

Diseño de un proceso de prospectiva tecnológica en organizaciones dedicadas a la investigación y desarrollo

EUGENIO LÓPEZ ORTEGA¹

NADIA CASTILLO CAMARENA²

ERIC GARCÍA CANO CASTILLO³

RESUMEN

Se presenta el diseño de un ejercicio de prospectiva tecnológica para realizarse en centros dedicados a la investigación y desarrollo tecnológico (CIyDT). En este tipo de organizaciones resulta importante la realización de prospectiva tecnológica para mantener y acrecentar su competitividad. Para el diseño primeramente se efectuó un análisis bibliométrico sobre prospectiva tecnológica. El análisis se desarrolló utilizando un sistema computacional que facilita este tipo de análisis. El trabajo describe brevemente las partes que componen dicho sistema computacional. Con base en los resultados se identifican las técnicas más frecuentemente utilizadas en ejercicios de prospectiva tecnológica. Estas técnicas son consideradas en el diseño el cual contempla 9 etapas. La última etapa corresponde a la mejora continua del proceso de prospectiva tecnológica. Se concluye que el diseño propuesto deberá evaluarse en dos aspectos: su aportación a la toma de decisiones y su inserción en la práctica cotidiana en el CIyDT.

Palabras clave: Prospectiva tecnológica, Competitividad tecnológica, Minería tecnológica, Bibliometría, Centros de IyD, Inteligencia tecnológica

ABSTRACT

The design of a technology foresight exercise to be executed in centers dedicated to research and technological development (CR&TD) is presented. In this type of organizations, conducting technology foresight is important to maintain and increase their competitiveness. In the design, the first thing done was a bibliometric analysis on technology foresight. The analysis was developed using a computer system that facilitates this type of analysis. The paper briefly describes the parts of this computer system. Based on the results, the techniques most frequently used in technology foresight exercises are identified. These techniques are considered in the design of the technology foresight exercise, which includes 9 stages. The last stage corresponds to the continuous improvement process of technology foresight. It is concluded that the proposed design should be evaluated in two aspects: its contribution to the decision-making and their integration into everyday practice in the (CR&TD).

¹ Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

³ Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Keywords: Technology foresight, Technology competitiveness, Tech mining, Bibliometrics, R&D Centers, Technology intelligence.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las funciones relevantes de la dirección de las organizaciones consiste en guiarlas a través de los cambios que sufre su entorno. Roper et al. (2011) señalan que la principal fuente de cambio en las organizaciones corresponde a la tecnología.

Cuando el principal producto que genera una organización se encuentra estrechamente ligado a la tecnología, entonces para la dirección resulta fundamental anticipar los cambios tecnológicos. Este es el caso de los llamados Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIyDT).

Los CIyDT representan un sustento relevante para apoyar a las organizaciones productivas de un país en la generación de nuevas tecnologías y en la adopción exitosa de aquellas que les permiten mantenerse como *rápidos seguidores*.

La construcción de competencias en un CIyDT es un proceso que requiere varios años y, en consecuencia, las decisiones que toma la dirección deben prever los cambios tecnológicos que se presentarán en el mediano y largo plazos. La prospectiva tecnológica ofrece información acerca de hacia dónde evolucionan los campos tecnológicos y, en consecuencia, nutren a los decisores de conocimientos útiles para la formación y actualización de competencias.

Por esta razón, desde el 2002 la Ley Orgánica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) señalaba que una de sus atribuciones consistía en: B. Realizar estudios prospectivos para identificar las necesidades nacionales en ciencia y tecnología, estudiar los problemas que la afecten y sus relaciones con la actividad general del país. (DOF, 2002; pág. 2).

De acuerdo a la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), los CIyDT se agrupan en tres tipos (Alcántara, 2014)

- Públicos. Con fondos públicos, dirigidos a algún sector o área del conocimiento y con actividad docente nula o poco importante.
- Universitarios. Pertenecientes a organizaciones de educación superior (públicas y privadas) y con actividad docente relevante.
- Privados. Generalmente promovidos por una o varias empresas, especializados en el área tecnológica de interés para los promotores y con actividad docente nula.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) es un CIyDT universitario creado hace 60 años que forma parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. En 2012 inició un proyecto de inteligencia tecnológica dirigido a generar información relativa a los temas de investigación que ha cultivado. Como parte de este proyecto se construyó una herramienta de cómputo que permite generar información bibliográfica para analizar el desarrollo de los conocimientos que se difunden en los temas tecnológicos específicos.

De acuerdo con Porter y Cunningham (2005) al proceso de compilar y analizar información bibliográfica contenida en bases de datos científicas y tecnológicas se le ha llamado minería tecnológica o *tech mining* por su nombre en inglés. De esta forma, la herramienta desarrollada en el IIUNAM (que se reseña en el siguiente capítulo), se puede ubicar en esta técnica.

Como parte de la evolución del proyecto relacionado con inteligencia tecnológica, se consideró pertinente iniciar ejercicios de prospectiva tecnológica aprovechando la información que se genera a través de la herramienta desarrollada de minería tecnológica. Dos características deberían presentar estos ejercicios:

- Que se convirtieran en procesos continuos en la organización y no ejercicios esporádico
- Derivado de lo anterior, que generaran conocimientos útiles para la toma de decisiones con el fin de fortalecer y/o consolidar en el mediano y largo plazos las competencias técnicas de la organización.

De esta manera, se planteó la necesidad de diseñar un proceso de prospectiva tecnológica que cumpliera con las dos características anteriores. Este es el tema del presente trabajo.

La primera fase del diseño de un proceso sistemático de prospectiva tecnológica consistió en analizar la experiencia internacional en la elaboración de este tipo de ejercicios. Para ello, se utilizó la herramienta desarrollada en el IIUNAM aplicándola al tema de prospectiva tecnológica. Con los resultados se identificaron las principales técnicas utilizadas por las principales instituciones que han trabajado en los últimos años en el tema.

En las siguientes secciones se describe brevemente en qué consiste la herramienta computacional utilizada para posteriormente mostrar los principales resultados del estudio bibliométrico efectuado. Con base en tales resultados, en una siguiente sección se presenta el diseño propuesto para realizar un proceso sistemático de prospectiva tecnológica en CIyDT. El trabajo finaliza con diversas conclusiones.

ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO SOBRE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

Como se señaló, el diseño de un proceso de prospectiva tecnológica se inició con un análisis bibliométrico sobre el tema. Para ello se utilizó una herramienta computacional desarrollada en el IIUNAM. En esta sección se describe brevemente en qué consiste dicha herramienta para posteriormente presentar los principales resultados obtenidos en el análisis bibliométrico.

Herramienta utilizada para el estudio bibliométrico

Existen diversas bases de datos que contienen información relativa a los nuevos conocimientos que se generan y publican en fuentes de información tales como revistas (journals), congresos, patentes, etc. A través de bases de datos académicas tales como *Scopus* o *Web of Knowledge* es posible identificar trabajos académicos específicos y, principalmente, consultar la calidad de las revistas con base en el factor de impacto que registra cada una de ellas.

Sin embargo, el procesamiento de la información que ofrecen no facilita la realización de análisis relacionados con el desarrollo en el tiempo de diferentes aspectos tales como:

- El crecimiento y/o agotamiento de una técnica o tipo de conocimientos en los trabajos que se realizan en un tema tecnológico
- La relevancia dinámica de las instituciones en los trabajos que se publican y difunden nuevos conocimientos, entre otros.

276

Este tipo de aspectos resultan relevantes para realizar inteligencia tecnológica. Por esta razón el IIUNAM desarrolló un sistema de cómputo que aprovecha la información contenida en la base de datos académica llamada *Scopus* y la procesa para generar estudios bibliométricos. Este sistema se le llamó *Sistema de Cómputo para la Inteligencia Tecnológica (SCIT)* y consta de tres partes:

a. Sistema de Información para la Inteligencia Tecnológica (SIIT). Consiste en una base de datos en la plataforma SQL Server que contiene la información referente a los artículos publicados en las revistas y congresos de mayor relevancia en un tema de investigación específico. Los datos que contiene el SIIT relacionados con cada artículo son los siguientes:

- Título del artículo y palabras clave que lo identifican
- Autores e instituciones de adscripción así como el país al que pertenece cada institución
- Datos de publicación: nombre de revista o congreso, volumen, número y año.

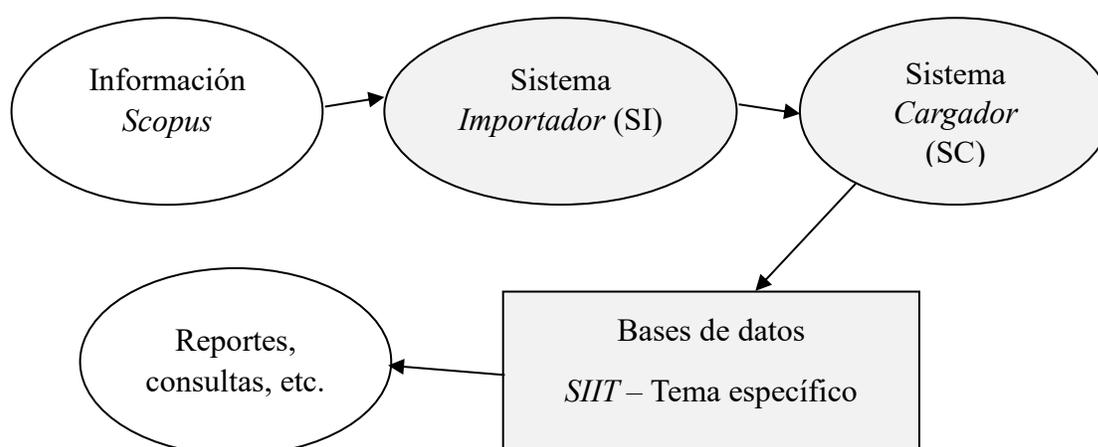
b. Sistema Importador (SI). La información obtenida de *Scopus* en un formato csv es procesada con el fin de identificar los diferentes campos y posteriormente homogeneizar los nombres de las instituciones, países, autores y revistas referenciadas. Este proceso de homogeneización se

realiza a través de catálogos en los que se identifican las diferentes variantes que se presentan en los nombres de los cuatro datos anteriormente señalados.

c. Sistema Cargador (SC). Corresponde a una rutina de cómputo que importa la información procesada por el SI hacia el SIIT. Antes de realizar la importación al SIIT, el SC verifica que el registro que se va a importar no se encuentre ya cargado en el SIIT con el fin de no duplicar la información. En el caso de que sí exista previamente el registro en el SIIT, el SC revisa si los datos del registro están completos y, en su caso, solamente carga los campos vacíos.

Una vez contenida la información en el SIIT, se pueden realizar diversos reportes y análisis. La figura 1 muestra la relación entre las partes que conforman el SCIT.

Figura 1. Relación entre las partes que conforman el SCIT



Desarrollo del estudio bibliométrico sobre prospectiva tecnológica

El estudio bibliométrico correspondiente al tema de prospectiva tecnológica se realizó en tres etapas.

Primera etapa. Selección de las fuentes de información relevantes para el tema de prospectiva tecnológica.

Se seleccionaron 15 revistas académicas relacionadas con el tema de prospectiva tecnológica. Esta selección se realizó con base en una consulta en *Scopus* de los trabajos relacionados con las siguientes palabras clave o descriptores:

Technology foresight, technological foresight, technology forecasting y technological forecasting.

Las 15 revistas seleccionadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Revistas seleccionadas para el análisis bibliométrico sobre prospectiva tecnológica.

No.	Revista
1	Foresight
2	Futures
3	International Journal of Forecasting
4	International Journal of Foresight and Innovation Policy
5	Journal of Forecasting
6	Journal of Future Studies
7	Journal of Technology Management and Innovation
8	Long Range Planning
9	Research Policy
10	Research Technology Management
11	Science and Public Policy
12	Scientometrics
13	Technological Forecasting and Social Change
14	Technology Analysis and Strategic Management
15	Technovation

Segunda etapa. Importación de la información al SCIT

Se utilizó el SI y el SC para incorporar los datos de los artículos publicados en las 15 revistas durante el periodo 2000 a la fecha. Con esta carga de información en el SIIT se importó la información referente a 13,204 artículos; es decir, un promedio aproximado de 58 artículos por revista por año.

También se identificaron 16,996 diferentes autores que participaron en al menos un artículo publicado en las 15 revistas analizadas y durante el periodo señalado. Estos autores estaban adscritos a 5,503 diferentes instituciones.

Tercera etapa. Análisis de la información sobre prospectiva tecnológica

Para seleccionar los trabajos que hacían referencia al tema de prospectiva tecnológica se integró un grupo de palabras clave conformado por los cuatro términos utilizados en la primera etapa, más otros identificados en el SIIT y que correspondían al mismo tema; por ejemplo: *strategic technology foresight*, *national technological foresight*, entre otros.

Con base en este grupo se identificaron 101 artículos relacionados con el tema de prospectiva tecnológica. Para delimitar el análisis a los últimos años, se consideró solamente el periodo 2005 al 2014. No se incluyeron los años 2015 y 2016 debido a que la información disponible en *Scopus* aún no estaba completa para dichos periodos.

La tabla 2 muestra los países que registran mayor presencia en la difusión de trabajos relacionados con prospectiva tecnológica. Los 15 países señalados participaron con un poco más del 90% de los trabajos identificados relacionados con el tema de prospectiva tecnológica.

Tabla 2. Países con mayor producción de trabajos sobre prospectiva tecnológica (2005-2014).

No.	Nombre del país	Total artículos	% participación	% acumulado
1	United States of America	12	18.8%	18.8%
2	Taiwan	9	14.1%	32.8%
3	South Korea	7	10.9%	43.8%
4	United Kingdom	4	6.3%	50.0%
5	Finland	3	4.7%	54.7%
6	Spain	3	4.7%	59.4%
7	Japan	3	4.7%	64.1%
8	Turkey	3	4.7%	68.8%
9	India	2	3.1%	71.9%
10	Germany	2	3.1%	75.0%
11	China	2	3.1%	78.1%
12	Denmark	2	3.1%	81.3%
13	Australia	2	3.1%	84.4%
14	Netherlands	2	3.1%	87.5%
15	Brazil	2	3.1%	90.6%

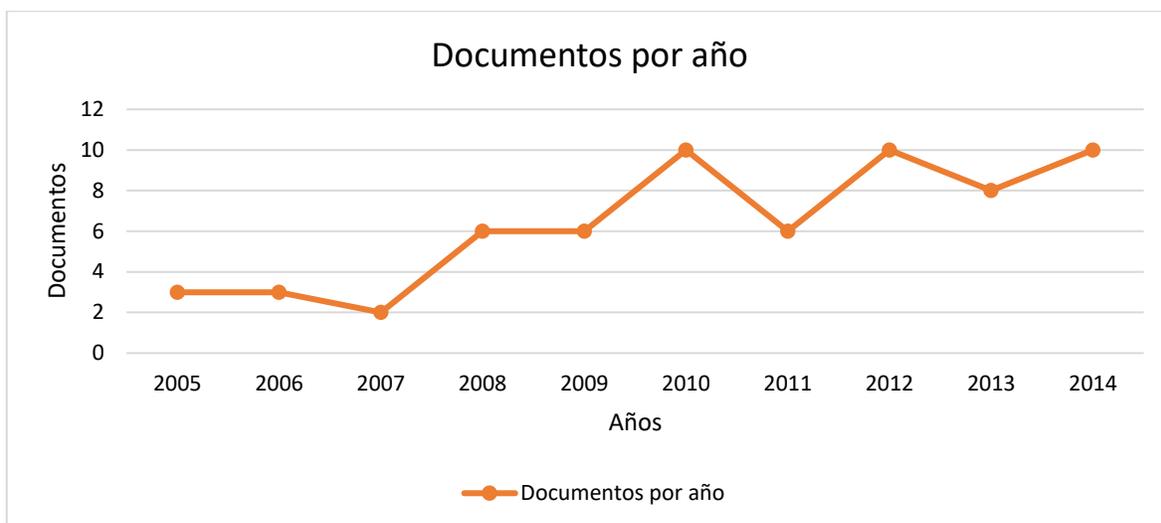
Por su parte, la tabla 3 muestra las instituciones de los 15 países arriba señalados en las que se generaron la mayor parte de los trabajos sobre prospectiva tecnológica.

Tabla 3. Instituciones generadoras de artículos sobre prospectiva tecnológica (2005-2014).

No.	Nombre de la institución	País
1	Portland State University	USA
2	Towson University	USA
3	Yorktown University	USA
4	Georgia Institute of Technology	USA
5	National Chiao Tung University	Taiwán
6	Science and Technology Policy Research and Information Center	Taiwan
7	National Cheng Kung University	Taiwan
8	National Taiwan University of Science and Technology	Taiwan
9	University of Gyeongju	South Korea
10	University of Dongguk	South Korea
11	University of Manchester	United Kingdom
12	University of Leeds	United Kingdom
13	University of Sussex	United Kingdom
14	Imperial College London	United Kingdom
15	University of Aalto	Finland
16	University of Turku	Finland
17	University of Pablo of Olavide	Spain
18	University Complutense of Madrid	Spain
19	Mitsubishi Research Institute	Japan
20	National Institute of Science and Technology Policy	Japan
21	Hokkaido Information University	Japan
22	University of Kocaeli	Turkey
23	University of Ege	Turkey
24	Council of Scientific and Industrial Research of India	India
25	Bajaj Auto Limited	India
26	Paderborn University	Germany
27	Whu Otto Beisheim School of Management	Germany
28	Chinese Academy of Sciences	China
29	Technical University of Denmark	Denmark
30	University of Sydney	Australia
31	University of Monash	Australia
32	University of Technology of Delft	Netherlands
33	Federal University of Sao Carlos	Brazil
34	University of Estado do Rio de Janeiro	Brazil

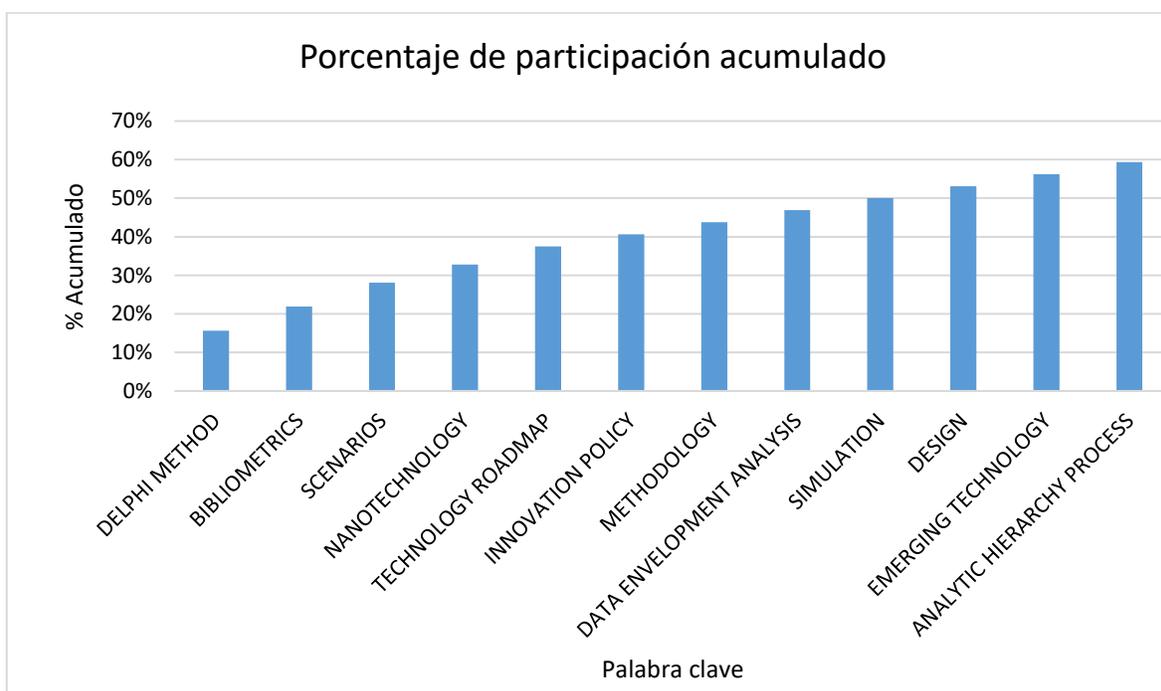
La figura 2 presenta el número de trabajos relacionados con el tema de prospectiva tecnológica publicados por año durante el periodo 2005 al 2014. Se puede observar una tendencia creciente a partir del año 2008.

Figura 2. Número de documentos publicados sobre prospectiva tecnológica (2005-2014)



La figura 3 muestra las principales palabras clave que aparecen en los artículos relacionados con el grupo de prospectiva tecnológica. Las 12 palabras clave que aparecen en la figura son señaladas en casi el 60% de dichos artículos.

Figura 3. Palabras clave más frecuentes asociadas al tema de prospectiva tecnológica (2005-2014)



Los resultados del análisis bibliométrico fueron analizados con el fin de sustentar el diseño de un proceso de prospectiva tecnológica. Este punto se reseña en la siguiente sección.

DISEÑO DE UN PROCESO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

En esta sección se presentan diversas consideraciones relacionadas con los resultados del análisis bibliométrico. Posteriormente se muestran las etapas contempladas en el diseño de un ejercicio de prospectiva tecnológica a ser aplicado en un CIyDT.

Consideraciones generales

Los resultados del análisis bibliométrico muestran la escasa difusión de ejercicios de prospectiva tecnológica realizados en México. Esta situación plantea la reducida experiencia que existe en el país en cuanto a la realización de este tipo de ejercicios.

En contraste, la figura 2 muestra la importante dinámica mundial en la realización y difusión de avances y aplicaciones del tema de prospectiva tecnológica. Durante el periodo 2005-2014 el número de trabajos relacionados con dicho tema registró una tasa de crecimiento del 14.3% promedio anual.

La figura 3 presenta las principales palabras clave (o descriptores) asociadas al grupo de *technology foresight*.

282

La principal palabra asociada a los trabajos identificados corresponde al método Delphi (*Delphi method*) el cual es utilizado para realizar consultas estructuradas a expertos en los temas tecnológicos a analizar. Es decir, corresponde a una importante fuente de información y conocimientos en el desarrollo de los ejercicios de prospectiva tecnológica.

También como fuente de información utilizada en los ejercicios de prospectiva tecnológica se encuentran los análisis bibliométricos (*bibliometrics*). Estos análisis son utilizados como referencias en las consultas con el fin de presentar un *estado del arte* a los expertos al iniciar las consultas. Lo anterior permite delimitar desde un inicio la discusión y los puntos a analizar por parte de los expertos participantes.

Los conceptos de escenarios (*scenarios*) y mapas de desarrollo tecnológico (*technology roadmaps*) se refieren a las técnicas utilizadas para presentar los resultados obtenidos en los ejercicios de prospectiva tecnológica.

La palabra clave nanotecnología (*nanotechnology*) aparece debido a que este tema tecnológico ha sido objeto de varios ejercicios de prospectiva tecnológica reportados en la literatura analizada. Es el mismo caso de la palabra clave referente a tecnologías emergentes (*emerging technology*).

Resalta la palabra clave relacionada con la política de innovación (*innovation policy*) dado que algunos ejercicios están dirigidos a aportar conocimientos para el diseño de este tipo de políticas públicas.

Las palabras clave asociadas a metodología (*methodology*) y a diseño (*design*) muestran el interés por mostrar las diferentes formas en que se han realizado procesos de prospectiva tecnológica. Corresponde al objeto del presente trabajo.

Finalmente las palabras clave relacionadas con el análisis envolvente de datos (*data envelopment analysis*), simulación (*simulation*) y proceso analítico jerárquico (*analytic hierarchy process*), se refieren a diferentes técnicas utilizadas durante el proceso de consulta en ejercicios de prospectiva tecnológica.

Los resultados señalados permitieron conocer las técnicas y metodologías más frecuentemente utilizadas en los últimos 10 años en los ejercicios de prospectiva tecnológica reportados en las revistas seleccionadas. Con base en esta información se realizó el diseño de un proceso de prospectiva tecnológica que pudiese ser aplicado a un CIyDT tecnológico en México. A continuación se presenta las etapas consideradas en dicho diseño.

Diseño del proceso

El diseño del proceso de prospectiva tecnológica a aplicarse en CIyDT consta de las siguientes nueve etapas.

Primera etapa: Acuerdos iniciales

Andersen y Rasmussen (2014) señalan que en proyectos de prospectiva debe quedar claro quién es el cliente, quién es el o los responsables del desarrollo del proyecto, quiénes participarán en el proceso y definir a los representantes de la organización, en este caso el IIUNAM.

Aunado a los puntos anteriores, también es relevante delimitar el tema sobre el que se realizará el ejercicio de prospectiva tecnológica. En la primera etapa se abordan estos aspectos.

I.1. Acuerdo con la Dirección

La etapa de preparación inicia con el acuerdo con la Dirección del CIyDT (el cliente del proceso). Es necesario ofrecer una explicación clara del proceso y los requerimientos en tiempo y otros recursos, tanto de la organización como de los participantes. También se deben establecer los resultados y productos que se esperan del proceso. El objetivo y el alcance del ejercicio de prospectiva deben quedar claros desde un principio para evitar que los intereses particulares de algún participante o grupo de participantes influyan en el proceso (Martin, 1995).

El Grupo Responsable (GR) del ejercicio se definirá con el fin de que se cuente con los recursos necesarios, en tiempo y otros recursos.

I.2. Selección de tema

La selección del tema sobre el que se realizará el ejercicio de prospectiva es un aspecto relevante. Se deben considerar los siguientes puntos:

- El tema debe ser relevante para el quehacer del CIyDT
- Debe de haber un número mínimo de expertos en el tema adscritos a la organización. Aunque es posible integrar expertos externos que participen en el ejercicio, es conveniente que el primer ejercicio de prospectiva tecnológica se aplique sobre un tema en el que existan expertos dentro de la organización.

I.3. Selección de expertos

Una vez acordado el tema con la Dirección del CIyDT, el GR propondrá a los expertos que podrían participar en el ejercicio de acuerdo al tema seleccionado. La lista de participantes se acordará con la Dirección. Es conveniente que en el primer ejercicio de prospectiva participen entre 8 y 12 expertos los cuales pueden ser todos adscritos al CIyDT o también considerar una parte de externos.

Segunda etapa: Preparación

En la siguiente etapa el GR deberá organizar las dos actividades que a continuación se señalan.

II.1. Inducción con expertos

Se convocará y realizará una reunión de inducción con los expertos seleccionados para participar en el ejercicio. Esta reunión será convocada por la Dirección del CIyDT. En esta reunión se explicará a los participantes de la reunión el proceso de prospectiva y lo que se requiere de ellos, principalmente en tiempo de participación. Se señalarán los factores de éxito del ejercicio los cuales están relacionados con la participación colaborativa de los expertos.

Después de recibir las preguntas y comentarios de los participantes, se les solicitará la realización de dos primeras tareas: identificación de fuentes relevantes de información y estructura preliminar de las áreas de conocimientos relevantes en el desarrollo del tema.

II.2. Fuentes de información relevantes

La primera actividad que se requerirá de los expertos será la de identificar las fuentes de información que consideran relevantes para el tema analizado (revistas y congresos). Esta

actividad se inicia en la reunión de inducción en la que se solicitará a los expertos una primera lista de las fuentes de información relevantes en el tema.

En los siguientes días el GR iniciará una consulta tipo Delphi dirigida a delimitar las fuentes de información relevantes en el tema. Para ello, el GR procesará las listas proporcionadas inicialmente por los expertos y generará un listado consolidado. Enseguida se enviará la lista consolidada a los expertos solicitándoles dos acciones:

- Que califiquen la relevancia de la revista en el tema
- Que incorporen las fuentes relevantes de información que no estén listadas y que consideran relevantes. En las nuevas fuentes de información sugeridas por algún experto se solicitará que también establezca la calificación de su relevancia en el tema.

Las respuestas de los expertos serán nuevamente procesadas por el GR y reenviadas a los expertos solicitando la revisión de su evaluación previa con base en los promedios obtenidos por cada una de dichas fuentes. Los resultados de esta segunda iteración con los expertos generará el listado de fuentes de información con el que se realizará el primer estudio bibliométrico (ver siguiente etapa).

Tercera etapa: Desarrollo de análisis bibliométrico

La bibliometría es un método basado en el análisis cuantitativo y estadístico de publicaciones en un campo del conocimiento específico (Popper R., 2008). Linstone (2011) identifica a la bibliometría como una herramienta útil que surgió en la cuarta ola de la prospectiva y con la cual se puede realizar un escaneo del entorno para identificar necesidades emergentes. Kostoff et al. (2001) afirman que la bibliometría sirve para identificar a los autores más prolíficos y también aquellos autores con un mayor número de citas.

Las actividades en esta tercera etapa son las siguientes.

III.1. Captura de información en el SCIT

Esta primera actividad consiste en importar los datos de las fuentes de información consensuadas por los expertos y que resultan relevantes en el tema de análisis. Para ello, se utilizará el sistema de cómputo señalado en el punto 2.1. El tiempo promedio que se requerirá para realizar la importación y carga de información al SIIT es de una semana. Este tiempo podrá ser menor o mayor de acuerdo al número de fuentes de información establecidas por los expertos.

III.2. Elaboración y envío de reporte bibliométrico

Con la información exportada al SIIT se generará un reporte que muestre diversos aspectos tales como:

- Principales países, instituciones y autores en el tema de análisis
- Dinámica de publicaciones relacionadas con las diferentes palabras clave
- Dinámica de publicaciones de los diferentes subtemas que comprende el tema de análisis
- Relevancia del CIyDT en el entorno mundial

El reporte se enviará al grupo de expertos participantes con la solicitud de que lo revisen y generen comentarios los cuales se discutirán en la primera reunión grupal de análisis.

Cuarta etapa: Primera reunión de análisis

Esta etapa consiste en la realización de un panel con el grupo de expertos participantes. Los paneles se organizan con el fin de reunir conocimientos y generar nuevas ideas en torno al objetivo de la reunión (Popper R., 2008).

Tras unos días del envío del primer análisis bibliométrico, tiempo en que los expertos podrán revisarlo, se convocará a una reunión con la siguiente agenda:

- Presentación del SCIT y del reporte bibliométrico enviado
- Comentarios de los participantes al reporte bibliométrico
- Propuesta de estructura del tema con base en las áreas del conocimiento involucradas
- Acuerdos de la reunión

El primer punto de la agenda de la reunión corresponde a la explicación de la manera en que se realizó el reporte bibliométrico. Consta de una breve explicación del sistema computacional utilizado para generar la información (SCIT) y de las fuentes de información de donde se obtuvo la información y que fueron seleccionadas por los propios expertos.

Asimismo, este punto de la agenda comprende una breve presentación de los resultados del reporte bibliométrico, enfatizando la posición que guarda el país y la institución (CIyDT) en la que se realiza el proceso de prospectiva tecnológica.

Posteriormente se abre un espacio para los comentarios de los expertos participantes. Los comentarios deberán estar centrados en los resultados del reporte bibliométrico.

El siguiente punto de la agenda corresponde a la discusión relativa a la estructura del tema la cual consiste en establecer los diferentes subtemas de investigación que conforman el tema y, en consecuencia, las áreas de conocimientos que resultan relevantes para su desarrollo. La estructura

del tema es un aspecto relevante dado que con base en ella se establecerán, en la etapa siete, los escenarios de desarrollo tecnológico.

En la reunión se establecerá una primera versión de la estructura del tema la cual será ajustada en la siguiente etapa del ejercicio.

Finalmente la reunión concluirá con el establecimiento puntual de los acuerdos referentes al estudio bibliométrico (ajuste en las fuentes de información, definición de indicadores, etc.) y a la estructura propuesta del tema.

Quinta etapa: Cumplimiento de acuerdos y validación de la estructura del tema

En esta etapa el GR deberá realizar las siguientes actividades.

V.1. Revisión de las fuentes de información relevantes y ajuste del reporte bibliográfico

Con base en la discusión realizada en la etapa anterior, el GR ajustará las fuentes de información relevantes, aumentando y/o eliminando aquellas que fueron consensuadas por los expertos. Una vez ajustadas las fuentes de información relevantes, se realizarán los ajustes de la información contenida en el SCIT.

Con base en la información ajustada y a los acuerdos relacionados con el primer reporte bibliométrico, se realizará la nueva versión de dicho reporte.

V.2 Revisión de estructura preliminar y ubicación de actividades de los expertos participantes

El GR elaborará la estructura preliminar del tema con base en la discusión realizada por los expertos en la etapa anterior.

V.3 Envío de cumplimiento de acuerdos

En los siguientes días el GR enviará a los participantes la lista de fuentes de información depurada, el nuevo reporte bibliométrico con los indicadores sugeridos por los expertos y la estructura preliminar del tema.

En este último punto, el GR volverá a realizar una consulta tipo Delphi dirigida a establecer la estructura del tema analizado. Para ello, el GR enviará la estructura preliminar solicitando a cada experto que indique los cambios que sugiere. Las respuestas serán procesadas por el GR y volverá a enviar la propuesta de estructura del tema solicitando nuevamente los siguientes puntos:

- Que señalen en cuáles subtemas desarrollan o han desarrollado su actividad de investigación

- Que establezcan las partes de la estructura del tema en las que están de acuerdo y aquellas en las que tienen sugerencias para su adecuación.

Las respuestas de los expertos serán nuevamente procesadas por el GR y reenviadas a los expertos para su conocimiento y en preparación de la siguiente reunión del grupo participante.

Sexta etapa: Segunda reunión de análisis para validación de la estructura del tema

Se convocará a una nueva reunión de análisis después de unos días del envío de la información de la etapa previa. Se solicitará a los expertos que revisen la estructura preliminar del tema enviada previamente. La reunión se desarrollará con la siguiente agenda:

- Comentarios al nuevo reporte bibliométrico
- Discusión sobre la estructura preliminar del tema
- Preparación de la construcción de escenarios
- Acuerdos de la reunión

El primer punto de la agenda de la reunión corresponde a una breve discusión de los resultados del nuevo reporte bibliométrico considerando los acuerdos de la reunión pasada.

Posteriormente se presentará la propuesta de estructura del tema tecnológico objeto del ejercicio de prospectiva. Se señalarán los puntos de acuerdo y aquellos en los que se encuentren diferencias de opinión entre los participantes. Con base en esta discusión, se acordará la estructura del tema tecnológico.

En el tercer punto de la agenda se presentarán, por parte del GR, los aspectos que se considerarán para la construcción de los escenarios de desarrollo tecnológico en cada subtema contemplado en la estructura del tema. El objetivo de este punto es generar acuerdos con respecto al alcance y definición de los escenarios a construir. Se discutirán diversas preguntas relacionadas con la construcción de escenarios relacionados con el tema analizado; por ejemplo:

- Caracterización actual de cada subtema. ¿Cómo se puede establecer la situación actual del subtema?
- Horizonte de tiempo a analizar. ¿Qué se considerará corto, mediano y largo plazos?
- Factores clave. ¿Qué se entiende por factores clave en el desarrollo de cada subtema?
- Líneas de investigación. ¿Cuáles son las líneas de investigación relevantes en cada subtema?
- Se identifican las líneas de investigación que se están trabajando en el momento. En esta etapa también se aclara el horizonte (mediano o largo plazo) que se tomará para la elaboración de los escenarios.

- Futuros posibles. ¿Cómo se pueden representar las diferentes trayectorias que pueden seguir los subtemas tecnológicos que conforman el tema analizado? De acuerdo con Lario, et al, (2001), el árbol de decisiones es una herramienta clara que permite visualizar los diferentes escenarios (problables, deseables, etc).

Finalmente, se definirán claramente los acuerdos a los que se lleguen estableciendo responsable y tiempo de ejecución.

Séptima etapa: Construcción de escenarios de desarrollo del tema

La construcción de escenarios se realizará a través de un ejercicio tipo Delphi. Con base en la discusión de la etapa anterior referente a las características de los escenarios a construir, el GR elaborará un cuestionario en el que solicitará a los expertos participantes que desarrollen los aspectos discutidos.

El GR recibirá las respuestas de los participantes y generará un nuevo cuestionario en el que se incluirá un resumen de cada una de las preguntas del cuestionario anterior, señalando los valores promedios y extremos.

El GR volverá a recibir los cuestionarios resueltos y preparará un resumen de las respuestas con el fin de caracterizar cada uno de los subtemas considerados; es decir, señalará la situación actual, los factores que afectarán su desarrollo en los siguientes años, entre otros puntos.

El resumen que caracterice cada escenario con base en las respuestas recibidas será enviado al grupo de expertos participantes. Todas las respuestas a los cuestionarios enviados y el resumen contendrán información anónima; es decir, no se señalarán las respuestas de manera nominal.

Se solicitará a los participantes que analicen los escenarios propuestos y señalen al GR los aspectos más relevantes para ser discutidos en una siguiente reunión de tipo presencial.

Octava etapa: Discusión y validación de escenarios

En la octava etapa se realizarán las tres siguientes actividades.

VIII.1 Realización de reunión de discusión de escenarios

Se convocará a una tercera reunión de análisis dirigida a discutir los escenarios enviados al grupo de expertos participantes. La agenda propuesta para esta tercera reunión de análisis es la siguiente:

- Presentación de los escenarios y explicación del proceso seguido para su construcción

- Discusión sobre los aspectos más relevantes a discutir de acuerdo a los sugerencias de los participantes
- Acuerdos de la reunión.

El primer punto de la reunión corresponde a una explicación, por parte del GR, de la manera en que se construyeron los escenarios previamente enviados a los participantes. Enseguida se presentará un resumen de cada escenario.

Posteriormente se abrirá un periodo de discusión con base en la opinión de los expertos acerca de los aspectos que se deberían discutir relativos a los escenarios propuestos.

Al término del periodo de discusión y para concluir la reunión, se establecerán los acuerdos consensuados por el grupo participante relativos a ajustes necesarios a los escenarios.

VIII.2 Validación de los escenarios

El GR hará la revisión de los escenarios con base en los acuerdos de la reunión. Los enviará a todos los participantes con un cuestionario en el que solicitará que evalúen los resultados que presenta cada escenario y las razones de su calificación. La calificación solicitada se relacionará con la plausibilidad y consistencia interna y la relevancia para el desarrollo del propio CIyDT (Amer, et al., 2013).

VIII.3 Presentación a la Dirección.

Los escenarios con sus respectivas evaluaciones se presentarán a la Dirección del CIyDT

Novena etapa. Sistematización del proceso y mejora continua

Con el fin de incorporar el proceso de prospectiva tecnológica en el quehacer del CIyDT, se contempla la continuación del ejercicio de manera sistemática. Para ello y al cabo de un periodo determinado, se retomarían las actividades desde la etapa 6 con un nuevo reporte bibliométrico actualizado. Las actividades consideradas en esta novena etapa son las siguientes:

IX.1 Ajuste de la metodología con base en resultados

El GR realizará los ajustes a la metodología aquí propuesta con base en la primera experiencia en su aplicación. Las revisiones se realizarían de manera recurrente.

IX.2 Actualizar el SIIT y realizar nuevo reporte bibliométrico

Al cabo de un periodo determinado se actualizará la información contenida en el SIIT incorporando los datos generados en *Scopus* a partir de la última carga de información.

Con la información del SIIT actualizada se realizará, por parte del GR, un nuevo reporte bibliométrico el cual se enviará al grupo de expertos participantes. Con base en este nuevo reporte bibliométrico se retomaría las actividades a partir de la etapa 6.

Las siguientes etapas tendrían como objetivos la actualización de las fuentes de información relevantes en el tema, la revisión de la estructura del tema y los subtemas acordados por el grupo de expertos participantes. Asimismo, se revisaría la actualidad de los escenarios construidos en el ciclo anterior.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados del estudio bibliométrico se observó que la realización de ejercicios de prospectiva tecnológica ha registrado un dinámico desarrollo en los últimos años. Países que han tenido un importante avance en diversos campos tecnológicos son los que aparecen en los primeros lugares como practicantes de este tipo de ejercicios. México presenta muy escasa participación.

Estos resultados también sirvieron para identificar las técnicas más frecuentemente utilizadas en diversos ejercicios recientemente reportados en las revistas seleccionadas. A partir del análisis de estas técnicas y su función, se construyó una propuesta metodológica para realizar ejercicios de prospectiva tecnológica en CIyDT.

La propuesta contempla la revisión periódica de los primeros resultados obtenidos. Lo anterior significa que el ejercicio de prospectiva tecnológica se integraría como una práctica recurrente en los CIyDT. Esta práctica recurrente generaría conocimientos para la mejor toma de decisiones sobre las competencias que se deben fortalecer en el mediano y largo plazos.

El siguiente paso a seguir es aplicar el proceso de prospectiva tecnológica diseñado y lograr dos aspectos fundamentales:

- En primer lugar lograr que los resultados aporten conocimientos prácticos que realmente apoyen la toma de decisiones en el CIyDT en cuanto a las áreas tecnológicas que se deben fortalecer en el mediano y largo plazos y que estas decisiones estén avaladas por los expertos participantes. Dado que se contempla que los propios académicos del CIyDT formen parte del grupo de expertos participantes en el ejercicio de prospectiva tecnológica, las decisiones que la dirección tome sustentadas en los conocimientos generados en dicho ejercicio serán mejor aceptadas y apoyadas.
- Asimismo, otro factor para medir la pertinencia del diseño propuesto corresponde a la posible inserción del proceso de prospectiva tecnológica en el quehacer cotidiano del

- CIyDT con el fin de que los resultados sean actualizados de manera periódica y retroalimenten la toma de decisiones.

En caso de lograr ambos objetivos, la competitividad del CIyDT se podrá ver incrementada dado que se desarrollarán, en el mediano y largo plazos, las competencias pertinentes para ofrecer servicios tecnológicos coherentes con el desarrollo tecnológico esperado.

REFERENCIAS

Alcántara-Concepción, T. (2014). *Sistema de inteligencia tecnológica en centros de investigación y desarrollo tecnológico*. Tesis de Doctorado en Ingeniería. PMDI-UNAM. Recuperado en <http://132.248.9.195/ptd2014/marzo/086233723/Index.html>

Amer, M., Daim, T. & Jetter, A. (2013). A review of scenario planning. *Futures*, 46, 23-40. DOI:10.1016/j.futures.2012.10.003

Andersen, P. & Rasmussen, B. (2014). *Introduction to foresight and foresight process in practice*. Technical University of Denmark, Lyngby Denmark: DTU. Recuperado en http://orbit.dtu.dk/files/96941116/Introduction_to_foresight.pdf

DOF. (2002). Ley Orgánica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/243.pdf> (9 de mayo de 2016)

Kostoff, R. N., Toothman, D. R., Eberhart, H. J. & Humenik, J. A. (2001). Text mining using database tomography and bibliometrics: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 68 (3), 223-253. DOI:10.1016/S0040-1625(01)00133-0

Lario, F., Rodriguez, A., García, J. & Escudero, L. (2001). Análisis y definición de escenarios en programación estocástica para la gestión de la cadena de suministro en el sector automotriz. *Memorias del IV Congreso de Ingeniería de Organización*. Sevilla.

Linstone, H. (2011). Three eras of Foresight. *Technovation*, 31(2-3), 69-76. DOI:10.1016/j.technovation.2010.10.001

Martin, B. R. (1995). Foresight in science and technology. *Technology analysis & strategic management*, 7(2), 139-168.

Popper, R. (2008). Foresight Methodology. En L. C. Georghiou, *The Handbook of Technology Foresight*, 44-88. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Porter, A. y Cunningham, S. (2005). *Tech mining. Exploiting new technologies for competitive advantage*. John Wiley & Sons, Inc.

Roper, A., Cunningham, S., Porter, A., Mason, T., Rossini, F. y Banks, J. (2011). *Forecasting and management of technology*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc.