

Planeación en centros de investigación y desarrollo tecnológico utilizando prospectiva tecnológica

Castillo-Camarena, Nadia
Instituto de Ciencias Aplicadas y
Tecnología, UNAM. México
nadia.castillo@icat.unam.mx

López-Ortega, Eugenio
Instituto de Ingeniería, UNAM.
México
elopez@iingen.unam.mx

Valdés-Rodríguez, Miriam
Instituto de Ingeniería,
UNAM. México
mvaldesr@iingen.unam.mx

Palabras clave: prospectiva tecnológica, centros de investigación y desarrollo, planeación estratégica, análisis bibliométrico

Abstract: el trabajo presenta la construcción de un método para realizar procesos de prospectiva tecnológica en centros de investigación y desarrollo (CIyDT). El método se construyó a partir de la teoría de sistemas, la planeación estratégica y la revisión y adaptación de diferentes marcos de prospectiva utilizados en la construcción de políticas públicas y procesos de planeación estratégica en organizaciones. Por otro lado, a partir de una revisión bibliográfica se identificaron las técnicas mayormente utilizadas en el campo de la prospectiva. En particular se utilizaron las reuniones de expertos, los análisis bibliométricos y la consulta Delphi, entre otras. El método propuesto contempla tres fases: pre-prospectiva, prospectiva y post-prospectiva. Las primeras dos fases consideran nueve etapas. Algunas etapas se sustentan importantemente en reportes bibliométricos. El método contempla la aplicación para cada uno de los temas y líneas de investigación que se consideran estratégicos para el CIyDT. El método se desarrolló y aplicó a un tema de investigación relevante en un CIyDT universitario en México.

1. Introducción

Los Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIyDT) se consideran organizaciones idóneas para realizar ejercicios de Prospectiva Tecnológica (PT), dado que son instituciones que tienen necesidad de planear su desarrollo con base en las tendencias científicas y tecnológicas dominantes y/o emergentes en los temas de investigación en los que trabajan. Además, disponen de expertos en los temas tecnológicos de interés que pueden participar en los ejercicios de PT.

A pesar de la idoneidad de los CIyDT para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica, son limitados los reportados en la literatura. Además, los trabajos identificados dan cuenta

principalmente de los resultados obtenidos y en menor medida del proceso utilizado para lograr los resultados presentados.

Jaso-Sánchez, (2011) afirma que la PT provee de argumentos para el diseño de programas y la selección de prioridades, más aún permite la identificación de tecnologías clave y la identificación y creación de redes que resultan pertinentes para las organizaciones.

López-Ortega *et al.* (2019) señalan que la PT representa un elemento fundamental en la planeación de los CIyDT, junto con otros elementos tales como la Vigilancia tecnológica y los Mapas de desarrollo tecnológico.

Este trabajo presenta la construcción de un método para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica en CIyDT. Para ello, en primer lugar, se revisaron diferentes propuestas para realizar procesos de prospectiva en general. Se identificaron 5 propuestas las cuales se describen brevemente en la siguiente sección. Esta revisión sirvió para diseñar el método aquí propuesto.

Por otra parte, se realizó un análisis bibliométrico de los trabajos relacionados con el tema de PT. Se identificaron 139 artículos publicados entre 2007 y 2017 relacionados con las palabras en inglés *Technology forecasting* y *Technology foresight*. A partir de estos trabajos se ubicaron las principales técnicas utilizadas lo que sirvió para integrarlas en el método propuesto. Los resultados del análisis bibliométrico se muestran en la tercera sección de este trabajo. En esta misma sección se presenta el método propuesto para realizar ejercicios de PT.

El método consta de tres fases:

- Pre-prospectiva, en la que se prepara la realización del ejercicio
- Prospectiva, en la que se desarrolla el ejercicio y se generan conocimientos relacionados con el tema de investigación analizado
- Post-prospectiva, en la que se utilizan los resultados logrados en el ejercicio

El trabajo describe las primeras dos fases; es decir, la Pre-prospectiva y la Prospectiva. Estas dos fases se desarrollan en 9 etapas cuyas actividades se describen brevemente.

Finalmente se presentan las principales conclusiones derivadas de la aplicación del método propuesto en un tema de investigación de interés para un CIyDT en México.

2. Marcos de prospectiva institucional

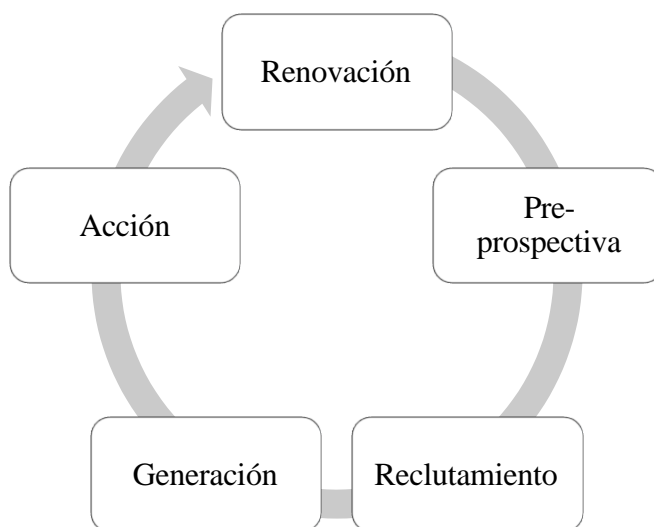
La construcción del método propuesto parte de la idea de que un proceso de prospectiva cuenta con tres etapas: pre-prospectiva (preparación), prospectiva (generación de conocimiento) y la post-prospectiva (uso del conocimiento generado en la fase anterior).

Uno de los marcos más citados en la literatura de los estudios del futuro es el de Miles (2002). Este marco consta de cinco fases complementarias: pre-prospectiva, reclutamiento, generación de conocimiento, acción y renovación. En este marco el ejercicio de visualización de futuros se realiza en la fase generación, que consta de cuatro actividades: 1. Se amalgaman, se

analizan y sintetizan los conocimientos existentes. 2. Se codifica el conocimiento tácito. 3. Se generan nuevos conocimientos. 4. Se crean nuevas visiones e imágenes del futuro.

Dichas actividades se realizan en 3 etapas: exploración, análisis y anticipación o prospectiva. En la exploración se busca entender el contexto, la problemática y las tendencias desde el punto de vista de los actores clave del ejercicio. El análisis identifica cómo se relacionan el contexto, la problemática y las tendencias. Finalmente, en la anticipación se utiliza el conocimiento generado en las etapas anteriores para identificar los posibles futuros o sugerir los futuros deseables.

Figura 1 Marco de prospectiva de Andersen y Rasmussen (fragmento)

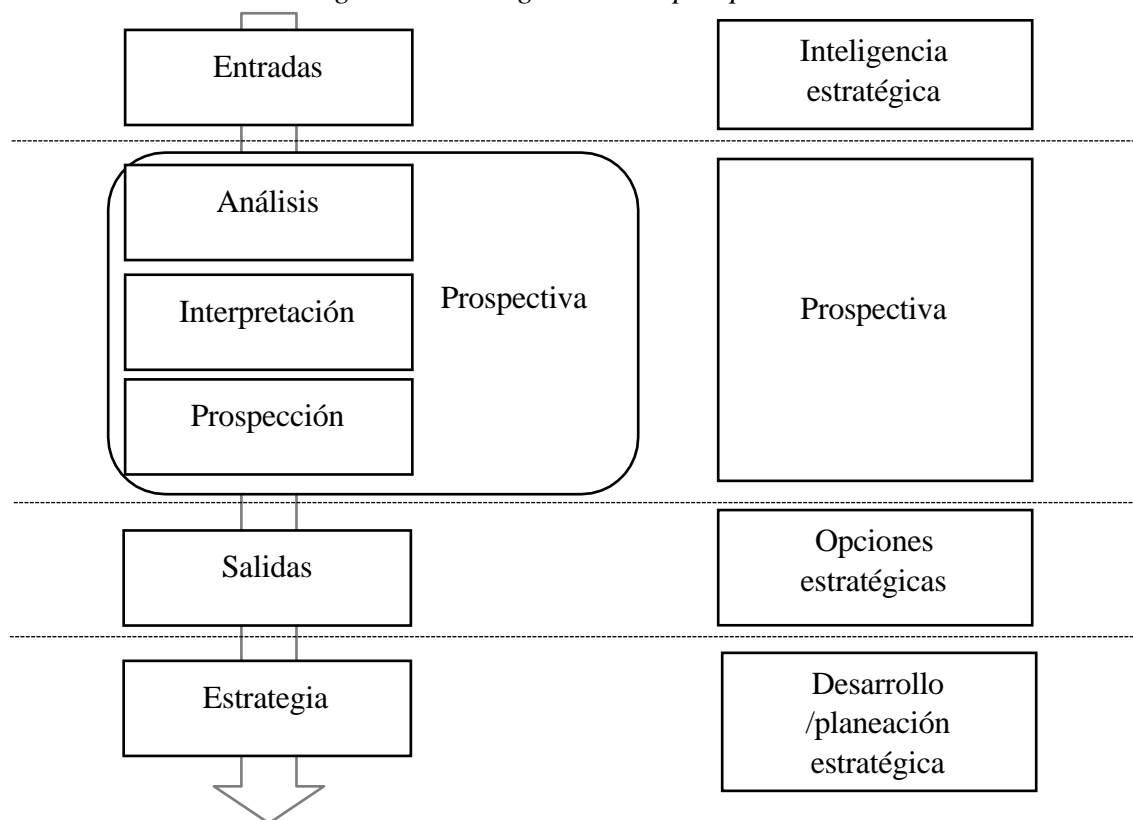


Fuente: (Miles, 2002)

Los conocimientos existentes se ubicarían en la fase de pre-prospectiva que en el marco de Voros (2003), es una fase en donde se realiza inteligencia estratégica, la cual da información de lo que está ocurriendo en el ambiente del sistema. Esta nueva información al socializarse entre los involucrados del proceso podría generar nuevo conocimiento.

En el marco de Voros (2003), se identifican las actividades en cada etapa del proceso de prospectiva y propone una lista de técnicas a usar para cada etapa. En este marco se agrega una cuarta etapa al marco general presentado antes. A la última etapa, Voros la denomina estrategia y de acuerdo con él, en esta etapa la prospectiva ya fue realizada y los resultados ahora están en manos de los tomadores de decisiones, quienes deberán desarrollar y dirigir las acciones estratégicas para la implementación de los resultados de la prospectiva.

Figura 2 Marco genérico de prospectiva de Voros

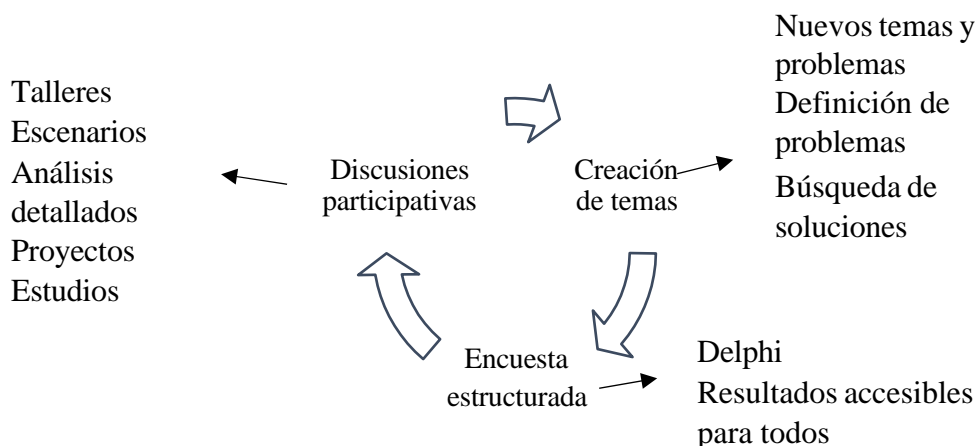


Fuente: (Voros, 2003)

Los resultados del ejercicio de prospectiva, de acuerdo con Voros (2003) tienen dos finalidades: proporcionar información para la toma de decisiones y la implementación de acciones. Este marco muestra que el trabajo de prospectiva debe hacerse antes de la toma de decisiones estratégicas y de la planeación estratégica.

En la literatura académica, la prospectiva ya se acepta como un ejercicio participativo y multidisciplinario. Se busca propiciar un mayor involucramiento de los agentes que puedan contribuir al proceso y a la facilitación del uso de los resultados del ejercicio (Van der Helm, 2007; Rohrbeck y Gemünden, 2010). Cuhls (2003) centra su trabajo en la participación y la comunicación. Propone un marco que presenta a la prospectiva como un proceso continuo en tres etapas: la creación de temas, consultas estructuradas y la participación. En el marco propuesto se retoma la idea de la selección de los participantes y la selección de herramientas que faciliten la participación de los actores adecuados para el proceso.

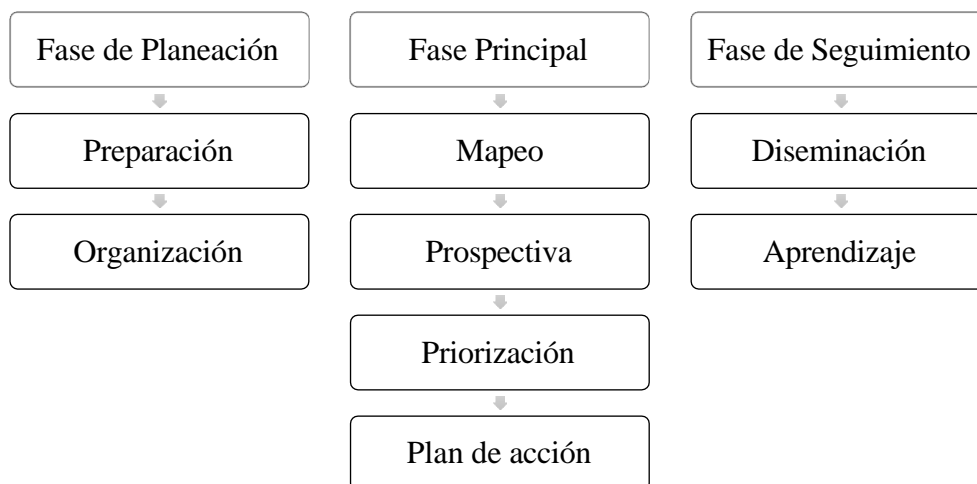
Figura 3 Marco de prospectiva de Cuhls



Fuente: (Cuhls, 2003)

Un marco más reciente lo presentan Andersen y Rasmussen (2014). Este marco contribuye a la literatura detallando las actividades propuestas para cada fase. La fase de pre-prospectiva se conoce como planeación; es una fase de preparación del ejercicio. La segunda fase, fase principal, inicia con la identificación del sistema con el que se va a trabajar, seguido de la identificación de tendencias, así como de los desafíos internos y los factores impulsores de cambio, y la construcción de visiones. En esta misma fase, a diferencia de otros marcos, se encuentran la priorización de las alternativas y acciones propias de la planeación como las recomendaciones y planes de acción. La fase seguimiento, se orienta en la diseminación de los resultados que busca la alineación entre los resultados y los *stakeholders*, así como la apropiación de estos. En una etapa posterior en la misma fase, pretende monitorear el aprendizaje producto del proceso de prospectiva.

Figura 4 Marco de prospectiva de Andersen y Rasmussen (fragmento)

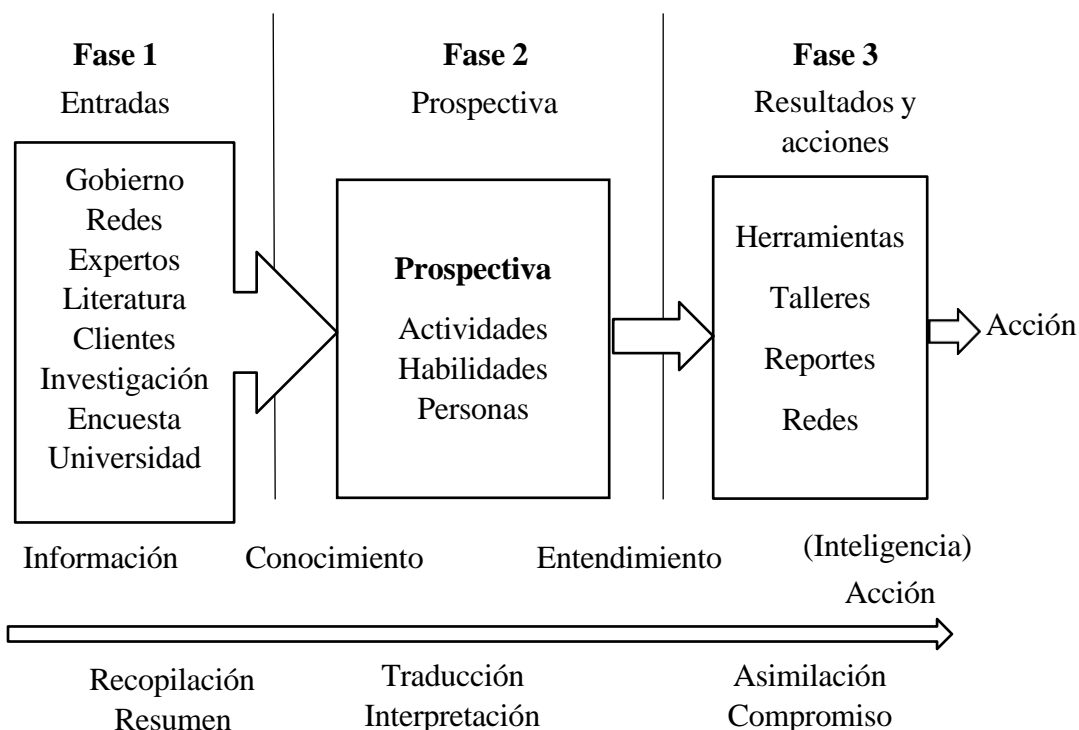


Fuente: (Andersen & Rasmussen, 2014)

En la literatura se identifica a la prospectiva como un sistema con interacciones entre tres componentes: conocimientos, capacidades y relaciones (Salo, *et al.*, 2004) (Dufva, *et al.*, 2015). Dufva *et al.*, (2015). Dufva y Ahlqvist (2015) describen estas relaciones de la siguiente manera: el conocimiento forma las capacidades, las capacidades actúan sobre las relaciones y la interacción entre los agentes y finalmente las relaciones afectan la creación de conocimiento. En estos términos, la prospectiva permite a los involucrados obtener y generar conocimiento de los datos o la información suministrada en el proceso.

Öner y Göl (2007) retoman la idea anterior y presentan un marco que incluye la transformación de la información en conocimiento, y más aún en inteligencia. La fase 1 corresponde a la recopilación y resumen de la información disponible, cuyo resultado de acuerdo con Öner y Göl, es conocimiento para la fase 2. En la fase 2 se realiza la traducción e interpretación del conocimiento obtenido en la fase previa para comprender sus implicaciones en el futuro de la organización. El conocimiento generado y acumulado, debe “traducirse” a un lenguaje que resulte apropiado para la organización. En esta fase, se da la combinación del conocimiento. Finalmente, la fase 3 corresponde a la apropiación, asimilación y compromiso con la acción (internacionalización del conocimiento en el marco del modelo SECI). Pasar de una etapa a la siguiente requerirá de mayores recursos y mayor compromiso de los participantes.

Figura 5 Marco de prospectiva y gestión de conocimiento Öner y Göl



Fuente: (Öner & Göl, 2007)

Los procesos de prospectiva requieren de personas que estén interesadas y conozcan los temas a tratar, además de que se involucren en el proceso. Al mismo tiempo, requiere la participación de quienes puedan tomar decisiones y den legitimidad al proceso. Entre las actividades se encuentran

aquellas dirigidas a la preparación y desarrollo del proceso de prospectiva: diseño, planeación, asignación de recursos, instrumentación, control, revisión, entre otras

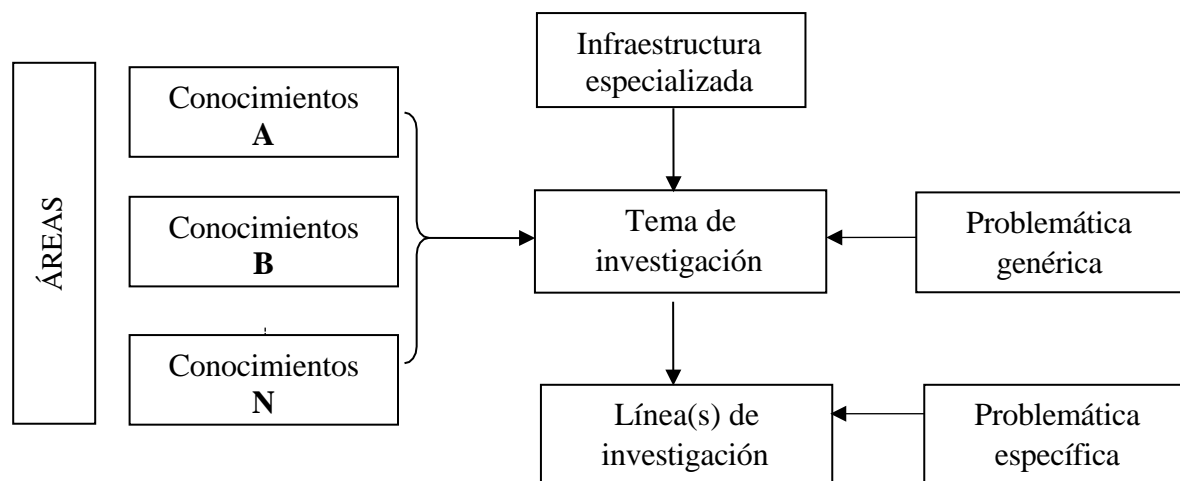
3. Método de prospectiva tecnológica para CIyDT

El método propuesto, se desarrolló basado en la teoría y los marcos presentados en el apartado anterior. Además, se aplicó en un CIyDT universitario en México, lo que permitió la retroalimentación y realizar ajustes al marco inicial. El método se basa en la idea de que la PT en una organización tiene como fin proveer de información a las organizaciones, para que estas puedan realizar acciones que les permitan adaptarse al entorno. Dicha información les permite identificar en dónde se encuentran, sus capacidades actuales e identificar las oportunidades de desarrollo.

El método propuesto retoma la idea de que los CIyDT son organizaciones generadoras de conocimiento, y en ellas se encuentran investigadores que trabajan en los temas de investigación de interés para el Centro. En cada tema de investigación los investigadores atienden diversas líneas específicas de investigación.

Un tema de investigación se conforma de diversos conocimientos e infraestructura que se agrupan para atender una problemática genérica. Por ejemplo, una problemática genérica representa el tratamiento de grandes volúmenes de agua residual para modificar sus características y disponer de ellas en nuevas aplicaciones, o bien, su restitución al medio ambiente. Dentro del tema de investigación existen diversas problemáticas específicas que se atienden a través de líneas de investigación relacionadas con el tipo de tratamiento (físicoquímico, biológico, etc.), del tipo de sustancia a eliminar (materia orgánica, metales, etc.), entre otros aspectos.

Figura 6 Estructura de tema y línea de investigación



Fuente: elaboración propia

La siguiente figura muestra un esquema de la estructura propuesta para conceptualizar un tema de investigación y las líneas específicas de investigación.

Por otro lado, se realizó un ejercicio de inteligencia tecnológica con revistas de la base de datos Scopus en donde se publica la mayor parte de artículos relacionados con el tema de prospectiva en general y prospectiva tecnológica en particular. En análisis consideró el periodo de 2007-2017. Se identificaron 18 revistas y se utilizaron por separado las palabras clave *technology forecasting* y *technology foresight*. En el periodo 2007 – 2017 se identificaron 77 trabajos en las que aparecen alguna de las palabras clave del grupo *technology forecasting* y 63 trabajos del grupo *technology foresight*. En solo uno de estos trabajos aparecen palabras clave de ambos grupos. Esto indica que los autores diferencian los dos conceptos de *technology forecasting* y *technology foresight*. Por lo tanto, el análisis corresponde a 139 trabajos.

En el 55.2% de los 139 documentos analizados aparecen grupos de palabras clave relacionados con el propósito de los ejercicios realizados. El desarrollo de *technology roadmaps*, la identificación de tecnologías emergentes, la planeación tecnológica y el desarrollo de políticas de innovación resultan los principales propósitos por los que se realizaron los ejercicios de prospectiva tecnológica reportados en los 139 artículos.

Tabla 1 Grupos de palabras clave más frecuentes

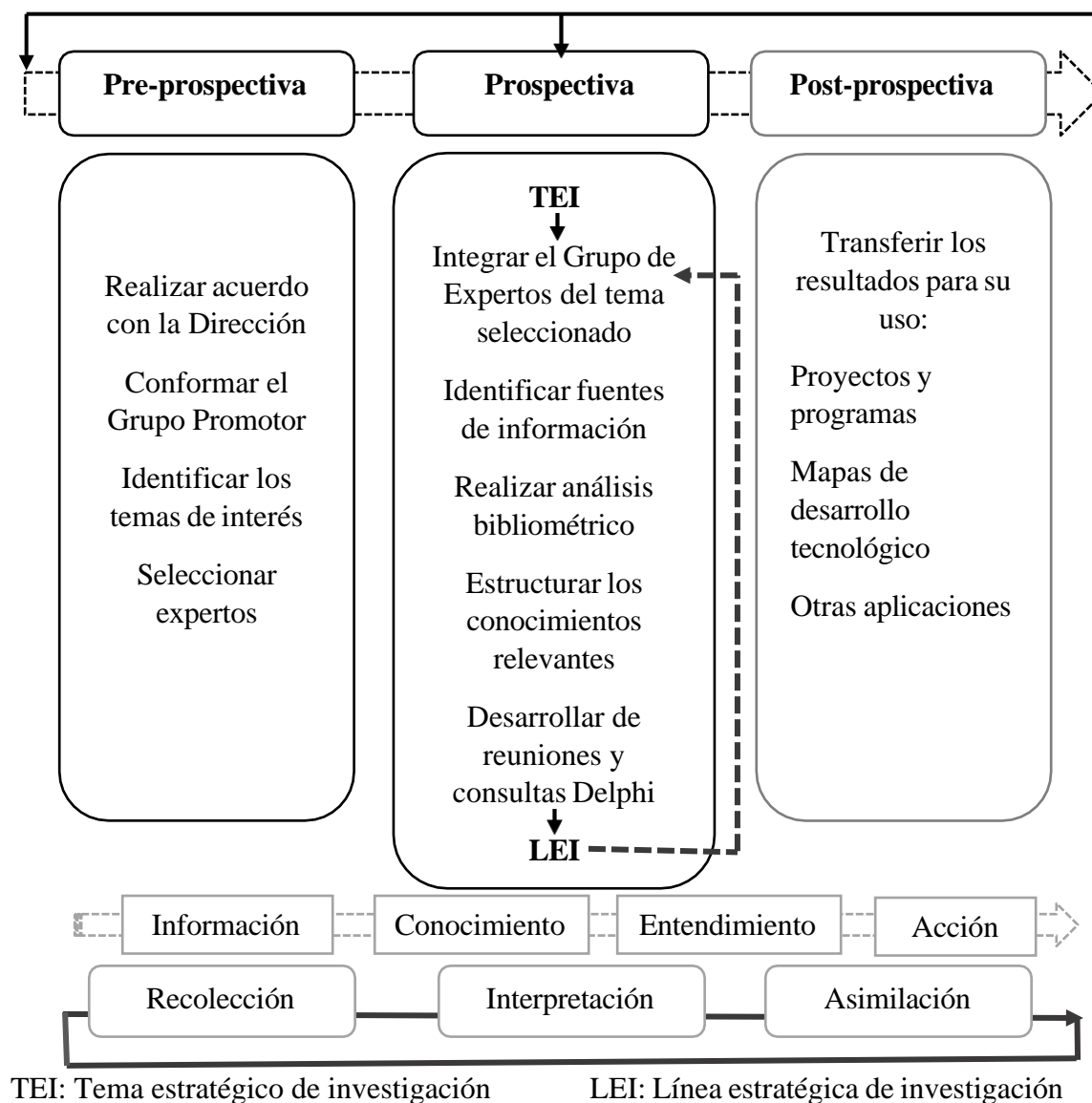
		TECHNOLOGY FORECASTING	TECHNOLOGY FORESIGHT	Subtotales	
Propósito	TECHNOLOGY ROADMAP	13.0%	4.8%	17.8%	55.2%
	EMERGING TECHNOLOGY	11.7%	4.8%	16.5%	
	TECHNOLOGY PLANNING	7.8%		7.8%	
	INNOVATION	5.2%	7.9%	13.1%	
Técnica	PATENT ANALYSIS	6.5%		6.5%	55.0%
	BIBLIOMETRIC	5.2%		5.2%	
	DEA	5.2%		5.2%	
	DELPHI		23.8%	23.8%	
	SCENARIOS		14.3%	14.3%	
Subtotales		54.6%	55.6%		

Fuente: (Castillo-Camarena y López-Ortega, 2021)

Por otra parte, en el 55.0% de los 139 artículos se mencionan palabras clave relacionadas con las técnicas utilizadas. En el caso de los artículos relacionados con el grupo *technology forecasting*, las técnicas señaladas corresponden a técnicas cuantitativas tales como *patent analysis*, *bibliometric analysis* y *DEA*. Por el contrario, en el grupo de *technology foresight* las técnicas señaladas corresponden al tipo cualitativo tales como *Delphi* y *scenarios*.

Tomando esta información, en el método propuesto se incorpora el uso de las técnicas identificadas, además de entrevistas y reuniones con expertos.

Figura 7 Marco de prospectiva tecnológica propuesto para un CIyDT adaptado a partir de su aplicación



Fuente: (Castillo-Camarena y López-Ortega, 2021)

Tabla 2 Fases y actividades principales del método propuesto

FASE / ETAPA	ACTIVIDADES
FASE PRE-PREPROSPECTIVA	
<i>Etapa 1. Integración del Grupo Líder y acuerdo con la Dirección</i>	Integrar el grupo que dirigirá el ejercicio. Acordar con la dirección el proceso para realizar el ejercicio.
<i>Etapa 2. Identificación de los temas estratégicos de investigación</i>	Identificar los temas de investigación considerados como estratégicos para el CIyDT. Seleccionar los temas estratégicos a analizar.
FASE PROSPECTIVA	
<i>Tema estratégico de investigación</i>	
<i>Etapa 3. Integración del grupo de expertos (GE)</i> <i>Primera reunión GE</i>	Integrar el Grupo de Expertos (GE) para cada tema estratégico de investigación a analizar. Identificar las principales fuentes bibliográficas relacionadas con el tema estratégico. Realizar informe bibliométrico relacionado con el tema estratégico y enviarlo a GE.
<i>Etapa 4. Revisión del análisis bibliométrico</i> <i>Segunda reunión GE</i>	Comentar y discutir el informe bibliométrico del GE. Elaborar una propuesta previa de áreas de conocimiento relevantes al tema de investigación analizado.
<i>Etapa 5. Identificación de las áreas de conocimiento en los TEI</i> <i>Tercera reunión GE</i>	Discutir y consensuar las áreas de conocimiento relevantes al tema de investigación analizado. Identificar la actividad investigadora de cada integrante de GE según las áreas de conocimiento relevantes. Realizar un nuevo informe bibliométrico considerando las áreas de conocimiento relevantes y enviarlo a GE.
<i>Etapa 6. Análisis de las áreas de conocimiento y de las LEI</i> <i>Cuarta reunión GE</i>	Analizar la dinámica de cada una de las áreas de conocimiento relevantes. Confirmar la actividad investigadora de cada miembro de GE e identificar la actividad CIyDT según las áreas de conocimiento relevantes. Discutir las áreas de conocimiento relevantes a fomentar en la organización. Identificar líneas de investigación específicas relacionadas con las áreas de conocimiento relevantes a impulsar en la CIyDT.
FASE PROSPECTIVA	
<i>Línea específica de investigación</i>	
<i>Etapa 7. Selección de la línea de investigación específica e integración del grupo de expertos</i>	Seleccionar con las autoridades la línea de investigación específica y la persona a ser Líder de Línea Específica de Investigación (LLEI).

<i>Reunión con el líder de la línea de investigación</i>	Acordar con LLEI las fuentes bibliográficas y palabras clave relacionadas con la línea de investigación específica. Acordar con LLEI los miembros a ser invitados a integrar el Grupo de Expertos relacionado con la línea de investigación específica (GE-LLEI). Realizar un informe bibliométrico relacionado con la línea de investigación específica.
Etapa 8. <i>Consulta Delphi</i>	Realizar y enviar nuevo reporte bibliométrico. Realizar consulta Delphi dirigida a identificar acciones necesarias para el desarrollo de la línea específica de investigación.
Etapa 9. <i>Conclusiones</i>	Integrar acciones propuestas. Validar las acciones con el grupo de expertos.

Fuente: (Castillo-Camarena y López-Ortega, 2021)

4. Conclusiones

Se revisaron y presentaron marcos de prospectiva utilizados en contextos distintos a los de los CIyDT. Con esa información, se desarrolló una propuesta que incluye elementos que se identificaron como pertinentes para CIyDT. En general, los ejercicios de prospectiva incluyen tres etapas en su desarrollo: pre-prospectiva, prospectiva tecnológica y post-prospectiva. Las dos primeras fases, consisten en la preparación y desarrollo de los ejercicios de PT. La tercera etapa corresponde al uso de los resultados del ejercicio. En el presente trabajo se desarrollaron las dos primeras etapas.

Los ejercicios de PT se sustentan en el análisis de temas específicos; por lo tanto, la propuesta considera el análisis de temas tecnológicos específicos de interés para la organización interesada. La propuesta contempla la conceptualización de un tema de investigación asociado a una problemática genérica y su división en líneas específicas de investigación.

A partir de la aplicación del método en un tema de investigación en un CIyDT en México, se observó la importancia de la adecuada ejecución de la fase de pre-prospectiva. Establecer una adecuada comunicación con el equipo directivo del CIyDT resulta muy relevante para el éxito del ejercicio.

Resultó relevante orientar las primeras etapas de la fase de prospectiva a la identificación de las fuentes de información relevantes, así como a las principales áreas del conocimiento que participan en el tema de investigación analizado. Estos dos puntos se sustentaron en la discusión y consenso de los expertos participantes en el ejercicio de PT.

En los estudios de prospectiva es cada vez más frecuente el uso de la bibliometría. Asimismo, se observó la importancia de la incorporación de expertos, como actores del proceso de prospectiva y para validar el mismo. Durante la aplicación del método propuesto se realizaron varios análisis y reportes bibliométricos, que permitieron a los participantes tener un panorama general del tema,

e incluso fungió de apoyo para estructurar el tema de interés. Además, los análisis bibliométricos, proporcionaron información sobre los principales actores del tema como: instituciones y grupos de investigación a nivel nacional e internacional. Los primeros reportes bibliométricos y su discusión fueron útiles para que los participantes contaran con una base homogénea de conocimiento sobre el tema de interés.

Se observó también la importancia de contar con flexibilidad para adaptar y alinear los objetivos de acuerdo con los resultados que fueron surgiendo y a la retroalimentación de la Dirección del CIyDT. Así, se concluye que un proceso de prospectiva no sólo debe ser participativo, también adaptativo, debido a que es dinámico.

Los estudios sobre el futuro y en particular la PT, es un campo de estudio participativo. Así, se buscó la forma de propiciar la participación de los involucrados. Se observó que la realización de reuniones no prolongadas (no mayores a 2 horas) fue de utilidad para lograr la participación e interés de los expertos. Del mismo modo, el envío de reportes bibliométricos previos a la reunión permitió la agilidad de éstas.

En las últimas se utilizaron también, encuestas tipo Delphi. Los cuestionarios, acompañados de reportes bibliométricos se enviaron a través de correo electrónico y se dio un plazo para contestarlas, lo que permitió obtener una buena respuesta de los participantes.

Se realizaron entrevistas con expertos que se consideraron como líderes en los temas, lo que permitió realizar ajustes puntuales a los esquemas y a los análisis que se realizaron. Se recopiló información con diferentes herramientas lo que, de acuerdo con la literatura, permite darle robustez a la información recolectada.

Fue importante la participación, dentro del grupo de expertos, de investigadores líderes en el tema de investigación analizado. Durante el ejercicio se pudieron realizar entrevistas con dos investigadores líderes que permitieron ajustar los resultados de cada sesión. Lo anterior se tradujo en una buena respuesta de los restantes expertos participantes y fomentó la cohesión del grupo.

5. Referencias

- Alsan, A., & Öner, M. (2004). Comparison of national foresight studies by integrated foresight management model. *Futures*, 889-902.
- Andersen, P. D., & Rasmussen, B. (2014). *Introduction to foresight and foresight processes in practice. Note for the PhD course Strategic Foresight in Engineering*. Lyngby: Department of Management Engineering, Technical University of Denmark.
- Cuhls, K. (2003). From Forecasting To Foresight Processes: New Participative Foresight Activities in Germany. *Journal of Forecasting*, 93-111.
- De Lattre-Gasquet, M., Petithuguenin, P., & Sainte-Beuve, J. (2003). Foresight in a Research Institution: a critical review of two exercises. *Journal of Forecasting*, 203-217.
- Dufva, M., Könnölä, T., & Koivisto, R. (2015). Multi-layered foresight: Lessons from regional foresight in Chile. *Futures*, 100-111.
- Jaso-Sánchez, M. (2011). La prospectiva tecnológica: un elemento necesario para la gestión del conocimiento en México. *XV Coloquio de Administración. La administración en un mundo globalizado y en crisis. Evolución, análisis y propuestas*. Tuxtla Gutierrez: Universidad Autónoma de Chiapas.
- López-Ortega, E., Castillo-Camarena, N., Valdés-Rodríguez, M., & Solís-González, R. (2019). Planeación en centros de investigación y desarrollo tecnológico (CIyDT). *XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC*. Medellín.
- Miles, I. (2002). *Appraisal of alternative methods and procedures for producing regional foresight*. Manchester: CRIC European Commission's DG Research Funded STRATA-ETAN Expert Group Action.
- Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N. (2000). SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. *Long Range Planning*, 5-34.
- Öner, M., & Göl, S. (2007). Pitfalls in and success factors of corporate foresight projects. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 447-471.
- Rohrbeck, R., & Gemünden, H. (2010). Corporate foresight: Its three roles in enhancing the innovation capacity of a firm. *Technological Forecasting and Social Change*, 231-243.
- Salo, A., Könnölä, T., & Hjelt, M. (2004). Responsiveness in foresight management: reflections from the Finnish food and drink industry. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 70-88.
- Van der Helm, R. (2007). Ten insolvable dilemmas of participation and why foresight has to deal with them. *Foresight*, 3-17.
- Voros, J. (2003). A generic foresight process framework. *Foresight*, 10-21.