacionadas con la investigación, de los CPI; mediante la evaluación del nivel de desarrollo de dichas capacidades, así como su influencia en la producción científica. De lo anterior, se estableció un marco de CT de los CPI mexicanos, y se determinaron las más relevantes para la propuesta metodológica.

Por último, en la tercera fase, se desarrolló dicha propuesta, conformada por las siguientes fases: 1) Consideraciones previas: objetivos, recursos y plazos; 2) Alcance: límites del estudio y contenido; 3) Creativa: futuros alternativos; 4) Organización: prioridades para el futuro deseable seleccionado; 5) Estrategia: toma de decisiones para la implementación del cambio; 6) Acción: transformación hacia el futuro deseable; 7) Evaluación: medición de resultados de fases anteriores; y 8) Interacción: flujo de información e interrelación entre fases del estudio.

Palabras clave: prospectiva tecnológica, centros de investigación, capacidades dinámicas, capacidades tecnológicas

SUMMARY

Technology foresight, as an important element in strategic planning for innovation, has been used to identify desirable futures in different areas of knowledge. However, in Mexico it is not a common practice, especially in public research centers (PRI), with a scientific-technological base, which are considered strategic for the technological and economic development of the country.

The purpose of this research is to provide these centers with a technology foresight proposal based on their dynamic (DC) and technological (TC) capabilities, as a support mechanism for the delimitation and direction of technological research and development activities towards better scenarios. futures.

The research was carried out in three phases. In the first, the most significant research-related DCs were identified and analyzed; as well as, their influence on the results of the scientific production of the PRI; which made it possible to determine a DC framework for Mexican PRIs and specify the main foresight methods, to be considered within the methodological proposal. Subsequently, the TCs, related to the investigation, of the PRIs were identified and analyzed; by evaluating the level of development of these capabilities, as well as their influence on scientific production. From the above, a TC framework for Mexican PRIs was established, and the most relevant ones for the methodological proposal were determined.

Finally, in the third phase, said proposal was developed, consisting of the following phases:

1) Previous considerations: objectives, resources and deadlines; 2) Scope: limits of the study and content; 3) Creative: alternative futures; 4) Organization: priorities for the selected desirable future; 5) Strategy: decision-making for the implementation of the change; 6) Action: transformation towards the desirable future; 7) Evaluation: measurement of results from previous phases; and 8) Interaction: information flow and interrelation between study phases.

Key words: technology foresight, research public institutions, dynamical capabilities, technological capabilities

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme abierto el camino y darme la oportunidad de alcanzar una de mis metas personales, así como por haberme dado consuelo y fortaleza para seguir adelante pese a las circunstancias difíciles y dolorosas por las que atravesé al principio de mis estudios doctorales; Tú hiciste que no claudicara, ni aventara las cosas por la borda y siguiera adelante, ¡Muchísimas gracias Señor!

También quiero agradecer al Instituto Politécnico Nacional, al COTEBAL-IPN, a la Universidad Autónoma de Querétaro y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por los apoyos brindados para realizar mis estudios doctorales.

De igual forma, agradezco con todo mi corazón a ti Miguel, porque me has acompañado a lo largo de esta etapa, no solo dándome ánimo para seguir, sino también por tus consejos y apoyo en todo lo que he necesitado en este tiempo.

Doy gracias a mis profesores del doctorado, así como a mi directora de tesis, Dra. Denise Gómez, por sus conocimientos, consejos y las directrices brindadas para el desarrollo de este trabajo de investigación.

También doy gracias a mis compañeros del doctorado, en especial a Maggie, Ale, Mari y Carla, por haberme brindado su amistad y cariño.

Por último y no menos importante, doy gracias a mi familia por el amor que siempre me han dado, para avanzar en el camino de la vida.

A todos ustedes muchísimas gracias siempre!

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 3 |
| SUMMARY | 4 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 5 |
| ÍNDICE..... | 6 |
| LISTA DE TABLAS | 8 |
| LISTA DE FIGURAS | 10 |
| I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| <i>1.1 Planteamiento del problema</i> | 11 |
| <i>1.2 Hipótesis</i> | 13 |
| <i>1.3 Preguntas de investigación</i> | 13 |
| <i>1.4 Objetivos</i> | 14 |
| <i>1.5 Justificación</i> | 15 |
| <i>1.6 Pertinencia del estudio</i> | 17 |
| <i>1.7 Estructura de la tesis</i> | 18 |
| 1. PROSPECTIVA TECNOLÓGICA..... | 20 |
| <i>1.1 Gestión tecnológica</i> | 20 |
| <i>1.2 Prospectiva tecnológica</i> | 25 |
| <i>1.3 Métodos de prospectiva tecnológica</i> | 38 |
| <i>1.4 Estado del arte sobre prospectiva tecnológica</i> | 48 |
| 2. CAPACIDADES DINÁMICAS | 57 |
| <i>2.1 Antecedentes</i> | 57 |
| <i>2.2 Teorías de las capacidades dinámicas</i> | 58 |
| <i>2.3 Concepto de capacidades dinámicas</i> | 59 |
| <i>2.4 Factores que determinan las capacidades dinámicas</i> | 63 |
| <i>2.5 Elementos principales de las capacidades dinámicas</i> | 64 |
| <i>2.6 Replicabilidad de los procesos organizacionales</i> | 66 |
| <i>2.7 La prospectiva tecnológica como una capacidad dinámica</i> | 67 |
| 3. CAPACIDADES TECNOLÓGICAS | 69 |
| <i>3.1 Tecnología</i> | 69 |
| <i>3.2 Definición de capacidades tecnológicas</i> | 70 |
| <i>3.3 Desarrollo y acumulación de las capacidades tecnológicas</i> | 73 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.4 | <i>Clasificación de las capacidades tecnológicas.</i> | 75 |
| 3.5 | <i>Indicadores de las capacidades tecnológicas.</i> | 77 |
| 4. | CENTROS DE INVESTIGACIÓN | 85 |
| 4.1 | <i>Antecedentes de los centros de investigación.</i> | 85 |
| 4.2 | <i>Centros Públicos de Investigación.</i> | 86 |
| 4.3 | <i>Líneas de Investigación</i> | 97 |
| 5. | METODOLOGÍA | 100 |
| 5.1 | <i>Objetivos</i> | 100 |
| | <i>Objetivos Específicos.</i> | 100 |
| 5.2 | <i>Preguntas de investigación</i> | 101 |
| 5.3 | <i>Hipótesis</i> | 101 |
| 5.4 | <i>Definición del campo de estudio</i> | 101 |
| | <i>Muestreo.</i> | 102 |
| 5.5 | <i>Marco Conceptual.</i> | 102 |
| 5.6 | <i>Diseño de la investigación.</i> | 102 |
| 5.7 | <i>Recopilación de datos</i> | 104 |
| 6. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 110 |
| 6.1 | <i>Estudio exploratorio sobre prospectiva en CPI mexicanos</i> | 110 |
| 6.2 | <i>FASE 1: Diseño de la herramienta metodológica de estudio exploratorio.</i> | 111 |
| 6.3 | <i>FASE 1: Confiabilidad y validez de la herramienta del estudio exploratorio</i> | 116 |
| 6.4 | <i>FASE 1: Estudio de caso de prospectiva tecnológica en los CPIs españoles.</i> | 129 |
| 6.5 | <i>FASE 1: Diseño de herramienta metodológica para estudio correlacional de las capacidades dinámicas y la productividad en los CPI.</i> | 132 |
| | <i>Resultados obtenidos del estudio correlacional.</i> | 135 |
| 6.6 | <i>FASE 1: Marco de capacidades dinámicas de los CPI mexicanos, resultado de la Fase 1 de la investigación</i> | 142 |
| 6.7 | <i>FASE 2: Estudio descriptivo sobre las capacidades tecnológicas de los CPI mexicanos</i> | 144 |
| 6.8 | <i>FASE 2: Estudio correlacional de las capacidades tecnológicas y la productividad de los CPI</i> | 161 |
| 6.9 | <i>FASE 3: Construcción de propuesta metodológica de prospectiva tecnológica para CPI con base en sus capacidades dinámicas y tecnológicas</i> | 167 |
| 6.10 | <i>Descripción de la metodología de prospectiva tecnológica para CPI de base científico-tecnológica en México</i> | 169 |
| | CONCLUSIONES | 177 |
| | REFERENCIAS | 181 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Funciones de la Gestión Tecnológica..... | 25 |
| Tabla 2. . Evolución teórica de la definición de la Prospectiva Tecnológica | 30 |
| Tabla 3 Fases de la prospectiva tecnológica como sistema de aprendizaje..... | 36 |
| Tabla 4. Clasificación de los métodos de prospectiva según su naturaleza | 40 |
| Tabla 5. Estudios de prospectiva tecnológica en organizaciones de investigación de base tecnológica | 56 |
| Tabla 6. Fases del proceso de adquisición de capacidades tecnológicas | 75 |
| Tabla 7. Indicadores de capacidades tecnológicas | 78 |
| Tabla 8. Matriz de desarrollo de capacidades tecnológicas | 79 |
| Tabla 9. Resumen de métricas de evaluación utilizadas en ciencia, tecnología e innovación. | 92 |
| Tabla 10. Elementos de evaluación del Convenio de Administración por Resultados | 94 |
| Tabla 11. Matriz de medición de producción científica de universidades mexicanas..... | 95 |
| Tabla 12. Criterios de evaluación del Programa Nacional de Posgrados de Calidad | 96 |
| Tabla 13. Marco de capacidades dinámicas- prospectiva de centros de investigación..... | 112 |
| Tabla 14. Cuestionario de los indicadores de la capacidad dinámica de detección (sensing) | 114 |
| Tabla 15. Cuestionario de los indicadores de la capacidad dinámica de aprovechamiento (Seizing) | 115 |
| Tabla 16. Cuestionario de los indicadores de la capacidad dinámica de reconfiguración de recursos (Reconfiguration) | 116 |
| Tabla 17. Herramienta metodológica del estudio exploratorio | 117 |
| Tabla 18. Relación entre el tipo de investigación realizada por los CPI, y las variables de la capacidad de detección del marco de las capacidades dinámicas | 125 |
| Tabla 19. Relación entre el tipo de investigación realizada en los CPIs y las variables de la capacidad de aprovechamiento del marco de las capacidades dinámicas | 127 |
| Tabla 20. Relación entre el tipo de investigación realizada por los CPIs y las variables de la capacidad de reconfiguración del marco de capacidades dinámicas..... | 128 |
| Tabla 21. Capacidades dinámicas de centros de investigación españoles..... | 131 |
| Tabla 22. Marco de criterios de producción científica de los CPI | 133 |
| Tabla 23. Preguntas correspondientes al cuestionario de fase 1, estudio correlacional. | 134 |
| Tabla 24. Resultados de prueba ANOVA y correlación Pearson realizados para evaluar las capacidades que impactan la productividad de los CPI | 136 |
| Tabla 25. Resultados de prueba de ANOVA y correlación Pearson realizados para evaluar los factores que impactan en la integración/ transferencia del conocimiento de los CPI | 138 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 26. Matriz para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México | 145 |
| Tabla 27: Fases de adquisición de capacidades tecnológicas | 146 |
| Tabla 28. Marco obtenido para la identificación y medición de las CT de CPI | 146 |
| Tabla 29. Cuestionario sobre las capacidades tecnológicas de los CPI mexicanos..... | 148 |
| Tabla 30. Criterios para determinar el nivel de desarrollo de las capacidades tecnológicas | 151 |
| Derivado de las respuestas del cuestionario, se identificaron las capacidades tecnológicas de los CPI relacionadas con el cambio tecnológico, lo cual permitió la construcción de un marco de capacidades tecnológicas de los CPI de base científico-tecnológica mexicanos (Tabla 31). | 155 |
| Tabla 31. Marco de capacidades tecnológicas de CPI mexicanos..... | 156 |
| Tabla 33. Resultados de correlaciones Pearson de las capacidades de innovación y las capacidades de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial. | 160 |
| Tabla 34. Resultados de correlación Pearson de la vinculación científico-tecnológica con la producción científica de los CPI mexicanos..... | 166 |

Dirección General de Bibliotecas UAO

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Modelo Nacional de Gestión Tecnológica | 24 |
| Figura 2. Fases de la Prospectiva Tecnológica | 33 |
| Figura 3. Fases de la prospectiva sistémica | 37 |
| Figura 4. Clasificación de los métodos de prospectiva según la frecuencia de uso | 42 |
| Figura 5. Matriz de capacidades tecnológicas | 76 |
| Figura 6. Diagrama conceptual de operación de un centro de investigación | 89 |
| Figura 7. Porcentaje del tipo de investigación (a) y plazos de la investigación (b) realizados en los CPI... .. | 121 |
| Figura 8. Criterios de actualización de líneas de investigación utilizados en CPI mexicanos..... | 122 |
| Figura 9. Métodos de prospectiva tecnológica utilizados en CPI mexicanos | 123 |
| Figura 10. Marco de capacidades dinámicas de los CPI en México..... | 143 |
| Figura 11. Desarrollo de las capacidades de inversión en CPI mexicanos..... | 152 |
| Figura 12. Desarrollo de capacidades de asimilación en CPI mexicanos..... | 153 |
| Figura 13. Desarrollo de capacidades de innovación en CPI mexicanos | 154 |
| Figura 14. Nivel de capacidades de soporte y vinculación de los CPI | 155 |
| Figura 15. Esquema de prospectiva tecnológica para CPI mexicanos de base científico-tecnológica | 169 |

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Planteamiento del problema

La prospectiva tecnológica consiste en tentativas sistemáticas para observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad, con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan mayores beneficios económicos y sociales (Martin, 1996); por lo que a través de ella es posible la realización del análisis de los caminos probables que puede tomar el desarrollo de una tecnología clave, así como de las variables que puedan influir en ella; de igual forma, permite detectar la forma en que dichas tecnologías pudieran afectar a la sociedad y tomar medidas pertinentes anticipadamente.

Por otra parte, además de permitir la identificación oportuna de las necesidades de un sector en cuanto a desarrollo científico y tecnológico, así como de soluciones tecnológicas anticipadas (Miles y col., 2008), la prospectiva tecnológica representa una herramienta clave para reducir el nivel de incertidumbre, para quienes ocupan posiciones estratégicas en la toma de decisiones de mediano y largo plazo sobre políticas tecnológicas y científicas, no solo de instituciones y/o sectores, sino de países (Martin, 1995). Debido a los buenos resultados que se han obtenido a través de la práctica de estudios de prospectiva tecnológica, se ha incrementado su utilización, de tal forma que en algunos países son parte de las estrategias nacionales de competitividad; por lo que, cada vez es más frecuente su aplicación en corporaciones, diferentes sectores económicos, y a nivel Estado, con el objetivo de establecer prioridades científicas y tecnológicas que favorezcan el desarrollo de los distintos niveles del entorno económico-social.

Así pues, los países que se destacan en publicaciones, patentes triádicas, áreas de especialización y son punteros en la investigación científica y tecnológica, son los que realizaron estudios de prospectiva tecnológica para orientar sus investigaciones y proyectos, como Estados Unidos, Japón, Francia, Reino Unido y Alemania (Martin, 1995). Además, han ocupado en la última década los primeros lugares dentro del índice global de innovación.

No obstante, en México no se le ha brindado suficiente valor a los estudios prospectivos, de modo que, el abordaje de las investigaciones sobre este enfoque es escaso, lo que debilita sistemáticamente los espectros venideros, al dejar de lado el valor de la anticipación tecnológica, entendida como el conjunto de actividades que permite el preludio de escenarios futuros y posibles de ciencia y la tecnología, bajo el comportamiento histórico de variables cercanas a un fenómeno o serie de fenómenos (Gándara y Vela, 2014).

Cabe mencionar, que en el año 2014 fue incluido dentro de las funciones establecidas en el Manual de organización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), la realización de estudios de prospectiva con la finalidad de identificar oportunidades en materia de desarrollo científico, desarrollo tecnológico e innovación, así como en materia de formación de recursos humanos de alto nivel, para formular políticas, estrategias, esquemas de innovación y desarrollo tecnológico en beneficio del país (DOF, feb 2014). De igual forma, la última reforma a la Ley de Ciencia y Tecnología (2015) establece como una de las bases de política de Estado, la integración de esfuerzos de quienes generan y utilizan el conocimiento científico y tecnológico, para el impulso de áreas de conocimiento estratégicas para el desarrollo del país.

Sin embargo, debido a la reciente inclusión de los estudios de prospectiva tecnológica dentro de las funciones del órgano rector de la ciencia y la tecnología del país (CONACyT), aún no han permeado por completo la importancia de la realización de dichos estudios y sus beneficios hacia la mayoría de los centros públicos de investigación, ya sea los pertenecientes al sistema CONACyT, al Instituto Politécnico Nacional (IPN), o a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por mencionar algunos; por lo que, no se encuentra establecido dentro de sus funciones la realización de estudios de prospectiva tecnológica, así como tampoco una propuesta metodológica de la misma como mecanismo para delimitar y dirigir hacia el mejor futuro las actividades de investigación y desarrollo tecnológico que en ellos se realizan, con el fin de hacerlos pertinentes (dada la anticipación tecnológica), para el beneficio y desarrollo del país; pese a que, en dicha mayoría es una constante dentro de su misión, visión u objetivos, el realizar investigación de frontera para impulsar el desarrollo de México.

Esta investigación, es un estudio de tipo cuantitativo de diseño transversal, a través del cual se desarrollará una metodología de prospectiva tecnológica que ayude a propulsar las líneas de investigación de los centros públicos de investigación, basada en sus capacidades tecnológicas para coadyuvar en la pertinencia científica de los mismos, con base en las vertientes teóricas, acerca del enfoque de los estudios de prospectiva tecnológica, expuestas por Martin (1995), Gourghiou (1996), Miles y Keenan (2002), y Yuksel y Çifci. (2017); así como Lugones y col., (2007) sobre los indicadores de las capacidades tecnológicas; y para el desarrollo de la metodología, Porter (2010) y Roper y col., (2011), con base a los modelos de prospectiva tecnológica y el análisis de sus componentes. De tal forma que, les permita lograr la consecución del propósito y los objetivos centrales de los centros públicos de investigación para el beneficio y desarrollo del país.

I.2 Hipótesis

Los supuestos relacionados a esta investigación se estructuran con la siguiente hipótesis subyacente:

La implementación de una metodología de prospectiva tecnológica, basada en el análisis de las capacidades tecnológicas actuales de centros públicos de investigación mexicanos permite la proyección de líneas de investigación a futuros deseables con la finalidad de coadyuvar en la pertinencia científica y tecnológica de los mismos.

I.3 Preguntas de investigación

Para conseguir los objetivos señalados se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se puede lograr la pertinencia científica y tecnológica futuras de una línea de investigación en los centros públicos de investigación, considerando sus capacidades tecnológicas, a través del uso de la prospectiva tecnológica?

Para responder a esta pregunta, esta investigación plantea tres preguntas de investigación complementarias

- ¿Cuáles son los centros públicos de investigación en México que realizan estudios de prospectiva tecnológica para dirigir al futuro de largo plazo sus líneas de investigación?
- ¿Qué métodos prospectivos y capacidades tecnológicas han sido consideradas en los estudios de prospectiva tecnológica de los centros públicos de investigación mexicanos?
- ¿Qué elementos deben considerarse para conformar una metodología de prospectiva tecnológica para los centros públicos de investigación?

I.4 Objetivos

Objetivo General.

Desarrollar una metodología de prospectiva tecnológica para centros públicos de investigación mexicanos, de base científica y tecnológica, mediante el análisis de sus capacidades tecnológicas y dinámicas, que les permita proyectar sus líneas de investigación a futuros deseables que coadyuven en la pertinencia científica y tecnológica de los mismos.

Objetivos Específicos.

1. Identificar los centros públicos de investigación mexicanos, de base científica y tecnológica, que realizan estudios de prospectiva tecnológica, así como los métodos prospectivos que utilizan.
2. Identificar las capacidades tecnológicas de los centros públicos de investigación mexicanos.
3. Analizar las metodologías de prospectiva tecnológica implementadas por CPI en México y CPI del extranjero, que tienen la finalidad de prospectar líneas de investigación.
4. Desarrollar una metodología de prospectiva tecnológica para centros públicos de investigación mexicanos.

I.5 Justificación

En México, los Centros Públicos de Investigación son definidos *como entidades que tienen como objeto principal realizar actividades de investigación científica y tecnológica* (Ley de Ciencia y Tecnología, Art. 47). Además, CONACyT establece cuatro ejes fundamentales del quehacer de dichos centros: 1) Realizar actividades de investigación, 2) Formar recursos humanos altamente especializados, principalmente a través de programas de posgrado, 3) Transferir conocimiento para promover la modernización y mejora de sectores productivos, públicos y sociales y, 4) Comunicar a la sociedad la información técnica y científica derivada de las investigaciones.

Por lo tanto, uno de los objetivos de los centros de investigación es “generar conocimiento científico y promover su aplicación a la solución de problemas nacionales, promover la innovación científica, tecnológica y social para que el país avance en su integración a la economía del conocimiento” (CONACyT, 2018): lo que implica generar nuevo conocimiento científico y tecnológico, así como innovación en su desarrollo y aplicación.

Aunado a ello, Castrejón, Hernández y Ruiz (2012) mencionan que, los centros de investigación tienen razón de ser, si sus resultados llegan a favorecer la productividad del país; ya que sus laboratorios tecnológicos tienen como esencia generar nuevos espacios de conocimiento aplicado y transferencia de tecnología para el beneficio de la sociedad, de la misma manera que, dar cumplimiento a las expectativas del mercado.

Por consiguiente, se puede suponer que a mayor cantidad de centros públicos de investigación se contaría con una mayor exposición nacional de ciencia, tecnología e innovación. No obstante, a pesar de los casi 300 centros que existen en México; los indicadores asociados a estos rubros muestran que el país ha tenido un bajo porcentaje de representación en la última década.

Por ejemplo, el porcentaje a nivel mundial de publicaciones científicas mexicanas durante 2008 y 2014 es de 0.8% y 0.9%, respectivamente. De igual forma, las patentes que han sido presentadas por México en la Oficina estatal de patentes y marcas en los Estados

Unidos representan el 0.1 del porcentaje mundial en ambas fechas, sin figurar en patentes triádicas (UNESCO, 2015).

Con respecto a investigación y desarrollo, las estadísticas de la OCDE expresan que México cuenta solo con el 0.6% de representación a nivel mundial (OCDE, 2017). Mientras que, en la innovación del país ha ocupado distintas posiciones en el ranking mundial, que oscilan entre el lugar 66 y el 56, de un total de 130 países (en el periodo 2008 – 2018), con un puntaje máximo de 38.03/100 en el año 2015.

De lo anterior, se puede inferir que muchas de las investigaciones realizadas en el país no están direccionadas al futuro, de tal forma que es importante la realización de estudios de prospectiva tecnológica, con el fin de observar en el largo plazo el futuro de ciencia y la tecnología, al identificar tecnologías emergentes, así como prioridades y tendencias científicas y tecnológicas para encaminar los esfuerzos y consolidar una infraestructura de I+D+i que corresponda a las necesidades futuras de la sociedad e industria mexicana.

La realización de estudios de prospectiva tecnológica en centros de investigación permite a las líneas de investigación que en ellos se desarrollan, dedicadas ya sea a ciencia básica, investigación aplicada y/o desarrollo tecnológico, a perfilar sus temáticas de investigación, identificar y desarrollar las capacidades tecnológicas que los beneficien e impulsen, así como identificar las variables clave que determinan su éxito futuro y que conlleven a satisfacer las necesidades de la población en la sociedad futura. Por lo que la pregunta de investigación que guiará este trabajo de tesis es ¿Cómo se puede asegurar la pertinencia científica de las líneas de investigación de los centros públicos de investigación mexicanos a través de sus capacidades tecnológicas y el uso de la prospectiva tecnológica?

Asimismo, y teniendo en consideración que el futuro está en función de lo que se decide hacer en el presente, el objetivo general de este proyecto de investigación es principalmente prescriptivo: es evaluar las capacidades tecnológicas de líneas de investigación de los centros públicos de investigación mexicanos, con el fin de desarrollar una metodología de prospectiva tecnológica que asegure la pertinencia científica de los mismos. Por lo anterior, el trabajo corresponde a la línea de investigación Prospectiva y

difusión de tecnologías, que tiene como objetivo “detectar y pronosticar tendencias tecnológicas que detonen la generación de nuevo conocimiento de utilidad para el desarrollo de una organización, región o algún sector” (UAQ-FCA, 2019).

I.6 Pertinencia del estudio

La gestión tecnológica lleva implícita dos procesos fundamentales: adquisición y explotación; que suponen desarrollar o adoptar nuevas tecnologías que serán explotadas para conseguir recursos económicos, considerando tanto objetivos organizacionales como actividades operacionales (Amador y Márquez, 2009). Para llevar adecuadamente cualquiera de los dos procesos, es necesario desarrollar estudios de prospectiva que permitan futuros deseables con la finalidad de coadyuvar en la pertinencia científica y tecnológica de los mismos.

En México, en el sector público, los Centros de Investigación, son las principales organizaciones que desarrollan tecnología constante y periódicamente mediante investigaciones y proyectos. Por lo que, la etapa de adquisición ni la etapa de exploración han sido claramente aprovechada; debido a que las innovaciones y desarrollos tecnológicos desarrollados carecen de un contexto específico y representa el punto débil en la mayoría de las organizaciones públicas.

Las diferentes soluciones que se desarrollan al interior de los Centros de Investigación, mayoritariamente no son transferidas y casi nunca llegan a manos de los usuarios. La minoría de ellos se elaboró en el marco de algún proyecto vinculado con la industria; por lo que, los resultados tecnológicos obtenidos, usualmente son propiedad exclusiva de las empresas.

Ambas situaciones se presentan por el proceso inexistente o ineficiente de gestión tecnológica que se registra al interior de estas organizaciones públicas. Por lo que, este proyecto pretende desarrollar una metodología de prospectiva tecnológica para centros públicos de investigación mexicanos, de base científica y tecnológica, que les permita proyectar líneas de investigación a futuros deseables y permita gestionar adecuadamente la tecnología realizada al interior de los 27 Centros Públicos de Investigación pertenecientes

al Sistema de Centros Públicos de Investigación de CONACyT, 40 Centros de investigación pertenecientes al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y 30 unidades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), según el Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Se excluyeron 40 centros de investigación dependientes de la Secretaría de Salud, 2 centros de la Procuraduría General de la República, 3 institutos de la Secretaría de Economía, 2 centros de la Secretaría de Marina, 1 instituto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1 comisión de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2 centros de la Secretaría de Turismo y 5 centros de la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, y el Instituto Nacional de Ciencias Penales; debido a que son del área de Humanidades o no realizan proyectos de investigación aplicada o desarrollos tecnológicos que puedan ser transferidos a otros IES o CPI, a empresas o a la sociedad en general.

La prospectiva tecnológica debe considerar todas las etapas, incluso la transferencia de tecnología que va desde el interior de las organizaciones hacia otros centros de investigación, empresas nacionales o internacionales, organizaciones del sector público y otras instituciones. Enfocándose en que los Centros Públicos de Investigación sean organizaciones que aprendan, durante todo el ciclo de gestión tecnológica, con la finalidad de coadyuvar en el desarrollo tecnológico del país y la calidad de vida de la sociedad en general.

I.7 Estructura de la tesis

Este estudio consta de 6 capítulos, estructurados de la siguiente manera. En esta primera sección se incluyen el planteamiento del problema, la justificación y la pregunta central de investigación.

El primer capítulo enmarca el marco conceptual de la prospectiva tecnológica y el estado del arte existente sobre las investigaciones recientes que han utilizado la prospectiva tecnológica para visionar tendencias de investigaciones, tecnologías emergentes, capacidades de investigación; así como una propuesta metodológica específica para un centro de investigación y desarrollo tecnológico.

En el segundo capítulo se mencionan las generalidades de las capacidades dinámicas de las organizaciones, dado que en el presente estudio la prospectiva tecnológica es abordada desde dicho enfoque.

En el tercer capítulo se desarrolla el marco teórico sobre las capacidades tecnológicas, y como han sido exploradas en las empresas.

En el cuarto capítulo se habla sobre los Centros públicos de investigación, su constitución y la definición sobre líneas de investigación.

El quinto capítulo expone la metodología seleccionada para realizar la investigación presente, destacando las diferentes herramientas metodológicas que permitieron el desarrollo de la misma y se definen cada una de las etapas que integran el estudio.

El sexto capítulo traza un recorrido por toda la investigación, los resultados y disertación que se encontraron en cada una de las etapas que permitieron desarrollar una metodología de prospectiva tecnológica.

Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación y las perspectivas que abren la posibilidad a futuros estudios sobre las capacidades tecnológicas y su relación con la prospectiva tecnológica.

1. PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

El presente capítulo tiene como propósito central abordar las generalidades de la prospectiva tecnológica y su relación con la gestión tecnológica. Por lo que, no sólo exhibe los diferentes significados, connotaciones y evolución que ha tenido el término de prospectiva tecnológica, sino que señala los principales métodos y fases. Finalmente, nos presenta diferentes estudios e investigaciones, por país y área de estudio, que se han realizado utilizando como marco teórico la prospectiva.

1.1 Gestión tecnológica

Las organizaciones para mantenerse vivas dentro del mercado necesitan mejorar su eficiencia, productividad y desarrollar ventajas competitivas; siendo la tecnología e innovación, elementos imprescindibles para obtener dichos propósitos. Por lo que, la gestión de tecnología no sólo es un factor que determina la capacidad de éxito de las empresas, sino que evidencia la relación existente entre innovación y tecnología en los diferentes procesos de gestión tecnológica (Mezher y col., 2006).

Entendiendo la tecnología como “los conocimientos, productos, procesos, herramientas, métodos y sistemas empleados en la creación de bienes o prestación de servicios” (Khalil, 2000). Mientras que Burgelman y col. (2009) la definen como el conocimiento teórico y práctico, las habilidades y los artefactos que pueden ser usados para desarrollar productos y servicios, así como sus sistemas de producción y entrega.

Esta definición no es monosémica; ya que, ha sido interpretada de distintas formas por parte de Stanfield (1996), Pavitt (1999), Dodgson y col. (2008), entre otros.

Mientras que la innovación comparte la capacidad de asumir los cambios y desarrollar capacidades creativas (Albornoz, 2009), que puedan ser comercializadas. La Norma Mexicana NMX-GT-001-IMNC-2007, insiste en esta parte de la comercialización, al señalar que la innovación es un proceso orientado a un mercado que desarrolla bienes y servicios, a partir de la localización de oportunidades y capacidades organizacionales (IMNC, 2007).

1.1.1 Definición de gestión tecnológica.

La gestión tecnológica incorpora todos los procesos y actividades para mejorar el uso de la tecnología, al interior y exterior de una organización; lo que conduce a una mejora en sus capacidades de innovación y la manera en que se encara el futuro. Por lo que, Solleiro (1988) define la Gestión Tecnológica (GT) como:

el conjunto de técnicas que permiten la comprensión y solución a cuestiones como la prospección tecnológica, uso efectivo de apoyos provenientes de recursos públicos, así como del conocimiento científico y tecnológico; de sistemas de comportamiento y estructuras organizacionales adecuados para la investigación, desarrollo tecnológico, planeación y manejo de proyectos, entre otros. (número de página)

Años después, Solleiro (2001) incorpora en esta definición, no sólo la necesidad de la prospección tecnológica; sino de la importancia de una organización de poseer tecnología y poderla transferir adecuadamente. Así como, un conjunto de técnicas que permiten la identificación del potencial y problemas tecnológicos para la elaboración e implantación de planes de innovación y mejora en las organizaciones; de tal forma que les permite identificar no solo sus necesidades, sino su patrimonio tecnológico, además de establecer mecanismos para la prestación de servicios y transferencia tecnológica, así como evaluar oportunidades de vinculación. (Solleiro, 2001)

Otra definición importante, es la propuesta por Thamhain (2005); ya que, no sólo menciona las principales actividades que la gestión tecnológica involucra en una organización, sino el alcance y la finalidad que conjunta la relación de la tecnología y la innovación, mejorar la competitividad y con ello, ganar mercado.

Thamhain (2005) afirma: “La gestión tecnológica representa una serie de acciones, herramientas y técnicas para integrar la ciencia, la ingeniería, los negocios, los procesos organizacionales y el personal asociado para proyectar las fortalezas y corregir las debilidades para incrementar la competitividad de una organización”. Mientras que, Ochoa, y col. (2007), no sólo mencionan la competitividad que se debe priorizar mediante

la gestión tecnológica, sino la vinculación que debe de existir entre diferentes tipos organizaciones, para sufragar carencias en común:

La gestión tecnológica es un instrumento para lograr una mejor vinculación entre: investigación–industria–sociedad; es decir permite el enlace entre la investigación y el sector productivo con el proceso de innovación tecnológica, para satisfacer necesidades de la sociedad actual y futura. (Ochoa, y col. 2007, p. número de página)

Finalmente, Zoltán (1993) menciona que independientemente del concepto que se utilice para detallar la gestión tecnológica; ésta tiene que ser analizada desde dos dimensiones. La primera, la dimensión macro que se desarrolla con ayuda de diferentes políticas públicas para la innovación y desarrollo tecnológico propias del país o región, y es externa a la organización; mientras que, la dimensión micro es interna y está conformada por las decisiones de la propia organización, vinculadas con la selección, negociación, transferencia, adaptación, utilización y asimilación de determinadas tecnologías.

1.1.2 Modelos de gestión tecnológica.

Debido a la amplitud de definiciones y características que considera la gestión de la tecnología; como ingeniería, negocios, procesos organizacionales, recursos humanos y competitividad. Se han estructurado diferentes modelos de gestión tecnológica que se clasifican con base en la naturaleza, el negocio o la organización. No obstante, es necesario considerar que todos estos modelos describen procesos administrativos de distintos tipos de tecnologías y se conforman por un conjunto de actividades con una secuencia definida, dirigidas por objetivos y metas establecidos con antelación, para gestionar y coordinar los recursos tecnológicos, a través de los cuales, las organizaciones alcanzan tanto sus objetivos operacionales como los estratégicos (Gómez y Almaraz, 2014).

Solís y Palomo (2010) mencionan que un ejemplo de modelo enfocado a la organización, es el propuesto por Gaynor (1996); el cual es genérico y está basado en recursos, infraestructura y actividades.

Mientras que, el modelo propuesto por Acosta (2000) se orienta al negocio y la naturaleza de la tecnología; considerando elementos como plan de tecnología, innovación,

desarrollo de proveedores de tecnología, infraestructura tecnológica desarrollada por la organización, desarrollo de competencias, entrenamiento de expertos, y tecnologías desarrolladas. Otro aspecto que debe considerarse es el capital intelectual, la dirección y el liderazgo hacia el desarrollo de nuevos productos, el ambiente de negocios y la cultura organizaciones y la gestión de los componentes interdisciplinarios para la integración en un solo sistema; como lo expone Thamhain (2005) en su propuesta de modelo de gestión tecnológica.

Otros autores han desarrollado sus propuestas tomando como base el modelo de gestión tecnológica propuesto por el Dr. Khalil (2000), que incluye la naturaleza, negocio y organización de la tecnología; al incluir elementos como plan de tecnología, innovación, desarrollo de proveedores de tecnología, infraestructura tecnológica desarrollada por la organización, desarrollo de competencias, entrenamiento de expertos, y tecnologías desarrolladas.

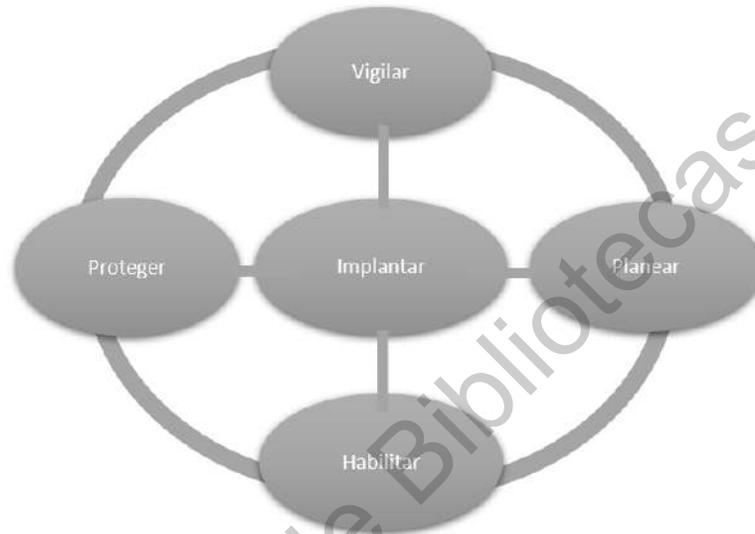
Por otra parte, Cetindamar, y col. (2009), con base en los estudios de Gregory (1995) y Rush y col. (2007), proponen un modelo de gestión tecnológica basado en actividades genéricas que cualquier organización con tecnología, debe desarrollar:

1. Identificación de tecnologías y cambios en el mercado que impactan en la organización
2. Selección de las tecnologías de acuerdo a los objetivos estratégicos y prioridades de la organización
3. Adquisición de tecnologías (internas o externas)
4. Explotación de dichas tecnologías para generar beneficios (no solo económicos)
5. Protección de conocimientos y experiencias integrados en productos y sistemas
6. Aprendizaje del desarrollo y explotación de las tecnologías (proyectos o procesos tecnológicos internos y/o externos).

Como se puede observar, la evolución de los modelos de gestión tecnológica ha puesto de manifiesto que el objeto principal de la gestión tecnológica es la integración del cambio tecnológico con la operatividad y la toma de decisiones de una organización; lo cual involucra talento humano, tecnología, investigación e innovación.

El modelo de Gestión Tecnológica e Innovación de México.

Figura 1. Modelo Nacional de Gestión Tecnológica



Fuente: Premio Nacional de Tecnología e Innovación (2016)

En México, la gestión tecnológica es interpretada a partir del Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación (Figura 1), generado a partir del modelo propuesto por la Fundación COTEC para la innovación tecnológica. Este modelo es una herramienta que permite impulsar el desarrollo de las organizaciones, a niveles competitivos mediante una gestión de tecnología explícita, sostenida y sistemática; permitiendo optimizar los recursos asignados para obtener mayores niveles de competitividad, asegurar la permanencia y el crecimiento sostenido de las organizaciones (Premio Nacional de Tecnología e Innovación, 2016).

Asimismo, este modelo establece que la gestión tecnológica se conforma por las funciones o elementos claves del proceso de innovación de: vigilar las señales del contexto, planear estrategias, habilitar la planeación, proteger conocimientos/ tecnologías generadas e implantar soluciones (Tabla 1).

Tabla 1. Funciones de la Gestión Tecnológica

| Función | Descripción |
|---------------------|--|
| Vigilancia | Identificación de amenazas y oportunidades, de desarrollo e innovación tecnológica, en el entorno de la organización que la impactan. |
| Planeación | Diseño y planificación de estrategias tecnológicas, que dirijan las acciones de la organización con base en sus capacidades instaladas, hacia ventajas competitivas. |
| Habilitación | Adquisición de tecnologías y recursos requeridos, internos y externos, para la consecución de proyectos previamente establecidos. |
| Protección | Aseguramiento mediante propiedad intelectual y/o industrial del patrimonio tecnológico de la organización. |
| Implantación | Ejecución de proyectos de innovación hasta su explotación comercial (de producto o proceso, nuevo o mejorado). |

Fuente: Adaptado del Modelo Nacional de Tecnología e Innovación. Premio Nacional de Tecnología e Innovación (2016)

1.2 Prospectiva tecnológica

1.2.1 Relación de gestión y prospectiva tecnológica

Mediante el Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación y otros modelos presentados, se puede apreciar que la prospectiva tecnológica está inmersa en ciertas fases de la gestión tecnológica; principalmente en las funciones de vigilancia, planeación, habilitación e implantación. Prueba de ello, son las actividades que se realizan en cada una de estas funciones, como por ejemplo: la ejecución de estudios de competitividad, de mercado y monitoreo tecnológico, en la etapa de *vigilancia*; el desarrollo de planes tecnológicos, en la etapa de *planeación*; llevar a cabo desarrollos tecnológicos, gestión del conocimiento y transferencia de tecnología, en la etapa de

habilitación; desarrollo de diferentes tipos de innovaciones, en la etapa de *implantación* (Gómez y Almaraz, 2014).

1.2.2 Términos asociados a la prospectiva tecnológica.

La definición de la prospectiva tecnológica ha evolucionado, al igual que la mayoría de los conceptos sobre gestión de la tecnología. Por lo que, es necesario mencionar aquellos términos que usualmente son utilizados como sinónimos; por su habilidad y/o capacidad para la construcción de futuros (Medina y Medina Vázquez, 2003; Miranda Muñoz, 2011):

- *Anticipación*: es un modelo de un posible futuro construido de forma lógica que incluye actitudes, situaciones y actitudes.
- *Conjetura*: es una hipótesis probable propuesta por medio de indicios u observaciones.
- *Futurible*: es la diversidad de futuros posibles en un espacio libre e indeterminado, donde la acción humana puede influir en él.
- *Futurología*: es el conjunto de estudios que se proponen predecir el futuro, se refiere a todas las investigaciones sobre el futuro.
- *Proyección*: es el análisis de las tendencias pasadas y presentes que llevan en un proceso lineal hacia el futuro, mediante patrones históricos y/o estadísticas.
- *Pronóstico*: es una declaración o afirmación, basada en la probabilidad, con un nivel de confianza relativamente alto sobre el futuro.
- *Predicción*: es una declaración, no basada en la probabilidad, que tiene un nivel de confianza absoluta sobre el futuro.
- *Profecía*: es una predicción, juicio o conjetura hecha en virtud de algún don sobrenatural.
- *Perspectiva exploratoria*: es una gama de posibles futuros, es decir, escenarios que no son improbables dado el peso del determinismo del pasado y el enfrentamiento entre los proyectos de varios actores.

- *Planificación*: es un plan general, metódicamente organizado para diseñar un futuro deseable, así como también los medios efectivos para obtenerlo.
- *Prospectiva*: se basa en la construcción de tendencias a partir de la opinión de diversos expertos.
- *Prospectiva estratégica*: se deriva de las relaciones de variables, objetivos y actores; se basa en opiniones cualitativas que son transformadas a datos cuantitativos, por lo que el futuro se puede dividir en distintos escenarios.

1.2.3 Definición de la prospectiva tecnológica

El término prospectiva de acuerdo con la Real Academia Española, proviene del latín tardío *prospectivus*, derivado del latín *prospicere* que significa “mirar adelante”, “prever”. Sin embargo, en 1957, el filósofo francés Gastón Berger utilizó *prospectiva* para referirse al estudio del futuro lejano; proponiéndole como antónimo de *retrospectiva*.

Godet (1995) menciona que Jouvenel señaló que la predicción y comprensión del futuro no puede llevarse a cabo sólo con datos del pasado, porque los problemas cambian con mayor rapidez del tiempo que se tarda en resolverlos; y prever estos cambios es más importante que hallar soluciones.

Miles, Cassingena-Harper, Georghiuo, Keenan y Popper (2008) señalan que J. Coates definió la prospectiva como un proceso para la comprensión de las fuerzas que configuran el futuro a largo plazo y que se deberían de tener en cuenta para la formulación de políticas, la planificación y la toma de decisiones; a partir de medios cualitativos y cuantitativos para monitorear pistas e indicadores, y la evolución de tendencias y de desarrollos. Además, afirmó que la prospectiva puede ayudar a adoptar políticas para que sean más apropiadas, flexibles y sólidas en su implementación, a medida que cambian los tiempos y las circunstancias.

Por otra parte, Martin (1995) reconoce que el avance de la ciencia depende en gran medida del financiamiento empresarial; y que las prioridades de investigación deben dar respuesta a las demandas de la infraestructura de I+D. Por lo que, considera de suma

importancia, el identificar las tecnologías emergentes y áreas de investigación que generarán mayores beneficios a la sociedad.

De tal forma que Martin (1995) define la prospectiva tecnológica como: el proceso involucrado en el intento sistemático de examinar el futuro de largo plazo de la ciencia, la tecnología, la economía, el medio ambiente y la sociedad, con el propósito de identificar las áreas estratégicas de investigación y las tecnologías genéricas emergentes probables capaces de producir mejores beneficios socioeconómicos.

Gourghiou (1996) considera que la prospectiva tecnológica es un factor imprescindible para generar competitividad industrial, mediante la suma de esfuerzos y acciones razonadas encaminadas al futuro; por lo que, la detalla como “el medio sistemático para evaluar los desarrollos científicos y tecnológicos que podrían tener un fuerte impacto en la competitividad industrial, la creación de riqueza y la calidad de vida”. Mientras que, para Cassingena (2003), es “un proceso que involucra períodos intensos iterativos de reflexión abierta, trabajo en red, consulta y discusión, que conducen al perfeccionamiento conjunto de visiones futuras y la propiedad común de estrategias”.

Aunado a las anteriores definiciones, Porter (2010) propone que la prospectiva es multidimensional y genera redes entre los principales stakeholders.

Por otra parte, estudios sobre la prospectiva tecnológica mencionan que no es una actividad singular sino con múltiples facetas; con una diversidad de contextos y enfoques, así como implicaciones para los procesos y métodos adecuados. Asimismo, crea redes entre las partes interesadas mediante la sensibilización sobre las oportunidades, lazos, amenazas, necesidades económicas y sociales, beneficios y perjuicios; y que contribuyen a la creación de conocimiento. Esta idea de la complejidad y el carácter sistémico de la prospectiva tecnológica, también es compartido por Yuksel y Çifci (2017), quienes definen la prospectiva tecnológica como:

Un proceso sistemático y multidisciplinario con combinaciones de metodologías adecuadas para identificar áreas tecnológicas, económicas y sociales para priorizar inversiones e investigaciones a fin de determinar estrategias futuras a medio o largo plazo mediante el uso de todos los niveles de recursos, desde organizativos hasta internacionales.

Por otro lado, para Saritas (2013), las transformaciones de la sociedad se presentan cada vez a una mayor velocidad; debido a la creciente importancia de la innovación tecnológica, organizativa y social. Lo que resulta en un mundo más interconectado, interdependiente y más complejo; por lo que, resalta la necesidad de mejorar la práctica de la prospectiva para responder de forma más estratégica a las nuevas necesidades, haciendo énfasis en la comprensión de los sistemas complejos y sus comportamientos.

Para Medina y col. (2006), la prospectiva es “una disciplina para el análisis de sistemas sociales, que permite conocer mejor la situación presente, identificar tendencias futuras y analizar el impacto del desarrollo científico y tecnológico en la sociedad”.

La prospectiva tecnológica, como se mencionó anteriormente y de acuerdo con las acepciones referidas, no establece un único futuro como resultado del pasado; sino que a través de la posibilidad de utilizar y combinar distintos aspectos, permite realizar un análisis prospectivo (expertos, comportamiento de actores, contexto, enfoques, entre otros) y la comprensión de múltiples aspectos; abriendo con ello la posibilidad de que existan futuros diversos. De igual forma, no concibe que todos los posibles futuros sean positivos sino también de efecto contrario al esperado, y considera como futuro deseable al escenario mejor identificado.

De igual forma, se puede observar que las diferentes concepciones de la prospectiva tecnológica permiten ver el carácter creativo de la misma, y entender que en sí misma, es un elemento de cambio y transformación; a través de la cual es posible contar con una postura proactiva hacia el futuro y contribuir positivamente a los procesos de planeación y toma de decisiones en las organizaciones. Ya que, permite reconocer riesgos, oportunidades de acción, identificar situaciones futuras con distintos grados de incertidumbre y establecer alternativas y políticas oportunas.

Es importante evidenciar que, a través del tiempo y los estudios realizados, se entiende con mayor claridad la prospectiva tecnológica; lo que ha generado una evolución en su significado (Tabla 2).

Tabla 2. . Evolución teórica de la definición de la Prospectiva Tecnológica

| Autor | Aspectos relevantes |
|--|---|
| <i>J. Coates (citado por Miles y col., 2008)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso • Comprensión anticipada de la configuración del futuro • Indicadores • Evolución de tendencias |
| <i>Martin (1995)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso sistemático • Examinación del futuro de la ciencia y tecnología • Identificación de áreas estratégicas • Producción de mejores beneficios socioeconómicos |
| <i>Gourghiou (1996)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Medio sistemático • Evaluación de desarrollos científicos y tecnológicos • Efectos sobre aspectos socioeconómicos |
| <i>Cassingena (2003)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso • Reflexión abierta • Trabajo en red • Consulta • Discusión • Visiones futuras • Estrategias |
| <i>Porter (2010)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Actividad con múltiples facetas • Diversidad de contextos y enfoques • Métodos • Creación de redes • Creación de conocimiento |
| <i>Saritas (2013)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad en la transformación de la sociedad • Necesidad de mejora en la práctica de la prospectiva • Respuesta sensata a necesidades futuras • Comprensión de sistemas complejos y sus comportamientos |
| <i>Yuksel y Çifci (2017)</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Proceso sistemático • Multidisciplinariedad |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 (continuación): Evolución teórica de la definición de la Prospectiva Tecnológica

| Autor | Aspectos relevantes |
|-----------------------|--|
| Yuksel y Çifci (2017) | <ul style="list-style-type: none"> • Combinación de métodos • Identificación de áreas tecnológicas • Priorización de inversión e investigaciones • Estrategias futuras • Uso de recursos de todos los niveles |

Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior, para este estudio, la prospectiva tecnológica es definida como *una herramienta sistémica que permite construir y evaluar futuros posibles y deseables sobre ciencia y tecnología; con el fin de identificar las áreas de investigación estratégicas y/o tecnologías emergentes, que permitan generar la mayor cantidad de beneficios socioeconómicos.*

I.2.4 Objetivos de la prospectiva tecnológica.

Cómo ya se mencionó anteriormente, no todas las investigaciones del futuro pueden ser definidas como prospectiva tecnológica; por lo que, con base en el objetivo de dichas investigaciones el Instituto de Estudios de Prospectiva Tecnológica de Sevilla, identifica tres áreas de investigación de futuros diferentes:

Pronóstico tecnológico: el objetivo de este tipo de investigaciones es desarrollar previsiones probabilísticas de desarrollos tecnológicos futuros.

Evaluación Tecnológica: este tipo de estudios se llevan a cabo con la finalidad de evaluar los impactos futuros de tecnologías nuevas y/o conocidas, sobre la economía y la sociedad.

Prospectiva tecnológica: el principal objetivo de estas investigaciones es identificar las prioridades científicas y tecnológicas que se presentan bajo proyecciones hipotéticas futuras, no sólo de desarrollos tecnológicos sino aquellos de carácter económico y social.

Los ejercicios de prospectiva tienen por finalidad generar un abanico de posibilidades que, basados en contextos, recursos, restricciones o criterios de una organización, sector o país; y mediante una correcta selección y combinación permitan establecer las estrategias adecuadas que coadyuven para alcanzar el futuro deseado.

1.2.5 Fases de la prospectiva tecnológica.

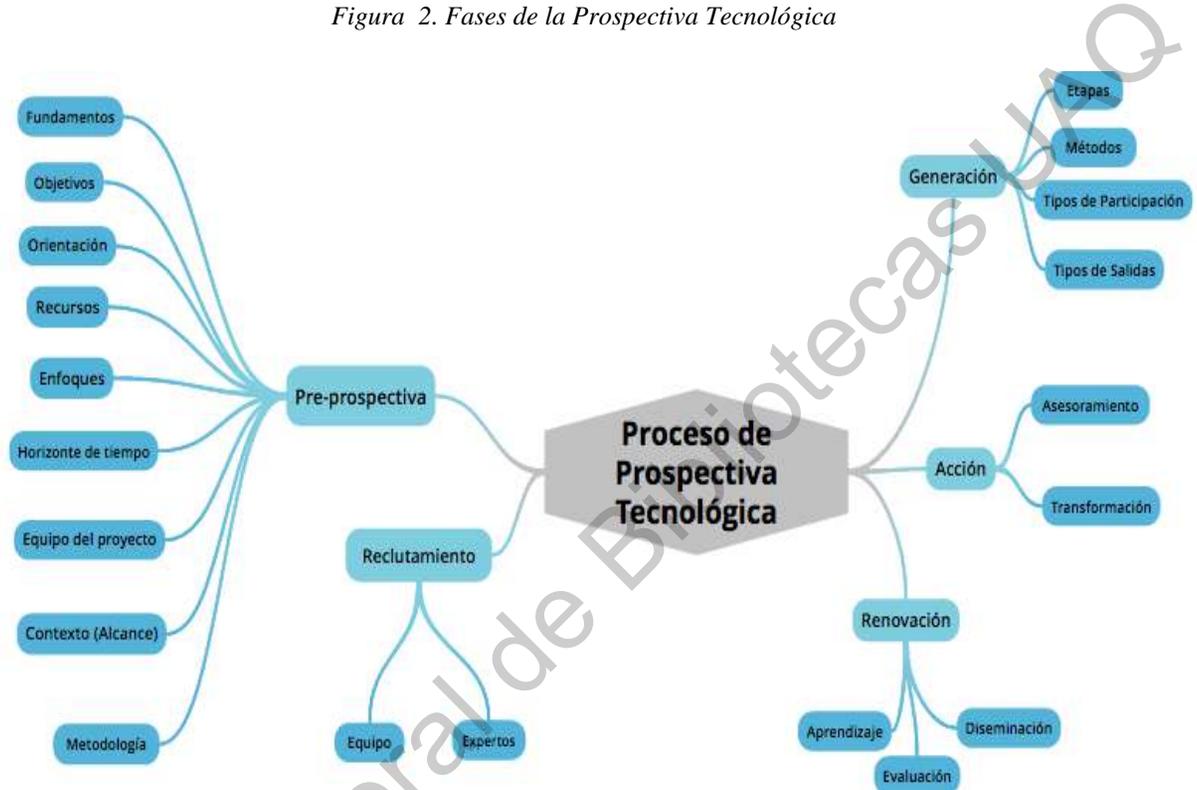
Si bien no existe una única clasificación sobre las diferentes fases que se deben considerar en los estudios de prospectiva tecnológica; existe un consenso sobre que no tienen ser secuenciadas forzosamente pero sí retroalimentadas y vinculadas, para que inicialmente se realice un diagnóstico del *status quo*, de aquello en lo que se aplicará el ejercicio de prospectiva, visualizando la brecha tecnológica entre la situación actual y la deseada (Aguilar y col., 2008).

Por su parte, Godet (1991, 1996 y 2006) establece una relación estrecha, entre el proceso de planificación estratégica y el concepto de prospectiva tecnológica; siendo conceptualizada como parte de una reflexión estratégica para la construcción del futuro en una organización, sector industrial o país en específico. Por lo que, divide el proceso de prospectiva en tres fases: anticipación o reflexión prospectiva, acción o puesta en marcha de la planeación estratégica y apropiación o socialización del proceso en sus distintas etapas. Esta última etapa permite la interrelación continua e ininterrumpida de las otras dos fases.

Finalmente, Miles y col. (2008) señalan que la prospectiva tecnológica no es un proceso que sea evidente a corto plazo; sino que puede comprender un periodo entre 12 a 15 años aproximadamente.

Fases de la prospectiva tecnológica, como proceso de transformación

Figura 2. Fases de la Prospectiva Tecnológica



Elaboración propia con base en Popper (2008)

Miles (2002) y Popper (2008) establecen cinco fases interconectadas y complementarias entre sí (Figura 2): pre- prospectiva o fase de diseño, reclutamiento, generación, acción y renovación.

- *Pre-prospectiva, fase de diseño o Scoping.*

Es el origen del proceso de prospectiva tecnológica, dónde se define con claridad y de común acuerdo, entre organizadores y patrocinadores, los objetivos y estrategias del estudio a realizar.

Es decir, se establecen las aspiraciones generales del proyecto, se determinan los miembros del equipo de trabajo y se esboza la metodología a seguir en el estudio. Por lo tanto, es indispensable considerar tiempo, infraestructura física y tecnológica, experiencia, presupuesto, entre otros.

En esta fase, se recomienda utilizar algunos métodos como revisión de literatura, análisis biométrico, estudio de patentes, entre otros; con la finalidad de identificar correctamente los objetivos.

- *Reclutamiento.*

Aunque ya se han determinado a los miembros del equipo; en el reclutamiento se añaden los actores y expertos que aportarán información relevante y fungirán como “conectores” a lo largo del proceso de prospectiva.

Éstos son personas clave interesadas en contribuir con su conocimiento y experiencia en temas específicos, y que a su vez, promoverán el proceso de investigación dentro de sus propias redes.

En esta fase, se recomienda utilizar algunos métodos análisis de patentes, lluvia de ideas, sondeos de opinión y estudios de bibliometría.

- *Generación.*

Esta fase es la más importante del proceso de prospectiva tecnológica, debido a la producción del conocimiento prospectivo y las visiones compartidas. El conocimiento “codificado”, o existente es fusionado, analizado y sintetizado, mientras que el conocimiento “tácito” es recopilado y contrastado con el conocimiento codificado; lo que genera nuevo conocimiento, además de otras herramientas muy valiosas en el estudio que se realiza como visiones compartidas e imágenes del futuro.

Debido a su complejidad y extensión, esta fase se divide en tres sub-fases:

1. *Exploración:* Se identifican y entienden los problemas importantes, tendencias y factores; se sugiere el uso de lluvia de ideas y/o escaneo.

2. *Análisis*: se realiza a través de algún método de extrapolación, FODA o paneles de expertos; con el fin de comprender la dinámica entre el contexto, los problemas más relevantes, las tendencias y los factores.

3. *Anticipación*: se busca prever los posibles futuros o proponer los futuros más deseables, utilizando métodos como escenarios o Delphi.

- *Acción.*

En esta fase, los resultados del estudio de prospectiva realizado son difundidos, se seleccionan prioridades, se toman decisiones, se amplían estrategias y se establecen políticas con base en los resultados de la fase anterior; con la finalidad que los actores puedan en medida de lo posible moldear el futuro.

Estas políticas deben estar vinculadas con la planificación estratégica con el fin de establecer planes de acción a mediano y largo plazo; para lo cual se utiliza métodos de votación y análisis multi-criterio.

- *Renovación.*

Esta fase monitorea y evalúa los efectos del ejercicio de prospectiva, su relación con la ejecución de los objetivos inicialmente planteados y los resultados obtenidos mediante entrevistas y encuestas de opinión. Además, permite generar conocimiento y comprender las oportunidades y amenazas identificadas durante el proceso y los productos codificados. Esta información es valiosa, especialmente para la etapa de pre-prospectiva de un estudio de prospectiva futuro.

En esta fase es importante crear estrategias para contemplar los objetivos del estudio y alcanzar el futuro deseado; por lo que, se utilizan algunos métodos como el diseño de mapa de rutas, árboles de problemas, concientización, ensayos, diseño de escenarios, mesas de trabajo, panel de expertos y conferencias.

Keenan y Popper (2007) establecen que esta fase y la previa impactan en la “transformación”; es decir, se toman decisiones y aprendizajes, se diseñan políticas y

estrategias para lograr la transferencia adecuada de conocimientos y prácticas deseadas, permitiendo una mejora continua. Por lo que, a diferencia de otras etapas, son completamente prácticas e implementan hallazgos y resultados; otorgándole disciplina a los estudios de prospectiva, para ser importante en comunidades u organizaciones.

Fases de la prospectiva tecnológica, como sistema de aprendizaje

Saritas (2013) considera que el diseño de los estudios de prospectiva son procesos creativos de sistemas a futuro con la finalidad de conseguir metas y expectativas; por lo que, sugiere una guía para realizar ejercicios de prospectiva, dividida en fases con base en un sistema de aprendizaje (Tabla 3).

Tabla 3 Fases de la prospectiva tecnológica como sistema de aprendizaje.

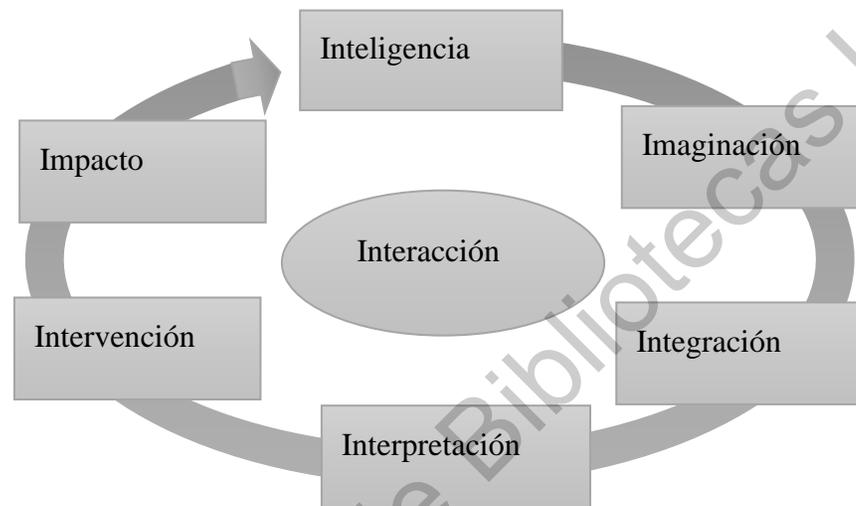
| Sistema de aprendizaje | Fase del estudio de prospectiva |
|-------------------------------|---|
| Inteligencia | Fase de alcance: estudio, exploración y evidencia |
| Imaginación | Fase creativa: conceptos, modelos, escenarios y visiones |
| Integración | Fase de organización: análisis, negociaciones y prioridades |
| Interpretación | Fase de estrategia: agendas y estrategias |
| Intervención | Fase de acción: planes, políticas y acciones |
| Impacto | Fase de evaluación |
| Interacción | Fase participativa e interactiva |

Fuente: Elaboración propia con base en Saritas, O. (2013) Systemic Foresight Methodology. (Ed. Meissner D., Gokhberg L., Sokolov, A. Science, Technology and Innovation Policy for the Future. Springer, pp. 87-117

Estas fases se encuentran interrelacionadas bajo un enfoque sistémico, permitiendo establecer la agenda de las diferentes actividades y orientar los procesos de pensamiento. No obstante, el flujo de acción de las fases no es lineal sino iterativo y repetitivo hasta

obtener los resultados esperados; lo que mejora la adaptabilidad a cada proceso y la toma de decisiones involucradas (Figura 3).

Figura 3. Fases de la prospectiva sistémica



Fuente: Elaboración propia con base en Saritas, O. (2013) *Systemic Foresight Methodology*. (Ed. Meissner D., Gokhberg L., Sokolov, A. *Science, Technology and Innovation Policy for the Future*. Springer, pp. 87-117

1.2.6 Errores posibles en la prospectiva tecnológica.

Porter, y *col.* (2011) establecen que las principales fuentes de error en estudios de prospectiva son descuidos contextuales, sesgos y suposiciones básicas defectuosas. Los descuidos se refieren a la falta de atención a los cambios del contexto social, técnico y/o económico, al que está integrada la tecnología; ya que, estos cambios afectan el supuesto de continuidad entre el pasado y el futuro. Incluso, en algunas ocasiones no considerar estos cambios, lleva a subestimar el tiempo de implementación de una tecnología; ya que, las nuevas tecnologías rara vez se adoptan de inmediato.

La segunda fuente de error, el sesgo, puede ser consciente como respuesta a intereses personales, políticos, ideológicos o corporativos; pero la mayoría de las veces es inconsciente. Siendo más sutil, imperceptible para el pronosticador y muy difícil de detectar para quienes toman las decisiones; pudiéndose manifestar como falta o énfasis excesivo en

las tendencias recientes en oposición con el comportamiento histórico o renuencia a ser portador de malas noticias. Roper, y col. (2011) establecen que la mejor protección contra el sesgo es la diversidad de métodos y equipos de pronóstico.

Las suposiciones básicas son las que se derivan de la perspectiva básica del pronosticador, y constituyen la tercera fuente de error. Los problemas que se derivan son particularmente críticos en el pronóstico porque consiste en llenar los vacíos donde no existen datos ni teoría, influyendo en el resultado y siendo determinantes para la precisión del pronóstico (Roper y col., 2011).

1.3 Métodos de prospectiva tecnológica

La prospectiva tecnológica es multidisciplinaria, emplea métodos de otros campos para hacer las preguntas adecuadas, brindar estructura y rigor a los estudios y orientar la acción de los involucrados. Por lo que, seleccionar un método es importante, pero de menor relevancia que tener nociones preconcebidas en un pronóstico; ya que, si las suposiciones son correctas, el método es secundario. Pero si están equivocadas, el resultado no puede ser corregido por la selección del método (Ascher, 1978).

Aunado a lo anterior, Medina, y col. (2006) establecen que el análisis sistémico que permite la prospectiva tecnológica, integra de manera positiva y sinérgica las distintas variables del contexto social, político, económico o tecnológico; para integrar a los actores y su información. Por lo que, los métodos prospectivos deben realizar las siguientes funciones:

1. Crear marcos referenciales que puedan ser de utilidad al planificar.
2. Dar distintos enfoques para proponer soluciones.
3. Ser una ayuda en la evaluación de políticas y acciones contingentes de mediano y largo plazo.
4. Proponer valores y reglas que serán el marco para la toma de decisiones para la creación del futuro deseable.

5. Aumentar los grados de libertad que se pueden tener, al elegir los posibles futuros a los que se aspira alcanzar.

1.3.1 Clasificación de métodos prospectivos

Las estructuras metodológicas usadas en proyectos de prospectiva, se deben ajustar a necesidades particulares con el fin de lograr una unión entre objetivos específicos del proyecto, recursos y capacidades disponibles; es decir, no hay una estructura metodológica “ideal” que sintetiza la “mejor” combinación de métodos (Popper, 2008).

Los métodos de prospectiva se pueden clasificar con base en su naturaleza, capacidades, fuente de conocimiento, relación con el futuro, enfoque, tipo de técnica, entre otras clasificaciones.

Con base en su naturaleza.

Los métodos prospectivos se clasifican de acuerdo a su naturaleza o tipo de técnica en cualitativos, cuantitativos y semicuantitativos (Miles y col., 2008). Aunque, Georghiou y col. (2008) agregan el grupo de métodos semicualitativos (Tabla 4).

Los métodos cualitativos son aquellos que dan explicación y/o interpretación a eventos y condiciones difíciles de cuantificar, permiten la discusión y el intercambio de puntos de vista y sus resultados suelen ser difícil de reproducir. Se basan en la subjetividad o creatividad, siendo difíciles de verificar (p. ej. actitudes, creencias, juicios, opiniones, entre otros). Ejemplos de estos métodos son análisis FODA, juegos de simulación, lluvia de ideas, análisis de árboles de relevancia, encuestas, paneles, entrevistas, escaneo, entre otros. (Dannemand y col., 2014; Popper, 2008).

Por otra parte, los métodos cuantitativos se enfocan en la medición de variables y aplicación de análisis estadístico, usando o generando datos confiables y válidos (p. ej. indicadores socioeconómicos) para expresar resultados mediante valores numéricos, gráficos y/o diagramas. Se enfocan en la recopilación de datos duros en volumen, que son posibles de medir y cuantificar; ejemplos de estos métodos son análisis bibliométricos,

extrapolación y modelado, análisis de patentes, indicadores y análisis de series de tiempo. (Dannemand y col., 2014; Popper, R., 2008).

Finalmente, los métodos semi-cuantitativos aplican principios matemáticos para gestionar y cuantificar juicios racionales, probabilidades, valores y puntos de vista de expertos y comentaristas. Ejemplos de estos métodos son análisis de tecnologías clave, mapas de ruta tecnológicos, Delphi, análisis de impacto cruzado, análisis multi-criterio, juegos de rol, benchmarking, y encuestas de opinión. (Dannemand y col., 2014; Miles y col, 2008; Popper, R., 2008).

Tabla 4. Clasificación de los métodos de prospectiva según su naturaleza

| Cualitativos | Cuantitativos | Semi – cuantitativos |
|--|--|--|
| 1. Backcasting | 20. Mercadeo | 26. Impacto cruzado/ análisis estructural |
| 2. Lluvia de ideas | 21. Bibliometría | 27. Delphi |
| 3. Paneles de ciudadanos | 22. Indicadores/ análisis de series de tiempo | 28. Tecnologías clave/ críticas |
| 4. Conferencia/ mesas de trabajo | 23. Modelación | 29. Análisis multicriterio |
| 5. Ensayos/ elaboración de escenarios | 24. Análisis de patentes | 30. Votación |
| 6. Paneles de expertos | 25. Extrapolación de tendencias/ análisis de impacto | 31. Escenarios cuantitativos |
| 7. Predicción de genios | | 32. Roadmapping |
| 8. Entrevistas | | 33. Análisis de actores/ MACTOR |
| 9. Revisión de literatura | | |
| 10. Análisis morfológico | | |
| 11. Árboles de problemas/ diagrama lógico | | |
| 12. Juego de roles/ actuación | | |
| 13. Scanning | | |
| 14. Escenarios/ mesas de trabajo | | |
| 15. Ciencia ficción | | |
| 16. Juegos de simulación | | |
| 17. Encuestas | | |
| 18. Matriz FODA | | |
| 19. Señales débiles | | |

Fuente: Elaboración propia con base en Miles y col. (2008)

Con base en las capacidades.

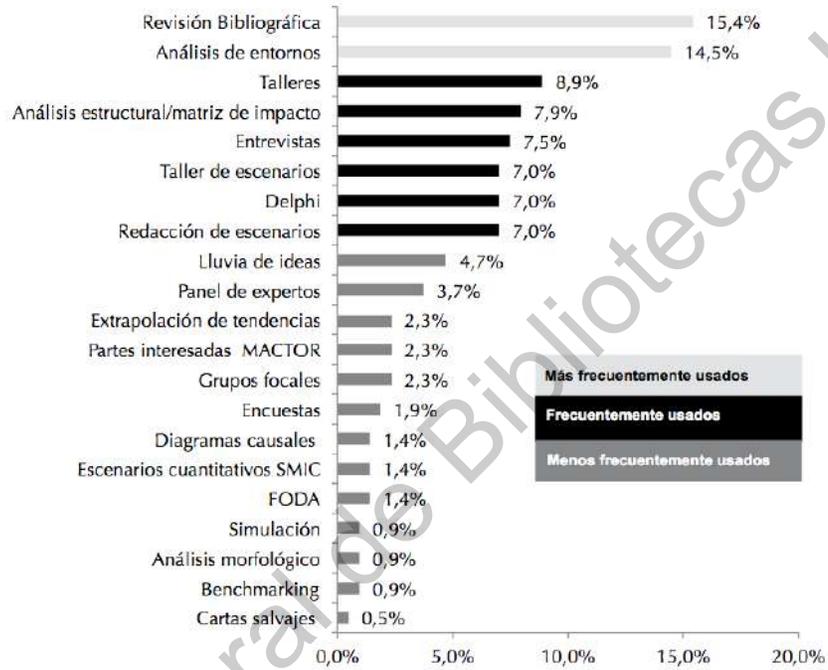
La capacidad de los métodos prospectivos se refiere a la facultad de procesar y categorizar la información mediante al menos una fuente de conocimiento (evidencia, experiencia, interacción o creatividad) (Dannemand y col., 2014). No obstante, las fuentes de conocimiento o dimensiones, no son exclusivas ni restrictivas ni mutuamente dependientes; ya que, la mayoría de los métodos se basan en una combinación de las cuatro (Popper, 2008):

- *Evidencia:* Este tipo de métodos permiten dar explicaciones y/o predicciones de los fenómenos y respaldan las mismas con datos confiables y métodos bien documentados. Ya que, la información se basa en las evidencias existentes se lleva a cabo la retroalimentación entre los miembros participantes.
- *Experiencia:* Está vinculada a habilidades y conocimiento de las personas dentro de un área o tema específico; quienes han tenido acceso a información relevante o conocimiento acumulado a través del tiempo. Por lo general, es utilizada para apoyar decisiones de orden descendente, consultoría y recomendaciones; permite comprender de forma holística e integral teorías, hipótesis, y observaciones (Popper, R., 2008; Scapolo y Miles, 2006).
- *Interacción:* Se fundamenta en dos consideraciones: 1) reconocimiento que los expertos no sólo se hallan al interior de las instituciones del conocimiento, y sus aportaciones son valiosas e indispensables en los proyectos de prospectiva tecnológica; 2) mayor posibilidad de generar nuevas ideas y conocimiento cuando existen distintos tipos de expertos dialogando de forma directa, intercambiando y desafiando sus puntos de vista (Dannemand, y col., 2014).
- *Creatividad:* Es la combinación del pensamiento original, imaginativo e intuición. Sus métodos se fundamentan en la inventiva y el ingenio de las personas hábiles para la ficción o de fácil inspiración ante el intercambio de ideas (Cassingena y col., 2004; Popper, R., 2008).}

Con base en frecuencia de uso.

Existen otros autores, como Popper (2008) y Cruz y Medina (2015) que clasifican los métodos prospectivos en relación con la frecuencia que son utilizados (Figura 4).

Figura 4. Clasificación de los métodos de prospectiva según la frecuencia de uso



Fuente: Cruz y Medina (2015). Selección de métodos para la construcción de los escenarios de futuro.

Entramado. Vol II (1). Pp. 32-36

1.3.1.4 Con base en relación con el futuro.

Georghiou y col. (2008) establece una clasificación de métodos prospectivos basada en la relación con el futuro, dividiéndolos en exploratorios y normativos. Los primeros examinan los diferentes posibles futuros, como análisis de tendencias, análisis de impacto cruzado, estudio Delphi convencional, entre otros. Mientras que, los segundos revisan cómo es posible alcanzar o evitar un escenario en particular, como los árboles de relevancia y análisis morfológicos.

1.3.2 Principales métodos de prospectiva

Revisión bibliográfica.

Es un método que permite la identificación de información relevante en un área de conocimiento específico, dentro de un extenso universo de escritos (Alexandre-Benavent, y col., 2011). El cual permite no sólo obtener información mediante una búsqueda, organización y análisis de documentos; sino la detección de los autores de mayor importancia, las publicaciones emitidas y las principales tendencias a futuro (Gómez-Luna, y col., 2014).

La etapa de análisis dentro de la revisión bibliográfica, requiere de un pensamiento crítico, para identificar ideas principales, conceptos clave, realizar inferencias, examinar las características de la información, entre otros (Gómez-Luna, y col., 2014).

Paneles de expertos.

Los paneles de expertos son grupos de personas cuya función es discutir y analizar, con base en sus conocimientos y experiencia comprobable en el área de interés; el rumbo presente y futuro del objeto de estudio. Como parte de los objetivos de este método se encuentra la toma de decisiones, la creación de redes, la difusión de resultados, entre otras.

Escenarios.

Este método busca generar escenarios plausibles que permitan desarrollar pronósticos y objetivos confiables; al considerar factores posibles, impactos relativos e interacciones entre ellos. La construcción de escenarios se puede desarrollar independientemente si existan o no buenos datos de series de tiempo, expertos y modelos útiles.

Ya que, los escenarios son historias sobre el futuro y/o conjuntos de caminos creíbles que van del presente al futuro; representando formas de comunicar los resultados de otras técnicas de pronóstico que pueden contribuir al análisis, cuando ninguna otra técnica es viable. Pudiendo emplear artificios literarios, descripciones imaginativas o

técnicas multimedia; lo que, posibilita integrar datos cuantitativos con información y valores cualitativos, y entregar pronósticos efectivos a diversas audiencias.

A menudo son la mejor manera de comunicarse con los tomadores de decisiones que no están familiarizados con las técnicas de pronóstico. Ya que, los pronósticos basados en escenarios permiten detectar los extremos de cada situación; por ejemplo, se presentan el mejor, el estándar y el peor escenario. Pensar y documentar estos extremos contrastantes puede llevar a una planificación temprana de contingencia.

Extrapolación de tendencias / Análisis de impacto.

Las técnicas de extrapolación de tendencias y análisis de impacto vislumbran de forma cercana el comportamiento del pasado y del presente, hacia el futuro. La extrapolación permite encontrar límites y sus contras tendencias en momentos específicos de la evolución.

Mientras que, el análisis de impacto tiene como finalidad identificar las principales repercusiones en los sistemas, regiones, e incluso políticas; considerando probabilidad, momento de ocurrencia, fuerza y consecuencias esperadas.

Método Delphi.

El método Delphi permite conocer las opiniones de expertos en un área particular, mediante el análisis de las respuestas obtenidas mediante encuestas aplicadas a expertos (entre dos o tres rondas). No obstante, los expertos no tienen ninguna interacción con el investigador, lo que permite que las respuestas y rondas de retroalimentación sean anónimas; evitando juicios personales, factores sociales y psicológicos ajenos y enfocando la atención en las opiniones e información conseguida.

En este método, autores como Alan y col. (2011) mencionan que utilizar múltiples expertos, amplía el conocimiento sobre el tema; no obstante, la identificación de los mejores expertos no es una tarea sencilla. Además, es necesario que las encuestas estén bien diseñadas, sean claras y sin ambigüedad.

Tecnologías críticas.

Este método consiste en elaborar una lista de tecnologías relevantes para cierto sector, región o país; con la finalidad de contribuir a la generación de riqueza y el aumento a la calidad de vida de los miembros de la sociedad. Dichas tecnologías son base para el desarrollo de otras y son fundamentales para el desarrollo de competitividad.

Análisis de tendencias.

Este método consiste en la extensión de series de tiempo hacia el futuro mediante técnicas matemáticas y estadísticas. Mismas que varían en sofisticación, desde la simple adaptación de curvas hasta las técnicas como Box-Jenkins.

El análisis de tendencias infiere que las condiciones y tendencias del pasado continuarán más o menos sin cambios, en el futuro. Por lo que, es necesaria una cantidad significativa de buena información, sólo funciona para parámetros cuantificables y es vulnerable a cataclismos y discontinuidades; no obstante, permite el desarrollo de pronósticos sustanciales basados en datos de parámetros cuantificables y es especialmente precisa en marcos de tiempo cortos.

Las técnicas de análisis de tendencias no abordan explícitamente los mecanismos causales; pero proyecta parámetros cuantificables que permiten analizar la adopción y/o sustitución de las tecnologías.

Benchmarking / Evaluación comparativa.

La evaluación comparativa o benchmarking es comúnmente utilizada, en la planeación de estrategias de carácter comercial; y en últimas fechas tomó popularidad, en la toma de decisiones a nivel gubernamental. Consiste en observar y evaluar las prácticas en términos de indicadores, giro o aspecto a prospectar; que realizan en las unidades de análisis y/o entidades similares.

Análisis FODA.

El análisis FODA es un método que ayuda a identificar los factores internos que ocasionan debilidad o fortaleza en un sistema; así como los factores externos que pueden generar oportunidades u ocasionar amenazas posibles, tales como cambios socioeconómicos, políticos o ambientales. Posteriormente al análisis del sistema, se exploran estrategias y se toman decisiones que refuercen el futuro deseable.

Backcasting.

El objetivo es identificar políticas y estrategias necesarias para alcanzar el futuro deseable; analizar los escenarios del futuro deseable, eventos clave en el horizonte de tiempo y situaciones cercanas al presente; procurando ver los caminos que se pueden tomar desde el presente, de modo inverso. Se acompaña de modelos de simulación, lluvia de ideas, entre otros.

Indicadores Correlacionados.

Los indicadores intentan identificar cifras y medir sus cambios en el transcurso del tiempo, es decir, generalmente son construidos con datos estadísticos con el fin de describir, monitorear y medir la evolución y ocurrencia de aspectos relevantes. Estos indicadores pueden ser económicos (PIB, costos laborales), sociales (alfabetismo, mortalidad infantil y demás), ambientales (emisión de gas), científicos (gasto en investigación y desarrollo tecnológico, publicaciones), tecnológicos (patentes, inventos, innovaciones), entre otros.

Bibliometría.

A través de este método se analizan de forma cuantitativa y estadística publicaciones de un área en específico, así como su evolución en el tiempo. Por lo general, se utiliza el índice de citas científicas en las publicaciones indexadas en bases de datos.

Entrevistas.

Son conversaciones estructuradas, utilizadas en la prospectiva como instrumento de consulta para recabar información sobre el conocimiento/experiencia a lo largo del tiempo, de los entrevistados.

Árboles de relevancia.

Es un método a través del cual se aborda un tema de investigación de manera jerárquica. Iniciando con la descripción general del objeto para continuar con la desagregación de sus componentes y elementos, y la interdependencia entre ellos; asociando los objetivos específicos y los posibles significados, por niveles.

Análisis del entorno.

Este método estudia el contexto tecnológico, económico, ambiental y cultural de los actores, a través de la observación, monitoreo y descripción sistemática.

Encuestas.

Consiste en la construcción de cuestionarios para la obtención de datos cuantificables, usualmente utilizados para ser aplicados a un elevado número de personas.

Análisis de series de tiempo

Utiliza indicadores los cuales son el resultado de datos estadísticos, que permiten la descripción, monitoreo y mediciones en el tiempo de situaciones/temas relevantes.

Análisis de impacto cruzado.

Este método consiste en la examinación sistemática de grupos de variables clave, que describen un sistema, objeto de análisis. A través del cual es posible explorar las interacciones entre tendencias, objetivos y actores de un sistema, para determinar su influencia y/o dependencia sobre otros elementos.

Roadmapping.

Es una técnica utilizada para describir a detalle el futuro de una tecnología, a partir del desarrollo de un plan de diversas tecnologías interrelacionadas, en el cual se considera la estructura del mercado.

Análisis de actores / MACTOR

Este método tiene como objetivo la identificación de objetivos clave dentro de un sistema, el cual considera las fortalezas e intereses de los actores, y reconoce los conflictos, alianzas y estrategias potenciales. Utiliza matrices para la representación de situaciones, a través de las cuales son éstas son analizadas.

1.4 Estado del arte sobre prospectiva tecnológica

A partir de los años sesenta, se han realizado ejercicios de prospectiva, con la finalidad de tomar decisiones y asentar políticas científico- tecnológicas, que influyen en el mediano y largo plazo; no solo en instituciones y/o sectores específicos, sino a nivel país o región socioeconómica.

En la actualidad, los estudios de prospectiva son parte de las estrategias de competitividad nacionales en ciertos países; dado que, el análisis de los posibles caminos que puede tomar el desarrollo de una tecnología clave, permite enfocarse no sólo en dicho desarrollo sino en las variables que puedan influir en el mismo. Aunado a lo anterior, estos estudios permiten determinar la forma en que las tecnologías clave afectan a la sociedad y sirven de base para establecer medidas de acción oportunas.

1.4.1 Inicio de los estudios de prospectiva tecnológica

A inicios de la década de los 70s, Japon institucionalizó un sistema de análisis de oportunidades nacionales en ciencia, tecnología e innovación; siendo el primer país en realizar estudios de prospectiva para establecer políticas tecnológicas nacionales a largo plazo, las cuales, transformaron al país de imitador de innovaciones occidentales a referente

de liderazgo en electrónica. Desde entonces, cada cinco años, Japón realiza estudios de prospectiva tecnológica a nivel nacional como base para el desarrollo de políticas en ciencia, tecnología e innovación (Miles, 2017).

Esta tendencia fue reproducida por países europeos que comenzaron a realizar estudios de prospectiva tecnológica en compañías automotrices, petroleras, y del sector energético, durante toda la década de los 70's y 80's. En Estados Unidos en la década de los 80's se incrementaron este tipo de estudios de largo plazo dentro del sector empresarial, y la industria aeroespacial, química y del petróleo (Johnston, 2008). Asimismo, las actividades de prospectiva se caracterizaron por considerar múltiples futuros que incluyeran el marco más amplio posible de incertidumbres, tanto a nivel social como económico en el mundo.

La razón principal del desarrollo e incremento a nivel nacional, de los estudios de prospectiva tecnológica fue la necesidad de proyección a largo plazo, de la investigación científica y tecnológica. No sólo para incrementar su nivel de competitividad y poder brindar solución a problemas sociales y económicos; sino para integrarse al ritmo acelerado del progreso científico-tecnológico en un mundo globalizado.

Esta globalización, constantemente demanda una infraestructura compleja y sofisticada para realizar investigación y desarrollo (I+D) a nivel nacional (Castelló y col., 2000). No obstante, es poco factible su desarrollo en todas las áreas de la ciencia; por lo que, se consideró necesario identificar prioridades de I+D y planificar un futuro dinámico en cada país (Castelló y col., 2000). Permitiendo, que cada gobierno determinará áreas clave y generará políticas de ciencia y tecnología a largo plazo (Saritas, 2013).

Durante la década de los 90's se realizaron ejercicios de prospectiva en distintos tipos de organismos, tales como: consejos consultivos gubernamentales, consejos de investigación, academias nacionales de ciencias, asociaciones industriales, empresas.

Países como Alemania, Francia y Reino unido realizaron programas nacionales de prospectiva a gran escala, influyendo en la mayoría de la política interna y externa de los países europeos (Saritas, 2013).

Aunado a lo anterior, algunos países asiáticos como Corea del Sur y China, y miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), llevaron a cabo estudios nacionales de prospectiva, con la finalidad de establecer prioridades y objetivos políticos (Miles, y col., 2008). Mismos que trataban de impactar en la competitividad nacional, construcción de visión, identificación de tecnologías claves o emergentes, creación de redes, difusión de información y educación, entre otros (Gavigan y Scapolo 1999).

Con respecto a Latinoamérica, Chile, Brasil y Venezuela fueron los primeros países en desarrollar estudios de prospectiva entre 1996 y 2000. En Chile, se desarrolló prospectiva en la industria del vino de exportación, acuicultura, educación, y tecnologías de la información y la comunicación (Navarrete, 2006).

Mientras que, Brasil realizó estudios vinculados con Fondos Sectoriales (agronegocios, aeronáutica, biotecnología, energía, salud, petróleo, entre otros) y con temas relevantes a nivel nacional como nanotecnología, mar y costas (Dos Santos, 2011).

Por su parte, México fue el primer país en establecer un posgrado enfocado a la prospectiva estratégica, a través de la Fundación Javier Barros Sierra. Por lo que, pocos años después del 2000, países como Colombia, México, Bolivia, Perú, Argentina, entre otros, desarrollaron estudios de prospectiva a nivel nacional.

Además, el enfoque de los ejercicios de prospectiva tecnológica se amplió a partir del siglo XXI, debido al aumento en la complejidad de las sociedades; con la finalidad de cubrir mayor variedad de temas y áreas de aplicación.

1.4.2 Niveles en los estudios de prospectiva tecnológica

Los estudios de prospectiva tecnológica para explicar y evaluar el progreso futuro, pueden evaluar por medio de tres diferentes grados; dependiendo del objetivo de la investigación y del número de áreas de conocimiento que se quiere analizar. Los tres principales niveles en que se desarrollan los estudios de prospectiva son: holístico, meso y micro

Nivel holístico.

La mayoría de los estudios de prospectiva tecnológica desarrollados a nivel nacional, que corresponden a aspectos relacionados con I+D han sido de nivel holístico. Es decir, se considera la totalidad del espectro de áreas de conocimiento del I+D, para una mejor comprensión de las posibles direcciones futuras; con la finalidad de poder determinar hacia dónde se dirigirán los esfuerzos y políticas públicas nacionales.

- *Estados Unidos.*

En Estados Unidos, los cuatro primeros ejercicios de prospectiva realizados entre 1991 y 1999, fueron denominados Paneles Nacionales de Tecnologías Críticas. Mismos que permitieron identificar tecnologías críticas e implicaciones económicas de estas tecnologías. El tercer ejercicio identificó tecnologías emergentes y estratégicas; y el último reportó el estado de la ciencia y la tecnología en el país (SyT – Shaping the Twenty-First Century).

Estos estudios les permitió especificar las áreas a las que debían de enfocarse las actividades de I+D. Se utilizó el método de paneles de expertos en los cuatro estudios atendiendo a criterios específicos: el primero se enfocó en la importancia y diversidad de las necesidades nacionales; el segundo se centró en criterios de contribución al crecimiento económico, al capital humano y al comercio internacional. El tercero se orientó en la prosperidad económica y la seguridad nacional; mientras que el último analizó el conjunto de criterios de los tres ejercicios anteriores (Castelló-Tarrega y Rodríguez, 2000).

- *Holanda.*

De 1990 a 1995 se realizaron estudios de prospectiva en tecnologías puntuales o sectores específicos de la sociedad. Por lo que, antes de desarrollar el primer estudio amplio del país, se sistematizó el análisis de las distintas experiencias de prospectiva realizadas hasta el momento, con el fin de establecer prioridades en ciencia y tecnología (CyT).

El primer estudio amplio de prospectiva tecnológica tuvo como objetivo principal determinar las principales áreas tecnológicas del país, para su desarrollo mediante redes de cooperación, universidades, centros públicos y privados de I+D. La metodología utilizada fue el análisis de escenarios, enfocado a las aplicaciones potenciales de nuevas tecnologías o con altas expectativas de aplicación en los siguientes 5 a 10 años (Castelló-Tarrega y Rodríguez, 2000).

- *Brasil.*

El primer ejercicio nacional de prospectiva tecnológica de Brasil, fue realizado de 2000 a 2001, con el objetivo de identificar las tecnologías clave para el desarrollo del país a largo plazo (10 años) y precisar las áreas de conocimiento más relevantes para la innovación tecnológica. A diferencia de los casos de Holanda y Estados Unidos, este estudio fue a nivel macro, porque sólo consideró un número limitado de áreas de investigación.

La metodología utilizada fue el método de Delphi, con un panel de expertos conformado por miembros de distintos centros tecnológicos del país; seguido de una metodología matricial que relaciona los sectores productivos con los productos esperados (Castelló-Tarrega y Rodríguez, 2000).

- *España.*

España ha realizado estudios de prospectiva tecnológica a nivel holístico y meso. El primero, es representado por el Ejercicio de Prospectiva Tecnológica 2020, de la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología, que fue realizado para determinar las necesidades de su Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Se utilizaron diversos métodos de prospectiva, como análisis de tendencias, paneles de expertos, método Delphi y análisis de impacto cruzado

A partir de este estudio, España estableció la prospectiva como método de observación sistemático de la ciencia, la tecnología y la innovación, a largo plazo. Además,

contempla la I+D, como elemento esencial para la generación de nuevo conocimiento y como factor determinante de competitividad (FECYT, 2008).

Nivel meso

Por otro lado, se han realizado estudios de prospectiva tecnológica a nivel meso; lo que implica que sólo se analiza un solo campo de investigación o tema en específico. Ejemplo de ello, es el estudio de Prospectiva de Energías Renovables, realizado en 2011 en España, cuyo objetivo fue identificar las acciones prioritarias para el desarrollo industrial y económico de tecnologías renovables. Con el fin de contribuir al diseño de un sistema energético nuevo con tecnologías bajas en carbono de base; que reduzcan las consecuencias del cambio climático y consoliden una posición competitiva en el sector, a nivel nacional.

Este estudio consideró las capacidades y conocimientos, en función del impacto que tendrán las tecnologías dentro de su horizonte temporal; por lo que, integró en su metodología, el análisis del entorno, la creación de paneles de expertos y consultivo, y un Mini-Delphi (Cabrera, Ribas y Cuesta 2011). Otro ejemplo de estudio meso español, es el Informe de Prospectiva de Nuevos Materiales Inteligentes que identificó las tendencias de investigación y desarrollos tecnológicos relacionados con los nuevos materiales inteligentes, en tres sectores básicos: salud, transporte, y energía y medio ambiente.

Posibilitando su prospección, en un horizonte temporal de 10 – 15 años; con la ayuda de la metodología propuesta, preponderantemente una evaluación cualitativa, mediante la constitución y debate de un panel general de expertos, paneles sectoriales, y encuestas de sostenibilidad de las líneas de investigación. (Velte, Jiménez, y col., 2011).

Nivel micro

Además de los estudios holísticos y a nivel meso, existe la prospectiva a nivel micro, que permite evaluar expectativas de progreso futuro, en especialidades científicas o proyectos de investigación. Ejemplo de ello, es el trabajo de investigación, de Carballo y Varela, (1997) que proyectó tendencias de la Ingeniería Química, con respecto a la

investigación y formación de recursos humanos; con la finalidad de adecuar, actualizar y modernizar los planes de estudio en dicha área, y poder alcanzar una ventaja competitiva sostenible a través del tiempo. Este estudio sirvió como referente a nivel nacional para plantear la orientación general de la carrera.

1.4.3 Metodologías en estudios de prospectiva tecnológica

No sólo es importante considerar el área de estudio, el nivel de la investigación, el objetivo fundamental y el resultado que se quiere obtener, cuando se plantean los estudios de prospectiva tecnológica. También es muy importante desarrollar una propuesta metodológica adecuada que posibilite conjuntar todos estos parámetros; por lo que, dependiendo del estudio específico se han recomendado diferentes herramientas y métodos.

Pedraza-Camargo y Reyes-Alvarado (2006) proponen una metodología de cuatro fases, para la generación y transferencia de capacidades de prospectiva tecnológica, en el área de nuevos materiales y nanotecnologías, a centros de investigación de excelencia colombianos.

1. La primera fase que consiste en nombre el centro o proyecto como sistema, permite una delimitación organizacional precisa (actores, suministradores, clientes, organizadores, etc).
2. La segunda fase que identifica las variables de mayor relevancia, para el futuro del centro o proyecto, utiliza un análisis FODA y un análisis estructural con el método Delphi.
3. La tercera etapa que elabora escenarios plausibles, mediante una segunda ronda del método Delphi, un análisis de probabilidades y determinación de los escenarios optimista, pesimista y tendencial; y en algunos casos se utiliza el método prospectivo de impactos cruzados.
4. La última fase posibilita la construcción de la agenda prospectiva, a través de la identificación de obstáculos y actividades que permitan su remoción, así como la discusión de las actividades que conformarán dicha agenda (Pedraza-Camargo y Reyes-Alvarado, 2006).

Por otra parte, Aguilar, y *col.* (2008) desarrollaron un marco metodológico para ejercicios de prospectiva enfocados en el aspecto tecnológico y empresarial; siendo aplicada a un caso de estudio para automatizar la organización pública venezolana. Donde, las fases fueron: determinación de restricciones de contexto, realización de un diagnóstico de estado actual, identificación de dominios tecnológicos, diagnóstico de avances tecnológicos, desarrollo de escenarios, diagnóstico del estado deseado y determinación de brecha; utilizando los métodos análisis de contexto y la elaboración de escenarios.

Romero-Rivera (2010) desarrolla una metodología de prospectiva para la toma de decisiones en una organización de base tecnológica con la finalidad de obtener desarrollo productivo, generar una visión eficiente y sustentable, y detectar oportunidades de negocio. Esta propuesta analiza tendencias e identifica factores de cambio que repercuten en el desarrollo, con el método Delphi y un diagnóstico de la organización (árbol de competencias, análisis estructural, y oportunidades de negocio).

Con las oportunidades detectadas de desarrollo e innovación se toman decisiones, con ayuda del análisis estratégico, para priorizar los proyectos a ejecutar; y finalmente, con un mapeo tecnológico de negocio se define la ruta más confiable y rentable.

Yazan (2016) realiza un estudio sobre la importancia del análisis tecnológico orientado al futuro, específicamente a la prospectiva tecnológica, y la selección de la metodología idónea; por lo que, establece un marco referencial sobre las herramientas requeridas en el análisis de tecnologías emergentes del transporte aéreo.

La primera fase del estudio consistió en elegir las herramientas más adecuadas para el análisis y las características tecnológicas, siendo relevante, una visión a largo plazo, una tecnología emergente de transportación aérea, un sistema sociotecnológico y una normativa nacional y global, cuantitativa y cualitativa.

Se utilizaron otras herramientas, como el modelo basado en agentes, análisis de costo-beneficio, escenarios, análisis de impacto cruzado, estudio de caso, hoja de ruta, entrevistas, visualización de beneficios, revisión de literatura y asistencia a conferencias.

Los principales hallazgos de los estudios realizados por los autores antes mencionados, así como los métodos de prospectiva tecnológica utilizados y sus principales hallazgos, se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Estudios de prospectiva tecnológica en organizaciones de investigación de base tecnológica

| Autores | Método de prospectiva tecnológica | Resultados |
|---|--|---|
| Carballo y Varela, 1997 | - Escenarios | Tendencias en investigación y formación de recursos humanos en el área de ingeniería química. |
| Circa Group Europe, 2000 | - Delphi | Capacidades de investigación de las universidades irlandesas. |
| Pedraza-Camargo y Reyes-Alvarado, 2006 | - Escenarios - Análisis FODA - Delphi - A. de impacto cruzado | Capacidades de prospectiva en el área de nuevos materiales y nanotecnología. |
| Romero-Rivera, 2010 | - Análisis de tendencias - Delphi - Mapeo tecnológico | Oportunidades de negocios confiables y rentables de base tecnológica. Priorización de proyectos. |
| Yazan, 2016 | - Escenarios - Análisis de impacto cruzado - Hoja de ruta | Visión a largo plazo del transporte aéreo. Sistema sociotecnológico (recursos-redes-normativa). |
| López-Ortega y Castillo-Camarena, 2017 | - Panel de expertos - Escenarios | Prospección del análisis de riesgos naturales en ingeniería civil. |

Fuente: Elaboración propia

2. CAPACIDADES DINÁMICAS

El presente capítulo menciona la importancia de las capacidades dinámicas en los procesos al interior de las organizaciones y la posibilidad de replicarlos. Así mismo, presenta las principales teorías que han abordado este tipo de capacidades, y los factores que se desarrollan. Posteriormente se abordan las capacidades dinámicas con base en la clasificación de Teece (2007) con la finalidad de poder explicar que las razones por las cuales la prospectiva tecnológica en este estudio es abordada como una capacidad dinámica.

2.1 Antecedentes

En las últimas décadas, el acceso global a bienes y servicios, flujo de información y transporte, han impactado en la práctica antigua de las organizaciones de lograr una ventaja competitiva sostenible mediante estrategias basadas en explotar ventajas específicas existentes respaldadas por recursos, por lo general protegidos, como la propiedad intelectual (Vinkenroy, 2017; Teece y Pisano, 1994).

Sin embargo, a través del tiempo se establecieron condiciones de homogeneidad, ya que los recursos que en algún momento fueron difíciles de obtener, en la actualidad se encuentran ampliamente disponibles, lo cual hace latente la necesidad de nuevas capacidades para lograr una ventaja competitiva. De tal forma que, dadas las circunstancias de hoy en día, donde prevalecen mercados inestables, competencia feroz, así como tecnologías disruptivas, las organizaciones necesitan contar con capacidades de gestión para coordinar y redistribuir de forma efectiva las competencias internas y externas que les permitan responder de forma flexible, rápida e innovadora (Teece y col., 1997)

Las capacidades dinámicas dentro una organización proporcionan fuentes de rendimiento de largo plazo, así como ventajas competitivas sostenibles (Zollo y Winter, 2002; Teece, 2007); por lo que su estudio ha permitido una mayor comprensión de su naturaleza en los diferentes sectores y contextos, ya que existe un número notable de publicaciones acerca del tema.

No obstante, es importante destacar que la teoría de las capacidades dinámicas fue introducida principalmente por Teece y Pisano (1994) y Teece y col. (1997); quienes en sus investigaciones demuestran que la influencia y los efectos de dichas capacidades están correlacionados con el dinamismo del ambiente que rodea a una organización; y señalan la relevancia, dentro de un entorno cambiante, de contar con la capacidad de gestionar la reconfiguración efectiva de los recursos (competencias internas y externas), para innovar (de forma rápida y flexible) en sus productos y dar respuesta oportuna a las necesidades del mercado.

2.2 Teorías de las capacidades dinámicas

Teece y col. (1997) señalan los tres paradigmas que anteceden a la teoría de las capacidades dinámicas:

1) *Fuerzas competitivas* (barreras de entrada, amenaza de sustitución, poder de negociación de los compradores, poder de negociación de los proveedores y la rivalidad entre los titulares de la industria determinan la rentabilidad de las diferentes industrias), el cual fue desarrollado por Porter (1980). Dicho marco está fundamentado en el esquema estructura-conducta-desempeño de la organización. Asimismo, permite encontrar una postura a través de la cual la organización pueda enfrentar las fuerzas competitivas o utilizarlas a su favor.

2) *Enfoque de conflicto estratégico*, el cual analiza la naturaleza de la interacción competitiva entre organizaciones rivales utilizando la teoría de juegos; y muestra la influencia de una organización en las acciones y comportamiento de las adversarias y por lo tanto en el comportamiento del mercado (Katz y Shapiro, 1985, Shapiro, 1989).

3) *Perspectiva basada en recursos*, la cual considera que el éxito y desarrollo futuro de una organización (dentro de un entorno competitivo) dependen de su destreza para crear competencias que la caracterizan (distintivas), la explotación de ventajas específicas existentes, así como estrategias que le permitan el desarrollo de nuevas

capacidades (Learned y col., 1969; Wernerfelt, 1984). A través de este enfoque se define a los recursos como los factores disponibles existentes, propiedad de la organización o controlados por la misma (sistemas de información, activos financieros, infraestructura, tecnología, capital humano, entre otros); y considera como recursos relevantes para las ventajas competitivas sostenibles, aquellos que son valiosos, raros, inimitables e insustituibles (Wernerfeld, 1984; Barney, 1991; Amid y Schoemaker, 1993; Eisenhardt y Martin, 2000).

Para la teoría de las capacidades dinámicas, la perspectiva basada en recursos es de gran valor; sin embargo, dicho paradigma solo funciona dentro de un ambiente estable, ya que dentro de un entorno volátil los recursos sólo explican ventajas competitivas temporales. Al observar lo anterior, Teece y col. (1997) modifican el enfoque desde la configuración de recursos de la organización hasta las rutinas estratégicas y organizativas precedentes que determinan las configuraciones de los recursos de acuerdo con las condiciones ambientales; es decir, consideran de vital importancia el dinamismo del entorno para el logro del ajuste y reconfiguración de los recursos y capacidades de la organización.

Los estudios de Ambrosini y Bowman (2003) acerca de la influencia del dinamismo de los mercados sobre la efectividad de las capacidades dinámicas, también señalan que aún en entornos estáticos las organizaciones requieren de mejora continua, y aunque su ritmo de cambio es lento, la base de sus recursos requiere de ajustes; de tal forma que, las capacidades dinámicas también ayudan a la organización a responder al cambio en un ambiente estable o moderadamente cambiante.

2.3 Concepto de capacidades dinámicas

Teece y Pisano, (1994), establecen que el marco conceptual vinculado con las capacidades dinámicas, dentro del ámbito de competencia schumpeteriana, es la identificación de los elementos estratégicos, base de una organización (competencias internas y externas), sobre las cuales sea posible construir ventajas distintivas, y que además sean difíciles de duplicar. Asimismo, señalan los dos aspectos fundamentales que

enmarcan dichas capacidades: 1) la existencia de un entorno empresarial de cambio rápido y 2) la importancia de la gestión estratégica para dirigir de forma adecuada los recursos hacia dicho entorno cambiante.

Dichos autores señalan que un elemento para que sea estratégico debe ser una capacidad capaz de adaptarse a la necesidad del usuario, ser única y difícil de replicar; es decir, una competencia distintiva, que al haber sido construida conlleva como características que sea un activo enigmático y que no existe un mercado para ella (Teece y Pisano, 1994). Derivado de los anterior, a las capacidades que permiten a la organización crear nuevos productos y procesos, y responder a las circunstancias cambiantes del mercado, logrando así nuevas formas de ventaja competitiva les denominaron “capacidades dinámicas” (Teece y Pisano, 1994; Teece y col., 1997). En esta definición los autores hacen énfasis en el dinamismo como la capacidad de renovar competencias que le permitan a la organización ser congruente con el ambiente cambiante; en donde el tiempo de comercialización y momento son críticos, el cambio tecnológico es rápido y la naturaleza de la competencia futura y mercados son difíciles de determinar. Y de igual forma, enfatizan las capacidades, como elementos clave en la adaptación, integración y reconfiguración adecuada de las habilidades de la organización, los recursos y competencias, para responder y satisfacer los requerimientos dentro de un entorno inestable.

Por otra parte, Wang y Ahmed (2007) determinan a las capacidades dinámicas como la orientación conductual para constantemente integrar, reconfigurar, renovar y recrear sus recursos y capacidades; así como mejorar y reconstruir sus capacidades centrales en respuesta al entorno cambiante para lograr y mantener una ventaja competitiva.

El enfoque principal de las capacidades dinámicas es brindar un marco de acción coherente que le permita a la organización integrar el conocimiento conceptual y el empírico existente, así como facilitar la prescripción (Teece y col., 1997).

Cabe hacer notar que, la esencia de las capacidades dinámicas está integrada en los procesos organizacionales, sin embargo, tanto el contenido de éstos como las oportunidades que ofrecen para lograr ventaja competitiva dependen significativamente de los activos que

posea la organización (internos y de mercado), así como por el camino evolutivo que ha ido adoptando (Teece y col., 1997; Wang y Ahmed., 2007). Lo anterior confirma que las organizaciones dentro de su trayectoria desarrollan competencias mediante interacciones complejas entre sus recursos y, es dicho camino el que permite definir qué posibilidades están abiertas en el presente, y los límites a nivel interno en un escenario futuro; de tal forma que, en distintos momentos del trayecto, los compromisos para determinados dominios de competencias se vuelven irreversibles (Amit y Schoemaker, 1993; Ghemawat y Costa, 1993).

No obstante, la definición de las capacidades dinámicas ha evolucionado, a través de la ampliación y complementariedad del concepto, de tal forma que las capacidades dinámicas se entienden como procesos únicos e idiosincráticos que nacen de la evolución e historia de la organización, y que determinan la velocidad y el grado en el cual los recursos de la empresa son alineados y realineados para satisfacer los requerimientos y oportunidades que ofrece el entorno a fin de generar rendimientos superiores y sostenibles en el tiempo (Teece, 2012).

Aunado a lo anterior, Teece (2012, 2014) menciona que las capacidades dinámicas involucran acciones del nivel estratégico más alto de la organización encaminadas a dirigir las actividades ordinarias hacia rendimientos superiores que le permitan responder y contender en un ámbito altamente competitivo, el cual está basado en la innovación, competencia de precios y calidad en bienes y servicios.

Como se ha mencionado, las capacidades dinámicas además de permitir a la organización responder en un ámbito de condiciones cambiantes de mercado, con la creación de nuevos productos y procesos; involucran la identificación de los procesos (gerenciales y organizacionales) que son necesarios para la implementación de estrategias, la innovación y adaptación a un entorno inestable.

Sin embargo, a diferencia de lo que Teece y col. (2004; 2007) han planteado acerca de que las capacidades dinámicas giran alrededor de las habilidades de cambiar o reconfigurar las rutinas de la organización motivados por los cambios en el entorno, Zahra y col. (2006) consideran que también los procesos cognitivos son determinantes y de suma

importancia en la generación de capacidades dinámicas; debido a que, dicha reconfiguración de recursos es promovida por quienes toman decisiones (directivos, gerentes) cuando percibe o intuye un cambio, el cual aunque no exista un hecho objetivo del ambiente que así lo indique o lo impulse, este cambio se lleva a cabo.

Derivado de lo antes expuesto, se concluye que en una organización las capacidades dinámicas se entienden como las competencias y habilidades involucradas en el desarrollo de actividades estratégicas, que faciliten y dirijan los procesos de innovación, creación y/o reconfiguración de recursos y capacidades, que permitan adaptarse a un entorno cambiante y competitivo de manera adecuada o impactar, logrando ventajas competitivas sostenibles.

Por otra parte, Teece (2007) menciona que a través de la detección de amenazas y oportunidades (sensing), el aprovechamiento de oportunidades (seizing) y la gestión de las amenazas, así como la reconfiguración de los recursos (reconfiguration), las organizaciones pueden alinear sus recursos con las necesidades del entorno (mercado).

La detección de oportunidades, involucra la exploración del entorno en busca de tendencias, la observación del comportamiento de la competencia y la búsqueda de información acerca de necesidades de clientes o proveedores que no han sido satisfechas; para ello es necesario escanear, filtrar e identificar información relevante, aprender e interpretar información (Cohen y Levinthal, 1990; Ocasio, 1997; Harris y Salchenberger, 2013).

Después de haber realizado la detección de oportunidades, lo siguiente es aprovechar las oportunidades, lo cual requiere comprender los recursos requeridos, tomar decisiones pertinentes sobre inversión en tecnología y otros recursos, y posteriormente conducir a otros a realizar los cambios necesarios (Harris y Salchenberger, 2013).

En cuanto a la reconfiguración de los recursos, posterior al aprovechamiento de oportunidades, conlleva el realinear los recursos de manera que sus combinaciones aumenten el valor de la organización. Es a través de ésta que se puede desarrollar la capacidad de adaptación a circunstancias cambiantes. Estos tres conjuntos de actividades contribuyen al desarrollo de una capacidad dinámica (Harris y Salchenberger, 2013).

2.4 Factores que determinan las capacidades dinámicas

En la literatura existen diversos autores que citan los factores que ayudan a la determinación de las competencias distintivas y las capacidades dinámicas establecidos por Teece y col., (1997), quienes los categorizaron en: 1) Procesos, 2) Posiciones y 3) Rutas: las alternativas estratégicas disponibles para la organización.

2.4.1 Procesos

Los procesos organizacionales corresponden a la forma de hacer las cosas en la organización, es decir, son los patrones actuales de práctica y aprendizaje; los cuales tienen las siguientes funciones:

- *Coordinar / integrar*: esta función es realizada por las gerencias, e implica la coordinación de la actividad al interior de la organización, así como la integración de actividades y tecnologías externas (alianzas estratégicas, colaboraciones tecnológicas, vinculación con clientes y proveedores, entre otros); en ambos casos es importante se realice de manera eficiente y efectiva (Teece y col., 1997).
- *Aprendizaje*: es el proceso en el que a través de la repetición y la experimentación se logra que las tareas se lleven a cabo de mejor forma y con mayor velocidad. Dicha función conlleva habilidades organizativas e individuales, y su valor depende de su empleo en escenarios particulares.
- Estos procesos, son intrínsecamente sociales y colectivos, debido a contribuciones conjuntas para la comprensión de problemas complejos. Por otra parte, el aprendizaje requiere de códigos comunes de comunicación. Un aspecto relevante es el conocimiento organizacional que genera reside en nuevos patrones de actividad, rutina o nueva lógica de la organización, de tal forma que las capacidades dinámicas abren potencialmente la puerta al aprendizaje inter-organizacional (Doz y Shuen, 1990; Teece y col., 1997).
- *Reconfiguración y transformación*: son habilidades organizacionales aprendidas, que permiten alcanzar una alta flexibilidad en ambientes dinámicos; de tal forma que son necesarios, el reconfigurar la estructura de los activos y alcanzar una

transformación tanto interna como externa; para lo cual es importante realizar y mantener una vigilancia de los mercados y de las tecnologías de forma constante, así como la adopción de las mejores prácticas para enfrentar los entornos altamente competitivos (Amit y Schoemaker, 1993; Langlois, 1994, Teece y col., 1997).

2.4.2 Posiciones

La postura estratégica de una organización, además de los procesos de aprendizaje y la coherencia de sus procesos internos y externos, está determinada por activos específicos, entre los que destacan los activos de conocimiento que son difíciles de comerciar, activos fijos especializados, activos complementarios y los activos de reputación y relacionales, tales como tecnología, propiedad intelectual, base de clientes, vinculación con proveedores, entre otros (Teece y col., 1997).

2.4.3 Rutas

La posición actual de una organización, está determinada por la trayectoria que ha recorrido, y el lugar hacia donde puede dirigirse está en función de dicha posición, así como de los caminos que tiene por delante. De tal forma que la historia (inversiones previas y su conjunto de rutinas) es importante en las dependencias de ruta, ya que limita el comportamiento futuro de la organización (Teece y col. 1997).

Por otra parte, la consideración de oportunidades tecnológicas brinda significado a la dependencia de ruta; de esta forma, el hecho que en una organización se pueda conocer hasta qué punto y qué tan rápido se pueda avanzar, en un área específica, se debe en parte a las oportunidades tecnológicas que se le presentan (Teece y col., 1997).

2.5 Elementos principales de las capacidades dinámicas

Diversos autores han identificado en sus investigaciones componentes de las capacidades dinámicas, entre los que destacan principalmente la capacidad de adaptación, la capacidad de absorción, así como la capacidad de innovación. Es a través de éstas, que se consolida la capacidad de una organización para integrar, reconfigurar, renovar y recrear sus recursos y capacidades, en línea, con los cambios externos. Y, aunque están

correlacionadas son conceptualmente distintas (Eisenhardt y Martin, 2000; Wang y Ahmed, 2007; Garzón, 2015); por lo que a continuación se describen cada uno de ellas:

2.5.1 Capacidad de adaptación

Se define como la capacidad que le permite a una organización la identificación y aprovechamiento de las oportunidades de los mercados emergentes; lo cual implica adaptarse a tiempo, a través de la flexibilidad de recursos y la alineación de recursos y capacidades (factores organizacionales internos), con el entorno dinámico (factores ambientales externos). Esta capacidad se enfoca en la búsqueda de estrategias de exploración y de explotación, así como en su equilibrio; y, su desarrollo por lo general va de la mano con la evolución de las formas organizativas (Chakravarthy, 1982; Hooley y col., 1992; Miles y Snow, 1978; Wang y Ahmed, 2007).

Las capacidades dinámicas se reflejan a través de la capacidad de adaptación en términos de flexibilidad estratégica de recursos y la alineación entre ellos, su forma organizativa y las necesidades estratégicas en constante cambio (Rindova y Kotha, 2001).

2.5.2 Capacidad de absorción

La capacidad de absorción es aquella a través de la cual una organización puede reconocer el valor de la información nueva y externa, asimilar y aplicarla a fines comerciales; dicha capacidad está en función del nivel de conocimiento previo (Cohen y Levinthal, 1990).

Las capacidades dinámicas se demuestran mediante la capacidad de absorción cuando la organización adquiere conocimiento externo nuevo, lo asimila con el conocimiento interno existente y crea conocimiento nuevo para uso interno (Wang y Ahmed, 2007).

2.5.3 Capacidad de innovación

Se refiere a la capacidad para desarrollar, modificar e innovar en nuevos productos y/o servicios, nuevos métodos de producción o prestación de servicios e identificación de nuevos mercados, a través de la aplicación de estrategias que alineen comportamientos y

procesos innovadores (Wang y Ahmed, 1997; 2004). Esta capacidad, engloba varias dimensiones, además de las mencionadas anteriormente, entre las que se encuentran: identificación de nuevas fuentes de suministro, desarrollo de nuevas formas de organización, toma de riesgos por ejecutivos clave, búsqueda de soluciones inusuales y novedosas, sofisticación tecnológica, desarrollo de nuevas competencias de carácter acumulativo, por mencionar algunas (Schumpeter, 1934; Miller y Friesen, 1983; Capon y col., 1992, Gurisatti y col., 1997, Daneels, 2002; Wang y Ahmed, 2007).

Esta capacidad explica los vínculos entre los recursos y las capacidades de una organización con su mercado de productos (Wang y Ahmed, 2007; Garzón, 2015).

2.6 Replicabilidad de los procesos organizacionales

Cabe hacer notar que, la esencia de las capacidades dinámicas está integrada en los procesos organizacionales, sin embargo, tanto el contenido de éstos como las oportunidades que ofrecen para lograr ventaja competitiva dependen significativamente de los activos que posea la organización (internos y de mercado), así como por el camino evolutivo que ha ido adoptando (Teece y col., 1997; Wang y Ahmed., 2007). Lo anterior confirma que a través del tiempo las organizaciones dentro de su trayectoria desarrollan competencias mediante interacciones complejas entre sus recursos y, es dicho camino el que permite definir qué posibilidades están abiertas en el presente, y los límites a nivel interno en un escenario futuro; de tal forma que, en distintos momentos del trayecto, los compromisos para determinados dominios de competencias se vuelven irreversibles (Amit y Schoemaker, 1993; Ghemawat y Costa, 1993).

La replicabilidad, en una organización, involucra la transferencia o despliegue de competencias de un entorno económico concreto a otro. Esta acción lleva incorporado el conocimiento productivo, el cual no es posible transferir solamente como información, debido a que las competencias, capacidades y rutinas sobre las que descansa, normalmente son difíciles de replicar (Teece y col., 1997).

Además de la complejidad que conlleva en sí misma la réplica, por lo general solo se puede llevar a cabo a través de la transferencia de personas. No obstante, la conversión

del conocimiento tácito en conocimiento codificado puede coadyuvar a reducir dicha complejidad, aunque a menudo es imposible; debido a que se requiere una profunda comprensión del proceso. Por lo anterior, las competencias pueden ser una fuente de ventaja competitiva si están fundamentadas en rutinas, habilidades y activos complementarios que sean difíciles de imitar por la competencia (Lippman y Rumelt, 1992; Teece y col., 1997).

2.7 La prospectiva tecnológica como una capacidad dinámica

De acuerdo con Teece, Peterfal y Leih (2016), las capacidades dinámicas, como parte de la dirección estratégica, permiten a las organizaciones mantener una ventaja competitiva al responder al entorno actual y cambiante, así como mirar hacia el futuro, investigando y tratando de darle forma para hacerle frente, a través de la detección, aprovechamiento y reconfiguración.

Las organizaciones con capacidad dinámica, pueden percibir, descubrir, y aprovechar los futuros tecnológicos emergentes, a través de combinaciones innovadoras de recursos, es decir, moldeando con creatividad la capacidad de combinar ciencia, tecnología y negocios (Teece et al, 2016).

A través de la capacidad de detección es posible percibir el cambio en entornos inciertos; así como, gestionar la incertidumbre y facilitar una respuesta rápida a las nuevas exigencias. Por lo que, podemos decir que, a través de ésta, la prospectiva tecnológica, coadyuva con la elaboración de estrategias en situaciones de incertidumbre, al considerar futuros alternativos los cuales permiten adoptar una visión externa más amplia (Scoblic, 2020).

Por otra parte, la prospectiva colabora con el desarrollo de estrategias en condiciones de incertidumbre en la medida en que fomenta la capacidad de aprovechamiento, una vez identificado el mejor curso de acción y determinada la forma de adaptación de la organización (Scoblic, 2020).

En cuanto a la capacidad de reconfiguración, la prospectiva es útil por su capacidad de romper con modelos mentales preexistentes, al considerar futuros alternativos y al

fomentar la exploración de estrategias potenciales, haciendo que dichos modelos mentales sean más flexibles (Scoblic, 2020).

Por lo anterior, la prospectiva tecnológica y sus técnicas, son consideradas capacidades dinámicas, ya que permiten anticipar el futuro antes de que se materialice, y colaboran con la capacidad de hacerlo posible al reducir la incertidumbre.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

3. CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

El presente capítulo describe las capacidades tecnológicas, empezando por el término tecnología que usualmente es entendido como un producto pero que implica todo el régimen socioeconómico en el cual se desarrolló. Así mismo, con base en Lall (1992), Bell y Pavitt (1995) y Lugones (2007) se presentan el desarrollo y clasificación de las capacidades tecnológicas.

3.1 Tecnología

El término tecnología ha sido interpretado desde diferentes aristas, de acuerdo al contexto y al tiempo; por ejemplo, Dunn y Pressman (2005) mencionan la definición dada por Galbraith (1967), como la aplicación sistemática del conocimiento científico y el conocimiento organizado a tareas prácticas; mientras que, Pavitt (1999) señala que la tecnología abarca los artefactos físicos y el conocimiento incorporado en el personal para desarrollarlos, operarlos y mejorarlos. Por otra parte, Dodgson, Gann y Salter (2008) consideran que la tecnología es un artefacto replicable con aplicación práctica, así como el conocimiento que permite desarrollarlo y utilizarlo; la cual, se manifiesta en nuevos productos, procesos y sistemas, que incluyen el conocimiento y las capacidades necesarias para brindar una funcionalidad reproducible. Por lo anterior, se puede asumir que la tecnología no solo es considerada como un objeto sino también como conocimiento; representando un conjunto de activos, dentro de una organización, que brindan productos y servicios; los cuales no sólo son tangibles sino intangibles, tales como: figuras jurídicas de propiedad intelectual, capacidades organizacionales, marcas comerciales, entre otras.

Una de las características relevantes de la tecnología es la facilidad de transferencia entre organizaciones, lo cual puede realizarse a través de mecanismos establecidos por el Mercado; no obstante, existe la dificultad inherente de vínculos complejos que involucran equipos, características de los procesos, características específicas del producto, así como organización del trabajo (Pavel y Pavitt, 1994).

3.2 Definición de capacidades tecnológicas

El diccionario de la Real Academia Española define el término capacidad, como la cualidad de capaz, es decir una aptitud o habilidad que algo o alguien tiene como elemento fuerte dentro de su naturaleza para hacer determinada acción. Sin embargo, el término capacidades se ha utilizado de manera diversa en diferentes niveles de sistemas, desde individuales a globales, para describir una gran variedad de procesos y una variedad de funciones (Iammarino, Sanna-Randaccio y Svona, 2009).

Von Tunzelmann y Wang (2003) diferencian los términos capacidades y competencias, afirmando que las capacidades implican aprendizaje y acumulación de nuevos conocimientos por parte de una organización, así como la integración de elementos como el comportamiento económico y social dentro de un conjunto de resultados; mientras que las competencias son atributos preestablecidos de individuos y empresas para producir bienes y servicios. Asimismo, consideran que las capacidades son el resultado de los procesos de aprendizaje adaptativo, los cuales en una dimensión colectiva (dentro de un entorno específico) pueden dar lugar a una fuente de capacidades tecnológicas determinantes.

Las capacidades tecnológicas han sido conceptualizadas por Westphal, Kim y Dahlman (1985) como "...la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico", es decir, no basta con tener conocimiento, sino es necesaria la aptitud para aplicarlo en producir, invertir, así como para innovar. A diferencia de ello, Lall (1992) señala que las capacidades tecnológicas son el resultado de incentivos internos y externos, en vinculación con otros elementos económicos, ya sea públicos, privados, nacionales o extranjeros.

Bell y Pavitt (1995), establecen que la eficiencia dinámica dentro de una organización proviene de las capacidades internas para generar y gestionar el cambio en las tecnologías que se utilizan para producir y no propiamente de la adquisición de equipo extranjero que permita incorporar nuevas tecnologías y acumulación de conocimientos técnicos. Sin embargo, es importante destacar que la acumulación de conocimientos, derivada del aprovechamiento de las fuentes de conocimiento que estén a disposición de la

organización y la adecuada traducción de este conocimiento en capacidades aplicables, le permitirá a la misma responder con un desempeño competitivo e innovador a las condiciones que imperen en el mercado en que participe (Teece y Pisano, 1994).

Las capacidades tecnológicas están basadas en recursos especializados que no se incorporan ni se derivan de los bienes de capital ni del *know-how* tecnológico; sino en recursos necesarios que generan y administran el cambio técnico, así como las aptitudes, conocimiento y experiencia, estructuras institucionales y vínculos requeridos para producir dicho cambio. De esta forma, la construcción de las capacidades tecnológicas en una organización sugiere una trayectoria temporal de acumulación de conocimientos mediante su participación en actividades de aprendizaje, desarrollando aptitudes para hacer uso eficaz del conocimiento tecnológico y mantener niveles de competitividad (Bell y Pavitt, 1995).

Kim (1997) menciona que las capacidades tecnológicas son habilidades en el uso del conocimiento tecnológico para asimilar, utilizar, adaptar y modificar tecnologías existentes, así como para crear nuevas tecnologías, desarrollar nuevos productos y/o procesos; a través de las cuales es posible dar respuesta a las necesidades y problemas de un entorno económico dinámico.

Por lo que, la adquisición y acumulación de capacidades tecnológicas contribuyen al cambio de la estrategia tecnológica de la organización, e implementan un proceso activo para el manejo del conocimiento, para la conversión del aprendizaje individual en aprendizaje organizacional (Kim, 1997).

Tsai (2004) indica que las capacidades tecnológicas son indispensables para ejecutar cualquier función técnica relevante, como desarrollo de nuevos productos, procesos y conocimientos tecnológicos; además, aclara que la finalidad de las mismas es obtener niveles más altos de eficiencia organizativa, lo cual es clave para obtener una ventaja competitiva.

Con respecto, a la contribución de las capacidades tecnológicas dentro de una organización Jonker, Romijn y Szirmai (2006) la reafirman, al señalar que posibilitan mejoras incrementales del uso de nuevas tecnologías y con ello obtener niveles más altos de desempeño económico.

A partir de las definiciones de Bell y Pavitt (1995) y Lall (1992), los autores Lugones y col. (2007) concluyeron que “las capacidades tecnológicas comprenden no solo conocimientos, sino también las habilidades para obtener, utilizar, absorber, adecuar, mejorar y producir nuevas tecnologías; y que, dentro de dichas capacidades se encuentran incluidas las capacidades de innovación y las capacidades de absorción”. En donde, las capacidades de innovación resultan de la habilidad para generar nuevas combinaciones de ideas, aptitudes y recursos (elementos internos y externos existentes), que son puestas en el mercado (Lugones y col., 2007); mientras que las capacidades de absorción son las habilidades para valorar los conocimientos nuevos y externos, así como para asimilarlos, adaptarlos y utilizarlos con fines económicos (Cohen y Levinthal, 1990).

Como se puede observar, la mayoría de los autores antes citados coinciden en que las capacidades tecnológicas son habilidades y recursos relacionados con la generación y uso efectivo del conocimiento; y es posible concluir que a través de la acumulación de conocimientos, destrezas y experiencias, las organizaciones contribuyen al cambio tecnológico, al mejorar el desarrollo de tecnologías, modificar productos y/o procesos, y/o al desarrollar nuevos productos, procesos, y tecnologías.

Lugones y col. (2007) precisan que las capacidades tecnológicas no solo comprenden conocimiento, sino habilidades que posibiliten la obtención, uso, absorción, adecuación, mejora y producción de nuevas tecnologías; y dentro de dichas capacidades se incluyen las capacidades de innovación y las capacidades de absorción.

Aunado a lo anterior, la CEPAL (Comisión Económica para América Latina) determina que las capacidades tecnológicas son necesarias dentro de un proceso de mejoras que conduzca al crecimiento, tanto de naciones como de organizaciones, inherentes a un desarrollo sostenido; de tal forma que, la construcción de dichas capacidades es el resultado de una interacción compleja de factores tales como: capital humano, recursos de inversión física, esfuerzos tecnológicos realizados, así como la incidencia de diversos factores institucionales (Lugones y col., 2007).

Es importante destacar que, en países en desarrollo la dinámica de los procesos de aprendizaje de las organizaciones es distinta a la de países desarrollados, ya que, por lo

general, no se fundamentan en procesos de I+D, existe mayor dificultad para apropiarse de tecnologías, cuentan con estructuras sociales distintas, así como con políticas institucionales que en ocasiones no incentivan la adquisición, ni el desarrollo de las capacidades tecnológicas, sino que las limitan y/o pierden.

Por último, cabe hacer notar que, la mayoría de los autores establecen aspectos en común cuando definen las capacidades tecnológicas, tales como: la generación de procesos de conocimiento adaptativos, el uso efectivo del mismo para contribuir al cambio tecnológico, y el desarrollo de nuevos productos, procesos y tecnologías.

3.3 Desarrollo y acumulación de las capacidades tecnológicas

El desarrollo y mejora de las capacidades tecnológicas involucra como elemento crucial el esfuerzo tecnológico (Archibugi y Coco, 2004), por lo que, una condición necesaria es el acceso a la tecnología que debe ir acompañado de inversiones útiles y sustanciales, que permitan su absorción, adaptación y aprendizaje (Lall, 2001). De tal forma, que las organizaciones que desarrollan eficaz y eficientemente tales capacidades pueden alcanzar niveles de competitividad a largo plazo (Boonpattarakan, 2012).

Las capacidades tecnológicas están conformadas por diversas fuentes de conocimiento, vínculos externos e innovación (Lundvall, 1992; Chesbrough, 2006). Algunas de las capacidades son impalpables, como las nuevas ideas; mientras que otras están incorporadas en equipos, infraestructuras y en habilidades humanas (Pianta, 1995; Smith, 1997; Evangelista, 1999). Pero con la finalidad de comprender adecuadamente la función de las capacidades tecnológicas en el desarrollo social y económico deben de conceptualizarse y cuantificarse (Archibugi y Coco, 2004).

Diversos autores coinciden en que las capacidades tecnológicas se van construyendo en las organizaciones debido a la necesidad de desarrollar y mantener capacidades internas; generar cambios en las tecnologías subyacentes; desarrollar I+D y relaciones más estrechas con universidades, institutos de investigación y proveedores especializados; generar nuevos componentes tecnológicos; desarrollar capacidades de integración de sistemas a largo plazo, así como de internacionalización. (Bozeman, 2000; Prencipe, 2000; Kyläheiko y col.,

2011; Terawatanavong, y col., 2011; Wang y Zhou, 2013). De tal forma que su perfeccionamiento conlleva al fortalecimiento tecnológico, mismo que coadyuva a las organizaciones a ser competitivas dentro de un entorno dinámico y complejo (Ince y col., 2016).

En el caso de organizaciones dedicadas a I+D, la evolución de sus capacidades tecnológicas es necesaria para que se dé la innovación, lo cual requiere de estructuras que faciliten la identificación de nuevas oportunidades, la planeación estratégica así como la gestión tecnológica, a través de vínculos adecuados internos como externos (Tumelero y col., 2018).

3.3.1 Etapas de desarrollo de las capacidades tecnológicas

El aprendizaje al interior de las organizaciones se produce cuando el conocimiento se comparte, adapta, desarrolla e introduce en sus procedimientos internos, la estructura y la cultura, el cual al ser continuo impacta en el mejoramiento de las capacidades tecnológicas (Dodgson, 1993).

De acuerdo con Ortega-Rangel (2005), el desarrollo o proceso de adquisición de las capacidades tecnológicas se encuentra caracterizado por siete fases (Tabla 6); donde cada una de ellas requiere un mayor nivel de profundidad y complejidad del conocimiento, debido al dominio de tecnologías previas que van permitiendo construir competencias de manera acumulativa (Bell y Pavitt, 1997), haciendo que las distintas fuentes de capacidades tecnológicas sean complementarias en lugar de intercambiables (Archibugi y Coco, 2004).

Por lo anterior, el avance de una etapa a otra no surge por inercia, sino se requiere de esfuerzos, decisiones y estrategias al interior de una organización; no obstante, el proceso de desarrollo no es lineal ni incluye la totalidad de las etapas ni de las capacidades.

Tabla 6. Fases del proceso de adquisición de capacidades tecnológicas

| | <i>Etapa de desarrollo</i> | <i>Capacidades tecnológicas</i> |
|---|---|--|
| 1 | Identificación de oportunidades/problemas | Capacidad de adquisición tecnológica |
| 2 | Exploración, estudio y selección de soluciones tecnológicas | |
| 3 | Operación de la tecnología | Capacidad de asimilación |
| 4 | Adaptación de la tecnología a condiciones locales | Capacidad de modificación (cambio menor) |
| 5 | Modificación de la tecnología, en respuesta al entorno | |
| 6 | Modificación de procesos o producto (cambio sustancial de la tecnología original) | Capacidad de innovación |
| 7 | Investigación y desarrollo | |

Fuente: Elaboración propia con base en Ortega Rangel, R. (2005).

3.4 Clasificación de las capacidades tecnológicas.

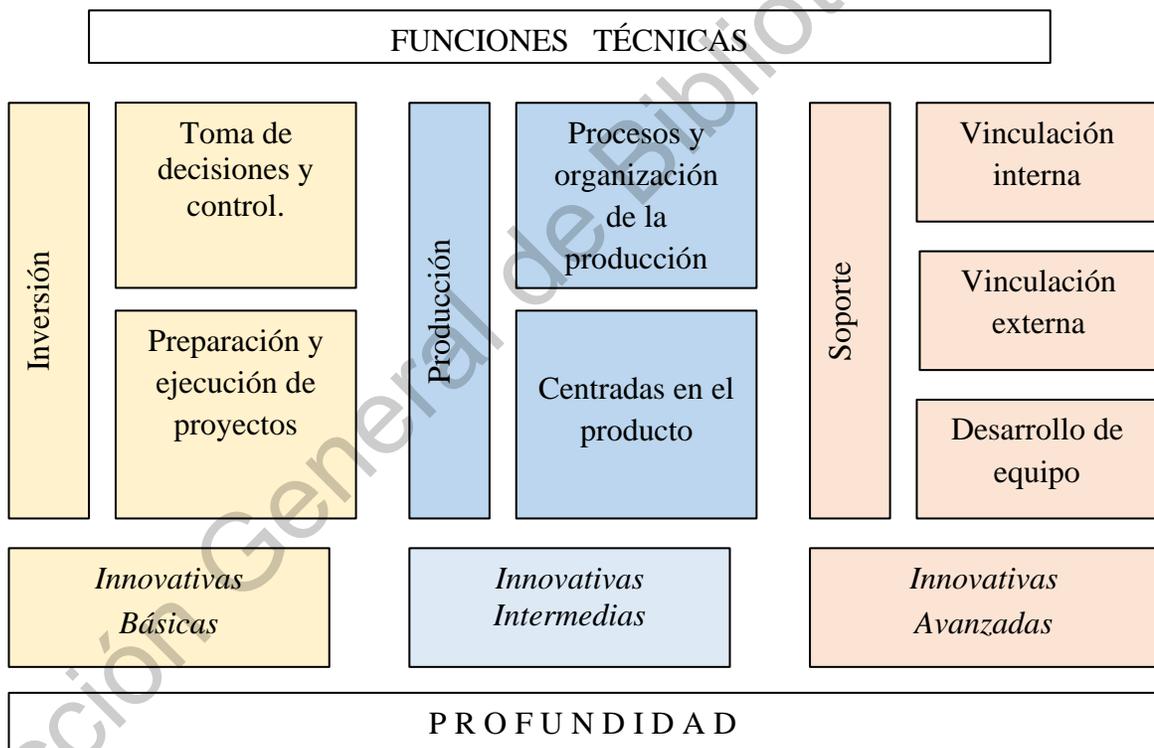
Las capacidades tecnológicas han sido categorizadas por Lall (1992) en los siguientes grupos: 1) inversión, 2) producción y 3) soporte. Las primeras se refieren a las capacidades de identificación de necesidades potenciales, preparación y obtención de tecnologías necesarias, diseño, construcción y equipamiento, así como el reclutamiento de personal y la descripción de funciones.

Por otra parte, las capacidades de producción, son habilidades para lograr una competitividad sostenida, e involucran actividades que van desde control de calidad, operación, mantenimiento; así como, adaptación, mejoras, alargamiento de vida útil de equipos; incluso investigación, diseño e innovación. Finalmente, las capacidades de soporte son aquellas que contribuyen al proceso de cambio técnico, y que permiten el intercambio de información, conocimientos, experiencia y tecnología de agentes externos, como:

proveedores, clientes, revistas especializadas, consultoras tecnológicas, instituciones tecnológicas, entre otras (Ortega-Rangel, 2005).

Con el fin de especificar el grado de acumulación de capacidades tecnológicas en una organización, Bell y Pavitt (1995) establecen funciones técnicas generando una matriz, con base en el marco establecido por Lall (1992). Asimismo, señalan que los niveles de las capacidades tecnológicas se definen de acuerdo al grado de dificultad de las actividades que las propician: básico, intermedio y avanzado (Figura 5).

Figura 5. Matriz de capacidades tecnológicas



Fuente: Elaboración propia con base en Ortega Rangel, R. (2005).

Mediante esta matriz, es posible observar las diferentes funciones y el grado de profundidad en cada categoría de las capacidades tecnológicas, de acuerdo a lo establecido por Bell y Pavitt (1995). Además, a diferencia de otros autores, Bell y Pavitt establecen un nivel previo denominado capacidades tecnológicas de producción rutinarias (básicas), que

únicamente permiten utilizar y operar la tecnología existente; mientras que las innovativas de nivel básico contribuyen al cambio técnico en menor medida. Por su parte, las capacidades innovativas intermedias y avanzadas brindan una contribución sustancial y novedosa.

3.5 Indicadores de las capacidades tecnológicas.

Los indicadores son necesarios para su correcto entendimiento y aplicación; porque permiten comunicar información que ejemplifica la realidad, incorporando datos sobre un número de variables diferentes; lo que, posibilita expresar tendencias o simplificar fenómenos multifacéticos y complejos; e indica señales de advertencia para reaccionar con anticipación a los problemas, tomar decisiones basadas en evidencia, y comparar entre políticas para su correcta evaluación y futura formulación (Iizuka y Hollanders, 2017).

Además, a través de los indicadores es posible determinar qué medir, las dimensiones clave, y los vínculos entre ellos; derivado de datos estadísticos, es decir, información compilada sobre la base de actividades estadísticas tradicionales (encuestas por muestreo, censos, entre otros).

Lugones, y *col.* (2007) determinan indicadores para las capacidades tecnológicas, comprendiendo tres dimensiones (Tabla 7).:

1) *base disponible*, que incluye recursos humanos, infraestructura existente, y calidad del entorno;

2) *esfuerzos*, para el aumento y fortalecimiento de capacidades, que comprenden la adquisición de conocimiento y actividades de I+D,

3) *resultados alcanzados*, como patentes, índice de innovación, y contenido tecnológico de las exportaciones

Tabla 7. Indicadores de capacidades tecnológicas

| Dimensión | Clasificación | Indicador |
|------------------------|---|--|
| Base disponible | <i>Recursos humanos</i> | Acervo de RRHH |
| | | Enrolamiento |
| | <i>Infraestructura (entorno en el que se desarrollan actividades productivas/ recursos de inversión física)</i> | Personal titulado / dedicado a ciencia y tecnología |
| | | Internet |
| Esfuerzos | <i>Adquisición de conocimiento</i> | Gasto en educación |
| | | Pagos por regalías y adquisición de licencias |
| | <i>Actividades I+D</i> | Estructura de gastos en actividades de ciencia y tecnología y, en investigación y desarrollo (I+D) |
| | | Esfuerzos de innovación |
| | | Gastos en actividades de innovación |
| Resultados | <i>Patentes</i> | Patentes Otorgadas |
| | | Solicitudes de patentes |
| | <i>Publicaciones</i> | Artículos de difusión |
| | | Artículos científicos |
| <i>Innovación</i> | Innovaciones tecnológicas logradas | |

Fuente: Elaboración propia con base en Lugones, y col., (2007)

En otro sentido, Bell y Pavitt (1995) distinguen diferentes niveles de "profundidad" de las capacidades tecnológicas, así como, seis funciones diferentes a través de las cuales las organizaciones pueden desarrollar capacidades tecnológicas; mismas que dividen en actividades primarias y actividades de soporte y vinculación (Tabla 8).

Tabla 8. Matriz de desarrollo de capacidades tecnológicas

| | | Actividades primarias | | | | Actividades de soporte y vinculación | |
|--|--|---|--|--|--|---|----------------------|
| | | Inversión | | Producción | | | |
| | | Toma de decisiones y control | Preparación y ejecución de proyectos | Procesos y organización de producción | Centrada en el producto | Desarrollo de vínculos | Desarrollo de equipo |
| Capacidades tecnológicas (para generar y administrar el cambio tecnológico) | | | | | | | |
| Básicas | <ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo activo y control de estudios de factibilidad., selección/abastecimiento de tecnología y programación de proyectos. | <ul style="list-style-type: none"> - Estudios de factibilidad Adquisición de equipo estándar. - Auxiliares en ingeniería básica | <ul style="list-style-type: none"> -Puesta en marcha y operación - Mejora de diseño y mantenimiento - Adaptaciones menores | <ul style="list-style-type: none"> - Adaptación menor a las necesidades del mercado - Mejora incremental de la calidad del producto. | <ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda y absorción de nueva información de proveedores, clientes e instituciones - Proyectos conjuntos con organizaciones para formar RH | Adaptación simple de diseños y especificaciones existentes. | |
| Intermedias | <ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda, evaluación y selección de tecnología. - Negociación con proveedores - Gestión general de proyectos | <ul style="list-style-type: none"> - Ingeniería de detalle. - Adquisición de equipo - Estudios de valoración ambiental - Administración y seguimiento de proyectos. - Capacitación / Reclutamiento (RH capacitado) | <ul style="list-style-type: none"> - Mejora de procesos - Licenciamiento de nuevas tecnologías - Introducción de cambios organizacionales | <ul style="list-style-type: none"> - Concesión de licencias de tecnología de nuevos productos y/o ingeniería inversa - Diseño incremental de nuevos productos. | <ul style="list-style-type: none"> - Transferencia de tecnología a proveedores y clientes para aumentar la eficiencia, la calidad y el abastecimiento local. - Establecimiento de grupos de trabajo entre socios institucionales | Innovaciones incrementales a partir de ingeniería inversa y diseño de equipo. | |
| Avanzadas | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de nuevos productos y componentes. | <ul style="list-style-type: none"> Procesos básicos de diseño e I+D relacionada. | <ul style="list-style-type: none"> - Innovación de procesos y actividades de I+D - Innovación organizacional - Formación de RH | <ul style="list-style-type: none"> Innovación de productos e I+D relacionada | <ul style="list-style-type: none"> - Colaboración en desarrollo tecnológico. - Procesos de vinculación (universidad-empresa-gobierno) | I+D para diseños de nuevos productos y equipo. | |

Fuente: Elaboración propia con base en Bell y Pavitt (1995: 84).

Las funciones primarias generan cambios técnicos y gestionan su implementación durante proyectos de inversión relativamente grandes para crear nuevos sistemas de producción importantes, como nuevas plantas o líneas de producción, adiciones a la capacidad de la planta existente y nuevas líneas de productos distintas; y generar y gestionar el cambio técnico durante las actividades de producción realizadas en la vida útil posterior a la inversión de las instalaciones de producción. Las últimas 2 columnas pueden considerarse funciones de apoyo que consisten en desarrollar vínculos e interacciones centrados en el cambio con otras empresas e instituciones y producir los bienes de capital que incorporan elementos de nueva tecnología creada localmente.

Aunado a lo anterior, Alvarado-López (2015), identifica las actividades tecnológicas de innovación, a través de las cuales han sido construidas las capacidades tecnológicas que son capaces de generar un cambio tecnológico, en el sector eólico en México, mismas que clasifica de acuerdo a categorías, funciones técnicas y niveles (con base en Bell y Pavitt, 1995); las cuales se mencionan a continuación:

A. Actividades: primarias

Categoría: Capacidad Tecnológica de Inversión

- **Función técnica: Toma de decisiones y control**
 - Actividades Básicas:
 - Monitoreo activo y control de:
 - Estudios de factibilidad
 - Búsqueda y selección de tecnologías para fines de investigación y educación
 - Programación de actividades para búsqueda de apoyos y financiamiento de proyectos
 - Programación de actividades para proyectos y gestión de recursos.

- Actividades Intermedias:
 - Búsqueda, evaluación y selección de tecnología y software existente en el mercado.
 - Gestión y administración de proyectos de investigación tecnológica (de carácter académico y de desarrollo tecnológico)
- Actividades Avanzadas:
 - Desarrollo de nuevos productos, equipo y servicios
- **Función técnica: Preparación y ejecución del proyecto**
- Actividades Básicas:
 - Laboratorios para realizar actividades de investigación básica
 - Monitoreo activo de tecnologías existentes en el mercado
 - Adquisición y monitoreo de equipo estándar para pruebas en laboratorio
 - Adquisición de equipo de menor envergadura para ingeniería inversa
 - Auxiliares y asesoramiento de ingeniería básica
- Actividades Intermedias:
 - Capacitación del personal operativo en colaboración con empresas locales
 - Ingeniería de detalle
 - Adquisición de equipo comercial para ingeniería inversa
 - Adquisición y desarrollo de equipo
 - Administración y seguimiento de proyectos académicos y de investigación
 - Capacitación para personal operativo de empresas locales
 - Creación de cursos, diplomados y posgrados relacionados
 - Capacitación y reclutamiento de RH altamente capacitado
- Actividades Avanzadas:

- Procesos básicos de diseño e I+D para equipos de menor envergadura
- I+D de temas relacionados
- Proyectos de desarrollo tecnológico (en tecnologías de pequeña y gran envergadura)
- Socialización de aprendizajes y experiencias

Categoría: Capacidad Tecnológica de Producción

- **Función técnica: Procesos y organización de la producción**
 - Actividades Básicas:
 - Prototipos y equipos de prueba, diseño y modelación (equipos de menor envergadura)
 - Adaptaciones y mejoras a prototipos en laboratorios y equipos de prueba
 - Pruebas en laboratorio de los desarrollos tecnológicos
 - Puesta en marcha y operación de proyectos
 - Actividades Intermedias:
 - Licenciamiento de nueva tecnología y/o adquisición de tecnología con fines de investigación (educativa) y con vision de desarrollo commercial
 - Mejora continua en procesos y productos
 - Actividades Avanzadas:
 - I+D dirigida al aprovechamiento de oportunidades
 - Innovación en procesos y actividades de I+D relacionada
 - Formación de RH locales altamente capacitados
- **Función técnica: Centrada en el producto**
 - Actividades Básicas:
 - Adaptaciones a prototipos para aumentar eficiencia
 - Adaptaciones técnicas a tecnologías
 - Actividades Intermedias:
 - Procesos de ingeniería inversa en equipos de pequeña envergadura

- Diseño de nuevos componentes, equipos y servicios.
- Modelación de componentes de pequeña y gran envergadura
- Actividades Avanzadas:
 - Actividades de I+D relacionada a las áreas prioritarias
 - Actividades de I+D para incrementar eficiencia y desarrollo de tecnologías adecuadas a las condiciones locales
 - Actividades de I+D relacionada para prestación de servicios para empresas locales

Actividades de soporte y vinculación

- **Función técnica: Desarrollo de vínculos**
- Actividades Básicas:
 - Investigación y absorción de información de los diferentes socios institucionales
 - Proyectos conjuntos con otras organizaciones para la formación y capacitación de RH
 - Socialización de conocimientos tecnológicos
- Actividades Intermedias:
 - Vinculación tecnológica para el desarrollo de tecnologías
 - Vinculación con otras organizaciones para la socialización del conocimiento e impulse a la I+D en áreas prioritarias
 - Establecimiento de grupos de colaboración
 - Proyectos de colaboración con empresas de tecnología
 - Grupos de trabajo con otras instituciones para desarrollos tecnológicos y formación de RH
- Actividades Avanzadas:
 - Colaboración tecnológica con socios institucionales
 - Colaboración en desarrollo tecnológico con empresas internacionales

- Procesos de vinculación (universidad-empresa-gobierno) para la colaboración tecnológica
- **Función técnica: Modificación de equipo**
 - Actividades Básicas:
 - Adaptación y mantenimiento de equipo con conocimiento del desarrollador tecnológico
 - Socialización del conocimiento con desarrolladores tecnológicos
 - Actividades Intermedias:
 - Diseño e ingeniería inversa para tecnologías de pequeña envergadura
 - Diseño y modelación de equipos de menor y gran envergadura
 - Innovaciones incrementales (actividades de I+D en sectores prioritarios)
 - Actividades Avanzadas:
 - I+D para diseño de nuevos productos, equipos y servicios
 - I+D para diseño de nuevas tecnologías y conocimiento y socialización de la tecnología de gran envergadura

Las capacidades tecnológicas implican una vinculación de la estructura de incentivos con los recursos humanos disponibles, los esfuerzos tecnológicos realizados y la incidencia de factores institucionales. En función de ello, las capacidades tecnológicas exhiben distintos niveles; en nivel microeconómico (en organizaciones), a nivel nacional (macroeconómico) y sectorial (meso económico) (Lee, 2001). Por lo que, independientemente de los niveles, las capacidades tecnológicas se han aplicado debido a la necesidad de desarrollar y mantener capacidades internas, generar cambios en las tecnologías subyacentes al sistema de control, desarrollar I + D y relaciones más estrechas con universidades, institutos de investigación y proveedores especializados, generar nuevos componentes tecnológicos, capacidades de integración de sistemas a largo plazo e internacionalización de empresas (Bozeman, 2000; Prencipe, 2000; Kyläheiko y col., 2011; Terawatanavong, y col., 2011; Wang y Zhou, 2013).

4. CENTROS DE INVESTIGACIÓN

El presente capítulo define las características principales de los centros de investigación mexicanos y sus funciones según la Ley Mexicana de Ciencia y Tecnología. Además, se señala la operación compleja de estas organizaciones por la cantidad de relaciones entre actores, procesos e insumos; así como el papel que juega la influencia del entorno, la normatividad y las alianzas establecidas. Posteriormente, se analiza la evaluación de productividad de los centros públicos de investigación. Finalmente se define una línea de investigación y las características y tipología que pueden presentar.

4.1 Antecedentes de los centros de investigación.

En 1935, durante el mandato de Lázaro Cárdenas surge el Consejo Nacional de Educación y de la Investigación Científica, con finalidad de conocer el panorama educativo y de investigación en México. A continuación, en 1942 se crea la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica y en 1950, nace el Instituto Nacional de Investigación Científica. Un año después, con el objetivo de analizar la calidad de la investigación científica mexicana, se desarrolla el Primer Congreso Científico Mexicano (Canales, 2007).

Posteriormente, en 1971, a consecuencia de la Ley para el Fomento de la Ciencia y Tecnología de 1970, se crea el CONACYT con la intención de encabezar el desarrollo y progreso de la educación, la ciencia y la tecnología del país. Por lo que, desde su constitución, es el organismo rector de los Centros Públicos de Investigación (Cabrero, Valadés y López, 2006).

En 1985, se publica la Ley para Coordinar y Promover el Desarrollo Científico y Tecnológico, que entre otras funciones contempla la regulación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, la institución del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y establecimiento de las capacidades y competencias del CONACYT. Después, en 1999, se promulga la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica que determina las reglas, políticas, estímulos y financiamiento, en materia de investigación

científica y tecnología, con el objetivo de promover, consolidar y desarrollar la ciencia en México (Canales, 2007).

A consecuencia de ello, tres años después se publica la Ley de Ciencia y Tecnología, en el Diario Oficial de la Federación que instauro el procedimiento de los gobiernos estatales para la concepción de políticas de ciencia y tecnología, formación de capital humano especializado con la ayuda del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, mismo que está constituido por programas, órganos, leyes, políticas, reglamentos, disposición, preceptos y órganos responsables de la gestión de la ciencia y tecnología en todo el país (DOF, 2002a).

Dentro de este sistema se encuentra adscrita la red Nacional de Grupos y Centros de Investigación “el cual vincula los esfuerzos públicos, sociales y privados en ciencia y tecnología; de ahí que puedan adscribirse de manera voluntaria grupos y centros de investigación públicos, sociales y privados, independientes o pertenecientes a las instituciones de educación superior” (Cabrero, Valadés y López, 2006).

Por otra parte, ese mismo año se publica la Ley Orgánica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT que establece la descentralización, autonomía, personalidad jurídica y patrimonio propio de la organización. Además, precisa sus objetivos: regular las políticas en materia de ciencia y tecnología, apoyar la investigación básica y aplicada, impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico, establecer el Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, entre otros. La ejecución de éstos y otras actividades de la organización se realizan mediante la Junta de Gobierno y el director general (DOF, 2002b).

4.2 Centros Públicos de Investigación.

En México, la ley de Ciencia y Tecnología, en el capítulo XI (art. 47-63), detalla la vocación, estructura, presupuesto y funcionamiento de los Centros Públicos de Investigación; y los define como entidades paraestatales de la Administración Pública Federal que tienen como objetivo principal la realización de actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, con autonomía técnica, operativa y administrativa... que

sean reconocidas por resolución conjunta de los titulares del CONACyT y de la dependencia coordinadora de sector al que corresponda, con la opinión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para efectos presupuestales... (DOF, 2002a).

Además, se contempla la colaboración conjunta de Instituciones de Educación, Centros Públicos de Investigación y entidades de Administración Pública, a favor del sector público y privado mediante la constitución de: asociaciones estratégicas, alianzas tecnológicas, consorcios, unidades de vinculación y transferencia de conocimiento, nuevas empresas privadas de base tecnológica y redes regionales de innovación en las cuales se incorporarán los desarrollos tecnológicos e innovaciones realizadas en dichas instituciones de educación, Centros y entidades, así como de los investigadores, académicos y personal especializado (art. 51).

Asimismo, en sus Artículos 43 y 52 establece que los investigadores adscritos a ellos deben realizar actividades de enseñanza (educación superior); por lo que algunos cuentan con programas de posgrado relacionados con las líneas de investigación que se ejecutan en dichos centros, en donde generalmente los alumnos colaboran en el desarrollo de proyectos como parte de su formación.

También, en dicha ley (art. 47-63), se decreta la regulación por parte de cada Centro de Investigación de la propiedad intelectual generada y transferida; producción de conflicto de intereses; pago de compensaciones y regalías del personal académico y administrativo; comercialización de productos y servicios; formación y capacitación de recursos humanos; desempeño y productividad de los trabajadores, creación de órganos colegiados, uso de la información generado al interior del Centro y su supeditación a la Secretaría de la Función Pública. No obstante, todas estas cuestiones deben ser congruentes con los lineamientos de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y sus disposiciones reglamentarias.

Además, las facultades de los Centros de Investigación son: a) aprobar y evaluar programas y agendas académicos, de investigación e innovación; b) uso y destino de su presupuesto y adecuaciones al mismo y gestión de los recursos autogenerados; c) prestación y comercialización de servicios asociados a su vocación; d) generación de asociaciones

estratégicas, convenios y contratos; e) establecer el sistema de profesionalización del personal académico (DOF, 2002a).

Sin embargo, dado que también existen centros de investigación dentro de instituciones académicas del sector público (federal y estatal) como el Instituto Politécnico Nacional, el Tecnológico Nacional de México, Universidades Autónomas, para fines del presente estudio son considerados como Centros Públicos de Investigación.

En México el sistema de investigación está conformado por alrededor de 350 centros públicos de investigación, pertenecientes a distintas instituciones tales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), Secretarías de Estado, Universidades Autónomas de los Estados, Instituto Tecnológico Nacional de México y otras instituciones públicas de educación superior. Las instituciones públicas que concentran el mayor número de centros de investigación son la UNAM con 32 centros/institutos, el CONACyT con 19, el IPN con 19, el resto se encuentra distribuido en las universidades autónomas de los Estados, así como en dependencias gubernamentales como las Secretarías de Estado.

Es importante mencionar que los centros/institutos de investigación antes mencionados cuentan con sedes, lo cual repercute en el número total de unidades de investigación en el país.

4.2.1 Operación de los centros públicos de investigación.

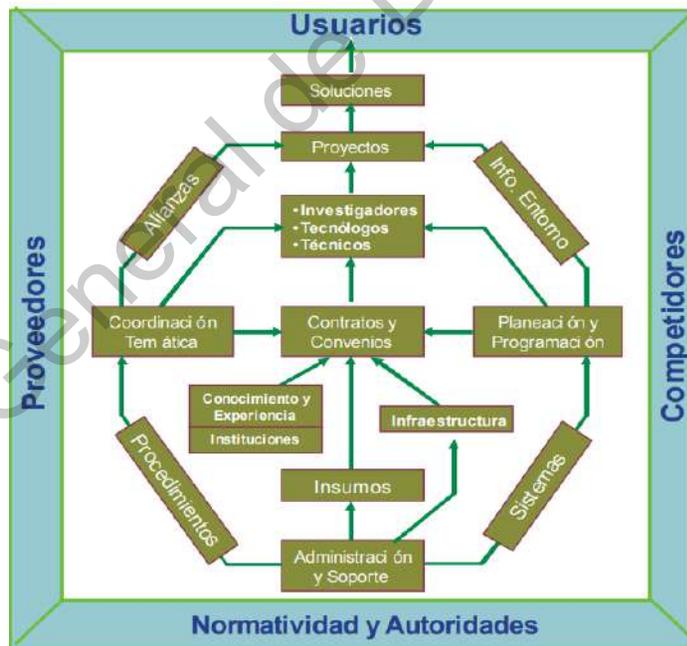
De acuerdo con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, los centros públicos de investigación tienen como fin, generar y compartir los conocimientos así como transformarlos en procesos y/o productos que aporten beneficios a la sociedad, fomentando la vinculación entre la academia, el sector público, el privado y el social, así como promover la innovación científica y tecnológica para que el país avance en su integración hacia la economía del conocimiento, generando con ello una contribución a la economía nacional (DOF, 2002b).

Santiago (1988) menciona que los centros de investigación dividen la ciencia y la tecnología en tres sectores: 1) ciencia básica, 2) investigación aplicada y 3) desarrollo

tecnológico; el primero se caracteriza por la producción de nuevos descubrimientos científicos, el segundo por la generación de investigación tecnológica y el tercero por el impacto en el bienestar social a través de su producción, descubrimientos científicos e innovación.

Los Centros Públicos de Investigación se fundamentan en brindar soluciones a la sociedad con base en sus diferentes acepciones y áreas de conocimiento y especialización: investigar, educar, difundir, especializar, entre otras. Por lo que, representan organizaciones complejas debido a la cantidad de relaciones entre actores (investigadores, tecnólogos, técnicos, proveedores, aliados, usuarios, autoridades, etc.), procesos e insumos; además, de la influencia del entorno, la normatividad y las alianzas establecidas (Figura 6).

Figura 6. Diagrama conceptual de operación de un centro de investigación



Fuente: Rubio-Castillo (2007)

Rubio-Castillo (2007) propone la siguiente estructura interna para el correcto funcionamiento de los Centros de Investigación de México:

- a) Consejo de administración, con el objetivo de inspeccionar las actividades institucionales, cumplimiento de la misión y visión de la organización
- b) Consejo técnico, grupo directivo para asegurar la calidad y contenido científico del centro, responsable de la conformación y revisión de las líneas de investigación y la identificación de riesgos asociados a la evolución de la organización.
- c) Planeación de operaciones, investigadores, tecnólogos y técnicos, para el correcto funcionamiento del centro y atender compromisos técnicos.
- d) Compras y subcontratos, grupo técnico encargado de la adquisición de insumos, subcontratación de algunas actividades o componentes.
- e) Finanzas, coordina la operación del centro, administra recursos para los convenios de colaboración y compra los insumos necesarios.
- f) Director de proyecto, científico, investigador o tecnólogo que desarrolla proyectos, identifica problemas de la industria y perfila recursos necesarios.
- g) Gerente de proyecto, líder del grupo y encargado del proceso de gestión tecnológica a través de las diferentes etapas del proyecto.
- h) Equipo de proyecto, especialistas de diferentes disciplinas que trabajan en proyectos desde su concepción hasta la fabricación del prototipo.
- i) Técnicos especializados, personal capacitado para realizar ciertas actividades (manejar información, realizar pruebas, maquinar componentes)
- j) Servicios e infraestructura, elementos de apoyo para realizar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico (energía, aire comprimido, gases, transportación especializada, mantenimiento de maquinaria, equipo, etc.).

4.2.2. Evaluación de productividad de los centros de investigación.

La productividad científica, Spinak (1996) la define como la cantidad de investigación producida por los científicos, y establece que su medición constituye los indicadores científicos. No obstante, Piedra y Martínez (2007) la señalan como la forma de expresión del conocimiento que resulta de la investigación científica en un área del saber y que contribuye al desarrollo de la ciencia. Asimismo, es considerada por Schwab (2016) como el factor más importante del crecimiento a largo plazo y del aumento de la economía a nivel general.

Por otra parte, Díaz-Rojas (2013) señala que es a través de la productividad científica que las instituciones y/o centros que realizan investigación contribuyen a la generación del conocimiento científico, y tiene como objetivo final favorecer a la transformación de una nación en una sociedad basada en el conocimiento

Además, debido a la dificultad de cuantificar los inputs y outputs de las instituciones y/o centros que realizan investigación, los elementos de evaluación de la productividad científica difieren entre los diferentes autores, dado el contexto del cual resulta (Schwab, 2016).

La productividad científica, como indicador de la actividad científica, permite determinar el crecimiento de la ciencia. No obstante, como se mencionó anteriormente, dependiendo del contexto resultan las variables a medir.

La práctica de evaluación de la investigación es parte del funcionamiento de los sistemas de investigación, por lo que existe una variedad de acuerdos tanto institucionales como organizativos en los que se desarrollan estas actividades, así como de los elementos que se evalúan, de los criterios que se utilizan y de las consecuencias que conllevan; lo que permite, ahondar en el sistema de organización, detallar la dirección y calidad del trabajo, precisar la asignación de recursos y valorar la relación entre los inputs y los objetivos que se pretenden lograr (Sarhou, 2013).

Melkers, y col. (2014) aconsejan, que este proceso de evaluación no debe ser transversal, sino incluir el impacto de los productos de investigación a través del tiempo; así como, el efecto de los mismos a corto y largo plazo, a nivel social, humano, económico

y científico. Con el fin de facilitar su entendimiento se presenta la Tabla 9, que exhibe el resumen de categorías y subcategorías de métricas de evaluación.

Tabla 9. Resumen de métricas de evaluación utilizadas en ciencia, tecnología e innovación.

| Categoría | Subcategoría | Ejemplo de métricas |
|-----------------------------|--|--|
| Ciencia | <i>Calidad de la ciencia</i> | Patentes, citas, artículos, competencias personales |
| | <i>Infraestructura Cooperación</i> | Desarrollo de red humana, interdisciplinariedad, cooperación regional e internacional. |
| | <i>Avance del tema: calidad emergente</i> | Mayores recursos adicionales, nuevos métodos, nuevos modelos |
| | <i>Apropiación Riesgo</i> | Metas y riesgos dentro de los límites razonables |
| | <i>Transferencia del conocimiento</i> | Transferencia de conocimientos a la industria |
| | <i>Exposición internacional</i> | Colaboración internacional, coautoría, importancia internacional |
| | <i>Impacto regulatorio</i> | Citas legales del trabajo científico |
| Industria y economía | <i>Participación de la industria Red</i> | Inversión industrial, colaboración de la industria, planes futuros de colaboración |
| | <i>Eficiencia de Producción</i> | Mejora en el desempeño, reducción de costos, reducción de tiempo al mercado |
| | <i>Mercado</i> | Ventas, participación de mercado, nuevos ingresos esperados (económicos con línea de tiempo) |
| | <i>Desarrollo Tecnológico</i> | Desarrollo de producto proceso, usabilidad, tiempo de ciclo |
| | <i>Apropiación</i> | Utilidad, escalabilidad, practicidad, necesidad, urgencia |
| | <i>Transferencia de Tecnología</i> | Licencias, transferencias de los resultados a la industria, consultoría y proyectos con la industria |
| | <i>Capital Humano</i> | Trabajos creados, creación expansión de empresas, transferencia de personal |
| | <i>Desarrollo Regional</i> | Creación de pequeñas y medianas empresas de |

| | | |
|--|--|---|
| | | alto impacto social local |
| | <i>Crecimiento de exportaciones y sustitución de importaciones</i> | Nuevos productos, procesos, servicios e inversiones conjuntas |
| Infra-estructura | <i>Facilidad de uso de instalaciones</i> | Compartir laboratorios, contabilidad híbrida, uso de equipo |
| | <i>Transferencia de tecnología</i> | Creación de organización puente formales o informales, transferencia de personal entre industria – centro |
| | <i>Propiedad intelectual</i> | Reglas claras para transferencia o licenciamiento de la propiedad intelectual |
| | <i>Modernización, mantenimiento o reconstrucción</i> | Inversión en edificios, laboratorios, otras instalaciones, equipo |
| Social (no económico) | <i>Impacto en salud</i> | Mejoras en salud y bienestar |
| | <i>Impacto ambiental</i> | Reducción de contaminación, uso de energía y materiales |
| | <i>Valor social público</i> | |
| Educación y capacitación | <i>Producción de estudiantes</i> | Artículos, disertaciones, conferencias |
| | <i>Becas</i> | Soporte de estudiantes y postdoctorados |
| | <i>Calidad de investigadores y estudiantes</i> | Participación en el sistema nacional de investigadores y colocación de egresados |
| Políticas | <i>Relevancia estratégica de la misión</i> | Enunciado de la visión misión, políticas, reglas |
| Diseminación y visibilidad (no académico) | <i>Notoriedad pública</i> | Conferencias, comunicados de prensa, reconocimiento de marca |
| | <i>Intercambio de experiencias</i> | Revistas de innovación, fórums empresariales, publicación en páginas Web |
| Administración | <i>Programa calendario</i> | |
| | <i>Presupuestos</i> | |
| | <i>Esquema de colaboración</i> | |
| | <i>Barreras organizacionales</i> | |

Fuente: Elaboración propia con base en Melkers, y col. (2014)

Gran parte de los CPI mexicanos establecen compromisos de resultados de actividades de investigación, los cuales están en función del contexto y las áreas del conocimiento a las que se dediquen. No obstante, existen diversos criterios utilizados para la medición de dicha producción científica; tal es el caso de los establecidos por el CONACyT, a través del Convenio de Administración por Resultados (CAR) y el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) (CONACyT, 2015; CONACyT, 2019).

Los Centros Públicos de Investigación del CONACyT en México, a través del CAR, establecen los compromisos de resultados de actividades de investigación; mediante los cuales son evaluados con el objetivo de determinar su estado y mejorarlo, asignar recursos, entre otros (Nuñez y Pedroza, 2010). La Tabla 10 muestra los elementos a considerar dentro del CAR, los cuales están en función de las actividades que apliquen según el área del conocimiento del CPI.

Tabla 10. Elementos de evaluación del Convenio de Administración por Resultados

| Variables | Indicadores |
|---|--|
| Actividades de divulgación | Número de actividades de divulgación dirigidas al público en general (conferencias, videoconferencias, visitas guiadas, congresos, presentaciones en radio y TV, etc. |
| Calidad de los posgrados | Número de programas académicos de posgrado en áreas del conocimiento impartidos por el Centro, registrados en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) |
| Generación de conocimiento de calidad | Número de publicaciones arbitradas (libros, capítulos de libro y artículos) dictaminados por un comité editorial y/o grupo de especialistas para su publicación |
| Generación de recursos humanos especializados | Número de alumnos del posgrado graduados |
| Índice de sostenibilidad económica | Monto total de ingresos propios (recursos extrapresupuestarios no relacionados con la Ley de ingresos y ejercicio del presupuesto) |
| Índice de sostenibilidad económica para la investigación | Monto total de recursos económicos obtenidos por proyectos o servicios en convocatorias públicas de fondos públicos o privados u obtenidos por asignación directa de contratos o servicios tecnológicos al CPI diferentes a los autorizados por el Presupuesto de Egresos de la Federación |
| Proyectos externos | Total de proyectos de investigación financiados con recursos externos, desarrollados por investigadores y/o tecnólogos para generar conocimiento científico, tecnológico, social y/o humanístico. |
| Proyectos interinstitucionales | Total de proyectos concluidos de investigación, desarrollo |

| | |
|--|--|
| | tecnológico y/o innovación que se desarrollaron con otras instituciones públicas, privadas o sociales bajo el amparo de un convenio específico. |
| Propiedad industrial licenciada | Total de patentes (solicitudes, concedidas y licenciadas) |
| Propiedad intelectual | Total de derechos de autor (obras literarias y artísticas previstas en el artículo 13 de la Ley Federal de Derechos de autor) |
| Propiedad industrial solicitada | Número total de solicitudes de diseños industriales, modelos de utilidad y patentes |
| Transferencia de conocimiento | Número total de contratos o convenios de transferencia de conocimiento, innovación tecnológica firmados (propiedad intelectual o experiencia desarrollados en el CPI cedidos o licenciados a sectores gubernamental, social y/o productivo). |

Fuente: Elaboración propia con base en el Convenio de Administración por Resultados (CONACyT, 2015)

Por otra parte, Tarango y Machín (2015) muestran las dimensiones y criterios de medición de la producción científica desarrollado para un estudio comparativo de universidades mexicanas, Tabla 11.

Tabla 11. Matriz de medición de producción científica de universidades mexicanas

| Dimensiones | Criterios |
|---|--|
| Procesos de creación del conocimiento | Publicación de artículos en revistas indexadas y arbitradas (SCOPUS y Web of Science) |
| Cualidades educativas de los miembros de la academia | Profesores e investigadores con grado de doctor |
| Capacidad de innovar | Patentes (solicitadas y registradas) |
| Alcance de la práctica profesional | Interés por el trabajo universitario; Estado de contratación; Estándares de calidad; y, Certificación de currículum escolar. |
| Capacidad institucional para la gestión de publicaciones científicas | Revistas científicas desarrolladas por universidades. |

Fuente: Elaboración propia con base en Tarango y Machín (2015)

Otro mecanismo de evaluación al que está sujeta la productividad científica de los los CPI mexicanos, es el establecido por el Programa Nacional de Posgrados de Calidad

(PNPC) del CONACyT, para el seguimiento de los programas de posgrado beneficiados con dicha distinción.

El Instrumento para la evaluación de seguimiento del PNPC (CONACyT, 2019) cuenta con diferentes criterios estandarizados que a través de indicadores permiten la medición y análisis de la calidad y pertinencia de los programas de posgrado acreditados, tales como: Plan de estudios; Proceso de selección de estudiantes; Seguimiento de trayectoria académica, tutorías y dirección de tesis; Núcleo Académico; Líneas de generación y/o aplicación del conocimiento; Movilidad; Efectividad del posgrado (tasa de graduación y eficiencia terminal); Calidad y pertinencia de la tesis o trabajo terminal; Productividad académica del programa; Redes de egresados; Acciones de colaboración con los sectores de la sociedad; Cumplimiento de recomendaciones de la última evaluación; y, Plan de mejora.

La Tabla 12 muestra únicamente los criterios relacionados con el desarrollo de las actividades propias de las líneas de investigación de los CPI.

Tabla 12. Criterios de evaluación del Programa Nacional de Posgrados de Calidad

| Criterios | Indicadores |
|---|--|
| Núcleo Académico | <ul style="list-style-type: none"> • Personal académico y de investigación con constancias de pertenencia al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), colegios, organizaciones profesionales y académicas (nacionales y del extranjero). • Redes de colaboración con actores de la comunidad académica y sectores de la sociedad, a las que pertenece el personal académico y de investigación, para intercambio de conocimientos, capacidades, tecnología e innovación |
| Efectividad del posgrado | <ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes que han obtenido el grado sin tomar en cuenta el tiempo |
| Calidad y pertinencia de la tesis o trabajo terminal | <ul style="list-style-type: none"> • Tesis en repositorios de acceso público, o en su caso documento institucional de confidencialidad del trabajo de tesis |

| | |
|---|--|
| Productividad académica del programa | <ul style="list-style-type: none"> • Capítulos en libros • Libros colectivos • Participación en congresos • Derechos de autor • Transmisión y acceso público del conocimiento y tecnología a los sectores de la sociedad • Propiedad intelectual (Patentes, Licencias, Diseño industrial, Modelo de utilidad) • Proyectos de innovación |
| Acciones de colaboración con sectores de la sociedad | <ul style="list-style-type: none"> • Acciones de colaboración que hayan permitido mayores niveles de consolidación. |

Fuente: Elaboración propia con base en el Instrumento para la evaluación de seguimiento del PNPC (CONACyT, 2019)

Es bien sabido que un proceso apropiado de evaluación debe incluir el impacto de los productos de investigación a través del tiempo; así como, el efecto de los mismos a corto y largo plazo, a nivel social, humano, económico y científico (Daraio, 2017); sin embargo, este debe realizarse bajo un esquema analítico adecuado para cada institución.

4.3 Líneas de Investigación

4.3.1 Definición de líneas de investigación.

El término línea de investigación, ha sido estudiado por diversos autores; entre los que se encuentra Arcila (1996) quien considera que:

El objetivo del cúmulo de investigaciones de una línea es comprender, para su desarrollo y consolidación, desde diferentes perspectivas teóricas y metodológicas una problemática común; para lo cual necesita validez y reconocimiento científico y académico, a través de acciones y procesos de políticas institucionales.

Por otra parte, Mata (2002) menciona que en las líneas de investigación se problematiza un área de conocimiento, priorizando y jerarquizando las cuestiones a solucionar; mientras que Barrera (2006) identifica una línea de investigación como el

proceso sistemático y dinámico que enlaza a los diferentes tipos de investigación con un tema, evento o contexto, en una tarea investigativa que atraviesa por diferentes niveles de complejidad del conocimiento (exploratorio, descriptivo, analítico, comparativo, explicativo, predictivo, proyectivo, interactivo, confirmatorio y evaluativo) en la medida que cohesionan inter y transdisciplinariamente diversos saberes, con base en la organización del contexto donde se lleva a cabo; dicha definición para Hurtado (2010) es acorde con las exigencias de la actualidad, ya que incluye los aspectos de continuidad, secuencialidad y direccionalidad, pues considera que quienes sólo la identifican como un área temática lo hacen desde un enfoque meramente estático; es decir, labores en investigación que se ejercen durante un largo tiempo en un área particular del conocimiento.

De las anteriores se puede observar que el término: líneas de investigación, tiene varias acepciones, sustentadas de forma distinta por cada uno de los autores, por lo que se infiere que no existe una conceptualización única, ni ha sido consensuada entre los mismos (Chacín y Briceño, 2000). Sin embargo, el conjunto de las definiciones abordadas permite una comprensión holística del término.

De acuerdo con Muñoz y Espiñeira (2005) la construcción y validación de metodologías de investigación en función de problemáticas particulares permiten la continuidad de las líneas de investigación; mientras que la secuencialidad en dichas líneas surge del paso a través de los distintos estadios de la investigación (Hurtado, 2010). Sin embargo, a través de la prospectiva tecnológica es posible mantenerlas vigentes en el futuro a corto, mediano y largo plazo.

4.3.2 Características y tipología

Entre las principales características que conforman una línea de investigación se distinguen las siguientes:

- a. Está enmarcada en un campo del conocimiento relacionado a una disciplina dentro de una organización.
- b. Tiene como objetivo principal brindar dirección al conocimiento científico generado por investigadores.

- c. Cuenta con recursos humanos que desarrollan estudios de investigación sobre una temática, y trabajan en ella; es el resultado de un equipo (Nahas, 2013).
- d. Está conformada por criterios de consistencia, tales como: Productividad, Continuidad y Articulación.
- e. Entre la información que la distingue entre una y otra son: el objetivo, la justificación, la pertinencia epistemológica y disciplinar, el alcance de los proyectos y su estado del arte. (Chacin y Briseño, 2000)
- f. Promueve la investigación y a la vez es un mecanismo de evaluación de la productividad (Gardié, 1997).
- g. Cuenta con una serie de artículos publicados (al menos 10) sobre una misma temática (Nahas, 2013).

Asimismo, para que la labor investigativa de una línea sea desarrollada, es necesario contar con infraestructura física y equipamiento tecnológico actualizado acordes a las actividades que en ella se realizan; tales como espacios físicos, laboratorios, talleres, internet, equipos de cómputo, software especializado, acceso a bases de datos y recursos electrónicos, plataformas de comunicación, entre otros (Bonilla-Olaya y col., 2007; Torres-Velandia y col., 2017; Hernández-Ruiz, 2018).

Los principales motivos por los que una línea de investigación puede terminar son:

- cuando el equipo de investigación no tiene interés en continuar realizando estudios sobre el tema particular que la distingue.
- cuando los esfuerzos del grupo que la conforman se han dirigido hacia otras áreas del conocimiento, que les son de mayor interés (Nahas, 2013).

5. METODOLOGÍA

El presente capítulo define las características principales de los centros de investigación mexicanos y sus funciones según la Ley Mexicana de Ciencia y Tecnología. Además, se señala la operación compleja de estas organizaciones por la cantidad de relaciones entre actores, procesos e insumos; así como el papel que juega la influencia del entorno, la normatividad y las alianzas establecidas. Posteriormente, se analiza la evaluación de productividad de los centros públicos de investigación. Finalmente se define una línea de investigación y las características y tipología que pueden presentar.

5.1 Objetivos

La presente investigación tiene como objetivo general:

Desarrollar una metodología de prospectiva tecnológica para centros públicos de investigación mexicanos, de base científica y tecnológica, mediante el análisis de sus capacidades tecnológicas y dinámicas, que les permita proyectar sus líneas de investigación a futuros deseables que coadyuven en la pertinencia científica y tecnológica de los mismos.

Objetivos Específicos.

1. Identificar los centros públicos de investigación mexicanos, de base científica y tecnológica, que realizan estudios de prospectiva tecnológica, así como los métodos prospectivos que utilizan.
2. Analizar las metodologías de prospectiva tecnológica implementadas por CPI en México y CPI del extranjero, que tienen la finalidad de prospectar líneas de investigación.
3. Identificar las capacidades tecnológicas de los centros públicos de investigación mexicanos.
4. Desarrollar una metodología de prospectiva tecnológica para centros públicos de investigación mexicanos.

5.2 Preguntas de investigación

- ¿Cómo se puede lograr la pertinencia científica y tecnológica futuras de una línea de investigación en los centros públicos de investigación, considerando sus capacidades tecnológicas a través del uso de la prospectiva tecnológica?
- ¿Cuáles son los centros públicos de investigación en México que realizan estudios de prospectiva tecnológica para dirigir al futuro de largo plazo sus líneas de investigación?
- ¿Qué métodos prospectivos y capacidades tecnológicas han sido consideradas en los estudios de prospectiva tecnológica de los centros públicos de investigación mexicanos?
- ¿Qué elementos deben considerarse para conformar una metodología de prospectiva tecnológica para los centros públicos de investigación?

5.3 Hipótesis

Los supuestos relacionados a esta investigación se estructuran mediante la siguiente hipótesis:

El desarrollo de una metodología de prospectiva tecnológica, basada en el análisis de las capacidades tecnológicas de centros públicos de investigación mexicanos permite la proyección de líneas de investigación a futuros deseables con la finalidad de coadyuvar en la pertinencia científica y tecnológica de los mismos.

5.4 Definición del campo de estudio

Debido a que el presente proyecto es un estudio de nivel meso, es decir, aborda el análisis a nivel de instituciones que comparten características similares (Morales et al., 2007), el campo de investigación son los centros e institutos de investigación, de base científica y tecnológica, que han realizado estudios de prospectiva tecnológica, ubicados en México y en España, ya que en éste último dicha práctica es común dentro de sus instituciones de investigación.

Muestreo

El muestreo de la presente investigación es probabilístico, ya que todas las combinaciones tienen igual probabilidad de darse en la muestra, y el tipo de muestra a utilizar es aleatoria simple debido a que todas las muestras y todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser seleccionados (Clark-Carter, 2002:119).

5.5 Marco Conceptual

La mayoría de los autores que han estudiado la prospectiva tecnológica coinciden en abordarla bajo la perspectiva de proceso, no obstante el presente proyecto utiliza la aproximación de capacidad referente al desarrollo, y adopción de acciones; debido a que para dar sentido a los futuros cualquier enfoque tiene que expresarse a través de una variedad de prácticas incorporadas y replicables (Slaughter, 2012). Esto es específicamente sobre la base de las capacidades dinámicas ya que permiten la identificación de elementos estratégicos, sobre los cuales es posible construir ventajas, y brindan congruencia a la organización dentro de un entorno rápidamente cambiante (Teece y Pisano, 1994; Teece y col. 1997). Además su principal enfoque es brindar un marco de acción coherente a través del cual sea posible integrar el conocimiento conceptual y el empírico existente, y facilitar la prescripción. Por lo que, es posible considerar a la prospectiva tecnológica como una capacidad dinámica, ya que es de carácter creativo, y en sí misma es un elemento de cambio y transformación; que permite reconocer riesgos y oportunidades de acción, a través de la cual es posible tener una postura proactiva hacia el futuro, al identificar situaciones y alternativas de manera oportuna.

5.6 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación, así como su dimensión estratégica es sumamente importante; ya que corresponden al patrón de decisiones coherente, unificador e integrativo que determina y revela el propósito del estudio, en términos de objetivos a largo plazo y prioridades que responden adecuadamente a las oportunidades y amenazas. La presente investigación es un estudio de tipo cuantitativo, de diseño transversal, bajo el enfoque del

método inductivo-deductivo; de tal forma que, para llevar a cabo el objetivo general se plantean 4 objetivos específicos que se mencionan a continuación.

1. En el primer objetivo específico se identificarán los centros públicos de investigación mexicanos, de base científica y tecnológica, mediante bases de datos de ciencia y tecnología nacionales y los portales web de instituciones públicas que desarrollan investigación; de la misma forma serán identificados los centros/institutos de investigación públicos de España similares en las áreas de investigación a los mexicanos, debido a que en dicho país es elevado el número de investigadores que cuentan con experiencia en estudios de prospectiva tecnológica de líneas de investigación.

Después se realizará un estudio exploratorio para el cual se diseñará un instrumento metodológico que permitirá determinar los centros públicos de investigación mexicanos y españoles que realizan estudios de prospectiva tecnológica, los métodos prospectivos que utilizan; así como, las formas de actualización de sus líneas de investigación; el instrumento estará dirigido a los investigadores, personal de innovación y a expertos en prospectiva, adscritos a dichos centros.

Por otra parte, se elaborará un cuestionario a través del cual se obtendrán datos sobre la productividad derivada de las actividades de investigación de los CPI mexicanos. De tal forma que a través de los resultados de ambos instrumentos se puedan identificar los métodos prospectivos que impactan positivamente en la productividad científica.

2. El segundo objetivo específico se llevará a cabo mediante la identificación de metodologías de prospectiva tecnológica utilizadas, así como de los resultados obtenidos a través del estudio exploratorio inicial, en lo relativo a los métodos prospectivos utilizados por los CPI mexicanos y españoles.

3. El tercer objetivo específico involucra el desarrollo y aplicación de un instrumento metodológico que permita conocer la práctica y el nivel de desarrollo de las capacidades tecnológicas al interior de los centros públicos de investigación mexicanos, específicamente las involucradas con las líneas de investigación; por lo que dicho instrumento será aplicado a investigadores de los CPI.

4. Por último, en el cuarto objetivo específico se analizarán los resultados obtenidos de los instrumentos metodológicos aplicados a los CPI nacionales y foráneos, que permitirán la construcción de la metodología de prospectiva tecnológica que sea apropiada para los CPI mexicanos.

5.7 Recopilación de datos

Fase 1 de la investigación

Estudio exploratorio.

Para poder realizar el estudio exploratorio, es necesario conocer previamente cuáles son los centros públicos de investigación, de base científica y tecnológica, establecidos en el país. Además, se requiere obtener el medio de contacto de los investigadores adscritos a los principales centros/institutos de investigación del país, para la aplicación de los instrumentos metodológicos, que en este caso son sus correos electrónicos. Por lo que, se realizará una búsqueda de la información en bases de datos de ciencia y tecnología nacionales, así como en los portales web de dichos centros o institutos públicos de investigación.

Cuestionario, primer instrumento metodológico

Para el desarrollo del primer instrumento metodológico del estudio exploratorio (cuestionario), se utilizó como referencia a García-Muñoz (2003), quien considera que el cuestionario es una técnica versátil que puede ser utilizado para investigar y para evaluar, ya sea personas, procesos y programas. Tiene como característica que la forma de registro de la información solicitada es impersonal y menos profunda que el cara a cara de la entrevista. Asimismo puede abarcar aspectos tanto cualitativos como cuantitativos. Por otra parte, es un instrumento muy útil para la recogida de datos, en especial de los sujetos de interés de difícil acceso (por distancia o dispersión). La secuencia sugerida para su elaboración es: 1) Establecer el tipo de información que se necesita obtener, 2) Seleccionar los aspectos más relevantes para obtenerla, 3) Decidir la modalidad del cuestionario más adecuada, 4) Efectuar una primera redacción, 5) Someter a crítica por algunos expertos, 6)

Poner a prueba con un grupo experimental, 7) Reelaborar y establecer los procedimientos para su aplicación.

A continuación se exponen las etapas para la elaboración del cuestionario a utilizar en la primera fase del estudio exploratorio:

1. Establecer el tipo de información que se necesita obtener.

Para esta etapa de la investigación, se considerará la literatura referente a dimensiones, abordadas en el marco teórico, sobre Centros Públicos de Investigación (CPI) y la Prospectiva Tecnológica (PT).

2. Seleccionar los aspectos más relevantes para obtenerla.

Centros públicos de investigación:

- Total de investigadores y personal técnico adscrito al CPI
- Investigación que se realiza en el CPI de acuerdo al tipo (Santiago, 1998)
- Total de líneas de investigación en el CPI (Melkers y col., 2014)
- Tipo de investigación de acuerdo al plazo (Melkers y col., 2014)
- Determinación de líneas de investigación en el CPI (CONACyT, 2020)

Prospectiva Tecnológica:

- Técnicas de prospectiva tecnológica utilizadas (Popper, 2008)

3. Decidir la modalidad del cuestionario más adecuada.

Formular el cuestionario con preguntas cerradas, ya que brindan al usuario las alternativas posibles o aquellas que mejor responden a la situación que el investigador desea conocer, de las cuales solo se tiene que señalar alguna o algunas de las respuestas.

4. Efectuar una primera redacción

Realizar un cuestionario de máximo 15 preguntas, considerando los aspectos de tiempo para responder, redactadas de forma personal, directa, neutral, concretas y precisas (Sierra Bravo, 1988).

5. Someter a crítica por algunos expertos.

Someter el instrumento a revisión y crítica de al menos 7 expertos (personal de ciencia y tecnología de centros/institutos de investigación y académicos universitarios).

6. Poner a prueba con un grupo experimental.

Aplicar el cuestionario a un grupo de al menos 10 investigadores pertenecientes a distintos centros públicos de investigación del país, de forma presencial o a través de correo electrónico. Con los resultados obtenidos realizar la validación correspondiente.

7. Reelaborar y establecer los procedimientos para su aplicación.

En caso de ser necesario, antes de poner a prueba el instrumento con el grupo experimental, hacer las correcciones y/o ajustes señalados previamente por los expertos. Dependiendo del resultado de la validación, reestructurar el instrumento y volver a ser sometido a prueba de grupo experimental.

Validez y confiabilidad del instrumento metodológico

La confiabilidad, junto con la validez, son cuestiones centrales en todas las mediciones científicas (Gaffney, 1997: 1). Hernández y col. (2003) refiere la validez como el grado en que un instrumento mide la variable que pretende medir, y hace la aclaración de que ésta debe alcanzarse en todo instrumento de medición que se aplique.

El instrumento de recolección de datos, cuestionario, debe ser validado en objetividad, constructo y contenido por al menos 7 expertos (personal de ciencia y tecnología de centros/institutos de investigación y académicos universitarios), lo cual permite identificar si es apropiada la construcción de los ítems para su correcta medición, si el tipo de preguntas son adecuadas y comprensibles, si el ordenamiento interno es lógico, y si la duración del instrumento es aceptable para los encuestados.

Niebel y Freivalds (2009) señalan que el término confiabilidad define la probabilidad de éxito de un sistema; lo cual coincide con Namakforoosh (2010) quien

argumenta que una medición es confiable de acuerdo con el grado que permita ofrecer resultados consistentes.

Además, con el fin de evaluar la confiabilidad por consistencia interna del cuestionario, utilizar la técnica de Kuder Richardson (KR-20) en el conjunto de ítems de respuesta dicotómica; mientras que para el resto de los ítems utilizar el método de mitades partidas utilizando el coeficiente Spearman-Brown, debido a que el instrumento será aplicado en 1 sola ocasión. El software estadístico utilizado es IBM SPSS V.21.

Cuestionario, segundo instrumento metodológico

En esta segunda fase, se construyó un cuestionario posterior, a través del cual se obtuvieron datos específicos sobre la productividad relacionada con las actividades de investigación de los CPI.

A continuación se exponen las etapas para la elaboración del cuestionario a utilizar en la segunda fase del estudio exploratorio:

1. Establecer el tipo de información que se necesita obtener.

Se considerará la literatura referente a dimensiones abordadas en el marco teórico, sección 4.2.2, sobre Centros Públicos de Investigación (CPI).

2. Seleccionar los aspectos más relevantes para obtenerla.

- Infraestructura
- Publicaciones científicas
- Propiedad intelectual
- Programas de posgrado
- Trabajo colaborativo
- Proyectos vinculados

3. Decidir la modalidad del cuestionario más adecuada.

Para la formulación del cuestionario se utilizarán preguntas cerradas, de las cuales solo se debe obtener una respuesta cuantitativa.

4. Efectuar una primera redacción

Se realizará un cuestionario de máximo de 30 preguntas, las cuales deberán ser redactadas de forma concreta y precisa (Sierra Bravo, 1988).

5. Someter a crítica por algunos expertos.

El instrumento se someterá a revisión y crítica de expertos (personal de ciencia y tecnología de centros/institutos de investigación).

6. Reelaborar y establecer los procedimientos para su aplicación.

En caso de ser necesario, antes de aplicar el instrumento, se harán las correcciones y/o ajustes señalados previamente por los expertos.

Validez y confiabilidad del instrumento metodológico

El cuestionario, al igual que el instrumento anterior, será validado en objetividad, constructo y contenido por al menos 7 expertos (personal de ciencia y tecnología de centros/institutos de investigación), lo cual permitirá identificar si es apropiada la construcción de los ítems para su correcta medición.

Fase 2 de la investigación

Para esta etapa, se elabora un cuestionario utilizando la escala de tipo Likert, a través del cual es posible conocer el uso de las capacidades tecnológicas en las líneas de investigación al interior de los CPI, y el nivel en el que se encuentran desarrollándolas. El instrumento es realizado y aplicado bajo las mismas etapas del estudio exploratorio previamente mencionado. Dicho instrumento comprende los siguientes aspectos relevantes, con base a lo establecido por Bell y Pavitt (1995:84):

- Capacidades de inversión
- Capacidades de asimilación
- Capacidades de modificación
- Capacidades de soporte y vinculación

El cuestionario es sometido a juicio de expertos para validación de contenido y constructo, y su confiabilidad es evaluada mediante el índice Alpha de Cronbach, ya que éste muestra la correlación entre cada una de las preguntas, además de que solo requiere una sola administración del instrumento de medición y produce valores que oscilan entre 0 y 1, en donde el cero refleja nula confiabilidad y el uno representa el máximo de confiabilidad; por lo que el valor mínimo aceptable para dicho coeficiente es 0.7, ya que por debajo de éste la consistencia interna de la escala es baja, mientras que un valor superior expresa una fuerte relación entre las preguntas (Celina y Campo 2005). Por lo anterior, en el presente proyecto de investigación, un coeficiente de 0.7 es considerado el valor mínimo suficiente de fiabilidad.

Fase 3 de la investigación

Por último, se realiza el análisis de los resultados obtenidos a través de cada uno de los instrumentos aplicados, para posteriormente construir la metodología de prospectiva tecnológica aplicable a CPI, de base científico-tecnológica, mexicanos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos de cada uno de las etapas de la investigación, su discusión, así como la construcción de la metodología de prospectiva tecnológica aplicable a CPI mexicanos, de base científico-tecnológica, que desarrollan las siguientes áreas de conocimiento establecidas por el CONACyT.

Área I. Ciencias físico – matemáticas y ciencias de la tierra: astrofísica, astronomía, ciencias de la tierra y el espacio, física, lógica, matemáticas, prospectiva, ciencias del mar.

Área II. Biología y química: ciencias de la vida, prospectiva, ciencias biomédicas, biología, química y ciencias ambientales.

Área VI. Ciencias agropecuarias y biotecnología: biotecnología, ciencias agrarias, biotecnología agraria, salud y producción animal y pesca.

Área VII. Ingeniería y tecnología: ciencias tecnológicas, ingeniería y prospectiva.

Lo anterior, debido a que estos CPI al generar conocimiento, este puede ser aplicado directamente en desarrollos científicos y tecnológicos que impactan en cadenas de proveedores, sectores industriales y/o mercados de consumidores.

FASE 1

6.1 Estudio exploratorio sobre prospectiva en CPI mexicanos

Este estudio exploratorio tiene como finalidad establecer el uso de la prospectiva tecnológica en los centros públicos de investigación mexicanos, de base científico tecnológica. Por lo cual se realizó una búsqueda de estas organizaciones en bases de datos nacionales de ciencia, tecnología e innovación, en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y portales web oficiales de instituciones públicas mexicanas; derivado de esta búsqueda se encontraron alrededor de 350 centros.

A partir de este universo, sólo se consideraron los centros que correspondían a las áreas de conocimiento I, II, VI y VII de CONACyT; ya que, son las únicas que desarrollan

tecnologías genéricas emergentes y desarrollos tecnológicos que permiten generar beneficios económicos y/o sociales.

Derivado de este análisis se determinó que el universo de este estudio son 162 centros públicos de investigación de base científico-tecnológica, de los cuales se procedió a identificar los actores claves de cada institución que permitiera contactar a investigadores con mayor productividad y personal de gestión de la tecnología e innovación.

6.2 FASE 1: Diseño de la herramienta metodológica de estudio exploratorio.

Con base en la clasificación de capacidades dinámicas establecida por Teece (2007): detección de amenazas y oportunidades (*sensing*), aprovechamiento (*seizing*) y reconfiguración de recursos (*reconfiguration*), y la clasificación de Wang (2007): adaptación, absorción e innovación, se desarrolló un marco que relaciona las capacidades dinámicas con los estudios realizados por Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018) y los elementos de evaluación de CONACyT para el Padrón Nacional de Programas de Calidad (PNPC)

Lo anterior, con la finalidad de agrupar y catalogar los principales indicadores de prospectiva y desarrollo científico y tecnológico (Tabla 13) en siete variables:

1. Personal de investigación (*sensing*/ adaptación),
2. Colaboraciones (*sensing*/ adaptación),
3. Investigación (*sensing*/ absorción),
4. Evaluación del entorno (*sensing*/ absorción),
5. Compatibilidad organizacional (*seizing*/ innovación),
6. Comercialización de I+D (*reconfiguration*/ innovación) y
7. Métodos de prospectiva (*reconfiguration* / innovación).

Tabla 13. Marco de capacidades dinámicas- prospectiva de centros de investigación.

| Capacidades dinámicas (Teece, 2007) | Capacidades dinámicas (Wang, 2007) | Variables | Indicadores |
|---|------------------------------------|---------------------------|--|
| Detección de amenazas y oportunidades (Sensing) | Adaptación | Personal de investigación | Investigadores Técnicos (apoyo a la investigación) |
| | Absorción | Colaboraciones | Redes de investigación |
| | | Investigación | Líneas de investigación Investigación de ciencia básica Investigación aplicada Investigación y desarrollo (I+D) Revisión de publicaciones científicas Estudios de pertinencia Estudios de mercado Análisis FODA Análisis del entorno Benchmarking Bibliometría Experiencia de los investigadores Participación en eventos científicos-académicos |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Wang (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018).

Tabla 13 (continuación). Marco de capacidades dinámicas- prospectiva de centros de investigación.

| Capacidades dinámicas (Teece, 2007) | Capacidades dinámicas (Wang, 2007) | Variables | Indicadores |
|---|------------------------------------|-------------------------------|--|
| Aprovechamiento (Seizing) | Innovación | Compatibilidad organizacional | Investigación a corto plazo Investigación a mediano plazo Investigación a largo plazo |
| Reconfiguración de recursos (Reconfiguration) | | Comercialización de I+D | Proyectos vinculados con la industria Proyectos vinculados con servicios públicos Proyectos gubernamentales convocatorias |
| | | Métodos de prospectiva | Árboles de relevancia Panel de expertos Lluvia de ideas Delphi Encuestas Extrapolación de tendencias Análisis de impacto cruzado Análisis de series de tiempo Método de escenarios |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Wang (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (201

El marco que relaciona capacidades dinámicas con indicadores de prospectiva y desarrollo científico tecnológico fue evaluado por ocho expertos que trabajan en centros de investigación públicos y privados mexicanos; mismos que están adscritos a las áreas I (físico- matemáticas y ciencias de la tierra), II (biología y química), VI (ciencias agropecuarias y biotecnología) y VII (ingeniería y tecnología), con la finalidad de brindarle

validez y confiabilidad. Después se mandó a cuatro gestores de tecnología que realizan estudios de prospectiva tecnológica para determinar si las relaciones eran válidas.

Posteriormente, una vez validado el marco cada uno de los indicadores presentados se convirtieron en preguntas para desarrollar un cuestionario de selección múltiple (Tabla 14, 15 y 16).

Tabla 14. Cuestionario de los indicadores de la capacidad dinámica de detección (*sensing*)

| | <i>Variable</i> | <i>Indicador</i> | <i>Pregunta</i> |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|
| Detección (<i>sensing</i>) | Personal de investigación | Investigadores | Q1. ¿Cuántos investigadores laboran en el CPI? |
| | | Técnicos | Q2. ¿Cuántos técnicos de apoyo a la investigación laboran en el CPI? |
| | Colaboraciones | Red investigación nacional | Q3. ¿Con cuántas redes de investigación nacionales colabora? |
| | | Red investigación internacional | Q4. ¿Con cuántas redes de investigación internacionales colabora? |
| | Investigación | Líneas de investigación | Q5. ¿Cuántas líneas de investigación se desarrollan en el CPI? |
| | | Investigación de ciencia básica | Q6. ¿Qué porcentaje de actividades de investigación en ciencia básica se desarrollan en el CPI? |
| | | Investigación aplicada | Q7. ¿Qué porcentaje de actividades de investigación en ciencia aplicada se desarrollan en el CPI? |
| | | Investigación y desarrollo (I+D) | Q8. ¿Qué porcentaje de actividades de investigación enfocadas en I+D se desarrollan en el CPI? |
| | | Revisión de publicaciones científicas | Q9. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se consultan publicaciones científicas? |
| | Evaluación del entorno | Estudios de pertinencia | Q10. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se realizan estudios de pertinencia? |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018).

Tabla 14 (continuación): Cuestionario de los indicadores de la capacidad dinámica de detección (*sensing*)

| | Variable | Indicador | Pregunta |
|------------------------------|------------------------|---|--|
| Detección (<i>sensing</i>) | Evaluación del entorno | Estudios de mercado | Q11. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se realizan estudios de mercado? |
| | | Análisis FODA | Q12. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se realizan análisis FODA? |
| | | Análisis del entorno | Q13. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se realizan análisis del entorno? |
| | | Benchmarking | Q14. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se realizan estudios de benchmarking? |
| | | Bibliometría | Q15. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se realizan estudios bibliométricos? |
| | | Experiencia de los investigadores | Q16. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se utiliza la experiencia de los investigadores? |
| | | Participación en eventos científicos - académicos | Q17. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se utiliza la experiencia obtenida en eventos científicos-académicos? |
| | | Redes de colaboración | Q18. Para el desarrollo de nuevas investigaciones y/o cambio en la trayectoria de las investigaciones vigentes, ¿se utiliza la experiencia obtenida en redes de colaboración? |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018).

Tabla 15. Cuestionario de los indicadores de la capacidad dinámica de aprovechamiento (*Seizing*)

| | Variable | Indicador | Pregunta |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| Aprovechamiento (<i>seizing</i>) | Compatibilidad organizacional | Investigación a corto plazo | Q19. ¿En qué porcentaje las investigaciones realizadas en el CPI están orientadas a dar soluciones en el corto plazo? |
| | | Investigación a mediano plazo | Q20. ¿En qué porcentaje las investigaciones realizadas en el CPI están orientadas a dar soluciones en el mediano plazo? |
| | | Investigación a largo plazo | Q21. ¿En qué porcentaje las investigaciones realizadas en el CPI están orientadas a dar soluciones en el largo plazo? |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018).

Tabla 16. Cuestionario de los indicadores de la capacidad dinámica de reconfiguración de recursos (Reconfiguration)

| | Variable | Indicador | Pregunta |
|---|-------------------------|---|---|
| Reconfiguración de recursos (reconfiguration) | Comercialización de I+D | Proyectos vinculados con la industria | Q22. ¿Actualmente su centro desarrolla algún proyecto vinculado con la industria? |
| | | Proyectos vinculados con servicios públicos | Q23. Actualmente ¿su centro desarrolla proyectos vinculados con servicios públicos? |
| | | Proyectos convocatorias gubernamentales | Q24. ¿Actualmente su centro compete para obtener proyectos por convocatorias de instancias gubernamentales? |
| | Métodos de prospectiva | Árboles de relevancia | Q25. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se realizan estudios de árboles de relevancia? |
| | | Paneles de expertos | Q26. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se realizan paneles de expertos? |
| | | Lluvia de ideas | Q27. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se practica la lluvia de ideas? |
| | | Método Delphi | Q28. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se utiliza el método Delphi? |
| | | Cuestionarios y/o encuestas | Q29. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se realizan cuestionarios y/o encuestas? |
| | | Extrapolación de tendencias | Q30. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se practica la extrapolación de tendencias? |
| | | Análisis de impacto cruzado | Q31. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se practica el análisis de impacto cruzado? |
| | | Análisis de series de tiempo | Q32. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se practica el análisis de series de tiempo? |
| | | Método de escenarios | Q33. ¿Con la finalidad de fortalecer y encaminar al futuro las líneas de investigación se utiliza el método de elaboración de escenarios? |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018).

6.3 FASE 1: Confiabilidad y validez de la herramienta del estudio exploratorio

La herramienta metodológica se modificó para que agrupará diversos indicadores mediante la reformulación de las preguntas. Para la prueba del grupo experimental, el instrumento fue respondido por 12 investigadores de diez diferentes centros públicos de investigación mexicanos, adscritos las áreas I (físico- matemáticas y ciencias de la tierra), II

(biología y química), VI (ciencias agropecuarios y biotecnología) y VII (ingeniería y tecnología).

El instrumento final se constituyó de preguntas de escalas de intervalo, preguntas de opción múltiple, preguntas con respuesta dicotómica y preguntas abiertas. Para determinar la fiabilidad de las preguntas de las preguntas de intervalo y opción múltiple se realizó un análisis del coeficiente Spearman-Brown (0.753); mientras que para las preguntas dicotómicas se utilizó el índice de confiabilidad Kuder Richardson, KR-20 (0.88). Ambos niveles de confiabilidad son aceptables, ya que mientras más se aproxime el valor obtenido a la unidad (1), mayor confiabilidad tendrán los ítems.

Herramienta metodológica del estudio exploratorio

Tabla 17. Herramienta metodológica del estudio exploratorio

| Capacidad | Variable inicial | Indicadores | Q | Variable final |
|--|---------------------------|--|---------|---|
| | | <i>Información del CPI y del investigador (Qf1)</i> | | |
| Detección de amenazas y oportunidades (Sensing) | Personal de Investigación | Investigadores y técnicos (apoyo a la investigación) | Q1- Q2 | <i>Personal interviene en investigación (Qf2)</i> |
| | Colaboraciones | Redes y líneas de investigación | Q3-Q5 | <i>Temática de investigación (Qf3)</i> |
| | Investigación | Investigación de ciencia básica, investigación aplicada e investigación y desarrollo (I+D) | Q6-Q8 | <i>Tipo de investigación (Qf4)</i> |
| | Evaluación del entorno | Revisión de publicaciones científicas, estudios de pertinencia, estudios de mercado, análisis FODA, análisis del entorno, benchmarking, bibliometría, experiencia de los investigadores, participación en eventos científicos-académicos | Q9- Q18 | <i>Determinación de líneas de investigación (Qf5)</i> |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018).

Tabla 17 (continuación). Herramienta metodológica del estudio exploratorio

| Capacidad | Variable inicial | Indicadores | Q | Variable final |
|--|-------------------------------|---|---|--|
| Aprovechamiento (Seizing) | Compatibilidad organizacional | Investigación a corto plazo, investigación a mediano plazo, investigación a largo plazo | Q19- Q21 | Término de la investigación (Qf6) |
| Reconfiguración de recursos (Reconfiguration) | Comercialización de I+D | Proyectos vinculados con la industria, proyectos vinculados con servicios públicos, proyectos convocatorias gubernamentales | Q22-Q24 | Vinculación con mercado (Qf7) |
| | Métodos de prospectiva | Árboles de relevancia, panel de expertos, lluvia de ideas, Delphi, encuestas extrapolación de tendencias, análisis de impacto cruzado, análisis de series de tiempo, método de escenarios | Q25- Q33 | Métodos de Prospectiva Tecnológica (Qf8) |
| | | | Metodología de Prospectiva implementada (Qf9) | |
| | | | Metodología de Prospectiva tecnológica requerida (Qf10) | |

Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2007), Babelyte-Labanuske y Nedzinskas (2017) y Marazato y Salerno (2018).

La herramienta metodológica final del estudio exploratorio constó de diez ítems de interés (Tabla 17): preguntas abiertas para conocer información del centro y del investigador (Qf1), preguntas dicotómicas para determinar la especialización del personal que interviene en la investigación (Qf2) de opción múltiple para determinar la temática de la investigación con base en las áreas de conocimiento propuestas por CONACyT (Qf3).

Para determinar el tipo de investigación (Qf4), el método para determinar las líneas de investigación (Qf5), el término de las investigación (Qf6) y la vinculación de éstas con el mercado (Qf7) se realizaron preguntas de escala de intervalo. Con respecto a los métodos de prospectiva se realizaron preguntas de opción múltiple (Qf8) y preguntas abiertas que permitieran establecer no sólo la metodología implementada en el CPI (Qf9), sino una metodología de prospectiva requerida para los centros de prospectiva en los centros públicos de investigación mexicanos (Qf10)

Tamaño de la muestra del estudio exploratorio

El instrumento metodológico del estudio exploratorio fue aplicado a 49 Centros Públicos de Investigación, con un margen de error del 10% y un nivel de confianza de 90%, en nuestra población de 162 centros, con base en la ecuación estadística para tamaño de muestra:

$$n = \frac{N * z^2 * (p * q)}{d^2 * (N - 1) + z^2 * (p * q)}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

z: nivel de confianza deseado

p: probabilidad de éxito

q: probabilidad de fracaso

d: Error máximo admisible

N: tamaño de la población

Resultados del estudio exploratorio.

El estudio exploratorio fue contestado por 123 investigadores de 49 Centros Públicos de Investigación mexicanos, de base científica y tecnológica, a través de la plataforma *SurveyMonkey*®.

Los CPIs encuestados son representativos estadística y geográficamente, y están adscritos en un gran porcentaje a las tres principales instituciones públicas de investigación del país, con mayor productividad científica tecnológica. Ya que, corresponden al 75% de los centros pertenecientes al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), 60% de los centros pertenecientes al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y al 26% de los centros pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Con respecto a la ubicación geográfica se contó con una representación del 65.6% de los estados del país.

Las respuestas de la encuesta se analizaron mediante dos métodos: el método comparativo constante mediante el análisis de diagramas y tres análisis de varianza de una vía (ANOVA) y una correlación de Pearson; con la finalidad de determinar el impacto de las capacidades dinámicas, específicamente las de reconfiguración de recursos de los métodos prospectivos.

Resultados del método comparativo constante

El estudio exploratorio tenía como finalidad establecer el nivel de diferentes indicadores en los CPIs de base científica y tecnológica; por lo que, se utilizó el método comparativo constante (Strauss y Corbin, 1991) para determinar la siguiente etapa de la investigación e identificar inductivamente relaciones mediante los datos empíricos obtenidos en las encuestas.

En un primer momento se mandó el instrumento obtenido de la tabla 14, a los 49 CPIs que conformaban la muestra, para que un investigador por centro lo contestará. Dos meses después de analizadas las respuestas, se volvió a mandar el cuestionario a los mismos 49 CPIs pero a investigadores diferentes, con la finalidad de contrastar y comparar estos resultados con los primeros. En 24 CPIs las respuestas fueron casi idénticas, pero en 25 variaban discretamente; por lo que, se volvió a mandar la encuesta a estos centros para que un tercer investigador adscrito al mismo, la contestará. De ahí se obtuvieron 123 respuestas de investigadores incorporados a los 49 CPIs de la muestra.

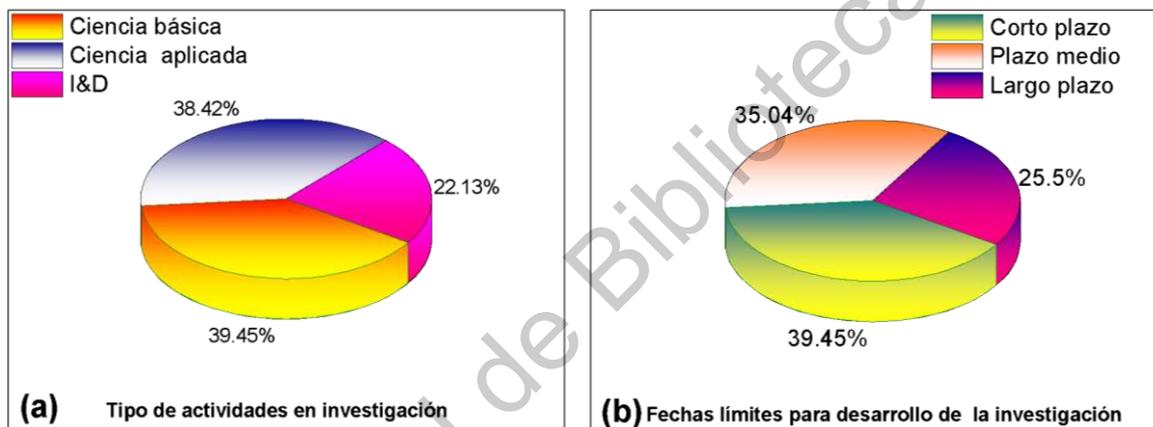
Los principales resultados obtenidos de esta primera fase con respecto al tipo de investigación mostraron que 39.4% de los centros realiza investigaciones de ciencia básica, seguido de 38.42% de ciencia aplicada, mientras que sólo 22.13% desarrolla actividades de desarrollo tecnológico (figura 7a). Estos porcentajes contrastan con la investigación realizada en España en 2012, donde el 35.62% son desarrollos tecnológicos, 41.33% son investigaciones aplicadas y sólo 23.04% es investigación básica (ICONO Observatorio español del I+D, 2014).

Asimismo, se encontró que el término de la investigación se encuentra enfocada a corto (39.4%) y mediano plazo (35.04%), es decir, su aplicación a sectores industriales en

un término no mayor a cinco años. Mientras, que sólo el 26% de las investigaciones que se realizan en los CPIs están enfocadas al largo plazo (Figura 7b).

Ambos indicadores se pueden relacionar con la infraestructura disponible en los centros; así como con la especialización de los grupos de investigación y la naturaleza de los sectores industriales del país. No obstante, no se encuentran documentados estudios que exhiban la relación entre estos factores.

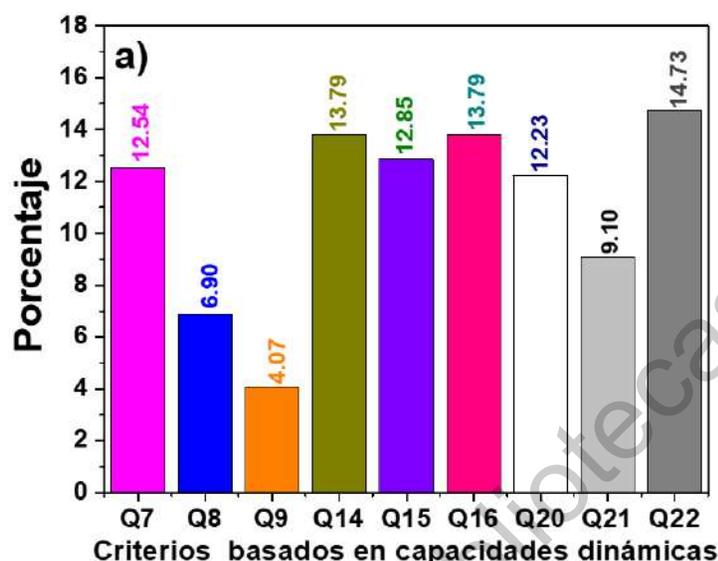
Figura 7. Porcentaje del tipo de investigación (a) y plazos de la investigación (b) realizados en los CPI



Elaboración propia

Con respecto a la generación, modificación y/o actualización de las líneas de investigación en los CPIs (figura 8) se determinó que los principales factores de influencia son proyectos por convocatoria estatales y federales (14.73%), colaboración en redes nacionales e internacionales y la propia experiencia de los investigadores (13.79%), participación en eventos científico – académicos (12.85%), revisión de publicaciones sobre la vigilancia tecnológica (12.54%) y proyectos vinculados con la industria (12.23%). Por el contrario, los factores que presentan un menor impacto en el desarrollo de las líneas de investigación son los estudios de pertinencia (6.90%) y estudios de mercado, bibliométricos, benchmarking y análisis FODA (4.07%).

Figura 8. Criterios de actualización de líneas de investigación utilizados en CPI mexicanos



Elaboración propia

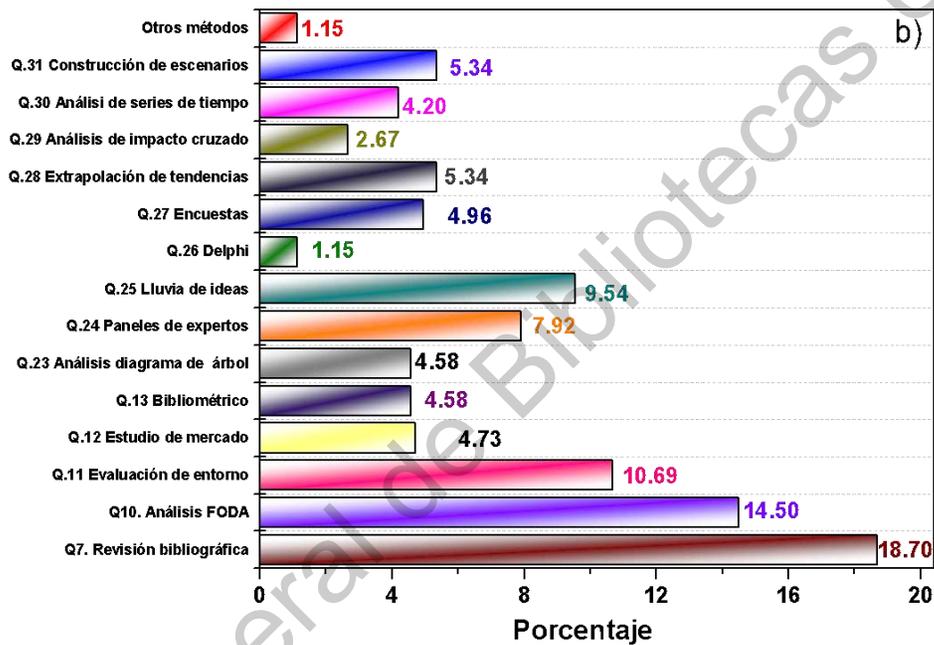
Si bien la colaboración en redes altamente especializadas es un impulsor para el desarrollo de investigaciones y proyectos de I+D. En México tienen un mayor peso los proyectos por convocatoria debido al financiamiento económico que se otorga, lo que genera una desconexión de los CPIs con el mercado, subestimando los estudios de factibilidad y viabilidad técnica y comercial (Barragan y Zubieta, 2013).

En relación a los métodos prospectivos (figura 9), la técnica más utilizada es la revisión de la literatura ($\approx 95\%$); seguido del análisis FODA ($\approx 70\%$), análisis del entorno y lluvia de ideas ($\approx 50\%$) y paneles de expertos ($\approx 40\%$). Mismos que se contraponen con los métodos más utilizados de prospectiva utilizados mundialmente: método Delphi y construcción de escenarios (Gándara y Osorio Vera, 2014)

Con respecto a las últimas dos preguntas sobre metodologías de prospectiva implementada y deseada del instrumento metodológico sugeridas por el panel de expertos. Los resultados muestran que, si bien 33 CPIs no tenían estructurada una metodología de prospectiva tecnológica, poco más del 50% utilizan al menos cuatro de los principales

métodos de prospectiva. Mientras que 100% de los encuestados transmitieron la necesidad de implementar una metodología enfocada a este fenómeno, pero desconocen cómo se puede estructurar.

Figura 9. Métodos de prospectiva tecnológica utilizados en CPI mexicanos



Elaboración propia

Al respecto, Saritas y Burmaoglu (2015) establecen que la integración de métodos de prospectiva son el mejor método de predecir, comprender y reaccionar a los desafíos tecnológicos. Por lo que, la conformación de una metodología de prospectiva tecnológica para los CPIs mexicanos podría dirigir los desarrollos tecnológicos para que impacten en el entorno productivo y social.

Resultados de análisis estadístico ANOVA

Los análisis estadísticos ANOVA se realizaron en el software IBM SPSS V.21 relacionando las diferentes capacidades dinámicas propuestas por Tece (2007): detección, aprovechamiento y reconfiguración con la varianza en el tipo de investigación realizado en

los CPIs mexicanos: investigación básica (A), investigación aplicada (B) y actividades de I+D (C).

Se seleccionó esta técnica estadística porque permite determinar si la varianza entre las medias de las variables dependientes (capacidades dinámicas) son diferentes de la variable independiente (tipo de investigación en los CPIs), con la finalidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula. El estadístico de Fisher permite confirmar la influencia observadas con el valor p entre los grupos analizados, por lo que los valores más altos de la prueba de Fisher (F) también indican la correlación entre los grupos analizados.

Las pruebas de análisis de varianza de una vía utilizaron el p -valor (p) y la prueba de Fisher (F), con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$; donde p es la probabilidad de que un valor estadístico calculado sea posible dada una hipótesis nula cierta y F es la variación dentro de las muestras, determinando si el término está asociado con la respuesta. Por lo tanto, H_0 se acepta si $p > \alpha$, y el valor F es cercano a 1, mientras que si $p \leq \alpha$, y el valor F no es cercano a la unidad, la H_0 se rechaza.

Capacidades dinámicas de detección vs. tipo de investigación

Con el fin de relacionar las capacidades dinámicas de detección de amenazas y oportunidades (*sensing*) con los tipos de investigación desarrollados en los CPIs, se realizó el análisis estadístico ANOVA (Tabla 18) y se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: La influencia del tipo de investigación desarrollada en los CPIs, ciencia básica (A), ciencia aplicada (B) y desarrollo tecnológico (C) es la misma sobre las capacidades de detección

H_a: La influencia de al menos un tipo de investigación desarrollada en los CPIs, ciencia básica (A), ciencia aplicada (B) y desarrollo tecnológico (C) es diferente sobre las capacidades de detección

Tabla 18. Relación entre el tipo de investigación realizada por los CPI, y las variables de la capacidad de detección del marco de las capacidades dinámicas

| Q1. Investigadores | A | B | C | Q2. Técnicos | A | B | C |
|---|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|
| Media | | 54.5 | | Media | | 33.9 | |
| Desv. Estándar | | 56.30 | | Desv. Estándar | | 43.43 | |
| F | 1.11 | 1.02 | .53 | F | 1.46 | 2.79 | 3.77 |
| <i>p</i> | 0.40 | .48 | .93 | <i>p</i> | 0.18 | 0.008* | 0.001* |
| Q3. Líneas de investigación | | | | Q7. Revisión de publicaciones científicas | | | |
| Media | | 12.5 | | Media | | 0.75 | |
| Desv. Estándar | | 14.8 | | Desv. Estándar | | 0.43 | |
| F | 1.46 | 4.95 | 7.76 | F | 1.08 | 0.72 | 1.13 |
| <i>p</i> | .178 | 0.05* | 0.01* | <i>p</i> | 0.43 | 0.79 | 0.08 |
| Q8. Estudios de pertinencia | | | | Q9. Estudios de mercado | | | |
| Media | | 0.41 | | Media | | 0.20 | |
| Desv. Estándar | | 0.49 | | Desv. Estándar | | 0.40 | |
| F | 1.01 | 1.21 | 1.91 | F | 0.53 | 1.37 | 1.49 |
| <i>p</i> | 0.48 | 0.33 | 0.006* | <i>p</i> | 0.94 | 0.23 | 0.16 |
| Q10. Análisis FODA | | | | Q11. Análisis del entorno | | | |
| Media | | 0.71 | | Media | | 0.53 | |
| Desv. Estándar | | 0.46 | | Desv. Estándar | | 0.50 | |
| F | 1.24 | 1.93 | 1.49 | F | 0.85 | 0.91 | 0.96 |
| <i>p</i> | 0.30 | 0.06 | 0.16 | <i>p</i> | 0.66 | 0.59 | 0.54 |
| Q12. Benchmarking | | | | Q13. Bibliometría | | | |
| Media | | 0.28 | | Media | | 0.24 | |
| Desv. Estándar | | 0.46 | | Desv. Estándar | | 0.43 | |
| F | 0.91 | 1.69 | 2.61 | F | 2.02 | 0.73 | 0.75 |
| <i>p</i> | 0.59 | 0.11 | 0.01* | <i>p</i> | 0.04* | 0.78 | 0.74 |
| Q14. Experiencia de los investigadores | | | | Q15. Eventos académicos | | | |
| Media | | 0.84 | | Media | | 0.77 | |
| Desv. Estándar | | 0.37 | | Desv. Estándar | | 0.42 | |
| F | 1.02 | 0.85 | 1.17 | F | 1.67 | 1.43 | 1.48 |
| <i>p</i> | 0.48 | 0.65 | 0.34 | <i>p</i> | 0.01* | 0.19 | 0.17 |
| Q16. Redes nacionales/internacionales | | | | | | | |
| Media | | 0.82 | | | | | |
| Desv. Estándar | | 0.39 | | | | | |
| F | 2.15 | 2.02 | 1.01 | | | | |
| <i>p</i> | 0.03* | 0.05* | .476 | | | | |

*Análisis descriptivo utilizando $N_{obs}=49$, $\alpha \leq 0.05$.

Las capacidades de detección que presentan diferencia estadística significativa con respecto al tipo de investigación de ciencia básica (A) son el uso de bibliometría ($p= 0.04$), la colaboración nacional-internacional ($p= 0.03$) y la participación en eventos académicos ($p= 0.01$). Siendo la colaboración nacional-internacional la que tiene una mayor influencia, dado que $F= 2.15$.

Con respecto a la investigación aplicada (B) hay diferencia estadística significativa en el número de técnicos ($p= 0.008$), el número de líneas de investigación por institución ($p= 0.05$) y las redes nacionales-internacionales ($p= 0.05$); de las cuales, el número de líneas de investigación y de técnicos tienen mayor influencia ($F= 4.95$, $F= 2.79$, respectivamente).

Finalmente, en actividades de I + D (C), las capacidades que presentan diferencia significativa son el número de técnicos ($p= 0.001$), el número de líneas de investigación por institución ($p= 0.01$), los estudios de pertinencia para la actualización de líneas de investigación ($p= 0.006$) y los estudios de benchmarking ($p= 0.01$). Siendo el número de líneas de investigación y de técnicos, las que tienen mayor influencia ($F= 7.76$, $F= 3.77$, respectivamente), como en la investigación aplicada.

Capacidades dinámicas de aprovechamiento vs. tipo de investigación

Con el fin de relacionar las capacidades dinámicas de aprovechamiento (*seizing*) con los tipos de investigación desarrollados en los CPIs, se realizó el análisis estadístico ANOVA (Tabla 19) y se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: La influencia del tipo de investigación desarrollada en los CPIs, ciencia básica (A), ciencia aplicada (B) y desarrollo tecnológico (C) es la misma sobre las capacidades de aprovechamiento

Ha: La influencia de al menos un tipo de investigación desarrollada en los CPIs, ciencia básica (A), ciencia aplicada (B) y desarrollo tecnológico (C) es diferente sobre las capacidades de aprovechamiento

Tabla 19. Relación entre el tipo de investigación realizada en los CPIs y las variables de la capacidad de aprovechamiento del marco de las capacidades dinámicas

| Q17. Corto plazo | A | B | C | Q18. largo plazo | Mediano | A | B | C |
|------------------|-------|------|------|------------------|---------|------|------|------|
| Media | | 0.39 | | Media | | | 0.35 | |
| Desv. Estándar | | 0.22 | | Desv. Estándar | | | 0.18 | |
| F | 0.72 | 1.27 | 0.65 | F | | 0.72 | 0.91 | 0.53 |
| <i>p</i> | 0.78 | 0.28 | 0.85 | <i>p</i> | | 0.79 | 0.59 | 0.93 |
| Q19. Largo plazo | | | | | | | | |
| Media | | 0.25 | | | | | | |
| Desv. Estándar | | 0.18 | | | | | | |
| F | 1.91 | 0.87 | 1.15 | | | | | |
| <i>p</i> | 0.04* | 0.63 | 0.36 | | | | | |

*Análisis descriptivo utilizando $N_{obs}=49$, $\alpha \leq 0.05$.

El análisis mostró que la diferencia estadística significativa la presenta la investigación de ciencia básica (A) con el porcentaje de investigaciones que proporcionan soluciones a largo plazo ($p= 0.04$).

Capacidades dinámicas de reconfiguración vs. tipo de investigación

Con el fin de relacionar las capacidades dinámicas de reconfiguración de recursos (*reconfiguration*) con los tipos de investigación desarrollados en los CPIs, se realizó el análisis estadístico ANOVA (Tabla 20) y se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: La influencia del tipo de investigación desarrollada en los CPIs, ciencia básica (A), ciencia aplicada (B) y desarrollo tecnológico (C) es la misma sobre las capacidades de reconfiguración

H_a: La influencia de al menos un tipo de investigación desarrollada en los CPIs, ciencia básica (A), ciencia aplicada (B) y desarrollo tecnológico (C) es diferente sobre las capacidades de reconfiguración

Tabla 20. Relación entre el tipo de investigación realizada por los CPIs y las variables de la capacidad de reconfiguración del marco de capacidades dinámicas

| Q20. Proyectos vinculados con la industria | A | B | C | Q21. Proyectos vinculados con servicios públicos | A | B | C |
|---|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|
| Media | | 0.75 | | Media | | 0.61 | |
| Desv. Estándar | | 0.43 | | Desv. Estándar | | 0.49 | |
| F | 1.90 | 1.60 | 0.69 | F | 1.70 | 0.87 | 0.99 |
| <i>p</i> | 0.06 | 0.13 | 0.80 | <i>p</i> | 0.09 | 0.63 | 0.49 |
| Q22. Proyectos por convocatoria | | | | Q23. Árboles de relevancia | | | |
| Media | | 0.92 | | Media | | 0.08 | |
| Desv. Estándar | | 0.27 | | Desv. Estándar | | 0.28 | |
| F | 1.49 | 1.48 | 0.84 | F | 1.31 | 2.26 | 1.29 |
| <i>p</i> | 0.17 | 0.17 | 0.66 | <i>p</i> | 0.25 | 0.03* | 0.26 |
| Q24. Paneles de expertos | | | | Q25. Lluvia de ideas | | | |
| Media | | 0.51 | | Media | | 0.47 | |
| Desv. Estándar | | 0.50 | | Desv. Estándar | | 0.50 | |
| F | 0.62 | 1.21 | 0.95 | F | 0.80 | 1.65 | 1.10 |
| <i>p</i> | 0.87 | 0.33 | 0.55 | <i>p</i> | 0.70 | 0.12 | 0.41 |
| Q26. Delphi | | | | Q27. Encuestas | | | |
| Media | | 0.06 | | Media | | 0.25 | |
| Desv. Estándar | | 0.24 | | Desv. Estándar | | 0.43 | |
| F | 1.21 | 0.99 | 0.63 | F | 0.87 | 2.18 | 2.20 |
| <i>p</i> | 0.32 | 0.52 | 0.85 | <i>p</i> | 0.63 | 0.03* | 0.03* |
| Q28. Extrapolación de tendencias | | | | Q29. Análisis de impacto cruzado | | | |
| Media | | 0.27 | | Media | | 0.14 | |
| Desv. Estándar | | 0.45 | | Desv. Estándar | | 0.35 | |
| F | 0.76 | 1.11 | 1.15 | F | 1.11 | 0.95 | 2.0 |
| <i>p</i> | 0.74 | 0.40 | 0.36 | <i>p</i> | 0.39 | 0.56 | 0.04* |
| Q30. Análisis de series de tiempo | | | | Q31. Construcción de escenarios | | | |
| Media | | 0.20 | | Media | | 0.26 | |
| Desv. Estándar | | 0.41 | | Desv. Estándar | | 0.45 | |
| F | 0.95 | 0.79 | 1.16 | F | .061 | 1.07 | 1.55 |
| <i>p</i> | 0.50 | 0.72 | 0.36 | <i>p</i> | 0.88 | 0.44 | 0.14 |

*Análisis descriptivo utilizando $N_{obs}=49$, $\alpha \leq 0.05$.

Con respecto a las capacidades de reconfiguración, el desarrollo de estudios de árboles de relevancia ($p= 0.03$) y las encuestas ($p= 0.03$) presentan una diferencia estadística significativa en las actividades de investigación aplicada (B). Mientras que, las actividades

de I + D están influenciadas por la realización de encuestas ($p= 0.03$) y análisis de impacto cruzado ($p= 0.04$).

Con base en el desarrollo de los análisis ANOVA se detectó que las capacidades dinámicas que tienen mayor influencia sobre los diferentes tipos de investigación desarrollados en los CPIs (ciencia básica, investigación aplicada y actividades I+D) son las capacidades de detección de amenazas y oportunidades (*sensing*).

Este hallazgo es consistente con lo expresado por Navarro, y col. (2003) y Tang (2021), quienes afirman la importancia de las capacidades de detección durante los procesos de planificación estratégica. Lo que sugiere que al contar con un proceso eficiente en los Centros Públicos de Investigación se puede promover nuevas oportunidades para el surgimiento de tecnologías existentes o emergentes.

Además, la configuración de las capacidades dinámicas de detección debe ayudar a coordinar las actividades referentes a los tipos de investigación que se desarrollan en los CPIs de base científico- tecnológica. (Yuan, y col., 2016). Lo que, permitiría actualizar adecuadamente las líneas de investigación e impulsar su participación en entornos competitivos basados en la innovación.

6.4 FASE 1: Estudio de caso de prospectiva tecnológica en los CPIs españoles

España es uno de los países que mayor importancia le brindan a la prospectiva tecnológica, como lo prueba, la creación del Instituto de Prospectiva Tecnológica de Sevilla (IPTS) en 1994, el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) en 1997, el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) en 2003, la Agencia nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) y la Oficina Nacional de Prospectiva y Estrategia de País (2020). Por lo que, se decidió realizar un estudio de caso en Centros de Investigación españoles de base científico tecnológica.

Diseño del estudio de caso

Se realizó una búsqueda de Centros de Investigación españoles, a través de bases de datos de ciencia y tecnología y portales web del Ministerio de Ciencia e Innovación,

Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Se encontraron alrededor de 130 centros públicos de investigación, cuyas investigaciones corresponden a temas de las áreas de conocimiento I (Ciencias físico – matemáticas y ciencias de la tierra), II (biología y química), VI (ciencias agropecuarias y biotecnología) y VII (ingeniería y tecnología) de CONACyT.

Los principales Centros de Investigación españoles son: El Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CBMSO), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Estación Experimental de Zonas Áridas (EEZA), el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), el Instituto de Carboquímica (ICB), el Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales (INTA), el Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas, el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), entre otros. Por lo que, se seleccionaron los quince centros de investigación más importantes con base en su importancia y posicionamiento en el Ranking de Centros de Investigación del mundo (Laboratorio de Cibermetría, CSIC, 2019). Con los cuales se entró en contacto mediante un mail, solicitando su participación en una investigación, específicamente un estudio de caso exploratorio, instrumental e inductivo sobre la prospectiva tecnológica en centros de investigación.

Una vez que se tenía el consentimiento de la organización se mandó una entrevista similar a la utilizada en el estudio exploratorio de nueve aspectos: información del centro y del investigador (1), tipo de investigación (2), plazo de las investigaciones (3), métodos para determinar y/o actualizar las líneas de investigación (4), metodología de prospectiva usada (5), técnicas de prospectiva utilizadas (6), sugerencia de metodología de prospectiva (7), mecanismo de implementación de metodología de prospectiva (8).

Resultados del estudio de caso

Los Centros de Investigación que participaron en este estudio de caso fueron el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Instituto de Física de Cantabria (IFCA), Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Centro de Investigación

Cooperativa en Biomateriales, IMDEA Nanociencia, Centro Nacional de Biotecnología y CIC biomaGUNE. Los resultados obtenidos de manera general se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Capacidades dinámicas de centros de investigación españoles

| Capacidades de detección (<i>sensing</i>) | | | | | |
|---|---|----|----------|--|-----|
| Pregunta | | % | Pregunta | | % |
| Q7 | Revisión de publicaciones científica | 64 | Q12 | Benchmarking | 7 |
| Q8 | Estudios de pertinencia | - | Q13 | Bibliometría | 50 |
| Q9 | Estudios de mercado | 14 | Q14 | Experiencia de investigadores | 50 |
| Q10 | Análisis FODA | 14 | Q15 | Participación en eventos científico-académicos | 57 |
| Q11 | Análisis del entorno | 29 | Q16 | Colaboración en redes nacionales/internacionales | 100 |
| Capacidades de reconfiguración (<i>reconfiguration</i>) | | | | | |
| Q20 | Proyectos con la industria | 64 | Q26 | Delphi | - |
| Q21 | Proyectos vinculados con servicios públicos | 50 | Q27 | Encuestas | 21 |
| Q22 | Proyectos por convocatorias de instancias gubernamentales | 93 | Q28 | Extrapolación de tendencias | 14 |
| Q23 | Árboles de relevancia | 7 | Q29 | Análisis de impacto cruzado | 35 |
| Q24 | Paneles de expertos | 64 | Q30 | Análisis de series de tiempo | 14 |
| Q25 | Lluvia de ideas | 14 | Q31 | Elaboración de escenarios | 14 |

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que todas las organizaciones coincidieron en la importancia de los paneles de expertos internacionales, mientras que más de la mitad señaló la necesidad de desarrollar comités internos y externos a la organización para el desarrollo de líneas de investigación y la generación de política científica que respalde las investigaciones. Asimismo, mencionaron la deseabilidad de establecer oficinas de vigilancia tecnológica nacionales y/o regionales que permitan generar conocimiento sobre las necesidades del entorno y la vinculación entre los stakeholders.

Finalmente, mencionaron la importancia de la prospectiva tecnológica para el desarrollo de investigación en los centros de investigación; misma que debe ser respaldada mediante estudios y comisiones de seguimiento bajo la dirección de gestores tecnológicos y no solamente tecnólogos y/o investigadores.

6.5 FASE 1: Diseño de herramienta metodológica para estudio correlacional de las capacidades dinámicas y la productividad en los CPI

La productividad científica, como indicador de la actividad científica, permite determinar el crecimiento de la ciencia; y es a través de ésta que las instituciones y/o centros que realizan investigación contribuyen a la generación del conocimiento científico.

Por lo que, se decidió determinar la relación de esta variable con las capacidades dinámicas de detección, aprovechamiento y reconfiguración de Teece (2007), mediante un estudio correlacional.

La utilidad de este tipo de estudios es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas. En el caso de que dos variables estén correlacionadas, ello significa que una varía cuando la otra también lo hace, de forma positiva o negativa. Si es positiva quiere decir que sujetos con altos valores en una variable tienden a mostrar altos valores en la otra variable. Si es negativa, significa que sujetos con altos valores en una variable tenderán a mostrar bajos valores en la otra variable.

De acuerdo a los criterios del Convenio de Administración por Resultados (CONACyT, 2015) y del PNPC mediante el Instrumento para el seguimiento de los programas beneficiados con dicha distinción (CONACyT, 2019), se desarrolló un marco que relaciona los criterios vinculados con la producción científica de los CPI, con la finalidad de agrupar y catalogar los principales indicadores en ocho variables: recursos humanos, investigación, infraestructura, publicaciones científicas y académicas, programas de posgrado, propiedad intelectual, trabajo colaborativo y proyectos vinculados.

Tabla 22. Marco de criterios de producción científica de los CPI

| Criterios CAR CONACyT | Criterios PNPC CONACyT | Variables | Indicadores |
|--|--|--|---|
| Cualidades educativas de la academia | Núcleo Académico | Recursos humanos | Personal de investigación |
| | | Trabajo colaborativo | Redes de investigación Redes temáticas |
| | Líneas de generación y/o aplicación del conocimiento | Investigación | Líneas de investigación |
| | | Infraestructura | Laboratorios |
| Calidad de los posgrados | Efectividad del posgrado | Programas de posgrado | Programas de posgrado en PNPC |
| Generación de recursos humanos especializados | | | Alumnos graduados |
| Generación de conocimiento de calidad | Productividad académica del programa | Publicaciones científicas y académicas | Publicaciones en revistas científicas con factor de impacto Capítulos de libro Libros |
| Propiedad industrial | | | Patentes Modelos de utilidad Marcas |
| Transferencia de conocimiento | | Propiedad intelectual | Transferencias tecnológicas |
| Proyectos externos | Acciones de colaboración con sectores de la sociedad | Proyectos vinculados | Proyectos con la industria Proyectos con servicios públicos Proyectos por convocatorias gubernamentales |
| Índice de sostenibilidad económica para la investigación | | | |

Fuente: Elaboración propia

El marco de producción científica de los CPI fue validado por siete investigadores adscritos a centros públicos de investigación, por lo que fue desarrollado el cuestionario para la obtención de datos sobre la producción científica de los CPI (Tabla 23).

Tabla 23. Preguntas correspondientes al cuestionario de fase 1, estudio correlacional.

| | Variables | Pregunta (S) |
|--|--|---|
| Base disponible | Recursos humanos | S1. Nombre del Centro de Investigación S2. Localidad donde se encuentra el CPI S3. Total de investigadores adscritos al CPI S4. Total de investigadores miembros del Sistema Nacional de Investigadores, por nivel (Candidato, I, II, III, Emérito) adscritos al CPI S5. Total de técnicos de apoyo a la investigación |
| | Investigación | S6. Total de líneas de investigación que se desarrollan en el CPI |
| | Infraestructura | S7. Total de laboratorios del CPI |
| Productividad científico-académica | Publicaciones científicas y académicas | S8. Total de artículos publicados en revistas científicas con factor de impacto S9. Total de capítulos de libro publicados S10. Total de libros publicados |
| | Programas de posgrado | S11. Total de alumnos graduados de nivel posgrado de los programas de posgrado (PNPC) del CPI S12. Total de programas de posgrado que se imparten en el CPI con registro en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad. |
| Integración y transferencia del conocimiento | Propiedad intelectual | S13. Total de solicitudes de patente (nacionales / internacionales) S14. Total de patentes otorgadas (nacionales / internacionales) S15. Total de solicitudes de modelos de utilidad S16. Total de modelos de utilidad otorgados S.17 Total de marcas registradas S18. Total de transferencias tecnológicas en proceso S19. Total de transferencias tecnológicas concluidas |
| | Trabajo colaborativo | S20. Total de grupos de investigación, con vínculos nacionales S21. Total de grupos de investigación, con vínculos internacionales S22. Total de redes temáticas nacionales en las que participan los investigadores del CPI. S23. Total de redes temáticas internacionales en las que participan los investigadores del CPI |
| | Proyectos vinculados | S24. Total de proyectos realizados, vinculados con la industria S25. Total de proyectos realizados, vinculados con servicios públicos S26. Total de proyectos realizados, por convocatoria instancias federales o estatales (ejem. CONACyT, SENER, etc |
| | Prospectiva tecnológica | S27. Total de estudios de prospectiva realizados por el CPI |

Fuente: Elaboración propia

El instrumento fue conformado por un total de 27 preguntas cerradas, incluidas en la Tabla 23, las cuales tienen la finalidad de obtener información cuantitativa, correspondiente

a la productividad (académica-científica, integración/transferencia del conocimiento) derivada de las actividades de investigación de los CPI del periodo comprendido entre los años 2014 y 2019.

El contenido del instrumento también fue validado por siete investigadores adscritos a diferentes centros de investigación e instituciones académicas nacionales que realizan actividades de investigación.

El cuestionario fue aplicado a los CPI que respondieron al estudio exploratorio, de esta primera fase de la investigación. La información fue requerida a los CPI a través de la plataforma del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI).

Resultados obtenidos del estudio correlacional

Con el objeto de conocer si las capacidades dinámicas, previamente determinadas, tienen la misma influencia sobre la productividad de los CPI, se realizó nuevamente un análisis estadístico mediante la prueba de ANOVA de un factor y el coeficiente de correlación Pearson, utilizando el tamaño de la muestra de grupo de 49 (N) y un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Los datos recolectados fueron analizados con la finalidad de comparar y determinar el efecto de las capacidades dinámicas sobre la productividad (científico-académica y la integración/transferencia del conocimiento) de los CPI.

El análisis se realizó con los grupos de las capacidades dinámicas que presentaron fuerte influencia en las actividades de los CPI (estudio exploratorio) y las variables propuestas del cuestionario sobre producción científica.

La Tabla 24 muestra el análisis descriptivo para la productividad en los CPIs encontrando una fuerte correlación cuando $1 < r \geq 0.50$ y $p \leq 0.05$, correlación moderada cuando $0.50 < r \geq 0.30$ y $p \leq 0.05$, correlación débil cuando $0.30 < r \geq 0.10$ y $p > 0.05$ y nula cuando $.10 < r \geq 0.00$.

Los resultados indicaron una correlación fuerte de las capacidades de detección (*sensing*) con la productividad global. Particularmente, el número de técnicos (Q2) que apoyan el trabajo de investigación con el número de laboratorios (S7) ($p = 0.001$, $r = 0.50$) y el número total de artículos científicos publicados (S8) ($p = 0.001$, $r = 0.50$), mientras que una influencia moderada se observó con la productividad de los capítulos de libros (S9) y nula en el resto de variables analizadas.

El número total de líneas de investigación (Q3) está fuertemente correlacionado con el número de laboratorios (S7) ($p = 0.001$, $r = 0.73$), y moderadamente con el número total de artículos científicos (S8) ($p = 0.001$, $r = 0.47$) y el total de programas académicos clasificados como posgrados de calidad (S12) ($p = 0.05$, $r = 0.40$).

Tabla 24. Resultados de prueba ANOVA y correlación Pearson realizados para evaluar las capacidades que impactan la productividad de los CPI

| | SENSING | | | | | SEIZING | | RECONFIGURATION | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| | Q2 | Q3 | Q8 | Q12 | Q13 | Q16 | Q19 | Q23 | Q27 | Q29 |
| S7 | M: 21.12 | M: 21.12 | M: 21.12 |
| | F: 15.94 | F: 53.61 | F: 0.31 | F: 0.04 | F: 0.02 | F: 1.84 | F: 0.57 | F: 0.16 | F: 0.01 | F: 0.61 |
| | p: 0.001 | p: 0.001 | p: 0.582 | p: 0.835 | p: 0.905 | p: 0.181 | p: 0.456 | p: 0.688 | p: 0.923 | p: 0.441 |
| | r: 0.50 | r: 0.73 | r: -0.88 | r: 0.03 | r: 0.02 | r: 0.19 | r: 0.20 | r: 0.06 | r: 0.01 | r: 0.11 |
| S8 | M: 431.22 | M: 431.22 | M: 431.22 |
| | F: 15.86 | F: 13.46 | F: 2.28 | F: 1.78 | F: 2.36 | F: 3.36 | F: 1.29 | F: 0.99 | F: 1.19 | F: 5.90 |
| | p: 0.001 | p: 0.001 | p: 0.137 | p: 0.188 | p: 0.131 | p: 0.073 | p: 0.261 | p: 0.325 | p: 0.280 | p: 0.019 |
| | r: 0.50 | r: 0.47 | r: 0.22 | r: 0.19 | r: 0.22 | r: 0.26 | r: 0.16 | r: 0.14 | r: 0.16 | r: 0.33 |
| S9 | M: 36.61 | M: 36.61 | M: 36.61 |
| | F: 7.75 | F: 8.18 | F: 0.70 | F: 1.07 | F: 0.01 | F: 2.61 | F: 1.94 | F: 0.79 | F: 0.24 | F: 1.51 |
| | p: 0.008 | p: 0.006 | p: 0.406 | p: 0.307 | p: 0.915 | p: 0.113 | p: 0.170 | p: 0.378 | p: 0.622 | p: 0.225 |
| | r: 0.38 | r: 0.39 | r: 0.12 | r: 0.15 | r: 0.01 | r: 0.22 | r: 0.20 | r: 0.13 | r: 0.07 | r: 0.18 |
| S10 | M: 6.89 | M: 6.89 | M: 6.89 |
| | F: 0.46 | F: 3.89 | F: 0.01 | F: 2.36 | F: 0.32 | F: 2.81 | F: 2.10 | F: 1.00 | F: 0.77 | F: 11.37 |
| | p: 0.502 | p: 0.065 | p: 0.931 | p: 0.131 | p: 0.577 | p: 0.100 | p: 0.158 | p: 0.322 | p: 0.384 | p: 0.002 |
| | r: 0.10 | r: 0.28 | r: 0.01 | r: 0.22 | r: 0.08 | r: 0.24 | r: 0.21 | r: 0.15 | r: 0.13 | r: 0.44 |
| S11 | M: 130.41 | M: 130.41 | M: 130.41 |
| | F: 2.45 | F: 2.11 | F: 1.16 | F: 0.24 | F: 2.10 | F: 1.41 | F: 0.05 | F: 2.03 | F: 3.11 | F: 4.39 |
| | p: 0.124 | p: 0.153 | p: 0.287 | p: 0.625 | p: 0.154 | p: 0.241 | p: 0.828 | p: 0.161 | p: 0.084 | p: 0.042 |
| | r: 0.22 | r: 0.20 | r: 0.16 | r: 0.07 | r: 0.21 | r: 0.17 | r: 0.03 | r: 0.20 | r: 0.25 | r: 0.30 |
| S12 | M: 21.12 | M: 21.12 | M: 21.12 |
| | F: 3.43 | F: 8.78 | F: 0.72 | F: 5.80 | F: 12.40 | F: 1.52 | F: 0.95 | F: 10.19 | F: 1.83 | F: 6.49 |
| | p: 0.070 | p: 0.005 | p: 0.399 | p: 0.020 | p: 0.001 | p: 0.224 | p: 0.335 | p: 0.003 | p: 0.182 | p: 0.014 |
| | r: 0.26 | r: 0.40 | r: 0.12 | r: 0.33 | r: 0.46 | r: 0.18 | r: 0.14 | r: 0.42 | r: 0.19 | r: 0.35 |

Nota: M es la media de los datos (N = 49); F es la prueba exacta de Fisher, valores más altos indicaron la existencia de una fuerte influencia entre las variables analizadas; p es significación estadística ≤ 0.05 ; r es el coeficiente de correlación de Pearson.

Existe una influencia moderada entre las líneas de investigación (Q3) con el número de capítulos de libros publicados (S9) ($p= 0.006$, $r= 0.39$).

De igual forma, entre el total de programas académicos clasificados como posgrados de calidad (S12) con la realización de benchmarking (Q12) ($p= 0.020$, $r= 0.33$) y la aplicación de métodos bibliométricos (Q13) ($p= 0.001$, $r= 0.46$) para el desarrollo de nuevas investigaciones.

Las capacidades de reconfiguración que influyen en la productividad global es el uso de estudios de árboles de relevancia (Q23) para fortalecer y orientar las líneas de investigación hacia el futuro, lo que a su vez influye en el total de programas de posgrados de calidad (S12) ($p= 0.003$, $r= 0.42$).

En el caso de la aplicación del análisis de impacto cruzado (Q29), se observó una interacción moderada con el número total de libros publicados (S10) ($p= 0.002$, $r= 0.44$), con el número total de artículos publicados (S8) ($p= 0.019$, $r= 0.33$), número de estudiantes de posgrado (S11) ($p= 0.042$, $r= 0.30$) y programas académicos de calidad (S12) ($p= 0.014$, $r= 0.35$).

Por otro lado, la Tabla 25, muestra el efecto de las capacidades dinámicas identificadas sobre la integración / transferencia de conocimiento de los CPI. Según el análisis descriptivo, las capacidades de detección (*sensing*) que inciden directamente en la integración/transferencia del conocimiento son el número de técnicos de apoyo a la investigación (Q2).

Este indicador presenta una correlación moderada con el número total de transferencias tecnológicas concluidas (S19) ($p= 0.005$, $r= 0.40$), con el número de proyectos relacionados con la industria (S24) ($p= 0.001$, $r= 0.48$), los proyectos realizados por convocatorias de instituciones federales o estatales (S26) ($p= 0.004$, $r= 0.41$), la cantidad de solicitudes de patentes nacionales o internacionales (S13) ($p= 0.008$, $r= 0.38$) y los grupos de investigación en cada institución ($p= 0.021$, $r= 0.33$) (S20).

Tabla 25. Resultados de prueba de ANOVA y correlación Pearson realizados para evaluar los factores que impactan en la integración/ transferencia del conocimiento de los CPI

| | SENSING | | | | SEIZING | | | RECONFIGURATION | | |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Q2 | Q3 | Q8 | Q12 | Q13 | Q16 | Q19 | Q23 | Q27 | Q29 |
| S13 | M: 15.51 |
| | F: 7.77 | F: 1.16 | F: 0.09 | F: 1.23 | F: 0.03 | F: 1.92 | F: 0.54 | F: 3.10 | F: 0.29 | F: 3.3 |
| | p: 0.008 | p: 0.287 | p: 0.761 | p: 0.272 | p: 0.958 | p: 0.171 | p: 0.466 | p: 0.088 | p: 0.590 | p: 0.076 |
| S14 | r: 0.38 | r: 0.16 | r: 0.04 | r: 0.16 | r: 0.01 | r: 0.20 | r: 0.11 | r: 0.06 | r: 0.01 | r: 0.06 |
| | M: 6.49 |
| | F: 3.67 | F: 0.30 | F: 0.20 | F: 3.8 | F: 0.07 | F: 1.41 | F: 1.11 | F: 4.29 | F: 1.26 | F: 9.46 |
| S15 | p: 0.062 | p: 0.586 | p: 0.656 | p: 0.057 | p: 0.793 | p: 0.241 | p: 0.298 | p: 0.044 | p: 0.267 | p: 0.004 |
| | r: 0.27 | r: 0.080 | r: 0.06 | r: 0.27 | r: 0.03 | r: 0.17 | r: 0.15 | r: 0.30 | r: 0.16 | r: 0.41 |
| | M: 0.36 |
| S16 | F: 1.85 | F: 0.10 | F: 0.36 | F: 0.01 | F: 1.00 | F: 1.47 | F: 0.12 | F: 0.06 | F: 0.02 | F: 0.04 |
| | p: 0.180 | p: 0.749 | p: 0.552 | p: 0.969 | p: 0.322 | p: 0.232 | p: 0.727 | p: 0.810 | p: 0.906 | p: 0.839 |
| | r: 0.19 | r: 0.05 | r: 0.09 | r: 0.01 | r: 0.15 | r: 0.17 | r: 0.05 | r: 0.04 | r: 0.02 | r: 0.030 |
| S17 | M: 0.41 |
| | F: 0.83 | F: 0.61 | F: 0.41 | F: 2.79 | F: 1.42 | F: 0.03 | F: 0.33 | F: 11.37 | F: 0.04 | F: 0.28 |
| | p: 0.368 | p: 0.439 | p: 0.525 | p: 0.107 | p: 0.239 | p: 0.864 | p: 0.571 | p: 0.020 | p: 0.837 | p: 0.601 |
| S18 | r: 0.13 | r: 0.11 | r: 0.09 | r: 0.23 | r: 0.17 | r: 0.03 | r: 0.08 | r: 0.44 | r: 0.03 | r: 0.08 |
| | M: 2.18 |
| | F: 2.59 | F: 3.18 | F: 1.02 | F: 0.06 | F: 1.05 | F: 0.059 | F: 0.01 | F: 0.40 | F: 0.08 | F: 0.02 |
| S19 | α : 0.114 | α : 0.081 | α : 0.319 | α : 0.805 | α : 0.310 | α : 0.446 | α : 0.982 | α : 0.534 | α : 0.778 | α : 0.902 |
| | r: 0.23 | r: 0.25 | r: 0.15 | r: 0.04 | r: 0.15 | r: 0.11 | r: 0.01 | r: 0.09 | r: 0.04 | r: 0.02 |
| | M: 0.39 |
| S20 | F: 2.99 | F: 19.39 | F: 0.11 | F: 1.65 | F: 0.38 | F: 0.27 | F: 2.47 | F: 0.47 | F: 1.23 | F: 1.02 |
| | p: 0.090 | p: 0.001 | p: 0.745 | p: 0.204 | p: 0.845 | p: 0.871 | p: 0.122 | p: 0.496 | p: 0.273 | p: 0.317 |
| | r: 0.25 | r: 0.54 | r: 0.05 | r: 0.18 | r: 0.03 | r: 0.02 | r: 0.22 | r: 0.10 | r: 0.16 | r: 0.15 |
| S21 | M: 0.69 |
| | F: 8.86 | F: 6.33 | F: 2.18 | F: 0.85 | F: 0.37 | F: 1.63 | F: 0.32 | F: 0.12 | F: 1.50 | F: 0.86 |
| | p: 0.005 | p: 0.015 | p: 0.146 | p: 0.363 | p: 0.549 | p: 0.208 | p: 0.579 | p: 0.729 | p: 0.226 | p: 0.357 |
| S22 | r: 0.40 | r: 0.35 | r: 0.21 | r: 0.13 | r: 0.09 | r: 0.18 | r: 0.08 | r: 0.05 | r: 0.17 | r: 0.13 |
| | M: 10.94 |
| | F: 5.66 | F: 4.16 | F: 0.13 | F: 0.12 | F: 1.00 | F: 4.33 | F: 0.01 | F: 1.72 | F: 0.07 | F: 0.01 |
| S23 | p: 0.021 | p: 0.047 | p: 0.719 | p: 0.726 | p: 0.322 | p: 0.043 | p: 0.957 | p: 0.197 | p: 0.797 | p: 0.952 |
| | r: 0.33 | r: 0.29 | r: 0.05 | r: 0.05 | r: 0.14 | r: 0.29 | r: 0.081 | r: 0.19 | r: 0.04 | r: 0.01 |
| | M: 8.88 |
| S24 | F: 1.08 | F: 0.97 | F: 0.01 | F: 0.46 | F: 0.02 | F: 2.32 | F: 0.16 | F: 0.26 | F: 0.36 | F: 0.34 |
| | p: 0.304 | p: 0.330 | p: 0.912 | p: 0.502 | p: 0.901 | p: 0.134 | p: 0.689 | p: 0.615 | p: 0.725 | p: 0.682 |
| | r: 0.15 | r: 0.14 | r: 0.01 | r: 0.10 | r: 0.02 | r: 0.22 | r: 0.06 | r: 0.07 | r: 0.07 | r: 0.13 |
| S25 | M: 5.49 |
| | F: 0.90 | F: 3.30 | F: 0.02 | F: 0.14 | F: 0.01 | F: 2.74 | F: 0.08 | F: 0.41 | F: 0.24 | F: 0.34 |
| | p: 0.347 | p: 0.076 | p: 0.883 | p: 0.707 | p: 0.960 | p: 0.104 | p: 0.773 | p: 0.527 | p: 0.628 | p: 0.563 |
| S26 | r: 0.14 | r: 0.26 | r: 0.02 | r: 0.05 | r: 0.01 | r: 0.24 | r: 0.04 | r: 0.09 | r: 0.07 | r: 0.09 |
| | M: 2.08 |
| | F: 1.54 | F: 2.88 | F: 0.090 | F: 0.01 | F: 0.16 | F: 2.23 | F: 0.08 | F: 0.04 | F: 0.50 | F: 0.277 |
| S27 | p: 0.221 | p: 0.096 | p: 0.765 | p: 0.932 | p: 0.694 | p: 0.142 | p: 0.776 | p: 0.837 | p: 0.482 | p: 0.601 |
| | r: 0.18 | r: 0.24 | r: 0.04 | r: 0.01 | r: 0.06 | r: 0.21 | r: 0.04 | r: 0.03 | r: 0.10 | r: 0.08 |
| | M: 50.75 |
| S28 | F: 14.08 | F: 4.93 | F: 1.73 | F: 1.87 | F: 0.21 | F: 0.635 | F: 0.68 | F: 0.54 | F: 2.02 | F: 0.32 |
| | p: 0.001 | p: 0.031 | p: 0.195 | p: 0.178 | p: 0.652 | p: 0.430 | p: 0.413 | p: 0.467 | p: 0.162 | p: 0.574 |
| | r: 0.48 | r: 0.31 | r: 0.18 | r: 0.19 | r: 0.07 | r: 0.11 | r: 0.12 | r: 0.11 | r: 0.20 | r: 0.08 |
| S29 | M: 17.26 |
| | F: 3.30 | F: 0.79 | F: 2.18 | F: 1.04 | F: 3.69 | F: 1.84 | F: 0.30 | F: 2.70 | F: 0.41 | F: 4.66 |
| | p: 0.076 | p: 0.378 | p: 0.147 | p: 0.313 | p: 0.061 | p: 0.182 | p: 0.875 | p: 0.107 | p: 0.527 | p: 0.036 |
| S30 | r: 0.26 | r: 0.13 | r: 0.21 | r: 0.15 | r: 0.27 | r: 0.19 | r: 0.02 | r: 0.23 | r: 0.09 | r: 0.31 |
| | M: 67.18 |
| | F: 9.26 | F: 7.22 | F: 0.27 | F: 0.52 | F: 0.022 | F: 2.24 | F: 0.17 | F: 2.83 | F: 0.093 | F: 1.45 |
| S31 | p: 0.004 | p: 0.010 | p: 0.603 | p: 0.476 | p: 0.883 | p: 0.141 | p: 0.684 | p: 0.099 | p: 0.762 | p: 0.235 |
| | r: 0.41 | r: 0.37 | r: 0.06 | r: 0.01 | r: 0.01 | r: 0.05 | r: 0.01 | r: 0.06 | r: 0.01 | r: 0.03 |
| | M: 0.63 |
| S32 | F: 0.01 | F: 0.22 | F: 5.42 | F: 5.23 | F: 0.01 | F: 0.66 | F: 1.09 | F: 0.39 | F: 4.36 | F: 0.273 |
| | p: 0.995 | p: 0.638 | p: 0.024 | p: 0.016 | p: 0.913 | p: 0.421 | p: 0.200 | p: 0.535 | p: 0.042 | p: 0.604 |
| | r: 0.01 | r: 0.07 | r: 0.32 | r: 0.34 | r: 0.02 | r: 0.12 | r: 0.16 | r: 0.09 | r: 0.30 | r: 0.08 |

Nota: M es la media de los datos (N = 49); F es la prueba exacta de Fisher, valores más altos indicaron la existencia de una fuerte influencia entre las variables analizadas; p es significación estadística ≤ 0.05 ; r es el coeficiente de correlación de Pearson.

En el caso de la cantidad de líneas de investigación (Q3) estas CD presentan una correlación directa con la transferencia tecnológica que se encuentran en proceso (S18) ($p=0.001$, $r=0.54$) y existe una correlación moderada con las transferencias tecnológicas concluidas (S19) ($p=0.015$, $r=0.35$), el número de proyectos relacionados con la industria (S24) ($p=0.031$, $r=0.31$) y la realización de proyectos por convocatoria (S26) ($p=0.010$, $r=0.37$).

En cuanto a los estudios de pertinencia (Q8) ($p=0.024$, $r=0.32$) y el benchmarking (Q12) ($p=0.016$, $r=0.34$) para nuevas investigaciones o desarrollos también tienen un impacto moderado en la aplicación de la prospectiva tecnológica (S27). Al respecto de la cantidad de los grupos de investigación con vínculos nacionales (S20), existe una correlación débil ($p=0.047$, $r=0.29$).

Por otro lado, las capacidades de reconfiguración que influyen en la integración/transferencia del conocimiento de los CPI son los estudios de árboles de relevancia (Q23), los cuales también están moderadamente relacionados con el total de modelos de utilidad otorgados (S16) ($p=0.020$, $r=0.44$), la cantidad de patentes nacionales o internacionales otorgadas (S14) ($p=0.044$, $r=0.30$).

La aplicación de encuestas (Q27) para fortalecer las líneas de investigación influyó en la aplicación de la prospectiva tecnológica (S27) ($p=0.042$, $r=0.30$). Finalmente, el análisis de impacto cruzado (Q29) para fortalecer las líneas de investigación presenta una correlación moderada con el monto total de patentes otorgadas (S14) (nacionales o internacionales) ($p=0.004$, $r=0.41$) y los proyectos realizados con los servicios públicos (S25).

Como se ha podido observar, la productividad científico-académica y la integración/transferencia de conocimiento de los CPI en México están influenciadas por las siguientes capacidades dinámicas: número de técnicos que apoyan los trabajos de investigación, número de líneas de investigación, realización de estudios de benchmarking y estudios bibliométricos para actualizar líneas de investigación, las redes de colaboraciones nacionales e internacionales, la aplicación de estudios de árboles de

relevancia, las encuestas y estudios de impacto cruzado para fortalecer y orientar los proyectos de investigación.

La mayoría de estos aspectos influyen en la publicación de trabajos, publicación de capítulos y libros de libros, egresados, reconocimiento de las instituciones, modelos de utilidad y patentes (solicitudes u otorgadas), transferencias tecnológicas, conformación de grupos de investigación, proyectos relacionados con la industria o con los servicios públicos, proyectos por convocatoria y la aplicación de la prospectiva tecnológica; lo cual confirma que la productividad global, así como la integración/transferencia de conocimiento, son desafíos en las instituciones académicas y el camino para mejorar y / o asimilar depende de los impactos sociales incluyendo transformaciones tanto dentro de los proyectos de investigación y los requisitos sociales (Verge y Durand, 2011).

Por otro lado, considerando que no todo el conocimiento puede ser creado por las propias organizaciones; los CPI requieren de la adquisición, asimilación y difusión de conocimientos para apoyar proyectos de investigación y brindar oportunidades que permitan la exploración o explotación de nueva información a partir de una gestión estratégica sustentable.

Los resultados indicaron que la identificación de las capacidades dinámicas puede ayudar al éxito y al reconocimiento de los CPI, debido a que la productividad global y la integración/transferencia de conocimiento de los CPI en México depende en gran medida de las capacidades de detección seguida de la reconfiguración y, en menor medida, de las capacidades de aprovechamiento.

Esto confirma que de manera similar a otros estudios, los indicadores promueven actividades específicas como la absorción de conocimiento de recursos externos, la flexibilidad durante la creación de conocimiento, y su implementación para desarrollar habilidades y capacidades que permitan adaptar a los CPI al entorno en constante cambio.

De igual forma, la cooperación científica de diferentes disciplinas es fundamental para brindar un camino que facilite el proceso de toma de decisiones de los CPI (Easterby y col., 2009; Zheng y col., 2010; Kostopoulus y col., 2011).

Los CPI deben estar preparados para absorber conocimientos y habilidades a través de la incorporación de nuevos temas y la actualización de programas de investigación, así como tecnología, ajustes estructurales y procesos operativos. En este contexto, los CPI deben garantizar los vínculos y colaboraciones con otras instituciones académicas, así como con organizaciones de la industria y del gobierno, ya que la integración del conocimiento y su transferencia requieren actores tanto académicos como no académicos (Scheider y col., 2019; Jacobi y col., 2020).

Es importante destacar, que las respuestas de los encuestados señalaron que, particularmente en México, las actividades de I + D de los CPI están lejos de la verdadera innovación y que algunos procedimientos son incongruentes con la dinámica de los cambios sociales. Por lo que, es fundamental que el análisis para la identificación de las capacidades de detección, de aprovechamiento y reconfiguración sea una práctica en los CPI para promover la adaptación al cambio social y tecnológico, la integración del conocimiento, la transferencia tecnológica y la innovación.

Estos resultados también mostraron que en México, se requiere una reconfiguración para adoptar el enfoque de capacidades dinámicas para las organizaciones de investigación, evitando estructuras rígidas, que a su vez influyen negativamente en su productividad global.

En particular, los resultados del estudio correlacional, de esta fase uno de la investigación, mostraron que las principales capacidades que influyen en la productividad general así como en la integración/transferencia del conocimiento de los CPI, están relacionadas con el número de técnicos, las líneas de investigación, los estudios de benchmarking y bibliométricos, las redes de colaboración nacionales e internacionales, los estudios de árboles de relevancia, encuestas y análisis de impacto cruzado para fortalecer y orientar al futuro los proyectos de investigación.

Evidentemente, los CPI deben ser dinámicos en la adquisición de nuevos conocimientos, habilidades y capacidades para propiciar ajustes en el proceso operativo, así como un impacto positivo en la productividad científica con aplicación tecnológica. Como es el caso de las universidades, los CPI deben responder a los desafíos de la sociedad y

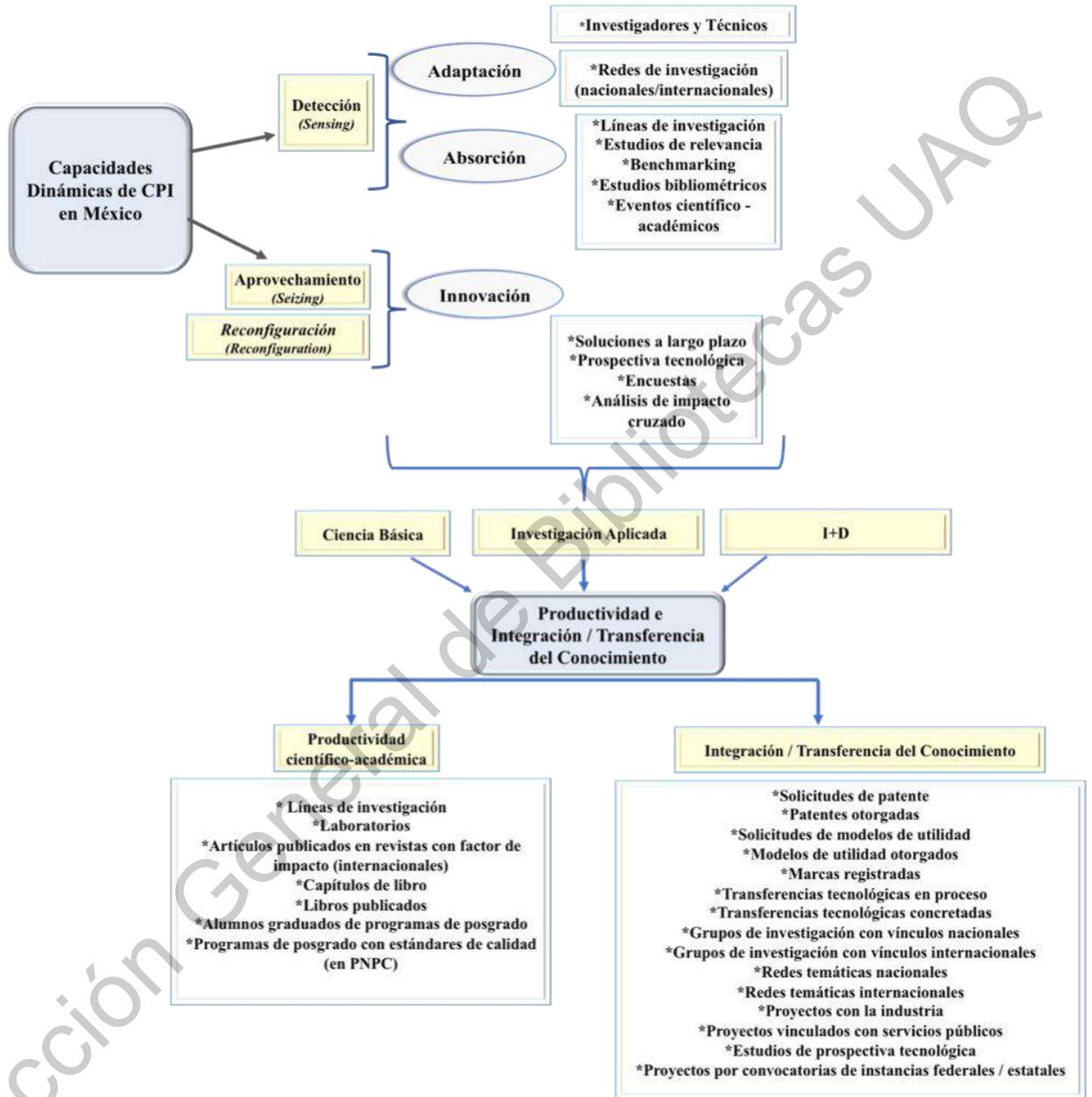
modificar sus proyectos de multidisciplinarios o interdisciplinarios a transdisciplinarios para asegurar la generación de nuevos conocimientos con aplicación no solo en el corto plazo sino también en un largo período de tiempo (Dlouha y Burandt, 2015).

Por lo anterior, y de acuerdo a los resultados, las actividades de la productividad científica y de integración/transferencia del conocimiento que se correlacionan con las capacidades de detección (sensing) tales como los laboratorios, la propiedad intelectual (patentes y modelos de utilidad), la transferencia tecnológica, los proyectos vinculados (industria, servicios públicos, por convocatoria) y la aplicación de estudios de prospectiva tecnológica, deben ser considerados como indicadores principales en los CPI.

6.6 FASE 1: Marco de capacidades dinámicas de los CPI mexicanos, resultado de la Fase 1 de la investigación

Sobre la base de los indicadores y el análisis estadístico de la primera fase, se construyó un marco de capacidades dinámicas de los CPI en México (Figura 10). El esquema también considera las actividades que deben ser tomadas en cuenta para incrementar la productividad y la transferencia del conocimiento. Cabe mencionar que en la elaboración del esquema no se consideró la evolución organizacional, ni los factores externos de cada región (tipo de industria).

Figura 10. Marco de capacidades dinámicas de los CPI en México



Fuente: Elaboración propia

El esquema realizado, es el resultado de los análisis estadísticos de las variables de capacidades dinámicas anteriores, el cual integra la interacción entre las actividades que realizan los CPI para la toma de decisiones estratégica y su clasificación acorde a las capacidades dinámicas. Las variables incluidas y su adecuado análisis son fundamentales para el empleo de las capacidades dinámicas, en este caso los métodos prospectivos que favorecen a la toma de decisiones estratégicas en los CPI en México.

Asimismo, el esquema incluye las actividades que requieren ser consideradas para evaluar la productividad científico-académica y la integración/transferencia del conocimiento. Las actividades implicadas para la mejora de la productividad global, desde la perspectiva de los CPI, se determinaron a partir de factores internos y externos, que incluyen interacciones con otros grupos de investigación, difusión de actividades de investigación, proyectos por convocatorias y de interacción con la industria. Estas actividades también incluyen la infraestructura de las instituciones, la capacidad de innovación, la política gubernamental y el proceso para definir las líneas de investigación.

FASE 2

6.7 FASE 2: Estudio descriptivo sobre las capacidades tecnológicas de los CPI mexicanos

La segunda etapa de la investigación tiene como objetivo analizar las capacidades tecnológicas de los CPI de base científico-tecnológica mexicanos, con el fin de determinar el nivel de desarrollo en que se encuentran.

Para esta etapa de la investigación, se diseñó un cuestionario el cual se elaboró a partir de un marco desarrollado con base en estudios previos aplicados para identificar las actividades tecnológicas a través de las cuales han sido construidas capacidades tecnológicas que son aptas para generar un cambio tecnológico (Álvarez-López, 2015) (Tabla 26). Así como, de las fases de adquisición de capacidades tecnológicas, establecidas por Ortega-Rangel (2005), donde cada una de ellas requiere mayor nivel de profundidad y complejidad del conocimiento, debido al dominio de tecnologías previas que van

permitiendo construir competencias de manera acumulativa (Bell y Pavitt, 1997) (Tabla 27).

Tabla 26. Matriz para el análisis de capacidades tecnológicas del sector eólico en México

| | Actividades primarias | | | | Actividades de soporte y vinculación | |
|--|--|--|--|--|---|--|
| | Inversión | | Producción | | | |
| | Toma de decisiones y control | Preparación y ejecución de proyectos | Procesos y organización de producción | Centrada en el producto | Desarrollo de vínculos | Modificación de equipo |
| Capacidades tecnológicas (para generar y administrar el cambio tecnológico) | | | | | | |
| Básicas | *Monitoreo activo y control de: estudios de factibilidad, selección de tecnología, y programación de actividades | *Estudios de factibilidad *Obtención de equipo estándar *Auxiliares en ingeniería básica | *Puesta en marcha y operación *Mejora de diseño y mantenimiento *Adaptaciones menores | *Reparación y adaptaciones técnicas a las condiciones físicas locales | *Investigación y absorción de información de proveedores, consumidores e instituc. locales. *Proyectos conjuntos con otras organizac. para capacitación y formación RH | * Adaptación simple de diseño y especificación ya existentes |
| Intermedias | *Búsqueda, evaluación y selección de tecnología *Negociación con proveedores *Administración del proyecto | * Ingeniería de detalle * Adquisición del equipo *Estudio de valoración ambiental *Administración y seguimiento del proyecto * Capacitación y reclutamiento (RH capacitados) | *Mejora de procesos y productos *Licenciamiento nueva tecnología *Introducción de cambios organizacionales | *Licenciam. nueva tecnología y/o ingeniería inversa *Diseño de nuevos componentes y equipos | *Vinculación tecnológica para aumento de eficiencia, calidad y abastecimiento local *Maquila de equipos en territorio nacional *Establecim. de grupos de trabajo entre socios institucionales | * Innovación incremental a partir de ingeniería inversa y diseño de equipo |
| Avanzadas | * Desarrollo de nuevos productos y componentes | *Procesos básicos de diseño e I+D | *Innovación de procesos y actividades de I+D relacionada *Innovación organizacional *Formación de RH | * Actividades de I+D relacionada | * Colaboración en desarrollo tecnológico * Procesos de vinculación (univ.-empresa-gobierno) | * I+D para diseños de nuevos productos y componentes |

Fuente: Alvarado-López (2015) a partir de Bell y Pavitt (1995) y Dutrénit y col., (2006).

Tabla 27: Fases de adquisición de capacidades tecnológicas

| Etapa de desarrollo | | Capacidades tecnológicas |
|---------------------|---|---|
| 1 | Identificación de oportunidades/problemas | <i>Capacidad de adquisición tecnológica</i> |
| 2 | Exploración, estudio y selección de soluciones tecnológicas | |
| 3 | Operación de la tecnología | <i>Capacidad de asimilación</i> |
| 4 | Adaptación de la tecnología a condiciones locales | <i>Capacidad de modificación (cambio menor)</i> |
| 5 | Modificación de la tecnología, en respuesta al entorno | |
| 6 | Modificación de procesos o producto (cambio sustancial de la tecnología original) | <i>Capacidad de innovación</i> |
| 7 | Investigación y desarrollo | |

Fuente: Elaboración propia con base en Ortega-Rangel (2005).

A partir de los anteriores, se identificaron las capacidades tecnológicas de los CPI relacionadas con el cambio tecnológico, lo cual permitió la construcción de una matriz de dichas CT en los CPI mexicanos (Tabla 28).

Tabla 28. Marco obtenido para la identificación y medición de las CT de CPI

| CT | Inversión | | Producción | | Soporte y vinculación / Innovación | |
|--|--|--|---|---|--|--|
| | | | Asimilación | Modificación / Innovación | | |
| Función Técnica | <i>Toma de decisiones y control</i> | <i>Preparación y ejecución de proyectos</i> | <i>Procesos y organización de producción</i> | <i>Desarrollo tecnológico</i> | <i>Centrada en el producto</i> | <i>Desarrollo de vínculos</i> |
| <i>Capacidades tecnológicas (para generar y administrar el cambio tecnológico)</i> | | | | | | |
| Básicas (B) | B.1 Proyectos de investigación tecnológica por encargo de instancia superior | B.2 Adquisición de tecnología estándar B.3 Técnicos para ingeniería básica | B.4 Aplicación de conocimiento previo B.5 Investigación en ciencia básica B.6 Validación tecnológica en laboratorio | B.7 Adaptación simple de diseños y especificaciones existentes | B.8 Mejora incremental de la calidad del producto | B.9 Servicios tecnológicos sin certificación B.10 Adquisición de licencias de tecnología B.11 Grupos de investigación al interior del CPI |
| CT | Inversión | | Producción | | Soporte y vinculación / Innovación | |
| | | | Asimilación | Modificación / Innovación | | |
| Función Técnica | <i>Toma de decisiones y control</i> | <i>Preparación y ejecución de proyectos</i> | <i>Procesos y organización de producción</i> | <i>Desarrollo tecnológico</i> | <i>Centrada en el producto</i> | <i>Desarrollo de vínculos</i> |
| <i>Capacidades tecnológicas (para generar y administrar el cambio tecnológico)</i> | | | | | | |
| Intermedias (I) | I.1 Gestión de proyectos de investigación tecnológica ante instancia superior por iniciativa propia | I.2 Adquisición de tecnología especializada I.3 Técnicos para ingeniería de detalle (capacitación o reclutamiento de personal capacitado) | I.4 Generación de nuevo conocimiento I.5 Investigación aplicada/ desarrollo tecnológico I.6 Validación tecnológica en ambiente similar al real | I.7 Desarrollo tecnológico / adaptaciones menores | I.8 Diseño incremental de nuevos productos. | I.9 Servicios tecnológico con certificación nacional I.10 Generación de propiedad intelectual I.11 Grupos de colaboración entre socios nacionales |

| | | | | | | |
|----------------------|---|---|--|--|--|--|
| Avanzadas (Z) | Z.1 Generación y gestión de proyectos propios | Z.2 Desarrollo de tecnología propia Z.3 Investigadores (especialización o reclutamiento) | Z.4 Difusión al exterior de nuevo conocimiento Z.5 Demostración tecnológica / prototipos completos Z.6 Validación tecnológica en entorno real | Z.7 Desarrollo tecnológico / I+D para diseños de nuevos productos y equipo - innovación incremental | Z.8 Desarrollo de productos nuevos – innovación radical por I+D relacionada | Z.9 Servicios tecnológicos con certificación internacional Z.10 Transferencia tecnológica / comercialización de la propiedad intelectual al exterior Z.11 Redes de colaboración internacional en desarrollo tecnológico |
|----------------------|---|---|--|--|--|--|

Fuente: Elaboración propia a partir de Alvarado-López (2015), Ortega-Rangel (2005) y Bell & Pavitt (1995)

El marco fue validado por ocho expertos, investigadores de centros públicos de investigación mexicanos. Cabe destacar que los resultados más importantes de esta propuesta, es la identificación de los niveles de profundidad de las capacidades que se desarrollan, propias de los CPI, tales como los procesos de gestión de proyectos, el uso del conocimiento científico-tecnológico, el personal de investigación, el desarrollo tecnológico y de producto, la validación tecnológica, los tipos de servicios tecnológicos, el uso de la propiedad intelectual/industrial y la vinculación científico-tecnológica.

Derivado de lo anterior, se desarrolló un cuestionario el cual incluye la caracterización de las actividades tecnológicas de acuerdo a su complejidad, es decir, por nivel de profundidad (Tabla 29).

Tabla 29. Cuestionario sobre las capacidades tecnológicas de los CPI mexicanos

| Capacidades de Adquisición | | | |
|-----------------------------------|--|--|---|
| Nivel de desarrollo | 1. Gestión de proyectos realizados al interior del centro | 2. Tecnología utilizada para el desarrollo de las investigaciones | 3. Recursos humanos dedicados a la investigación |
| Nivel Básico | B.1 ¿Los proyectos se realizan y administran por | B.2 ¿Se adquiere tecnología estándar, existente en el | B.3 ¿Se cuenta con auxiliares y/o técnicos para actividades de |

| | | | |
|---|---|---|--|
| (B) | encargo de la dependencia a la cual pertenece el centro? | Mercado? | ingeniería básica? |
| Nivel Intermedio (I) | I.1 ¿Los proyectos se gestionan (por iniciativa) ante la dependencia a la cual pertenece el centro? | 1.2 ¿Se evalúa, selecciona y adquiere tecnología especializada? | I.3 ¿Los auxiliares/técnicos reciben capacitación y/o se contrata personal capacitado para actividades de ingeniería a detalle? |
| Nivel Avanzado (Z) | Z.1 ¿Los proyectos se generan al interior, y su gestión depende únicamente del centro? | Z.2 ¿Se desarrolla y se utiliza tecnología propia? | Z.3 ¿Se fomenta la especialización del personal y/o se contratan nuevos investigadores? |
| Capacidades de Asimilación | | | |
| Nivel de desarrollo | 4. Conocimiento del personal dedicado a la investigación | 5. Tipo de investigación que se realiza en el CPI | 6. Validación de la tecnología desarrollada |
| Nivel Básico (B) | B.4 ¿El personal aplica el conocimiento previamente adquirido? | B.5 ¿Se realiza ciencia básica (TRL 0-2)? | B.6 ¿Se valida a nivel laboratorio y/o prototipo? |
| Nivel Intermedio (I) | I.4 ¿El personal genera nuevo conocimiento mediante investigación y análisis? | I.5 ¿Se realiza investigación aplicada y/o desarrollo tecnológico (TRL 3-5)? | I.6 ¿Se valida en ambiente con características similares al entorno real? |
| Nivel Avanzado (Z) | Z.4 ¿El personal difunde y aplica al exterior de la organización el nuevo conocimiento generado, dada su relevancia? | Z.5 ¿Se realizan demostraciones tecnológicas y/o prototipos completos (TRL 6-8)? | Z.6 ¿Se valida en un entorno real (con usuarios potenciales)? |
| Capacidades de Modificación / Innovación | | | |
| Nivel de desarrollo | 7. Desarrollos tecnológicos realizados en el CPI | 8. Desarrollo de productos realizados en el CPI | |
| Nivel Básico (B) | B.7 ¿Se realizan adaptaciones simples a diseños con especificaciones existentes? | B.8 ¿Se realizan mejoras incrementales o adaptaciones menores de productos existentes? | |
| Nivel Intermedio (I) | I.7 ¿Se realizan innovaciones a partir de ingeniería inversa y diseño de equipo? | I.8 ¿Se realizan innovaciones incrementales mediante procesos de diseño y transformación y/o ingeniería inversa? | |
| Nivel Avanzado (Z) | Z.7 ¿Se realiza I+D para diseño de nuevos productos y equipos? | Z.8 ¿Se realizan innovaciones radicales de nuevos productos mediante I+D? | |
| Capacidades de soporte y vinculación | | | |
| Nivel de desarrollo | 9. Servicios tecnológicos ofertados por el CPI | 10. Uso y manejo de propiedad intelectual/industrial | 11. Vinculación científico-tecnológica |
| Nivel Básico (B) | B.9 Se realizan servicios de consultoría/ análisis/ caracterización, sin | B.10 Se adquieren licencias de tecnología y/o productos existentes | B.11 Se ejecutan proyectos en conjunto con grupos de trabajo al interior del centro |

| | certificación | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| Nivel Intermedio (I) | I.9 Se realizan servicios de consultoría/ análisis/ caracterización, con certificación externa nacional | I.10 Se desarrolla tecnología propia y se genera propiedad intelectual/industrial | I.11 Se forman grupos de trabajo entre socios institucionales y/o nacionales |
| Nivel Avanzado (Z) | Z.9 Se realizan servicios de consultoría/ análisis/ caracterización, con certificación internacional | Z.10 Se transfiere y/o comercializa la propiedad intelectual/industrial al exterior del CPI | Z.11 Se formalizan redes de colaboración al exterior de la organización, a nivel internacional |

Fuente: Elaboración propia

El cuestionario se diseñó, conforme a la escala de Likert, utilizando para cada respuesta una escala de frecuencia de cinco puntos, donde: 1 = Nunca, 2 = Rara vez, 3 = Ocasionalmente, 4 = Frecuentemente, 5 = Muy frecuentemente. Lo anterior, para evaluar las principales capacidades tecnológicas de los CPI mexicanos, de base científico-tecnológica.

El cuestionario fue sometido para la validación de contenido a juicio de ocho expertos (personal científico y tecnológico de CPI y académicos universitarios); las sugerencias realizadas por los expertos fueron incluidas en la versión final del cuestionario, compuesto por 33 ítems. Posteriormente, este se aplicó a un primer grupo conformado por 25 investigadores de distintos CPI, obteniendo un índice de confiabilidad de 0.852 del coeficiente Alpha de Cronbach.

El cuestionario correspondiente a esta etapa de la investigación fue aplicado, inicialmente vía correo electrónico en el periodo agosto – octubre 2020, a investigadores adscritos a los CPI de la muestra utilizada en la fase uno de la investigación; sin embargo, no se obtuvieron respuestas de todos los CPI, por lo que se aplicó nuevamente a investigadores de los CPI faltantes a través de la plataforma *Survio*® durante el periodo noviembre 2020 - enero 2021, obteniendo respuestas de un total de 48 CPI. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software IBM-SPSS v. 21.

Con la finalidad de determinar si las capacidades tecnológicas de los CPI se encuentran en el mismo nivel de desarrollo, fueron evaluadas a través del método comparativo constante.

Para ello fue necesario establecer los siguientes criterios:

Una capacidad tecnológica se encuentra en:

a) **Nivel Avanzado**, cuando:

Criterio 1: el CPI desarrolla muy frecuentemente la capacidad tecnológica en este nivel.

b) **Nivel Intermedio**, cuando:

Criterio 2: la CT se desarrolla muy frecuentemente en este nivel, mientras que en el nivel avanzado tiene un nivel de frecuencia inferior.

Criterio 3: la CT se desarrolla frecuentemente, y la del siguiente nivel es la misma o inferior.

c) **Nivel Básico**, cuando

Criterio 4: la frecuencia de la CT en este nivel es la más alta.

Criterio 5: en los 3 niveles de la CT existan la frecuencias ocasionalmente o inferiores

En la Tabla 30, se ejemplifica la forma en que fue determinado el nivel de cada capacidad tecnológica de los CPI de acuerdo a los criterios anteriores.

Tabla 30. Criterios para determinar el nivel de desarrollo de las capacidades tecnológicas

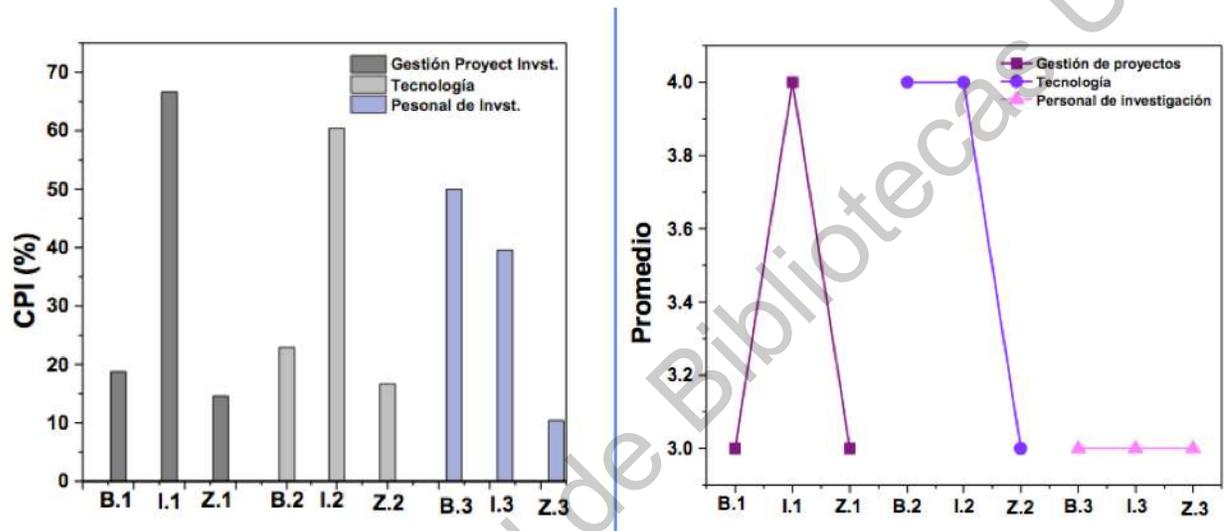
| Frecuencia de la Capacidad tecnológica por nivel | | | Criterio | Nivel de la capacidad por CPI |
|--|-----|-----|----------|-------------------------------|
| B.1 | I.1 | Z.1 | | |
| 2 | 3 | 5 | 1 | Avanzado |
| 4 | 5 | 4 | 2 | Intermedio |
| 2 | 4 | 3 | 3 | Intermedio |
| 3 | 4 | 4 | | Intermedio |
| 4 | 2 | 1 | 4 | Básico |
| 3 | 3 | 3 | 5 | Básico |

Fuente: Elaboración propia

En Figura 11, se puede observar el nivel en que se encuentran las capacidades de inversión en los CPI, donde el 66.67% desarrolla el nivel intermedio de la gestión de proyectos (I.1); es decir, los gestionan por iniciativa propia ante la instancia superior a la que pertenecen, lo cual implica sujeción a formas institucionales para administrar los recursos, mientras que solo el

14.58% los genera y administra de forma individual y autónoma (Z.1). De forma similar, se encuentra el nivel de uso de la tecnología, donde el 60% de los CPI desarrolla el nivel intermedio (I.2), y sólo poco más del 15% desarrolla tecnología propia para realizar sus actividades de investigación (Z.2).

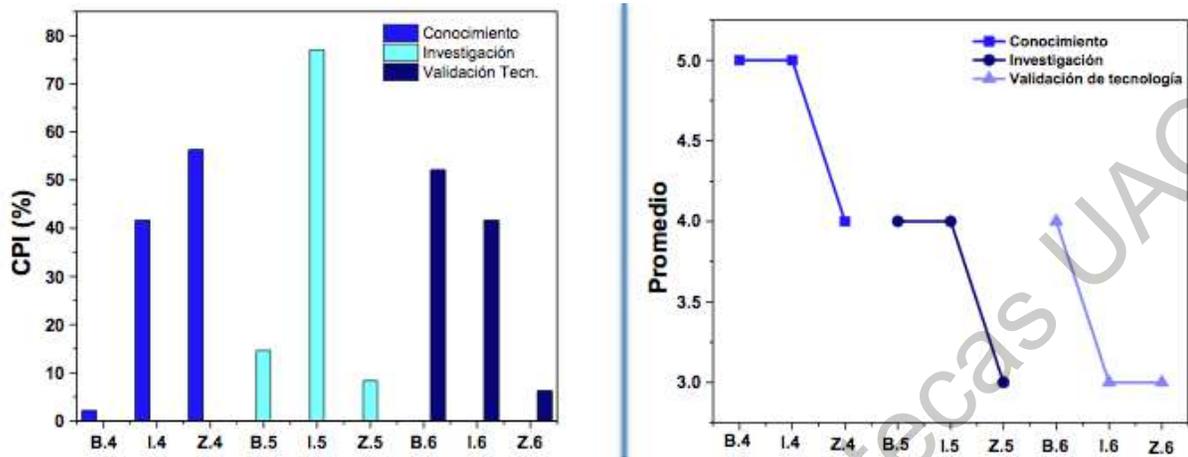
Figura 11. Desarrollo de las capacidades de inversión en CPI mexicanos



Fuente: Elaboración propia

Asimismo los resultados obtenidos en el tipo de investigación que desarrollan los CPI, expresan que un 77% realiza investigación aplicada y solo el 8% se encuentra en el nivel avanzado (Figura 12); estos datos confirman que el contexto en el que se desarrollan las actividades de investigación es relevante e impacta en el desarrollo de las CT, es decir, éstas son una respuesta a los factores internos y externos que las estimulan (Lall, 1992).

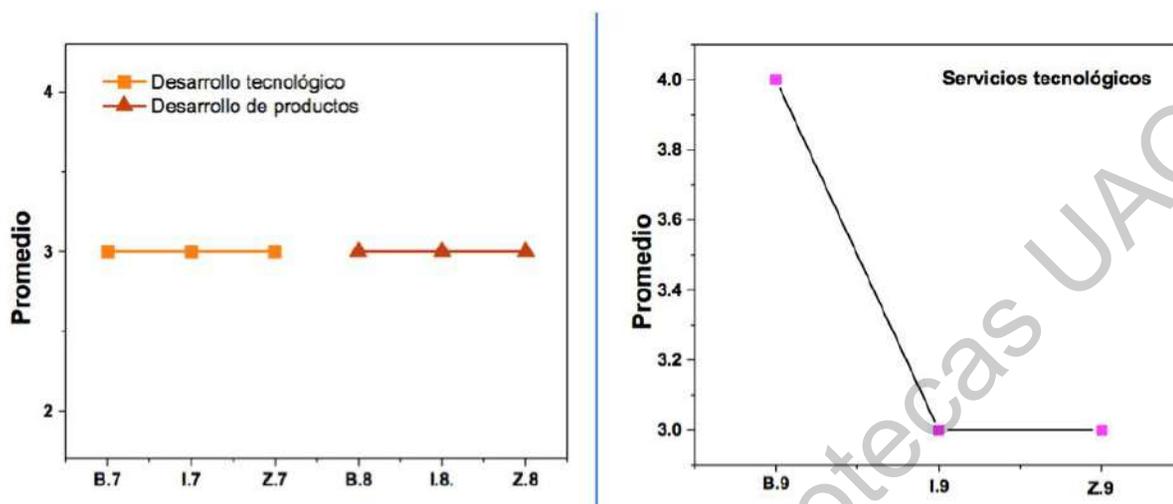
Figura 12. Desarrollo de capacidades de asimilación en CPI mexicanos



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 13, las capacidades de innovación se encuentran en el nivel básico de desarrollo; por lo que, se puede asumir que al ser centros públicos, es muy difícil que se les permita la gestión y manejo de recursos de forma autónoma, lo cual también incide en la capacidad para el desarrollo de tecnología y las actividades de I+D+i. Además, por lo general están limitados en el ejercicio de recursos y partidas presupuestales de inversión, lo cual en la mayoría de los casos afecta en la innovación, a menos que exista inversión externa, a través de mecanismos de colaboración con la industria.

Figura 13. Desarrollo de capacidades de innovación en CPI mexicanos



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la importancia de la colaboración mediante grupos/redes de investigación radica en los esfuerzos conjuntos entre instituciones para desarrollar capacidades tecnológicas, y como aspecto clave para la innovación, lo que permite que se amplíe la capacidad de resolución de problemas y la ventaja competitiva (Teece y col., 1997; Rycroft y Kash, 2004; Hodgson, 2007), no obstante la inexistencia o escasez de colaboraciones obstaculiza la innovación tecnológica (Teece, 1992).

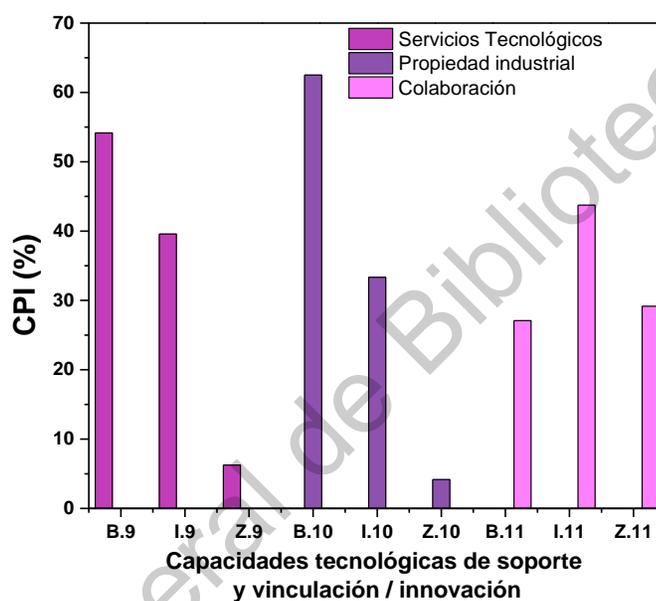
El entorno socioeconómico actual es dinámico y competitivo, por lo que las capacidades de innovación de las organizaciones son el medio no solo para prosperar sino para sobrevivir (David y Foray, 2002).

Como se puede observar en la Figura 14, el 27% de los CPI mexicanos se encuentran en el nivel básico de la CT de colaboración (B.11), por lo que es importante que sumen esfuerzos e inviertan, en mayor medida que los demás, en capacidades tecnológicas de inversión y asimilación, debido a que las desarrollan en los niveles básico e intermedio, respectivamente (Figuras 11 y 12). Es importante destacar, que la inversión en ambas CT son necesarias en todos los CPI, para establecer vínculos de colaboración con grupos de investigación tanto nacionales

como internacionales, lo cual se verá reflejado en el desempeño tecnológico, innovativo y competitivo (García-Galván, 2017).

La Figura 14 también muestra sobre las capacidades de propiedad intelectual/industrial que solo el 4% de los CPI estudiados las han desarrollado hasta el nivel avanzado, mientras que un 33% las han desarrollado hasta el nivel intermedio.

Figura 14. Nivel de capacidades de soporte y vinculación de los CPI



Fuente: Elaboración propia

Los resultados también demuestran la importancia de la colaboración y su influencia en el desarrollo de las capacidades de innovación; ya que, el 29% de los CPI que desarrollan la capacidad de colaboración en el nivel avanzado realizan innovación tecnológica.

Derivado de las respuestas del cuestionario, se identificaron las capacidades tecnológicas de los CPI relacionadas con el cambio tecnológico, lo cual permitió la construcción de un marco de capacidades tecnológicas de los CPI de base científico-tecnológica mexicanos (Tabla 31).

Tabla 31. Marco de capacidades tecnológicas de CPI mexicanos.

| Autores | Variables | | | | |
|--|-------------------------------------|------------------------|--|---------------------------|--------------------------|
| Lall, 1992 Ortega-Rangel, 2005 | Capacidades Tecnológicas | Inversión | Producción | Soporte y | |
| | | Adquisición | Asimilación | Modificación | Vinculación |
| Alvarado López (2015) a partir de Bell y Pavitt, 1995; Dutrénit y col., 2003 | Básicas Intermedias Avanzadas | Innovación | | | |
| | | - Gestión de proyectos | - Uso del conocimiento | - Desarrollo tecnológico | - Servicios Tecnológicos |
| | | - Tecnología utilizada | - Actividades de investigación | - Desarrollo de productos | - Propiedad intelectual |
| - Personal de investigación | - Validación tecnológica | | - Vinculación científico-tecnológica (grupos de investigación) | | |

Fuente: Elaboración elaboración propia

La principal contribución del marco de capacidades tecnológicas propuesto, es la adaptación de las CT al contexto de los CPI mexicanos, de base tecnológica, quedando además integrados los conceptos relacionados con los niveles de la gestión de proyectos, niveles del uso del conocimiento, el tipo de investigación que realizan, los niveles de validación tecnológica, tipos de servicios tecnológicos, y nivel de uso de la propiedad intelectual.

Posteriormente, con el fin de de comparar y determinar la existencia de relación estadística entre las capacidades de vinculación científico-tecnológica desarrolladas en los CPIs con las capacidades tecnológicas de innovación (desarrollo tecnológico y de producto) y el uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial, se plantearon las siguientes hipótesis:

H10: El nivel de desarrollo de las capacidades de vinculación científico-tecnológica de los CPI no tiene influencia sobre el nivel de desarrollo de las capacidades de innovación de los mismos.

H1a: El nivel de desarrollo de las capacidades de vinculación científico-tecnológica de los CPI influye en el nivel de desarrollo de las capacidades de innovación de los mismos.

H2o: El nivel de desarrollo de las capacidades de vinculación científico-tecnológica de los CPI no tiene influencia sobre el nivel de desarrollo de las capacidades de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial de los mismos.

H2a: El nivel de desarrollo de las capacidades de vinculación científico-tecnológica de los CPI influye en el nivel de desarrollo de las capacidades de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial de los mismos.

Por lo anterior, se realizó un análisis estadístico mediante el coeficiente de correlación Pearson, utilizando el tamaño de la muestra de grupo de 48 (N) y un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, este valor se tomó como referencia, dado que es el más comúnmente utilizado en la literatura; de tal forma que se interpreta la existencia de una fuerte correlación cuando $1 < r \geq 0.50$ y $p \leq 0.05$, correlación moderada cuando $0.50 < r \geq 0.30$ y $p \leq 0.05$, correlación débil cuando $0.30 < r \geq 0.10$ y $p > 0,05$ y nula cuando $0.10 < r \geq 0.00$; donde p es la probabilidad de que un valor estadístico calculado sea posible dada una hipótesis nula cierta. Por lo tanto, H_0 se acepta si $p > \alpha$, mientras que si $p \leq \alpha$ la H_0 se rechaza.

La Tabla 32, muestra el análisis descriptivo de las capacidades tecnológicas en los CPI, a través de los índices de correlación Pearson entre las capacidades de vinculación científico-tecnológica, en los niveles intermedio y avanzado (I.11 y Z.11) con las actividades tecnológicas relacionadas con la innovación, en niveles intermedio y avanzado, tales como desarrollo tecnológico (I.7, Z.7) y de producto (I.8, Z.8), así como en el nivel avanzado de la propiedad intelectual (Z.10). Lo anterior, debido a que la vinculación científico-tecnológica (con externos) favorece el intercambio de conocimientos, habilidades, y uso de infraestructura (Lee y Bozeman,

2005), lo cual fortalece la actividad científico-tecnológica de los CPI; las capacidades de innovación son las que tienen impacto en la sociedad, y la razón de ser de los CPI (LCT, 2002).

Tabla 32. Resultados de correlación Pearson para evaluar capacidades de vinculación científico-tecnológica de CPI mexicanos

| | I.11 | Z.11 | I.7 | I.8 | I.10 | Z.7 | Z.8 | Z.10 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| I.11 | | | | | | | | |
| Correlación | 1 | .362** | .510** | .580** | .286* | .355** | .336** | .392** |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | | .006 | .000 | .000 | .024 | .007 | .010 | .003 |
| Z.11 | | | | | | | | |
| Correlación | .362** | 1 | .391** | .281* | .222 | .263* | .484** | .792** |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | .006 | | .003 | .027 | .065 | .035 | .000 | .000 |
| I.7 | | | | | | | | |
| Correlación | .510** | .391** | 1 | .306* | .369** | .532** | .538** | .281* |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | .000 | .003 | | 0.017 | .005 | .000 | .000 | .026 |
| I.8 | | | | | | | | |
| Correlación | .580** | .281* | .306* | 1 | -.086 | -.081 | .162 | .435** |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | .000 | .027 | 0.017 | | .280 | .293 | .135 | .001 |
| I.10 | | | | | | | | |
| Correlación | .286* | .222 | .369** | -.086 | 1 | .563** | .457** | .170 |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | .024 | .065 | .005 | .280 | | .000 | .001 | .125 |
| Z.7 | | | | | | | | |
| Correlación | .355** | .263* | .532** | -.081 | .563** | 1 | .722** | .132 |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | .007 | .035 | .000 | .293 | .000 | | .000 | .186 |
| Z.8 | | | | | | | | |
| Correlación | .336** | .484** | .538** | .162 | .457** | .722** | 1 | .191 |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | .010 | .000 | .000 | .135 | .001 | .000 | | .097 |
| Z.10 | | | | | | | | |
| Correlación | .392** | .792** | .281* | .435** | .170 | .132 | .191 | 1 |
| Pearson (r) | | | | | | | | |
| Significancia (p) | .003 | .000 | .026 | .001 | .125 | .186 | .097 | |

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral)

*La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral)

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar la existencia de una correlación positiva fuerte entre los grupos de colaboración nacionales (I.11) con los desarrollos tecnológicos con adaptaciones menores (I.7) ($r= 0.510$, $p= 0.000$) y con el diseño incremental de nuevos productos (I.8) ($r= 0.580$, $p= 0.000$); mientras que con el nivel avanzado de dichas capacidades mantienen una correlación positiva moderada, es decir, con los desarrollos tecnológicos de I+D para diseño de nuevo equipos y/o productos con innovación incremental (Z7) ($r= 0.355$, $p= 0.007$), así como con el desarrollo de nuevos productos de innovación radical (Z8) ($r= 0.336$, $p= 0.01$). Cabe destacar que la transferencia tecnológica (nivel avanzado de la capacidad de propiedad intelectual, Z10) está correlacionada de forma positiva y moderada por la colaboración en grupos de investigación nacionales ($r= 0.392$, $p= 0.003$).

En cuanto al nivel avanzado de la capacidad de vinculación científico-tecnológica, el cual implica la colaboración en redes a nivel internacional (Z11), los resultados demuestran que existe una correlación positiva elevada de dicha capacidad con la transferencia y/o comercialización de la propiedad intelectual/industrial (Z10) ($r= 0.792$, $p= 0.000$), mientras que con el desarrollo de nuevos productos de innovación radical (Z8) ($r= 0.484$, $p= 0.000$) y los desarrollos tecnológicos con adaptaciones menores (I.7) existe una correlación moderada.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, el porcentaje de los CPI que generan propiedad intelectual y/o la comercializan son bajos, no obstante, tales resultados son el efecto de los esfuerzos que en ellos se realizan en desarrollo tecnológico, desarrollo de producto y en colaboraciones, ya que éstos se encuentran en los niveles intermedio y avanzado de dichas capacidades. De tal forma que, se consideró importante determinar el nivel de relación entre las capacidades de desarrollo tecnológico y de producto con las capacidades de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial, por lo que se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: El nivel de desarrollo de las capacidades de innovación de los CPI no tiene influencia sobre el nivel de desarrollo de las capacidades de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial de los mismos.

Ha: El nivel de desarrollo de las capacidades de innovación de los CPI influye en el nivel de desarrollo de las capacidades de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial de los mismos.

Para ello, nuevamente se llevó a cabo un análisis estadístico mediante el coeficiente de correlación Pearson entre las capacidades de desarrollo tecnológico (I.7 y Z.7) y las capacidades de desarrollo de producto (I.8 y Z.8) con las capacidades de uso y manejo de propiedad intelectual/industrial (I.10 y Z.10) (Tabla 33).

Tabla 33. Resultados de correlaciones Pearson de las capacidades de innovación y las capacidades de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial.

| | | I.10 | Z.10 | I.7 | I.8 | Z.7 | Z.8 |
|-------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| I.10 | Correlación | 1 | .170 | .369** | -.086 | .563** | .457** |
| | Pearson (r) | | | | | | |
| | Significancia (p) | | .125 | .005 | .280 | .000 | .001 |
| Z.10 | Correlación | .170 | 1 | .281* | .435** | .132 | .191 |
| | Pearson (r) | | | | | | |
| | Significancia (p) | .125 | | .026 | .001 | .186 | .097 |
| I.7 | Correlación | .369** | .281* | 1 | .306* | .532** | .538** |
| | Pearson (r) | | | | | | |
| | Significancia (p) | .005 | .026 | | .017 | .000 | .000 |
| I.8 | Correlación | -.086 | .435** | .306* | 1 | -.081 | .162 |
| | Pearson (r) | | | | | | |
| | Significancia (p) | .280 | .001 | .017 | | .293 | .135 |
| Z.7 | Correlación | .563** | .132 | .532** | -.081 | 1 | .722** |
| | Pearson (r) | | | | | | |
| | Significancia (p) | .000 | .186 | .000 | .293 | | .000 |
| Z.8 | Correlación | .457** | .191 | .538** | .162 | .722** | 1 |
| | Pearson (r) | | | | | | |
| | Significancia (p) | .001 | .097 | .000 | .135 | .000 | |

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral)

*La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral)

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los desarrollos tecnológicos de I+D para diseño de nuevo equipos y/o productos con innovación incremental (Z.7), así como con el desarrollo de nuevos productos de innovación radical (Z.8) tienen una correlación positiva alta y moderada con la generación de propiedad intelectual (I.10); ($r= 0.563$, $p= 0.000$) y ($r= 0.457$ $p= 0,001$), respectivamente. Dicha capacidad también se correlaciona moderadamente con los desarrollos tecnológicos con adaptaciones menores (I.7), ($r= 0,369$, $p= 0,005$).

De igual manera el diseño incremental de nuevos productos (nivel intermedio del desarrollo de productos (I.8) posee una correlación positiva moderada con la transferencia tecnológica (nivel avanzado de la propiedad intelectual, (Z.10) ($r= 0,435$, $p= 0,001$).

Estos resultados indican que en los CPI las capacidades de innovación, si bien son desarrolladas, necesitan ser impulsadas hacia los niveles más altos de desarrollo, con la finalidad de cumplir con los propósitos para los que fueron creados (DOF, 2002b). De tal forma que, en la medida en que se van desarrollando dichas capacidades, también se requiere que las capacidades de propiedad intelectual evolucionen.

Lo anterior, debido a que los CPI deben ser tecnológicamente capaces de ofrecer tecnología superior a la disponible en el mercado comercial, por lo que la propiedad intelectual, como factor de éxito de proyectos, es uno de los elementos que soporta la credibilidad de una organización dedicada a la investigación, y que contribuye en la comercialización exitosa de una tecnología (Mortazavi-Ravari, Mehrabanfar, Banaitis y Banaitiene, 2016).

6.8 FASE 2: Estudio correlacional de las capacidades tecnológicas y la productividad de los CPI

Con el fin de determinar la existencia de relación estadística de las capacidades tecnológicas de los CPI con los resultados de la producción científica, obtenidos en la fase uno de la investigación, se establecieron las siguientes hipótesis:

H₀: El nivel de desarrollo en el que se encuentran las capacidades tecnológicas de los CPI no tiene influencia sobre los resultados de su producción científica.

H_a: El nivel de desarrollo en el que se encuentran las capacidades tecnológicas de los CPI influye en los resultados de su producción científica.

Los datos obtenidos en esta fase de la investigación correspondientes a la evaluación del nivel de desarrollo en el que se encuentran las capacidades tecnológicas de los CPI, así como los resultados de la producción científica de los mismos CPI, fueron analizados a través del coeficiente de correlación Pearson, utilizando el tamaño de la muestra de grupo de 48 (N) y un nivel de significancia $\alpha = 0.05$; de tal forma que se interpreta la existencia de una fuerte correlación cuando $1 < r \geq 0.50$ y $p \leq 0.05$, correlación moderada cuando $0.50 < r \geq 0.30$ y $p \leq 0.05$, correlación débil cuando $0.30 < r \geq 0.10$ y $p > 0.05$ y nula cuando $.10 < r \geq 0.00$. Por lo tanto, H_0 se acepta si $p > \alpha$, mientras que si $p \leq \alpha$ la H_0 se rechaza.

Resultados del estudio correlacional de las capacidades tecnológicas y la producción científica de los CPI

Los resultados obtenidos sobre de las capacidades de inversión, que la capacidad tecnológica 1. Gestión de Proyectos, únicamente mantiene una correlación positiva débil con los modelos de utilidad otorgados ($r = 0.289$, $p = 0.047$); la capacidad tecnológica 2. Tecnología utilizada, confirma la hipótesis nula establecida; mientras que, la capacidad 3. Personal de Investigación, tiene una correlación positiva moderada con el total de transferencias tecnológicas concluidas ($r = 0.306$, $p = 0.035$).

Coombs y Bierly (2006) señalan que la velocidad para innovar está vinculada a la rapidez con la que las organizaciones utilizan las nuevas tecnologías; sin embargo, los resultados anteriores demuestran que los CPI estudiados están limitados en la velocidad de innovación debido a la tecnología utilizada.

Lo anterior, probablemente como resultado de la elevada dependencia institucional para la gestión de proyectos de investigación, lo que a su vez limita el ejercicio de recursos para la adquisición de tecnología de punta para la investigación.

No obstante, pese a las circunstancias anteriores, los resultados indican que el personal de investigación de los CPI cuenta con habilidades para la realización de transferencias tecnológicas efectivas; es decir, posee experiencia tecnológica y conocimiento del mercado (Nerkar y Roberts, 2004; Si y col., 2013)

Acerca de las capacidades de asimilación, se encontró que la capacidad tecnológica 4. Uso del Conocimiento, tiene una correlación moderada con el total de capítulos de libro ($r=0.328$, $p=0.023$), así como con el total de libros publicados ($r=0.313$, $p=0.03$); y, existe una correlación débil con el total de proyectos por convocatorias estatales y federales ($r=0.293$, $p=0.044$).

Debido a que la capacidad tecnológica 4. Uso del Conocimiento expresa el proceso de aprendizaje por interacción orientado hacia la innovación (Zahra y George, 2002; Cohen y Levinthal, 1990), y está directamente ligada a la velocidad de innovación de la organización (Lall, 1992), debe ser mejor explotada por los CPI ya que los resultados no demuestran la existencia de influencia sobre otros elementos de la productividad científico-académica, ni de la transferencia de conocimiento.

Por otra parte, la capacidad tecnológica 5. Actividades de Investigación tiene una correlación positiva moderada con el total de transferencias tecnológicas concluidas y el total de proyectos vinculados con la industria; ($r=0.326$, $p=0.024$) y ($r=0.312$, $p=0.031$), respectivamente.

Al igual que la capacidad antes mencionada, los resultados muestran sobre la capacidad tecnológica 6. Validación Tecnológica la existencia de una correlación moderada, también con el total de transferencias tecnológicas concluidas ($r=0.352$, $p=0.014$) y el total de proyectos vinculados con la industria ($r=0.0409$, $p=0.004$).

Hu y col., (2014) señalan que las capacidades tecnológicas relacionadas con las actividades de I+D para nuevos desarrollos tecnológicos y productos fortalecen la relación con el

desempeño del mercado; lo cual se confirma a través de los resultados obtenidos acerca del efecto de las actividades de investigación y la validación tecnológica sobre elementos de la producción científica de los CPI relacionados directamente con el mercado.

Lo anterior, denota que dichas capacidades tecnológicas están bien encaminadas en los CPI, sin embargo deben ser fortalecidas para que su impacto sea relevante sobre otros elementos de importancia de la productividad científico-académica y la transferencia del conocimiento.

Los análisis estadísticos relacionados con las capacidades tecnológicas de modificación/innovación dieron como resultado que, la capacidad 7. Desarrollo Tecnológico está correlacionada de forma moderada con el total de marcas registradas ($r= 0.317$, $p= 0.028$) y el total de redes temáticas internacionales ($r= 0.319$, $p= 0.027$).

Estos resultados indican que las innovaciones tecnológicas desarrolladas en los CPI tienen el potencial para ser comercializadas, lo cual es acorde con lo que señalan Hsieh y Tsai (2007) acerca del lanzamiento al mercado de nuevas tecnologías y productos como resultado del desarrollo de dicha capacidad tecnológica.

Asimismo, los resultados corroboran lo establecido por Haeussler y col. (2012) acerca de la importancia de esta capacidad tecnológica para la internacionalización de las organizaciones a través de alianzas estratégicas; en este caso, la participación de miembros de los CPI en redes temáticas de investigación internacionales.

Por otro lado, las correlaciones existentes con la capacidad tecnológica 8. Desarrollo de Producto corresponden al total de transferencias tecnológicas concluidas ($r= 0.309$, $p= 0.033$) y al total de proyectos vinculados con la industria ($r= 0.322$, $p= 0.026$), las cuales como se puede observar son moderadas.

Estos resultados reafirman acerca de las capacidades de desarrollo de producto que son un componente importante para el proceso de innovación de una organización, y que su objetivo principal es brindar soluciones innovadoras al mercado (Zawislak y col., 2012).

Sin embargo, esto difiere de los resultados previamente mostrados de las capacidades de desarrollo tecnológico, ya que no se encontró relación alguna con elementos de la transferencia de conocimiento; lo que confirma el hecho de que estas capacidades aunque son un componente

importante del proceso de innovación no son suficientes para determinar que tales invenciones conlleven en si mismas una transacción de mercado (Zawislak y col., 2012)

En cuanto a los resultados de los análisis estadísticos sobre las capacidades de soporte y vinculación, éstos demuestran que las correlaciones existentes, asociadas con la capacidad 9. Servicios Tecnológicos, son moderadas y corresponden al total de transferencias tecnológicas concluidas ($r= 0.353$, $p= 0.014$) y al total de proyectos vinculados con la industria ($r= 0.319$, $p= 0.027$).

De forma similar, éstos aspectos de la productividad de los CPIs están correlacionados, también moderadamente, con la capacidad 10. Uso y Manejo de la Propiedad Intelectual/Industrial; ($r= 0.406$, $p= 0.004$) y ($r= 0.343$, $p= 0.017$), respectivamente.

Como se mencionó anteriormente, acerca de las capacidades tecnológicas que permiten el fortalecimiento de la relación con el mercado (Hu y col., 2014), los resultados indican que estas capacidades denotan nuevamente que el nivel en el que se desarrollan es adecuado, no obstante requieren de esfuerzos para tener mayor impacto sobre dichos resultados así como en otros elementos relacionados con la transferencia de conocimiento.

Por último, los resultados del análisis realizado sobre la capacidad 11. Vinculación Científico-Tecnológica señalan que ésta tiene una correlación moderada con el total de laboratorios ($r= 0.310$, $p= 0.032$), el total de marcas registradas ($r= 0.388$, $p= 0.006$), y el total de redes temáticas internacionales ($r= 0.320$, $p= 0.027$); mientras que con el total de redes temáticas nacionales existe una correlación débil ($r= 0.299$, $p= 0.039$), (Tabla 34).

Tabla 34. Resultados de correlación Pearson de la vinculación científico-tecnológica con la producción científica de los CPI mexicanos

| Productividad e Integración/Transferencia del conocimiento | | | |
|---|---------|--|--------|
| Laboratorios | | Transferencias tecnológicas concluidas | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.310* | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.194 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.032 | <i>Significancia (p)</i> | 0.186 |
| Artículos publicados JCR | | Alumnos graduados de posgrado | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.05 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.15 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.734 | <i>Significancia (p)</i> | 0.308 |
| Solicitudes de patente | | Programas de posgrado | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | -0.079 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.004 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.593 | <i>Significancia (p)</i> | 0.98 |
| Patentes otorgadas | | Grupos de investigación nacionales | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | -0.004 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | -0.067 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.977 | <i>Significancia (p)</i> | 0.651 |
| Capítulos de libro | | Grupos de investigación internacionales | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.245 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.089 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.093 | <i>Significancia (p)</i> | 0.548 |
| Libros | | Redes temáticas nacionales | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.249 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.299* |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.088 | <i>Significancia (p)</i> | 0.039 |
| Solicitudes de modelo de utilidad | | Redes temáticas internacionales | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | -0.058 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.320* |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.693 | <i>Significancia (p)</i> | 0.027 |
| Modelos de utilidad otorgados | | Proyectos con la industria | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | -0.172 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.162 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.243 | <i>Significancia (p)</i> | 0.27 |
| Marcas registradas | | Proyectos con servicios públicos | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.388** | <i>Correlación Pearson (r)</i> | -0.047 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.006 | <i>Significancia (p)</i> | 0.753 |
| Transferencias tecnológicas en proceso | | Proyectos por convocatoria | |
| <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.146 | <i>Correlación Pearson (r)</i> | 0.148 |
| <i>Significancia (p)</i> | 0.323 | <i>Significancia (p)</i> | 0.314 |

Fuente: Elaboración propia

Es bien sabido que el principal beneficio de la colaboración científica es el intercambio de habilidades y conocimientos entre las partes (Lee y Bozeman, 2005); sin embargo, para obtener tales beneficios los actores necesitan contar con un nivel similar de conocimiento y capacidades, de manera que a través de la colaboración puedan actualizarse y generar nuevos conocimientos entre ellos (González-Brambila et al., 2013).

Los resultados obtenidos en el estudio descriptivo de las capacidades tecnológicas, señalan que la vinculación científico-tecnológica está relacionada con las capacidades de desarrollo tecnológico, de producto, de uso y manejo de la propiedad intelectual/industrial; no obstante, como se puede observar, el impacto sobre los elementos de producción científica y de integración/transferencia de conocimiento no es relevante, lo que sugiere una especial atención en el fortalecimiento de la misma con el fin de generar interés para la colaboración con los CPI mexicanos por parte de externos.

FASE 3

6.9 FASE 3: Construcción de propuesta metodológica de prospectiva tecnológica para CPI con base en sus capacidades dinámicas y tecnológicas

Esta última etapa de la investigación, tiene como objetivo la construcción de la metodología de prospectiva tecnológica para CPI, para lo cual es necesario considerar los resultados obtenidos en las etapas previas, así como los resultados obtenidos de la evaluación de los centros de investigación españoles, considerados importantes dada la experiencia en la práctica de estudios de prospectiva, con el fin de robustecer la investigación y construir una metodología con elementos prácticos y efectivos.

Para el desarrollo de la propuesta metodológica de prospectiva tecnológica, se consideran los resultados obtenidos en las etapas previas de la presente investigación referentes a los métodos de prospectiva utilizados en los CPI de base científico-tecnológica mexicanos, desde la perspectiva de las capacidades dinámicas; así como, a las capacidades tecnológicas identificadas

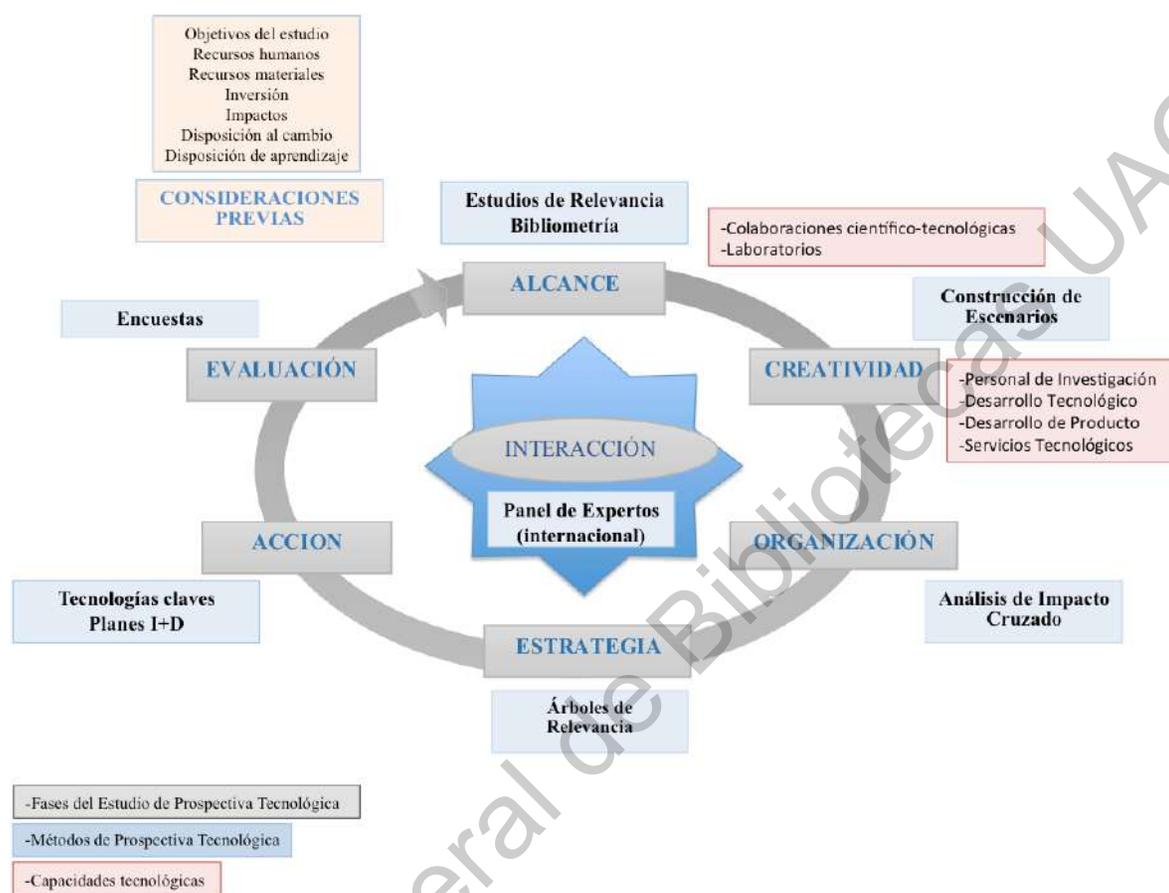
en los mismos. Por lo que, la propuesta metodológica es aplicable a los centros públicos de investigación que desarrollan actividades de investigación de acuerdo a las siguientes áreas establecidas por el CONACyT: I. Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra, II. Biología y Química, VI. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, y VII. Ciencias de la Ingeniería

En cuanto al diseño, está determinado por las fases establecidas en el marco conceptual de Saritas (2013), mencionadas en el marco teórico (Tabla 3); éstas se encuentran interrelacionadas bajo un enfoque sistémico, el cual permite establecer una agenda de actividades y orientar los procesos de pensamiento. Además, el flujo de acción de las fases es iterativo y repetitivo hasta obtener los resultados esperados, lo que mejora la adaptabilidad a cada proceso y la toma de decisiones involucradas. Las fases que comprende la metodología de prospectiva propuesta son las siguientes:

- 1) Fase de consideraciones previas: objetivos, recursos y plazos.
- 2) Fase de alcance: límites del estudio y contenido.
- 3) Fase creativa: creación de futuros alternativos.
- 4) Fase de organización: determinación de prioridades para el futuro deseable seleccionado.
- 5) Fase de estrategia: toma de decisiones para la implementación del cambio.
- 6) Fase de acción: transformación hacia el futuro deseable.
- 7) Fase de evaluación: medición de resultados de fases anteriores.
- 8) Fase de interacción: flujo de información e interrelación entre fases del estudio.

La Figura 15 muestra la propuesta metodológica derivada de la presente investigación.

Figura 15. Esquema de prospectiva tecnológica para CPI mexicanos de base científico-tecnológica



Fuente: Elaboración propia, con base en Saritas (2013)

6.10 Descripción de la metodología de prospectiva tecnológica para CPI de base científico-tecnológica en México.

Fase de consideraciones previas

Es importante destacar que al inicio de cada estudio de prospectiva tecnológica, se deben tener claramente identificados los motivos por los que se va a realizar (objetivos relacionados con

la línea de investigación), así como los recursos que se requerirán y considerar aquellos de los que se puede realmente disponer (personal, equipo, software, materiales, medios, etc). De igual manera, es útil tener en cuenta el tiempo que se requerirá para el estudio y la disposición al cambio y al aprendizaje (COTEC, 1999).

Lo anterior, debido a que todo proceso de prospectiva necesita de inversiones sustanciales e involucra altos costos en términos de inversión de tiempo y experiencia; por lo que, es importante especificar desde el inicio, los impactos que tendrá cada fase, por tanto deben establecerse desde el principio del diseño del estudio y asegurar su cumplimiento en cada las fases (Saritas, 2013).

Entre los participantes del ejercicio deben considerarse a expertos, no solo adscritos al CPI sino también a externos; de igual forma, es importante comunicar a todos los objetivos, las fases del estudio y la participación que tendrán cada uno de ellos (Lopez-Ortega, y col., 2018).

Como resultado de cada fase, es necesaria la elaboración de reportes de la información obtenida y procesada, instrumentos utilizados, resultados, acuerdos, entre otros.

Fase de alcance.

La fase involucra la comprensión de situaciones, problemas, factores de influencia, preferencias de actores y partes interesadas. Para ello es importante realizar un escaneo de las posibles amenazas y oportunidades de desarrollos futuros con el fin de definir los límites del estudio de prospectiva y definir el contenido del mismo, mediante la identificación de factores claves, impulsores de cambio y de potencial impacto en el futuro. (Saritas y Smith, 2011).

En esta fase, es importante identificar el nivel de desarrollo en que se encuentran las capacidades tecnológicas del CPI relacionadas con la línea de investigación, objeto del estudio de prospectiva, con el propósito de determinar los esfuerzos a realizar sobre ellas; por lo que, de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio descriptivo y estudio correlacional de la segunda fase de la investigación, acerca de las capacidades tecnológicas, se debe poner especial atención en el fortalecimiento de los grupos de colaboración nacionales ya que ésta capacidad está altamente relacionada con las capacidades de desarrollo tecnológico y desarrollo de producto de

la línea de investigación. De igual forma, son importantes los grupos de colaboración a nivel internacional, ya que impactan fuertemente en la capacidad de transferencia y/o comercialización de la propiedad intelectual/industrial. Asimismo, es importante señalar, que los resultados obtenidos también demuestran la importancia acerca de la colaboración científico-tecnológica pues está relacionada con los laboratorios, los cuales son elementos necesarios para el desarrollo de las líneas de investigación en los CPIs de base científico-tecnológica.

De acuerdo con los elementos que definen esta fase, pueden ser utilizados algunos métodos de prospectiva como escaneo de horizontes, análisis de tendencias, bibliometría, revisión de literatura, análisis FODA, entre otros (Saritas, 2013). No obstante, los resultados obtenidos del estudio exploratorio, de la primera fase de la investigación, sobre las capacidades dinámicas de detección, los métodos que tienen influencia en el desarrollo de las actividades de investigación en los CPI estudiados, son los estudios de pertinencia, el benchmarking, y la bibliometría.

Dadas las características de los métodos anteriores y los requerimientos de la fase de alcance, a través de los estudio de pertinencia y la bibliometría es posible una mejor comprensión de los factores (actividad científica, esferas de interés, contexto productivo, tecnológico, político, social, entre otros) que influyen, definen y delimitan la línea de investigación.

Fase creativa.

Esta fase tiene como característica la creación anticipada de futuros alternativos posibles, deseables y admisibles mediante el desarrollo de modelos que permitan explorar dichos futuros alternativos.

Las capacidades tecnológicas a considerar, son las que corresponden a las capacidades de personal de investigación, desarrollo tecnológico y de producto, así como de servicios tecnológicos, ya que se encuentran correlacionadas con la capacidad de propiedad intelectual e inciden en el total de las transferencias tecnológicas concluidas y los proyectos vinculados con la industria; lo anterior, de acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios descriptivo y correlacional de las capacidades tecnológicas (segunda fase de la investigación).

En relación a los métodos de prospectiva pueden utilizarse aquellos a través de los cuales se puedan identificar comportamientos, tendencias, problemas emergentes, limitaciones y oportunidades, tales como el modelado, simulación, juegos, construcción de escenarios, entre otros. Por lo que se requiere de altos niveles de creatividad (Saritas, 2013).

No obstante, en la presente propuesta metodológica se considera el uso de la construcción de escenarios; pese a que el análisis estadístico demostró que el uso de este método prospectivo no tiene influencia en las actividades de investigación de los CPI mexicanos, probablemente porque no es muy utilizado en ellos, ya que únicamente el 27% de ellos la practica.

Lo anterior debido a que varios autores señalan que este método es ampliamente utilizado por su potencial contribución en los estudios de prospectiva tecnológica (Popper, 2008; Turturean, 2011; Cruz y Medina, 2015), por lo que es importante su inclusión en la metodología de prospectiva tecnológica para los CPI en México.

Cabe destacar que, las capacidades tecnológicas deben ser consideradas en la construcción de los escenarios, enfatizando el nivel de desarrollo requerido para cada futuro alternativo, así como la identificación de las habilidades y capacidades necesarias para alcanzar dicho nivel.

Fase de organización.

En esta etapa del estudio se analizan los modelos de futuros alternativos diseñados en la fase anterior, y posteriormente se selecciona el más deseable y plausible.

Es importante destacar que la fase conlleva una fuerte actividad de negociación dadas las expectativas e intereses de los diferentes actores; no obstante en las decisiones deben considerarse los objetivos del estudio, valores normativos y aspectos éticos, por lo que es necesario que para la elección del futuro más deseable se incluyan prioridades (Ackoff, 1981; Saritas, 2013).

Entre los métodos de prospectiva que pueden ser utilizados en esta fase se encuentran el análisis de criterios múltiples, análisis FODA, análisis costo-beneficio-riesgo, método Delphi y el análisis de impacto cruzado (Saritas, 2013).

Debido a las características de esta fase, se involucran las capacidades dinámicas de reconfiguración, por lo que en el caso de los CPI estudiados, el método de análisis de impacto cruzado debe ser considerado para tal efecto; debido a que los resultados obtenidos en el estudio correlacional de la primera fase de la investigación, demuestran que este método es predominantemente influyente en las actividades de I+D, así como en aspectos de la productividad científico-académica y de la integración/transferencia del conocimiento, tales como publicaciones científicas y académicas, programas académicos de calidad, propiedad intelectual y proyectos con el sector público.

En relación a las capacidades tecnológicas relacionadas con la línea de investigación, además de identificar el nivel de desarrollo adecuado para el futuro seleccionado, es importante determinar los recursos y habilidades necesarios para que éstas puedan evolucionar hasta alcanzar el futuro nivel requerido.

Fase de estrategia.

Esta fase requiere de la toma de decisiones estratégicas, debido a que es necesario establecer la planificación y los mecanismos de acción y de cambio para alcanzar el futuro deseable seleccionado. Para ello, es importante comprender el dinamismo del contexto, así como, identificar y planificar los tipos de cambios estructurales y de comportamiento requeridos, por lo que, la toma de decisiones debe ser a nivel normativo, estratégico y operativo especialmente en las futuras áreas de I+D y en las capacidades tecnológicas de inversión (personal de investigación e infraestructura tecnológica), dado que son las principalmente involucradas en la implementación de las acciones de cambio.

Algunos elementos que constituyen condiciones efectivas de transformación, son: la sensibilidad al contexto, creación de capacidades y clima para el cambio, vincular recursos con las acciones a realizar, implementar acciones de apoyo, gestión de recursos humanos, responder de forma adaptativa al entorno, crear procesos de aprendizaje a largo plazo, entre otros (Saritas, 2013).

La definición detallada de los elementos del proceso de transformación, es parte de esta fase de estrategia; por lo que, el método de prospectiva de árboles de relevancia, puede ser considerado como elemento de esta fase del estudio; ya que permite elaborar a detalle una situación/problema reflejando los vínculos entre sus componentes en circunstancias actuales y potenciales.

Derivado del análisis estadístico de las capacidades dinámicas de reconfiguración, correspondiente al estudio exploratorio y al estudio correlacional de la fase uno de la investigación, este método debe ser incluido en esta etapa de estrategia, dentro de la metodología de prospectiva tecnológica para los CPI, ya que demuestra influencia positiva en las actividades de investigación aplicada, así como en la integración/transferencia del conocimiento tales como propiedad intelectual y en los programas de posgrado de calidad.

Fase de acción.

Esta etapa del ejercicio de prospectiva, esta relacionada con el establecimiento de planes, políticas y acciones de cambio, inmediatas y prioritarias; para posteriormente informarlas e iniciar la transformación estructural y de comportamiento requeridos para alcanzar el futuro deseable previamente determinado. De igual manera, esta fase demanda desarrollar planes de actividades de I+D y recursos, por lo que es importante la determinación de las tecnologías críticas esenciales para el futuro previamente seleccionado (Saritas, 2013).

Fase de evaluación.

Esta fase es importante dentro del estudio de prospectiva, ya que a través de ella se examinan los impactos de la prospectiva en todas sus fases, los cuales se miden en función de los objetivos y la metodología, la eficiencia en la ejecución de los procesos y uso de fondos, así como la efectividad de los resultados (Saritas, 2013). Esta etapa lleva fuertemente implícito el aprendizaje, ya que a través de este es posible diseñar y realizar mejores estudios de prospectiva; por lo que esta fase puede considerarse como el inicio del siguiente ciclo de ejercicio prospectivo.

Los resultados de los análisis estadísticos sobre las capacidades dinámicas de reconfiguración, correspondientes al estudio exploratorio y al estudio correlacional de la fase uno de la investigación, indican que el método de prospectiva de Encuestas tiene un impacto positivo en las actividades de investigación aplicada y en las de I+D de los CPI estudiados. De igual forma, los resultados de la evaluación de los factores que impactan en la integración/transferencia del conocimiento señalan que este método incide positivamente en la realización de estudios de prospectiva tecnológica de los CPI. Por lo que debe ser considerado como elemento de la metodología de prospectiva tecnológica para los CPI mexicanos.

Fase de interacción.

Como se puede observar, existe una interrelación entre todas las fases que conforman un estudio de prospectiva tecnológica; donde, cada una de ellas se construye sobre las bases de la etapa previa y culminan con el diseño de estrategias, políticas, acciones que permiten la construcción de un sistema futuro. Por ende, la participación de los involucrados y la relación social entre ellos es esencial, de manera que es importante desarrollar mecanismos a través de los cuales sea posible la interacción entre ellos. Asimismo, durante el desarrollo del ejercicio de prospectiva el flujo de la información y acción no es necesariamente lineal entre las fases, esto permite el desarrollo y la adaptación continua (Saritas, 2013). Por tanto, esta fase es central durante todo el proceso de un estudio de prospectiva tecnológica.

Entre los métodos aplicables a esta fase, se encuentran las entrevistas, las encuestas, los paneles de expertos, entre otros. Por consiguiente, y de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio exploratorio y el estudio de caso, de la fase uno de la investigación, el método a considerar en esta etapa dentro de la metodología, es el panel de expertos, dado que en términos de interacción es el más utilizado por los CPI mexicanos, y es considerado como parte importante de los estudios de prospectiva tecnológica que realizan los CPI españoles, quienes también mencionaron que dicho panel debe considerar expertos internacionales.

Por último, cabe hacer mención acerca de la realización de estudios de prospectiva tecnológica, que el establecimiento de departamentos de vigilancia tecnológica al interior de los

CPI a través de los cuales se obtenga información valiosa acerca de las necesidades del entorno, de las tecnologías emergentes, la vinculación con los stakeholders, entre otros; coadyuvaría al desarrollo de las primeras fases del estudio de prospectiva, y como consecuencia al desarrollo de las líneas de investigación en los CPI.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

CONCLUSIONES

Actualmente, la gestión tecnológica se estudia desde diferentes contextos, por su capacidad de mejorar la competitividad de las organizaciones, regiones y países. Ya que, no sólo es suficiente desarrollar tecnología e innovación que responda a las necesidades de los sistemas sociotécnicos; sino que con antelación se deben de identificar amenazas y oportunidades, desarrollar estrategias tecnológicas, valorar la eficiencia de generar o adquirir desarrollos tecnológicos, e implantar y comercializar exitosamente las innovaciones en productos o servicios.

No sólo es desarrollar tecnología porque se tienen las capacidades instaladas que posibiliten su ejecución, sino que ésta debe ser planificada y realizada, con el objetivo de estructurar el futuro deseado del sistema. De ahí, la importancia de la prospectiva, posibilitar ventajas competitivas no sólo en el presente sino en el futuro a mediano y largo plazo.

Dependiendo de la finalidad del estudio de prospectiva tecnológica se utilizan diferentes combinaciones de métodos y herramientas metodológicas, que permiten la selección, negociación, transferencia, adaptación, utilización y asimilación de determinadas tecnologías. Para sumar esfuerzos y acciones encaminadas al futuro, para que a través de las decisiones tomadas se pueda construir un mejor porvenir.

Por lo anterior, se consideró pertinente establecer una metodología de prospectiva tecnológica apropiada para los CPI, de base científico-tecnológica mexicanos, que estuviera sustentada en el análisis de las capacidades dinámicas de los CPI, para identificar las que son relevantes en los CPI para los estudios de prospectiva tecnológica, así como en el análisis de las capacidades tecnológicas para determinar su nivel de desarrollo y las de mayor influencia, a partir del cual se pretenda hacer la prospección de las líneas de investigación que se desarrollan en dichos centros.

Las actividades que comúnmente realizan los CPI para actualizar sus líneas de investigación están relacionadas principalmente con las convocatorias gubernamentales (federales y estatales) para la realización de proyectos de investigación, la experiencia de los investigadores, su colaboración en redes nacionales e internacionales, la participación en eventos

académicos, revisión de publicaciones científicas y a través de los proyectos vinculados con la industria; lo anterior, confirmó los resultados acerca del plazo de las actividades de investigación que en mayor medida están enfocadas en proyectos de corto y mediano plazo.

Por otra parte, pese a que los CPI están concientes de los beneficios que se obtienen a través de los estudios de prospectiva tecnológica alrededor del 70% de los centros estudiados no los han puesto en práctica; por lo que transmitieron la necesidad de implementar una metodología de prospectiva tecnológica.

Del análisis realizado en la primera fase, a través del estudio exploratorio, fue posible determinar que las capacidades dinámicas de detección de mayor relevancia, relacionadas con los métodos de prospectiva, son el uso de la bibliometría y el benchmarking; y en cuanto a las capacidades de reconfiguración son los estudios de árboles de relevancia, encuestas y el análisis de impacto cruzado, siendo éstas últimas las de mayor influencia para el fortalecimiento de las líneas de investigación y su orientación hacia el futuro.

En relación a los resultados obtenidos del estudio correlacional de las capacidades dinámicas con la producción científica, se confirmó que la realización de estudios de benchmarking y bibliométricos (capacidades de detección), así como los estudios de árboles de relevancia, el análisis de impacto cruzado y las encuestas (capacidades de reconfiguración). inciden en los resultados de la productividad.

Es importante mencionar, que el análisis para la identificación de las capacidades dinámicas debiera ser una práctica fundamental en los CPI, para promover su adaptación dentro del entorno rápidamente cambiante en el que se desenvuelven.

Por otro lado, los resultados obtenidos de los centros de investigación españoles indican que tienen un comportamiento similar a los CPI estudiados, en relación a las formas de actualización de sus líneas de investigación a través la colaboración en redes nacionales e internacionales, realización de proyectos de investigación por convocatorias gubernamentales, proyectos con la industria, revisión de publicaciones científicas y la participación en eventos científico-académicos. No obstante, existen claras diferencias con los CPI mexicanos, ya que el porcentaje del desarrollo de investigaciones de largo plazo es mayor, esto debido a la práctica de

estudios de prospectiva tecnológica para orientar al futuro sus líneas de investigación. Además, dichos estudios están respaldados por comisiones de seguimiento conformadas por gestores tecnológicos, tecnólogos e investigadores, y en algunos casos también por oficinas de vigilancia tecnológica.

Otro resultado importante, relacionado con los métodos de prospectiva dentro de la práctica de los centros de investigación españoles, además de la bibliometría, el análisis de impacto cruzado y las encuestas, es la utilización de paneles de expertos como elemento importante dentro de los estudios de prospectiva tecnológica, que en su caso son internacionales.

En relación a las capacidades tecnológicas (CT) sirven para potenciar los diferentes niveles de desempeño de una organización, y surgen en respuesta a las necesidades y estímulos, internos y externos, de la misma. A través de su medición y análisis, es posible conocer la plataforma en materia tecnológica sobre la cual se está desempeñando la organización, y comprender los resultados que se han obtenido bajo ciertas condiciones de desarrollo de las CT. La importancia de ello radica en la detección de limitantes y oportunidades para alcanzar niveles de competitividad.

En México, la mayoría de los CPI no realizan innovación tecnológica, debido a que las CT que poseen no han sido desarrolladas a plenitud, probablemente por la falta de condiciones económicas favorables; lo cual, impacta en los niveles de infraestructura, en los recursos para tecnología e I+D, competitividad, así como en el desarrollo del país. Sin embargo, a través de la medición y análisis de las CT al interior de los CPI, es posible determinar qué esfuerzos son requeridos y cuáles son los viables, que les permitan elevar el nivel de desarrollo de cada una de ellas.

Los resultados obtenidos en la segunda etapa de esta investigación indican que las CT de mayor influencia en los CPI son el personal de investigación, la capacidad de desarrollo tecnológico, de producto así como los servicios tecnológicos.

Otro de los esfuerzos a considerar deben ser las oportunidades de colaboración en investigación con instituciones no solo nacionales sino también de nivel internacional, lo cual favorece el desarrollo de las capacidades de asimilación y consecuentemente es posible

desarrollar otras CT, extender horizontes para la I+D, generando así condiciones para la innovación tecnológica y competitividad de los CPI.

Por último, derivado de los análisis anteriores fue posible determinar los elementos de la propuesta metodológica para estudios de prospectiva tecnológica en CPI mexicanos, por lo que, se considera que ésta es aplicable a los CPI que desarrollan actividades de investigación en las áreas de investigación del CONACyT: I. Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra, II. Biología y Química, VI. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, y VII. Ciencias de la Ingeniería, debido a que éste tipo de CPI conformaron la unidad de observación. Asimismo, y de acuerdo a sus características, la metodología es flexible, ya que se adapta a las condiciones de contexto de los CPI que la utilicen.

Asimismo, la propuesta considera la participación no solo de miembros de la organización, sino de personal externo, entre los que se encuentran los interesados en la adquisición de los desarrollos tecnológicos o productos resultantes, así como los participantes del panel de expertos, que en este caso es internacional. De tal forma que podrá contribuir de una mejor manera a la búsqueda de soluciones pertinentes.

Entre las limitaciones de la investigación, está la imposibilidad de extrapolación de resultados a los CPI de otros países; sin embargo, puede ser considerada como base para el establecimiento de otras propuestas metodológicas de prospectiva tecnológica acordes al desarrollo de las capacidades tecnológicas y condiciones de los CPI que requieran de este tipo de estudios.

Por otra parte, el presente estudio permite el desarrollo de nuevas investigaciones, ya que como se mencionó al inicio, la literatura al respecto de estudios de prospectiva tecnológica al interior de instituciones de I+D pertenecientes al sector público es escasa

Por último, esta investigación se puede incluir en la literatura existente como referencia a la importancia de las capacidades dinámicas y las capacidades tecnológicas para los estudios de prospectiva tecnológica en instituciones de investigación, especialmente de países en desarrollo, para lograr una adecuada toma de decisiones en la planeación estratégica de estas instituciones o centros.

REFERENCIAS

- Adams, R., Bessant, J., Phelps, R. (2006). Innovation management measurement: A review. *International Journal of Management Reviews*, 8 (1), pp. 21–47.
- Aleixandre-Benavent, R., González-Alcaide, G., González De Dios, J., y Alonso-Arroyo, A. (2011). Fundamentos para la realización de búsquedas bibliográficas. *Acta Pediátrica Española*, 69 (3), pp. 131-136, 2011.
- Alvarado-López, R. (2015). *Capacidades Tecnológicas del Sector Eólico en México: Análisis y Perspectivas* (Doctor). Universidad Nacional Autónoma de México
- Ambrosini, V. y Bowman, C. (2003). How the Resource-based and the Dynamic Capability Views of the Firm Inform Corporate-level Strategy. *British Journal of Management*. 14(4), 289-303
- Amit, R. and Schoemaker, P.J.H. (1993). Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, **14**, 33–46.
- Baena-Paz, G. (2004). *Prospectiva Política. Guía para su comprensión y práctica*. Universidad Nacional Autónoma de México. 1ª. Ed. México, D.F.
- Barbieri-Masini, E. (1993). Los estudios sobre el futuro y las tendencias hacia la unidad y la diversidad. *Revista internacional de las Ciencias Sociales. Investigar el Futuro*. UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000950/095091so.pdf>
- Barney, J.B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, **17**, 99–120.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1995). The Development of Technological Capabilities. En *Trade, Technology and International Competitiveness*. (p.84). Washington, D.C.: EDI Development Studies.
- Bessant, J., R. Lamming, y col., (2005). "Managing innovation beyond the steady state." *Technovation*, 25, (12), pp. 1366-1376
- Björkdahl, J., and Börjesson, S. (2012). Assessing firm capabilities for innovation. *International Journal of Knowledge Management Studies*, 5(1/2), 171–185.

- Bozeman, B. (2000). Technology Transfer and Public Policy: A Review of Research and Theory. *Research Policy*, 29 (4), 627-655.
- Brouwer, E., y Kleinknecht, A. (1997). Measuring the unmeasurable: A country's non-R&D expenditure on product and service innovation. *Research Management and Planning*, 25(8), 1235-1242.
- Burgelman, R. A., Christensen, C. M., y Wheelwright, S. C. (2009). *Strategic Management of Technology and Innovation*. 4th ed. Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Capon, N., Farley, J.U., Hulbert, J. and Lehmann, D.R. (1992). Profiles of product innovators among large US manufacturers. *Management Science*, **38**, 157–169.
- Castelló-Tarrega M. y Rodríguez H. (2000). Antecedentes internacionales sobre prospectiva tecnológica. Secretaría para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva
- Chakravarthy, B.S. (1982). Adaptation: a promising metaphor for strategic management. *Academy of Management Review*, **7**(1), 35–44.
- Coates, J.F., (1985). Foresight in Federal government policy making. *Futures Research Quarterly* .1(2), 29-53
- Cohen, M.D. and Levinthal, D.A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, **35**, 128 –152.
- COOMBS, J. E.; BIERLY III, P. E. (2006) Measuring technological capability and performance. *R & D Management*, v. 36, n. 4, p. 421-438. DOI: 10.1111/j.1467-9310.2006.00444.x
- Cuhls, K. (2003). From Forecasting to Foresight Processes – New Participative Activities in Germany. *Journal of Forecasting*. 22, 93-111.
- Daneels, E. (2002). The dynamics of product innovation and firm competences. *Strategic Management Journal*, **23**, 1095–1121.
- De la Vega, I. (2006). Módulo de capacitación para la recolección y el análisis de indicadores de investigación y desarrollo. Working Paper 6. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Díaz-Aguad, A. (2004). La utopía como elemento transformador de la sociedad. Límite (en línea) 11. www.redalyc.org/articulo.oa?id=83601103> ISSN 0718-1361

- Dodgson M., Gann D. y Salter A. (2008). *The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Dos Santos, D. (2011). *Actividades prospectivas en Brasil: pasado, presente y futuros posibles*. *Ekonomiaz* 76. Universidad Federal de Sao Paulo
- Doz, Y. and A. Shuen (1990). 'From intent to outcome: A process framework for partnerships', INSEAD working paper.
- Dunn, S.P. y Pressman, S. (2005). *The Economic Contributions of John Kenneth Galbraith*, *Review of Political Economy*, 17(2), 161-209,
- Eisenhardt, K.M. and Martin, J.A. (2000). *Dynamic capabilities: what are they?* *Strategic Management Journal*, **21**, 1105–1121.
- Gándara, Guillermo, and Osorio Vera, Francisco Javier. *Métodos Prospectivos: Manual Para El Estudio Y La Construcción Del Futuro*. México, DF: Ediciones Culturales Paidós, 2014. Print
- Garcia-Arreola, J. (1996). *Technology Effectiveness Audit Model. A Framework for Technology Auditing*. Tesis de Maestría, Universidad de Miami
- Garzón, M. (2015). *Modelo de Capacidades Dinámicas*. *Revista Dimensión Empresarial*, 13(1), 111-131.
- Gavigan, J.P. y Scapolo, F. (1999). *A comparison of national foresight exercises*. *Foresight* 1, Iss: 6, 495 – 517.
- Georghiou, L. (1996). "The UK Technology Foresight Programme", *Futures*, vol. 28, núm. 4, pp. 359 – 377.
- Ghemawat, P. y Costa, J. E. R. I. 1993. *The Organizational Tension Between Static and Dynamic Efficiency*. *Strategic Management Journal*, 14: 59-73.
- Godet, M. (2006). *Creating Futures: Scenario Planning As a Strategic Management Tool*. Paris : Economica.
- Godet M, (1986) *Introduction to La Prospective: Seven key ideas and one scenario method*. *Futures*

- Godet, M. (1991). *Prospectiva y planificación estratégica*. Barcelona: SG Editores.
- Godet, M. (1999). De la anticipación a la Acción: Manual de Prospectiva Estratégica. México, DF.: Alfaomega Grupo Editor.
- Godet, Michel, (1995). De la anticipación a la acción. Manual de prospectiva y estrategia, Alfaomega-Marcombo, España.
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., y Betancourt-Buitrago, L.A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. Universidad Nacional de Colombia. DYNA 81. (84) pp. 158-163
- González-Hermoso, A. (1992). La innovación: factor clave para la competitividad de las empresas. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- Gurisatti, P., Soli, V. and Tattara, G. (1997). Patterns of diffusion of new technologies in small metal- working firms: the case of an Italian region. *Industrial and Corporate Change*, **6**, 275–312.
- Hawkins, J. (2005), “Economic forecasting, history and procedures”, available at: www.treasury.gov.au/documents/987/PDF/02_eco_forecasting.pdf
- Hooley, G.J., Lynch, J.E. and Jobber, D. (1992). Generic marketing strategies. *International Journal of Research in Marketing*, **9**, 75–89.
- HSIEH, M-H.; TSAI, K-H. (2007) Technological capability, social capital and the launch strategy for innovative products. *Industrial Marketing Management*, 36 (4), p. 493-502. DOI:10.1016/j.indmarman.2006.01.002
- Iammarino, S. Sanna-Randaccio, F. y Savona, M. (2009). The perception of obstacles to innovation. Foreign multinationals and domestic firms in Italy. *Revue D’Economie Industrielle*. 125, 75-104
- Iizuka, M., y Hollanders, H. (2017). *The need to customise innovation indicators in developing countries*. (032 ed.) UNU-MERIT working papers

- IMNC (2017) *Norma Mexicana NMX-GT-001-IMNC-2007*, Sistema de gestión de la tecnología. Tecnología, Instituto Mexicano de Normalización y Certificación., A.C. Recuperado de <http://otech.uaeh.edu.mx/assets/imnc-ct-10-gt-7-nmx-gt-001-imnc-2007.pdf>
- Instituto Politécnico Nacional (2006). Setenta años de historia del Instituto Politécnico Nacional. Dirección de Publicaciones. México
- Irvine, J. and Martin, B.(1984) *Foresight in science*, London: Pinter Publishers.
- Janeš, Aleksander, Dolinšek, Slavko. (2007). Assessing the applicability of the technology audit model for Slovenian firms. V: SHERIF, Hashem (ur.). *Management of technology for the service economy*. Miami: IAMOT
- Johnston, R., (2008). Historical Review of the Development of Future-Oriented Technology Analysis. En Cagnin, C.; Keenan, M.; Johnston, R.; Scapolo, F. y Barré, R. (Eds.), *Future-Oriented Technology Analysis Strategic Intelligence for an Innovative Economy* (pp. 17-23). Springer
- Jonker, M., Romijn, H. y Szirmai, A. (2006). Technological effort, technological capabilities and economic performance: A case study of the paper manufacturing sector in West Java. *Technovation* 26 (1), 121-134.
- Katz, M. and C. Shapiro (1985). 'Network externalities, competition and compatibility', *American Economic Review*, **75**, pp. 424–440.
- Keenan, M., y Miles, I. (2008). 'Scoping and Planning Foresight' in Georghiou, L., Cassingena H., J., Keenan, M., Miles, I., and Popper, R. *The Handbook of Technology Foresight*. UK: Edward Elgar.
- Keenan, M., y Popper, R. (2007). *Research Infrastructures Foresight*. UK: PREST.
- Khalil, Tarek, (2000). *Management of Technology: The key to competitiveness and wealth creation*. New York: McGraw – Hill.
- Kim, L. (1997) *From Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*, Boston, Mass., Harvard Business School Press

- Kyläheiko, K., Jantunen, A., Puumalainen, K., Saarenketo, S. y Tuppur, A. (2011) Innovation and internationalization as growth strategies: The role of technological capabilities and appropriability. *International Business Review*, 20 (5), 508-520
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, 20(2), 165-186.
- Langlois, R. (1994). ‘Cognition and capabilities: *Dynamic Capabilities* Opportunities seized and missed in the history of the computer industry’, working paper, University of Connecticut. Presented at the conference on Technological Oversights and Foresights, Stern School of Business, New York University, 11–12 March 1994.
- Learned, E.P., Christensen, C.R., Andrews, K. and Guth, W.D. (1969). *Business Policy: Text and Cases*. Homewood, IL: Irwin.^[1]_[SEP]
- Li, N. y col., (2016). Technology Foresight in China: Academic studies, governmental practices and policy applications. *Technological Forecasting y Social Change*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.010>
- Lippman, S. A. and R. P. Rumelt (1992) ‘Demand uncertainty and investment in industry-specific capital’, *Industrial and Corporate Change*, 1(1), pp. 235–262.
- Lugones, G.E., Gutti, P. y Le Clech, N. (2007). Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina. CEPAL. Serie Estudios y Perspectivas, 89, 1-68.
- Marcovitch, J. y E. Vasconcellos, (1992), “Técnicas de Planeamiento Estratégico para Instituciones de Pesquisa y Desenvolvimento”, en Centro de Innovación Tecnológica, Organización y Administración de Centros de Investigación Aplicada”, Artículos Seleccionados, UNAM, México.
- Martin, B. (1995). Foresight in Science and Technology. *Technology Analysis y Strategic Management*, 7:2, 139-168
- Medina J., Medina-Vasquez J. (2003). Visión compartida de futuro. Colección Ciencias Sociales. Universidad del Valle ISBN: 9586702448, 9789586702447

- Medina-Vásquez, J., Ortigón, E. (2006). Manual de Prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. CEPAL. NACIONES UNIDAS.
- Mendieta-Izquierdo, G., (2017). Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Investigaciones Andina*, 17(30), pp 1148-1150.
- Mezher, T. Nasrallah, W. Alemeddine, A. (2006). Management of Technological Innovation in the Lebanese Industry. *PICMET*, 3, pp. 1064-1073
- Miles, I, Cassingena-Harper, J, Georghiuo L, Keenan m y Popper R. (2008), The many faces of foresight. *The Handbook of Technology Foresight: concepts and practice*.
- Miles, I. (2010). The development of technology foresight: A review. *Technological Forecasting y Social Change*, 77, 1448-1456
- Miles, I. (2017). Technology foresight in transition. *Technological y Social Change*, 119, 211-218.
- Miles, R.E. and Snow, C.C. (1978). *Organizational Strategy, Structure and Process*. New York: McGraw-Hill.
- Miller, D. and Friesen, P.H. (1983). Strategy-making and environment: the third link. *Strategic Management Journal*, 4, 221–235.
- Miranda-Muñoz, F. (2011). La prospectiva como herramienta para el estudio de la opinión pública. *Revista Mexicana de la Opinión Pública*. México <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rmop/article/viewFile/41787/37948>
- Molina-Manchón, H y Conca-Flor, F. (2000). Innovación tecnológica y competitividad empresarial, Universidad de Alicante.
- Morales, M; Castellanos, O; Jiménez, C. (2007). Consideraciones metodológicas para el análisis de la competitividad en empresas de base tecnológica. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, vol. XV, núm. 2, diciembre, 2007, pp. 97-112. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia
- Navarrete-Azocar, A. (2006). Innovación tecnológica en el desarrollo del país. Facultad de Economía y Negocios. Universidad de Chile.

- NERKAR, A.; ROBERTS, P. W. (2004) Technological and product-market experience and the success of new product introductions in the pharmaceutical industry. *Strategic Management Journal*, 25 (8-9), p. 779-799. DOI: 10.1002/smj.417
- Nilsson, S., Wallin, J., Benaim, A., Annosi, M.C., Svensson, R.B., 2012. Re-thinking innovation measurement to manage innovation-related dichotomies in practice, Proceedings of the 13th CINet Conference, September 16-18, 2012, Rome, Italy
- Niosi, J. (1999). The internationalisation of industrial R&D. From technology transfer to the learning organization. *Research Policy*, 28, 107-117.
- Noori, H. (1990). *Managing the Dynamics of New Technology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ,
- O'Connor, G. C. and R. DeMartino (2006). "Organizing for Radical Innovation: An Exploratory Study of the Structural Aspects of RI Management Systems in Large Established Firms." *Journal of Product Innovation Management*, 23(22).
- Ortega-Rangel, R. (2005). Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en un grupo del sector siderúrgico. *Innovar*, 15(25), 90-102.
- Ortega-San Martín F. La Prospectiva: Herramienta indispensable de planteamiento en una era de cambios. [http:// www.oei.es/historico/salactsi/PROSPECTIVA2.PDF](http://www.oei.es/historico/salactsi/PROSPECTIVA2.PDF)
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población de estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), pp. 227-232.
- Pavel, P. y Pavitt, K. (1994). The nature and economic importance of national innovation systems. *STI Review*, (143), 7-32
- Pavitt, K. (1999). *Technology, Management and Systems of Innovation*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd
- Pérez, M.P. y Vichis, B., (2003), Análisis de la gestión tecnológica de los Centros de Investigación del Instituto Politécnico Nacional: el caso del CIITEC. X Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica (Altec), Cd. México.

- Popper, R., (2008). “How are foresight methods selected?”. *Foresight*, vol. 10, num. 6, 2008, Emerald Group Publishing Limited.
- Porter A.L. (2010) Technology foresight: types and methods. *Int. J. Foresight and Innovation Policy*, Vol. 6, Nos. 1/2/3, pp. 36-45
- Porter, M.E. (1980). *Competitive Advantage*. New York: Free Press.
- Prencipe, A. (2000). Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of the aircraft engine control system. *Research Policy*, 29(7-8), 895-911
- Rejeb, H. B., Morel-Guimaraes, L., Boly, V., Assi ~ elou, N. G., 2008. Measuring innovation best practices: Improvement of an innovation index ´ integrating threshold and synergy effects. *Technovation*, 28 (12), pp. 838–854
- Rindova, V.P. and Kotha, S. (2001). Continuous ‘mor- phing’: competing through dynamic capabilities, form, and function. *Academy of Management Journal*, **44**, 1263–1280.
- Roper, A.T., Cunningham S.W., Porter A.L., Mason, T.W., Rossini, F.A., y Banks, J. (2011). *Forecasting and management of technology*. 2nd Ed. New Jersey: John Wiley y Sons Inc.
- Saritas, O. (2006), “Systems thinking for foresight”, thesis, PREST, University of Manchester, Manchester, p. 11.
- Schumpeter, J.A. (1934). *Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Shapiro, A. R., 2006. Measuring innovation: Beyond revenue from new products. *Research Technology Management*, 49 (6), pp. 42–51
- Shapiro, C. (1989), *The theory of business strategy*, *RAND Journal of Economics* 20(1), 125-137.
- SI, Y.; LIEFNER, I.; WANG, T. (2013) Foreign direct investment with Chinese characteristics: A middle path between Ownership-Location-Internalization model and Linkage-Leverage-Learning model. *Chinese geographical science*, 23 (5), p. 594-606. DOI: 10.1007/s11769-013-0603-z

- Solís-Galván, J.C. y Palomo-González, M.A., (2010), La Gestión de la tecnología: Modelos y sus elementos clave. *Innovaciones de Negocios*, 7(2), pp. 315-343
- Solleiro, J. L., (1994), “Gestión de la vinculación universidad-sector productivo”, en Martínez, E. (ed), *Estrategias, planificación y gestión de ciencia y tecnología*, CEPAL-ILPES/ UNESCO/ UNU/ CYTED-D/ Editorial Nueva Sociedad.
- Teece, D. (2012). Dynamic Capabilities: Routines Versus Entrepreneurial Action. *Journal of Management Studies*, 48(8), 1396-1401.
- Teece, D. (2014). The Foundations of Enterprise Performance: Dynamic and Ordinary Capabilities in an (economic) Theory of Firms. *The Academy of Management Perspectives*, 28(4), 328-352.
- Teece, D. J., Pisano, G., y Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533
- Teece, D., y Pisano, G. (1994). The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3(3), 537-556.
- Terawatanavong, C., Whitwell, G.J., Widing, R.E. y O’Cass, A. (2011). Technological turbulence, supplier market orientation, and buyer satisfaction. *Journal of Business Research*, 64 (8), 911-918.
- Thamhain, Hans J., (2005). *Management of Technology: Managing effectively in technology – intensive organizations*. New Jersey: John Wiley y Sons Inc.
- Tsai, K-H (2004). The impact of technological capability on firm performance in Taiwan’s electronic industry. *The Journal of High Technology Management Research* 15(2): 183-195
- Vinkenroye, D. (2017). *Dynamic Capabilities: An exploration of the new sources of competitive advantage*. Case Study: Expedia. Inc. Vrije Universiteit Brussel.
- Volkan, M. (2012). A model proposal oriented to measure technological innovation capabilities of business firms: a research on automotive industry, *Procedia-Social and Behavioural Sciences* 4, pp. 147-159.

- von Tunzelmann, N. y Wang, Q. (2003). An evolutionary view of dynamic capabilities. *Economie Appliquée*, 6, 33–64.
- Wang, C.L., Ahmed, P.K. (2007). Dynamic capabilities: A review and reaserch agenda. *International Journal of Management Reviews*.
- Wang, Y. y Zhou, Z. (2013). The dual role of local sites in assisting firms with developing technological capabilities: Evidence from China. *International Business Review*, Elsevier, 22(1), 63-76.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5, 795–815.
- Westphal, L, Kim, L. y Dahlman, C. (1985). Reflections on the Republic of Korea's Acquisition of Technological Capability, en N. Rosenberg y C. Frischtak (eds), *International Technology*, New York: Praeger Publishers.
- Yoguel, G. y Boscherini, F., (1996). La capacidad innovativa y el fortalecimiento de la competitividad de las firmas: El caso de las Pymes exportadoras argentinas. Documento de Trabajo. CEPAL, 71.
- Zahra, S.; Sapienza, H. y Davidsson, P. (2006). Entrepreneurship and Dynamic Capabilities: A Review, Model and Research Agenda. *Journal of Management Studies*, 43(4), 917-955.
- Zahra, S. y George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization and extension. *Academy of Management Review*. 27(2), 185-203.
- Zollo, M. and Winter, S. (2002). Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization Science*, 13, 339–351.