



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Prospectiva tecnológica en las IES: Un enfoque desde la capacidad dinámica de sensar

Carla Patricia Bermúdez Peña¹

*Francisco Flores Agüero**

*Martín Vivanco Vargas***

Resumen

La prospectiva tecnológica surge como respuesta a la necesidad constante de adaptación a los entornos dinámicos, para las IES debería de ser una actividad fundamental para lograr crear conocimiento de frontera. Se realiza un análisis que permita articular de manera efectiva las actividades de investigación desarrolladas por las IES, a través de la integración de la prospectiva tecnológica en la capacidad dinámica de sensar, como una actividad esencial que permita adaptarse a los nuevos patrones tecnológicos. Se utilizó el Análisis Cualitativo Comparativo, este tipo de análisis permite descubrir patrones o relaciones entre la prospectiva tecnológica y la capacidad de sensar. Se encuentra que la propia prospectiva tecnológica puede considerarse como una parte central de la capacidad de sensar que permite a una organización detectar la necesidad de renovar su cartera de recursos. Por lo tanto, las instituciones necesitan comprender la relevancia y el significado de ambos conceptos.

Abstract

Technological foresight arises as a response to the constant need to adapt to dynamic environments, and for HEIs it should be a fundamental activity to achieve the creation of frontier knowledge. An analysis is carried out to effectively articulate the research activities developed by HEIs, through the integration of technological foresight in the dynamic capability of sensing, as an essential activity that allows adapting to new technological patterns. Qualitative Comparative Analysis was used, this type of analysis allows the discovery of patterns or relationships between technological foresight and sensing capability. It is found that technology foresight itself can be considered as a central part of the sensing capability that allows an organization to detect the need to renew its resource portfolio. Therefore, institutions need to understand the relevance and meaning of both concepts.

^{1**} *Universidad Autónoma de Querétaro.*

Introducción

Las organizaciones se encuentran dentro de un entorno dinámico donde los altos niveles de competencia, el constante cambio de la demanda así como la obsolescencia de las tecnologías, suceden rápidamente, provocando de esta manera que la información al alcance de las organizaciones no siempre sea exacta, certera e incluso, en muchos casos, no se encuentra disponible (Eisenhardt, 1989). Existen diversos enfoques estratégicos que afirman que la toma de decisiones dentro de estos contextos se ve alterada por: 1) el largo proceso de recolección de datos así como por el afán de comprender en su totalidad la información obtenida; o su contraparte, el considerar pocas alternativas y obtener información de pocas fuentes. 2) La participación limitada y el poder centralizado de la administración y/o 3) el conflicto entre los administradores de la organización, creando interrupción en el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, existe evidencia que el cambio organizacional se caracteriza por largos períodos de cambio lento e incremental y breves períodos de cambio rápido discontinuo o radical (Brown y Eisenhardt, 1997). Por lo tanto, es trascendental que las organizaciones tengan una planeación comprensiva, que busque entender las problemáticas particulares de cada organización planteado las diferentes alternativas y prediciendo sus consecuencias. Esto también atañe a las Instituciones de Educación Superior (IES), en donde su participación dentro del Sistema Nacional de Innovación (SNI) las convierte en un elemento clave para el desarrollo de un país (Hansen y Lehmann, 2006).

Las IES pueden verse como organizaciones en un entorno particular que luchan por los recursos (financiación, estudiantes, personal de investigación y docente) y un mercado que se abordará (estudiantes potenciales, revistas, mercado laboral y sociedad). Sin embargo, en el ámbito de la práctica, las universidades enfrentan serias dificultades cuando intentan implementar negocios pensando en dirigir la organización hacia un futuro exitoso. Son organizaciones complejas que se ocupan de un enfoque de misión múltiple, complejidad de tareas, profesionalismo y valores administrativos y vulnerabilidad ambiental (Maldonado Gómez et al., 2020). Entonces se hace preciso responder ¿cómo llevan a cabo la Prospectiva Tecnológica las IES actualmente?, ¿qué nivel de madurez tienen los procesos de prospectiva tecnológica de las IES?, ¿Cómo esta relacionada la capacidad de sensar con el nivel de madurez de prospectiva tecnológica? y ¿en qué grado se requiere tener la capacidad dinámica de sensar para determinar el nivel de madurez de la prospectiva tecnológica?

Las Instituciones de Educación Superior son conocidas por ser un factor clave en el SNI de cualquier país. Existen diferentes maneras en que las IES contribuyen a este sistema de innovación, sin embargo, la actividad principal de las IES para que este mecanismo funcione es la generación y

distribución de conocimiento (Fritsch y Slavtchev, 2007). Por su parte, Penprase (2018) ha demostrado que el éxito de los países que han sacado más ventaja de esta nueva revolución industrial lo han logrado gracias a la gran articulación existente entre las IES y el resto de los actores del SNI. Sin embargo, en México se muestran severas deficiencias entre las IES y los demás actores, ya que las investigaciones y el conocimiento generado dentro de las IES esta siendo obsoleto frente a los nuevos patrones tecnológicos que demandan las industrias (Villalobos-Valdez, 2021), ya que dentro del actual entorno dinámico, donde existen altos niveles de competencia, el constante cambio de la demanda así como los cortos ciclos de vida y la pronta obsolescencia de las tecnologías, suceden cambios tan rápidamente que provocan que la información al alcance de las organizaciones no siempre sea exacta, certera e incluso, en muchos casos, no se encuentra disponible (Eisenhardt, 1989). Cómo respuesta a la necesidad constante de adaptación a los entornos dinámicos, la anticipación a necesidades futuras del mercado, desarrollo tecnológico como tendencias, que permita ayudar a la sobrevivencia de las organizaciones a largo plazo como su éxito económico, surge la prospectiva tecnológica (Reger, 2001). De acuerdo al nivel de cambio que enfrente la organización, puede ser definida como un proceso o una capacidad (Rohrbeck, 2010), motivo por el cuál dentro de la literatura no existe un consenso de una definición o concepto único. No obstante, cabe destacar que ésta amplia variedad de términos incluye diferentes actividades dentro de la organización, de acuerdo al enfoque de estudio. Por lo tanto en la presente investigación, se realizó un análisis que permita articular de manera efectiva las actividades desarrolladas por las IES dentro del SNI, a través de la integración de la prospectiva tecnológica en la capacidad dinámica de sensor de las IES como una actividad esencial, que les permita adaptarse a los nuevos patrones tecnológicos de la cuarta revolución industrial, considerando a las capacidades dinámicas como las rutinas organizativas y estratégicas con las cuáles las organizaciones logran nuevas configuraciones de recursos a medida que los mercados surgen, chocan, se dividen, evolucionan y mueren. Al poder relacionar estos dos conceptos, la prospectiva tecnológica pasará a formar parte de las actividades esenciales de una organización y no sólo ser vista como una actividad complementaria.

Marco teórico

Prospectiva tecnológica.

De acuerdo a Reger (2001) la prospectiva tecnológica es la exploración sistemática y la observación de las nuevas tecnologías o las tecnologías existentes, la evaluación de su potencial y su importancia para la competitividad de la empresa así como el almacenamiento y la difusión de la información,

incluyendo análisis, búsqueda, monitoreo y pronóstico de la tecnología; es decir, se centra en la investigación de nuevas tendencias, tecnologías radicalmente nuevas y nuevas fuerzas que pudieran surgir de la combinación de factores tales como las nuevas preocupaciones sociales, las políticas nacionales, y los descubrimientos científicos. Muchos de esos factores se encuentran más allá de todo control, influencia y conocimiento de las organizaciones individuales. Por tanto, la prospectiva tecnológica es una combinación de pensamiento creativo, visiones expertas y escenarios alternativos que contribuyen a la planificación estratégica a través de la predicción, donde los sistemas de gestión estratégica se moverán en tiempo real, enfatizando la necesidad de actividades de escaneo continuo para identificar oportunidades y amenazas externas y para desencadenar actividades directas (Klos y Spieth, 2021).

El futuro es por definición desconocido pero en las actividades de prospectiva se utilizan juicios u opiniones de expertos para obtener una visión del mismo:

- 1) Se puede recurrir a expertos individuales o a grupos.
- 2) Se pueden aplicar distintas técnicas para obtener una visión consensuada, una gama de opiniones, o visiones poco convencionales.

La prospectiva debe ser una actividad continua si ha de conseguir el máximo valor y utilidad para una empresa. Los datos sistemáticos y de un mayor período de tiempo no sólo aportan una mejor base para realizar las prospectivas, sino que permiten extraer conclusiones de las comparaciones entre prospectivas anteriores y la que acaba de llevarse a cabo. La prospectiva no necesita llevarse a cabo continua o frecuentemente, pero debería repetirse a intervalos de tiempo adecuados (Mao et al., 2020). Para la presente investigación se estudiará a la prospectiva tecnológica como una habilidad y se retomará la definición de Rohrbeck (2010) que define a la prospectiva tecnológica como la habilidad que tiene una organización para detectar cambios discontinuos de forma temprana, interpretar sus consecuencias y formular respuestas efectivas que ayuden a la supervivencia de la organización a largo plazo.

El objetivo principal de la prospectiva tecnológica es apoyar los nuevos desarrollos en las áreas de ciencia y tecnología, reconociendo con prontitud los beneficios de éstos desarrollos ya sea para una nación o una organización (Becker, 2002). Aunque la prospectiva tecnológica en las organizaciones comparte este objetivo en común, de acuerdo a Martin (1995) las empresas normalmente se centran en una de estas funciones intermedias:

- 1) Inteligencia anticipatoria. La prospectiva provee antecedentes, consejos generales futuros y alertas tempranas de los desarrollos más recientes.
- 2) Ajuste de dirección (*Direction-setting*). Se establecen lineamientos generales para la estrategia corporativa pero sin un involucramiento directo en la toma de decisiones.

- 3) Determinación de prioridades. La prospectiva sirve para identificar las líneas de I+D en donde la organización deberá invertir.
- 4) Formulación de estrategias e implementación. La prospectiva es utilizada como parte integral en la formulación e implementación de estrategias. En este caso comúnmente las personas encargadas de realizar la prospectiva son las encargadas de formular las estrategias.

La prospectiva tecnológica es un recurso que permite a las organizaciones explorar y explotar nuevas oportunidades de negocios antes que sus competidores que carecen de este recurso. Por esta razón se puede calificar a la prospectiva tecnológica como un recurso valioso. De igual forma los sistemas de prospectiva tecnológica son raros ya que su implementación no es una tarea fácil y pocas organizaciones logran tener éxito al ponerlo en funcionamiento. También se puede decir que la prospectiva no es imitable ya que depende de las características de cada organización, así como las fuentes de información con las que cuente. Por último se puede decir que es un recursos insustituible ya que otros mecanismos fallan al momento de responder a los cambios en el ambiente de la organización (Rohrbeck, 2010).

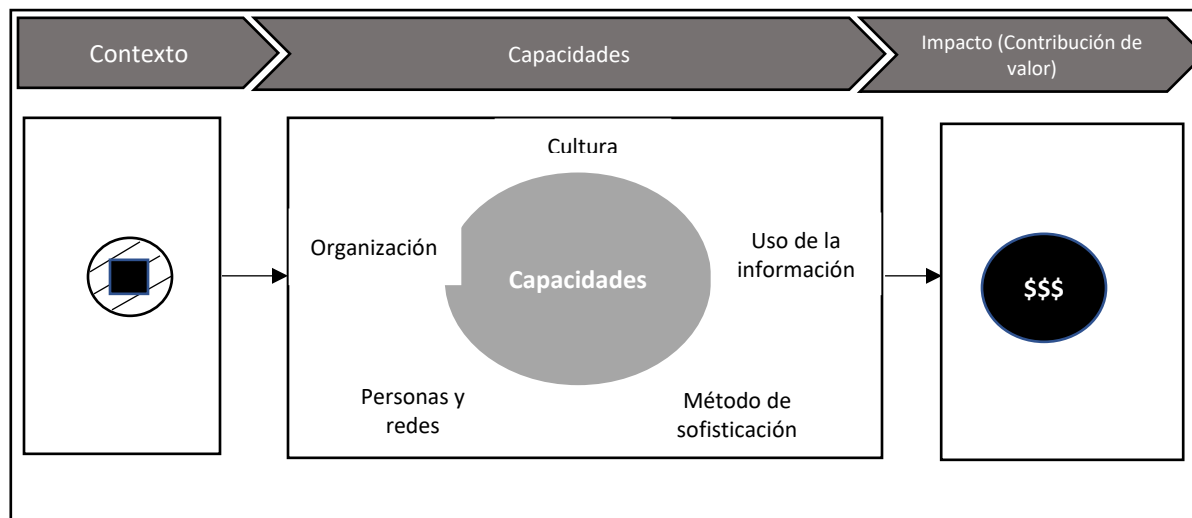
Modelos de maduración de la prospectiva tecnológica

Las empresas que desean mejorar sus prácticas de gestión a menudo adoptan el enfoque de compararse con otras, en particular las empresas que se sabe que son buenas en ciertas prácticas. Este enfoque, conocido como benchmarking, se ha aplicado a casi todas las áreas de gestión, incluidas las adquisiciones, la investigación y el desarrollo, producción, comercialización y ventas. La utilidad de la evaluación comparativa surge de la posibilidad de (1) obtener conocimiento acerca de cuán buenas son las prácticas de gestión propias en comparación con otras, y (2) poder aprender de los demás y mejorar las prácticas de gestión (Mittelstaedt Jr, 1992).

Para poder realizar el *benchmarking* de manera efectiva, es necesario establecer criterios para comparar las empresas y sus prácticas. Cuanto más detallado sea el conjunto de criterios, más específicas pueden ser las recomendaciones de mejora. La desventaja de los conjuntos de criterios muy detallados es la capacidad limitada para equilibrar todo el sistema. Para poder controlar los elementos relevantes para la optimización de las capacidades de prospectiva organizacional y poder controlar el equilibrio de todo el sistema, con este objetivo Rohrbeck (2010) construyó un marco con siete dimensiones de evaluación comparativa con tres a cinco criterios en cada una. Para desarrollar el marco se utilizaron investigaciones previas para identificar un conjunto inicial de criterios, posteriormente se utilizaron estudios de casos para filtrar y complementar el conjunto de criterios. El

resultado es el modelo de madurez de la previsión corporativa, que está estructurado en tres partes principales como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Modelo de maduración de la prospectiva tecnológica



Fuente: Rohrbeck (2010)

En este modelo, el contexto (o los factores de contingencia) se utiliza para juzgar las necesidades de las empresas para la previsión corporativa y para derivar recomendaciones normativas sobre el diseño de sistemas de prospectiva tecnológica. El contexto se describe mediante seis criterios: 1) tamaño de la empresa, 2) naturaleza de la estrategia, 3) cultura organizacional, 4) fuente de ventaja competitiva, 5) complejidad del entorno y 6) velocidad de la industria.

Las capacidades se utilizan para evaluar el sistema de prospectiva tecnológica con respecto a su fortaleza para identificar, interpretar y responder a cambios discontinuos. Además, el nivel de madurez en cada dimensión de capacidad se puede utilizar para guiar proyectos de mejora. Las capacidades se estructuran en cinco dimensiones: 1) uso de información, para describir el tipo de información que ingresa al sistema de prospectiva tecnológica, 2) sofisticación de métodos, para describir los métodos utilizados para interpretar la información, 3) personas y redes, para describir las características de los empleados individuales y las redes que la empresa utiliza para comunicar información y perspectivas de futuro, 4) organización, para describir cómo se recopila, interpreta y utiliza la información en la organización, y 5) cultura, para describir el alcance a lo que la cultura organizacional apoya o dificulta el esfuerzo de prospectiva tecnológica.

El impacto se utiliza para evaluar el tipo de resultado o contribución de valor creado por las actividades de prospectiva tecnológica. El impacto se estructura en cuatro categorías: 1) reducción de

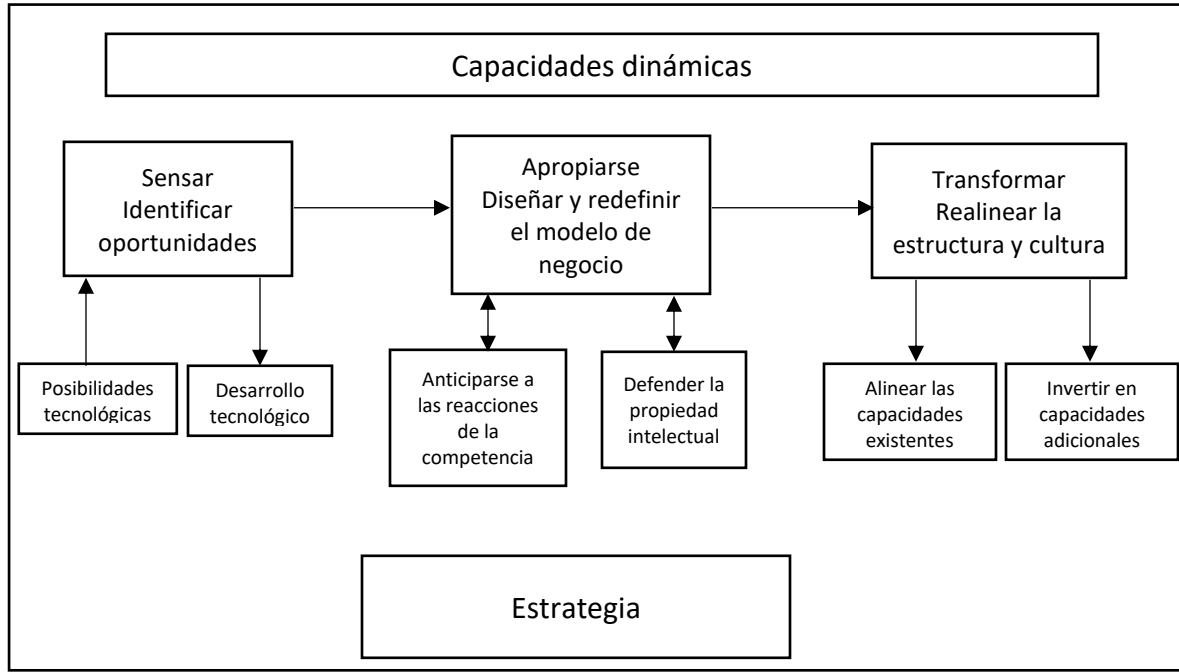
la incertidumbre, 2) acciones desencadenantes, 3) influenciar a otros para que actúen y 4) beneficios secundarios.

Capacidades dinámicas de sensar

Las capacidades dinámicas como los procesos que una empresa utiliza (específicamente el proceso para integrar, reconfigurar, ganar y liberar recursos) para alcanzar e incluso crear cambios en el mercado; por lo tanto, las capacidades dinámicas son las rutinas organizacionales y estratégicas por las cuales una empresa logra configurar nuevos recursos mientras los mercados emergen, colisionan, se separan, evolucionan y mueren (Eisenhardt y Martin, 2000). Además de aportar una definición de capacidades dinámicas, Eisenhardt y Martin afirman que las capacidades dinámicas difieren de acuerdo al dinamismo del mercado. En mercados con una dinámica moderada las capacidades dinámicas tienden a ser rutinas eficientes y procesos robustos. Por otra parte, en los mercados con una alta velocidad de cambio las capacidades dinámicas dependen en mayor medida del conocimiento desarrollado en situaciones específicas. Por lo tanto, en los mercados con una alta velocidad, se hace indispensable poder tener información acerca de las posibles alternativas en las que puede desembocar los cambios.

Teece et al. (1997), mencionan que capacidades dinámicas son competencias con las que cuenta la empresa para aumentar, crear y reformar sus competencias internas y externas, a través de procesos de exploración y explotación, que faciliten encontrar formas nuevas e innovadoras de ventajas competitivas, y así hacer frente a ambientes de incertidumbre y constante cambio tecnológico del mercado. Teece (2007) amplía su definición de capacidades dinámicas argumentando que estas se pueden separar en 1) capacidad para detectar y dar forma a oportunidades y amenazas (*sensar*), 2) para aprovechar las oportunidades (apropiarse) y 3) para mantener la competitividad mejorando, combinando, protegiendo y, cuando sea necesario, reconfigurando los activos intangibles y tangibles de la empresa comercial (*transformar*). Posteriormente estas capacidades fueron categorizadas como capacidades dinámicas de alto nivel, lo que significa que ayudan a la organización a conocer posibles vertientes sobre el futuro, diseñar modelos de negocios para aprovechar nuevas oportunidades y determinar la mejor configuración para la organización de acuerdo a los planes futuros (Teece, 2017). En la Figura 2 se resumen estas capacidades.

Figura 2. Esquema simplificado de las capacidades dinámicas.



Fuente: Elaboración propia con base en Teece (2017).

De acuerdo a Teece (2007) la capacidad de sensar está formada por las actividades de escanear, crear, aprender e interpretar. Esta capacidad proviene de las capacidades cognitivas y creativas de los individuos de una organización, sin embargo, también puede estar fincada en los procesos organizacionales tales como las actividades de investigación o desarrollo. Esta capacidad también necesita del componente de interpretación para poder configurar información que se obtiene, así como los de escanear y monitorear los desarrollos tecnológicos internos y externos. Las actividades de búsqueda que son relevantes para detectar nuevas oportunidades incluyen información sobre lo que está sucediendo en el ecosistema de negocios. Concluyendo, la capacidad para detectar nuevas oportunidades es un sistema analítico para aprender, filtrar, dar forma y calibrar oportunidades.

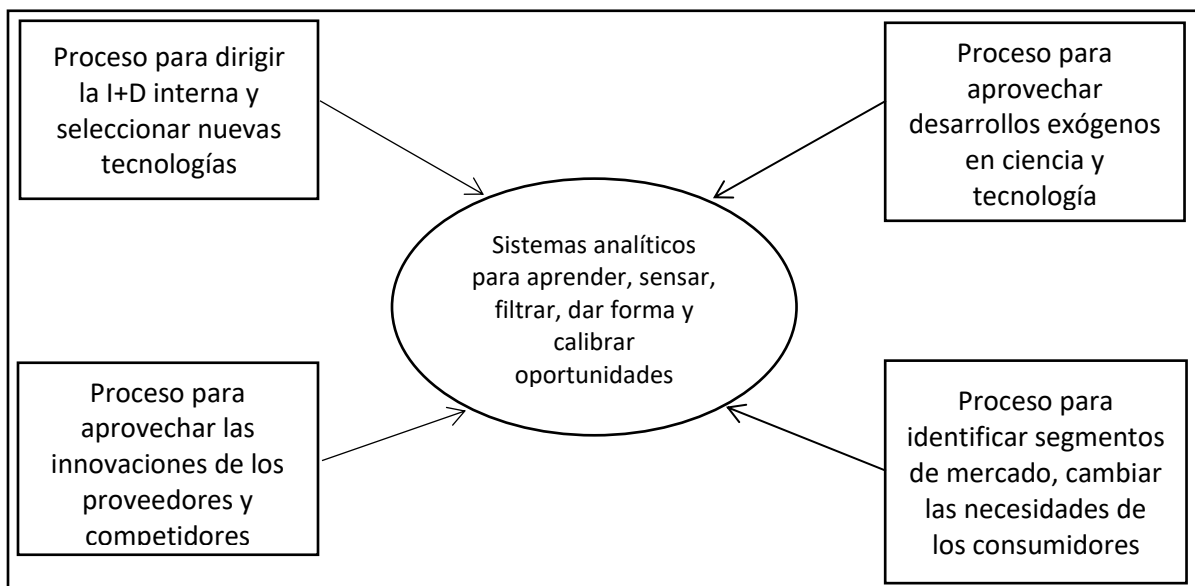
Para identificar y dar forma a las oportunidades, las empresas deben escanear, buscar y explorar constantemente a través de tecnologías y mercados, tanto locales como foráneos. Esta actividad no solo implica la inversión en actividades de investigación, el sondeo de las necesidades del cliente y las posibilidades tecnológicas; también implica comprender la demanda latente, la

evolución estructural de las industrias y los mercados, y las respuestas probables de proveedores y competidores. En la medida en que las empresas comerciales pueden abrir oportunidades tecnológicas mientras aprenden simultáneamente sobre las necesidades de los clientes, tienen un amplio menú de oportunidades de comercialización. Superar un horizonte de búsqueda estrecho es extremadamente difícil y costoso para los equipos de gestión vinculados a las competencias establecidas de resolución de problemas (Kump et al., 2019).

Si bien ciertos individuos en la empresa pueden tener las habilidades cognitivas y creativas necesarias, el enfoque más deseable es incorporar procesos de escaneo, interpretación y creatividad dentro de la empresa misma. La empresa será vulnerable si las funciones sensoriales, creativas y de aprendizaje se dejan a los rasgos cognitivos de unos pocos individuos. Se pueden implementar procesos organizacionales dentro de la empresa para obtener nueva información técnica, aprovechar los desarrollos en ciencia exógena, monitorear las necesidades de los clientes y la actividad de la competencia, y dar forma a nuevos productos y oportunidades de procesos (Khan et al., 2020).

Los microfundamentos en los que se basa la capacidad de sentir se encuentran principalmente en la información de la organización, ya sea individual o colectiva, estos microfundamentos se pueden resumir en la Figura 3.

Figura 3. Elementos de ecosistema para sentir el mercado y las oportunidades tecnológicas



Fuente: Teece (2007)

Metodología

El objetivo del presente trabajo es establecer de qué manera las IES desarrollan la prospectiva tecnológica desde la perspectiva de la capacidad dinámica de sensar, que permita responder de manera efectiva al cambio tecnológico. Respondiendo las preguntas de ¿Qué nivel de madurez tienen los procesos de prospectiva tecnológica de las IES? ¿Cómo interviene la capacidad dinámica de sensar en los procesos de prospectiva tecnológica de las IES de acuerdo al nivel de maduración? ¿En qué grado debe de estar presente la capacidad dinámica de sensar para determinar el nivel de madurez de la prospectiva tecnológica?

El campo de estudio de la presente investigación está compuesto por 4 IES establecidas en los estados de Querétaro, Hidalgo y Puebla. Como este no es un estudio cuantitativo sino más bien cualitativo no se aplicó una técnica estadística de muestreo, las características buscadas en las IES son que realicen investigación en las áreas que componen a la industria 4.0, contar con licenciaturas y posgrados afines a estas áreas y que hayan participado en proyectos financiados por empresas privadas, organizaciones públicas o ambas.

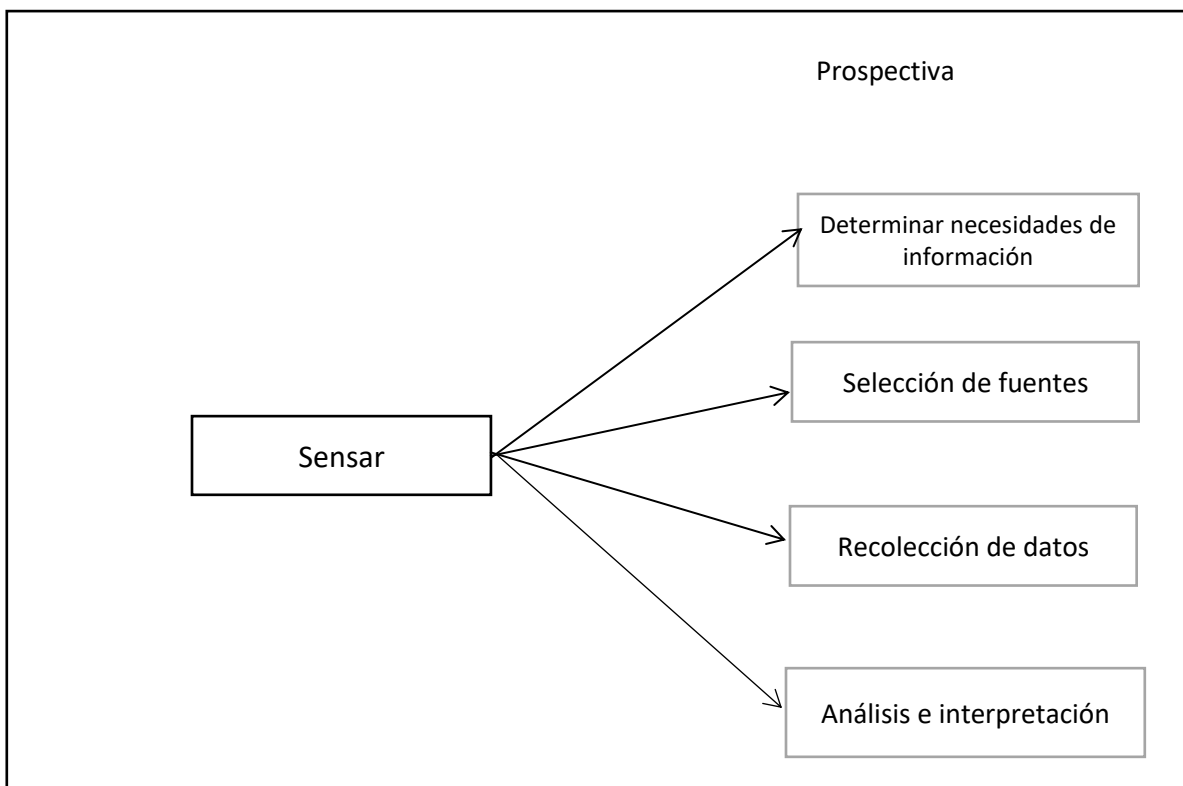
La investigación tiene una metodología deductiva, esta metodología inicia con elementos teóricos en la investigación científica, mismos que se anteponen y a su vez guían la observación (Álvarez-Gayou, 2003). Es un estudio cualitativo con sentido exploratorio con fines descriptivos y prescriptivos, por lo que se toma como base la interpretación de los datos obtenidos para poder analizar y descubrir lo que se pueda aprender sobre el área de estudio que compete a la investigación (Marshall y Rossman, 2010). Este diseño permitirte indagar acerca de las capacidades de prospectiva tecnológica con las que cuentan las IES dentro del cambio tecnológico que marca la cuarta revolución industrial; además nos permitirá conocer si los modelos de prospectiva que utilizan son los adecuados para afrontar el cambio tecnológico.

Para el diseño, desarrollo, aplicación y análisis de la encuesta se utiliza el marco de referencia de Buendía Eisman et al. (1998) quienes plantean tres fases para el desarrollo de una encuesta: 1) Formación teórica en el área de estudio; 2) Planificación de la encuesta y 3) Elaboración de instrumento para recoger los datos. La variable de capacidad de sensar se desprende del concepto acuñado por Teece (2007). Esto se traduce en cuestionar a los entrevistados acerca de sus procesos de prospectiva tecnológica y traducirlas a la capacidad dinámica de sensar.

Respecto a la prospectiva tecnológica, se utilizan el modelo de maduración propuesto por Rohrbeck and Kum (2018), que se divide en: necesidades de información, selección de fuentes, recolección de datos, análisis e interpretación de datos, preparación de decisiones, evaluación de

propuestas, reorientación de estrategias, desencadenamiento de nuevas actividades de I+D, integración de conocimientos, creación de nuevos negocios e influencia en la políticas. En la Figura 4 se muestra un diagrama con las variables y micro fundamentos a valorar en cada una.

Figura 4. Variables y microfundamentos de la caracterización de la prospectiva tecnológica como la capacidad dinámica de sensar



Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos microfundamentos se desarrolló un instrumento que se divide en dos áreas teóricas, la primer área sirve para identificar el nivel de madurez de la prospectiva tecnológica dentro de las IES; la segunda área indaga sobre los procesos de prospectiva tecnológica vinculados a la capacidad dinámica de sensar, de esta manera se va a poder determinar en qué grado deben desarrollarse esta capacidad dinámica en las instituciones, para alcanzar un determinado nivel de maduración de la prospectiva tecnológica.

Para la teorización de los resultados, se utilizó el Análisis Cualitativo Comparativo (QCA) por sus siglas en inglés, este análisis utiliza el Álgebra Booleana basada en conjuntos, bajo el supuesto de que la investigación se desarrollará con base a la voz de los propios participantes (Legewie, 2013).

Este tipo de análisis permite descubrir patrones o relaciones entre las diversas variables cualitativas al no existir un parámetro cuantitativo en la literatura, de esta forma se pueden formar teorías que permiten a otros investigadores analizar los resultados.

Resultados

Para medir la madurez de la prospectiva tecnológica, se utilizaron los elementos existentes del modelo de madurez de Rohrbeck, y se creó la escala de percepción integrando elementos que pertenecen al uso de información, métodos de sofisticación, personas y redes, organización y cultura en un total de 29 ítems.

Para evaluar el nivel general de madurez de la prospectiva tecnológica, primero se calculó el promedio de cada uno de los elementos. Los encuestados calificaron los ítems en una escala Likert de 5 puntos. Después de calcular los promedios para los elementos, se sacó un promedio general, éste promedio se transformó en el grado de madurez aplicando la siguiente regla:

- $a < 2 =$ Nivel de madurez 1
- $3 > a \geq 2 =$ Nivel de madurez 2
- $4 > a \geq 3 =$ Nivel de madurez 3
- $5 \geq a \geq 4 =$ Nivel de madurez 4

Una vez que se tuvieron los promedios de los resultados se agruparon en una sola tabla de promedios por variables y se calculó el promedio total por cada institución como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Promedios totales de las variables de madurez de prospectiva tecnológica.

PROMEDIO	USO DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE SOFISTICACIÓN	PERSONAS Y REDES	ORGANIZACIÓN	CULTURA	PROMEDIO TOTAL
UTEQ	3.3	3.0	4.0	4.0	4.0	3.7
ITP	3.9	5.0	4.0	3.8	3.0	3.9
UAQ	4.6	4.6	4.5	4.0	3.7	4.3
ITSZ	2.9	2.8	2.8	2.9	3.3	2.9

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se tuvieron los resultados acerca del nivel de madurez de la prospectiva tecnológica, el análisis consistió en comparar los promedios totales de cada una de las instituciones

con la regla propuesta por Rohrbeck (2010). El nivel de madurez de cada una de las IES estudiadas se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Nivel de madurez general de las IES

IES	PROMEDIO TOTAL	NIVEL DE MADUREZ DE LA PT
UTEQ	3.7	3
ITP	3.9	3
UAQ	4.3	4
ITSZ	2.9	2
REGLA PARA OBTENER EL NIVEL DE MADUREZ		
<ul style="list-style-type: none"> • $a < 2 =$ Nivel de madurez 1 • $3 > a \geq 2 =$ Nivel de madurez 2 • $4 > a \geq 3 =$ Nivel de madurez 3 • $5 \geq a \geq 4 =$ Nivel de madurez 4 		

Fuente: Elaboración propia.

Para analizar la capacidad dinámica de sensar se utilizaron los valores difusos de QCA dentro de la encuesta aplicada para medir las variables de la capacidad (determinar las necesidades de información, selección de fuentes, selección de datos y análisis e interpretación), Este cuestionario daba la opción de contestar entre los valores de 0 y 5 de acuerdo a la percepción de cada participante y posteriormente se parametrizó cada uno de los valores de cada una de las respuestas en un rango del 0 a 1 como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores codificados de QCA.

Valor	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Opción	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se pudo obtener la percepción de todos los participantes para conocer si la IES a la que pertenecen desarrolla o no la capacidad dinámica de sensar. Una vez que se obtuvieron

las respuestas de los participantes se sacó un promedio por variables estudiada, la Tabla 4 muestra el promedio obtenido de cada variable por institución.

Tabla 4. Promedio de las variables de la capacidad dinámica de sensar.

IES	Necesidades de información	Selección de fuentes	Recolección de datos	Análisis de la información
UTEQ	0.78	0.64	0.7	0.86
ITP	0.81	0.75	0.67	0.88
UAQ	0.91	0.79	0.77	0.94
ITSZ	0.63	0.55	0.53	0.64

Fuente: Elaboración propia.

Además de analizar el nivel general de madures de prospectiva tecnológica de cada una de las universidades, también se puede analizar el nivel de madurez de cada una de las variables que componen el estudio de nivel de madures. Estudiar el nivel de madurez por variable, ayuda a las IES a entender mejor sus procesos de prospectiva tecnológica y a saber cuáles áreas pueden mejorar, de la Tabla 5 a la 8 se muestra el nivel de madurez de cada una de las variables y su interpretación de cada una de las IES analizadas.

Tabla 5. Interpretación por variables del nivel de madurez de la UTEQ

UTEQ					
	USO DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE SOFISTICACIÓN	PERSONAS Y REDES	ORGANIZACIÓN	CULTURA
Nivel de madurez	3	3	4	4	4
Interpretación	Se utilizan algunas fuentes de información tanto externas como internas, se toman en cuenta algunos aspectos adyacentes a la institución, sin embargo, faltan por tomar en cuenta algunos otros.	Se utilizan varios métodos de PT, sin embargo faltan que estos métodos se integren, algunas partes de la institución tienen libertad para elegir los métodos de PT que más les convenga.	Se alienta el uso de redes internas y externas en los empleados, la IES ve como parte esencial que los integrantes mantenga y aumente estas redes.	La prospectiva tecnológica está relacionada directamente con el desarrollo estratégico de la IES	La IES está abierta a todo tipo de información sin importar la fuente. Se fomenta una actitud proactiva hacia la búsqueda hacia la PT.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Interpretación por variables del nivel de madurez del ITP

ITP					
	USO DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE SOFISTICACIÓN	PERSONAS Y REDES	ORGANIZACIÓN	CULTURA
Nivel de madurez	3	4	4	3	3
Interpretación	Se utilizan algunas fuentes de información tanto externas como internas, se toman en cuenta algunos aspectos adyacentes a la institución, sin embargo faltan por tomar en cuenta algunos otros.	Se utilizan varios métodos de PT, y estos métodos se encuentran integrados totalmente, todos los miembros de la IES tienen libertad para elegir los métodos de PT que más les convenga.	Se alienta el uso de redes internas y externas en los empleados, la IES ve como parte esencial que los integrantes mantenga y aumente estas redes.	La prospectiva tecnológica está relacionada con el desarrollo de innovaciones de la IES, sin embargo, falta elevar esta actividad a un nivel estratégico.	La IES se centra más en el uso de información interna. Pocos miembros de la IES mantienen contactos o informantes externos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Interpretación por variables del nivel de madurez de la UAQ

UAQ					
	USO DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE SOFISTICACIÓN	PERSONAS Y REDES	ORGANIZACIÓN	CULTURA
Nivel de madurez	4	4	4	4	3
Interpretación	Se toman en cuenta todas las áreas adyacentes a la IES para realizar la actividad de PT.	Se utilizan varios métodos de PT, y estos métodos se encuentran integrados totalmente, todos los miembros de la IES tienen libertad para elegir los métodos de PT que más les convenga.	Se alienta el uso de redes internas y externas en los empleados, la IES ve como parte esencial que los integrantes mantenga y aumente estas redes.	La prospectiva tecnológica está relacionada directamente con el desarrollo estratégico de la IES	La IES se centra más en el uso de información interna. Pocos miembros de la IES mantienen contactos o informantes externos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Interpretación por variables del nivel de madurez del ITSZ

ITP					
	USO DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE SOFISTICACIÓN	PERSONAS Y REDES	ORGANIZACIÓN	CULTURA
Nivel de madurez	2	2	2	2	3
Interpretación	Se toman en cuenta únicamente las áreas de interés de la IES para realizar la actividad de PT.	Se utilizan algunos métodos de PT, y éstos no están integrados entre sí.	Se alienta el uso de redes internas, las redes externas se encuentran relegadas.	La prospectiva tecnológica se utiliza únicamente cuando hay un problema específico a resolver.	La IES se centra más en el uso de información interna. Pocos miembros de la IES mantienen contactos o informantes externos.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se obtuvieron los niveles de madurez generales, se realizó el análisis de las variables de sensar con QCA. Para realizar este análisis lo primero que se hizo fue tomar los datos ya codificados de las capacidades dinámicas y se le agregó el nivel de madurez. Para este caso el nivel de madurez se tomó del 1 al 4, como cada institución puede tener únicamente un solo nivel, a este nivel de madurez con el que cuenta la IES se le asignó un 1, a los niveles de madurez restantes un 0. Para las capacidades de sensar se utilizó la suma global de cada una de éstas por IES como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Tabla de las variables de sensar y nivel de madurez de la prospectiva tecnológica.

IES	Capacidades dinámicas				Nivel de madurez			
	Necesidades de información	Selección de fuentes	Recolección de datos	Análisis de la información	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
UTEQ	0.68	0.64	0.70	0.86	0	0	1	0
ITP	0.61	0.65	0.67	0.88	0	0	1	0
UAQ	0.91	0.79	0.77	0.94	0	0	0	1
ITSZ	0.28	0.55	0.35	0.64	0	1	0	0

Fuente: Elaboración propia.

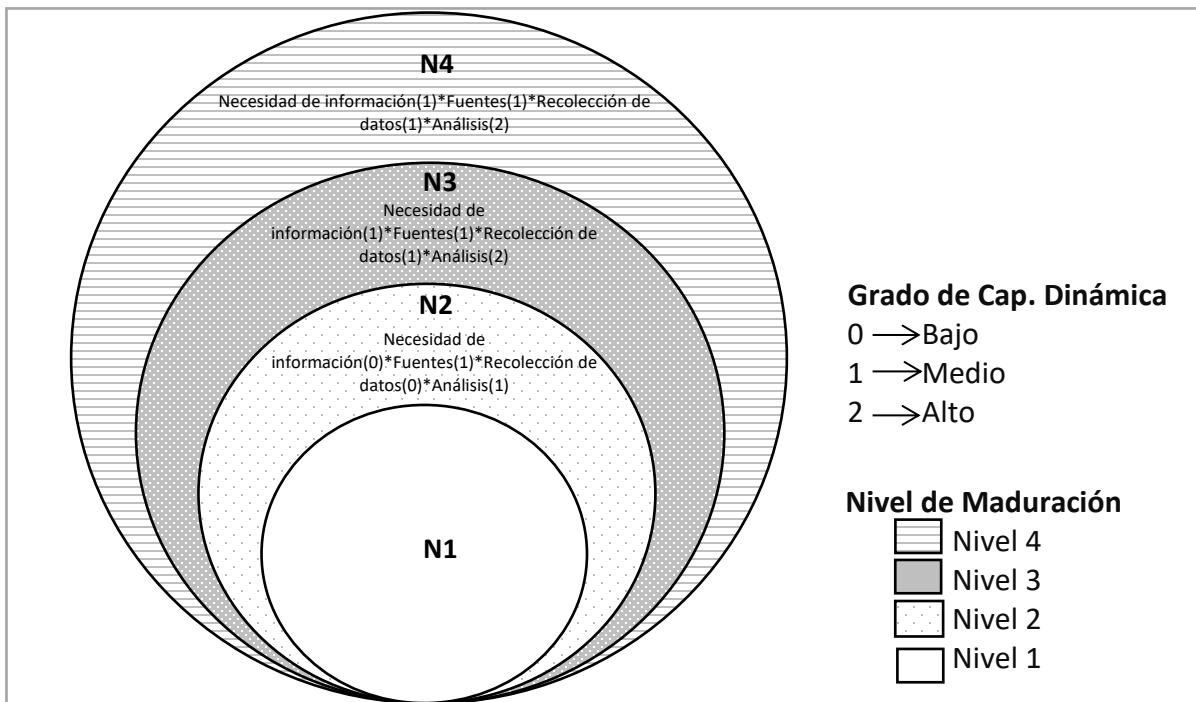
En la codificación de datos para QCA el puntaje máximo ya codificado que podía tener una pregunta era de 1. Dentro del cuestionario, como cada apartado de capacidades dinámicas constaba de 10 preguntas, la puntuación máxima que se podía tener por capacidad dinámica era de 10, por lo tanto, los rangos que se utilizaron para hacer la calibración fueron:

- De 0 a 4 puntos corresponde el valor calibrado de 0, esto significa que la capacidad se encuentra presente en un grado muy débil.
- De 4.1 a 7 puntos corresponden al valor calibrado de 1, esto significa que la capacidad dinámica se encuentra presente en un grado intermedio.
- De 7.1 a 10 corresponde el valor de 2, esto significa que la capacidad dinámica se encuentra presente en un grado muy alto.

Con los valores ya codificados se construyó una tabla de verdad en QCA, con la tabla de verdad se pasó al análisis de los datos, aunque el modelo propuesto por Rohrbeck (2010) propone cuatro modelos de madurez, para el presente trabajo se analizará solamente del nivel dos al cuatro, ya que ninguna de las IES estudiadas tuvieron un nivel de madurez 1.

En la Figura 5, se muestra un resumen de forma gráfica de los resultados obtenidos, donde se pone cada nivel de madurez de prospectiva tecnológica y en qué grado deben de estar desarrolladas las capacidades dinámicas para poder llegar a cada uno de los niveles de madurez.

Figura 5. Niveles de madurez de PT y grado de la capacidad dinámica de sensor requeridas



Fuente: Elaboración propia

Desde Teece (1997) se ha discutido ampliamente el tema de las capacidades dinámicas en el campo de la administración. Sin embargo, se ha debatido ampliamente qué son las capacidades dinámicas y los procesos, prácticas y rutinas que podrían aprovechar. En el presente trabajo, se encontró que para las IES analizadas la capacidad dinámica de sensor es necesarias para que se den los procesos de prospectiva tecnológica, ninguno de los niveles de prospectiva tecnológica analizados en el trabajo (Nivel 2 al 4) puede prescindir de las variables que componen la capacidad de sensor.

Conclusiones

En un mundo en el que el cambio es cada vez más dinámico y se vuelve más difícil de prever, es particularmente relevante mejorar nuestra comprensión de cómo las organizaciones pueden desarrollar capacidades dinámicas para sobrevivir y mantenerse exitosas en una economía de ventaja transitoria. El presente estudio promueve la expectativa de que la capacidad dinámica de sensor puede promover la prospectiva tecnológica. Una investigación futura podría centrarse en seguir explorando la interacción de ambos niveles. Dicha investigación es desafiante, ya que puede necesitar recurrir tanto a la ciencia organizacional como a las teorías de la ciencia psicológica, pero es clave para

comprender cómo las organizaciones pueden volverse más adaptativas y más ágiles, a pesar de las preocupaciones justificadas sobre la racionalidad limitada y los prejuicios en la toma de decisiones.

Para manejar la incertidumbre ambiental, es importante que las instituciones posean un nivel alto de madurez de prospectiva tecnológica. La propia prospectiva tecnológica puede considerarse como una parte central de la capacidad de sensar que permite a una organización detectar la necesidad de renovar su cartera de recursos. Por lo tanto, las instituciones necesitan comprender la relevancia y el significado de ambos conceptos. En las proposiciones, se dedujo una relación positiva entre los dos conceptos, una consideración conjunta puede conducir a un desempeño superior de ambos conceptos en las instituciones. En consecuencia, se debería considerar a la capacidad dinámica de sensar y a la prospectiva tecnológica colectivamente.

Referencias

- Álvarez-Gayou, J. L. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología* (Vol. 2). Paidós.
- Becker, P. (2002). *Corporate Foresight in Europe*. <http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2011/04/EFMN-Brief-No.-82-Corporate-Foresight-in-Europe.pdf>
- Brown, S. L., y Eisenhardt, K. M. (1997). The Art of Continuous Change: Linking Complexity Theory and Time-Paced Evolution in Relentlessly Shifting Organizations. *Administrative Science Quarterly*, 42(1), 1-34. <https://doi.org/10.2307/2393807>
- Buendía Eisman, L., Colás Bravo, M., y Hernández Pina, F. (1998). *Métodos de investigación en psicopedagogía*.
- Eisenhardt, K. M. (1989). *Making Fast Decisions in High-Velocity Environments* (Vol. 32). <https://doi.org/10.2307/256434>
- Eisenhardt, K. M., y Martin, J. (2000). Dynamic Capabilities: What are they? *Strategic Management Journal*, 21(10).
- Fritsch, M., y Slavtchev, V. (2007). Universities and Innovation in Space. *Industry and Innovation*, 14(2), 201-218. <https://doi.org/10.1080/13662710701253466>
- Hansen, J. A., y Lehmann, M. (2006). Agents of change: universities as development hubs. *Journal of Cleaner Production*, 14(9), 820-829. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.048>
- Khan, O., Daddi, T., y Iraldo, F. (2020). Microfoundations of dynamic capabilities: Insights from circular economy business cases. *Business Strategy and the Environment*, 29(3), 1479-1493. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bse.2447>

- Klos, C., y Spieth, P. (2021). READY, STEADY, DIGITAL?! How foresight activities do (NOT) affect individual technological frames for managerial SENSEMAKING. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120428. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120428>
- Kump, B., Engelmann, A., Kessler, A., y Schweiger, C. (2019). Toward a dynamic capabilities scale: measuring organizational sensing, seizing, and transforming capacities. *Industrial and Corporate Change*, 28(5), 1149-1172. <https://doi.org/10.1093/icc/dty054>
- Legewie, N. (2013). An Introduction to Applied Data Analysis with Qualitative Comparative Analysis [methodology; theory development; Qualitative Comparative Analysis (QCA); comparative analysis; applied data analysis]. 2013, 14(3). <https://doi.org/10.17169/fqs-14.3.1961>
- Maldonado Gómez, G., De los Ángeles Miró, M., Stratta, A. E., Barreda Mendoza, A., y Zingaretti, L. (2020). La educación superior en tiempos de covid-19: análisis comparativo México - Argentina. *Revista de Investigación en Gestión Industrial, Ambiental, Seguridad y Salud en el Trabajo - GISST*, 2(2). <https://doi.org/10.34893/gisst.v2i2.12>
- Mao, C., Koide, R., Brem, A., y Akenji, L. (2020). Technology foresight for social good: Social implications of technological innovation by 2050 from a Global Expert Survey. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119914. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119914>
- Marshall, C., y Rossman, G. B. (2010). *Qualitative research design*. Sage Publications, Inc.
- Martin, B. R. (1995). Foresight in science and technology. *Technology Analysis y Strategic Management*, 7(2), 139-168. <https://doi.org/10.1080/09537329508524202>
- Mittelstaedt Jr, R. E. (1992). Benchmarking: How to learn from best-in-class practices. *National Productivity Review*, 11(3), 301-315.
- Penprase, B. E. (2018). The fourth industrial revolution and higher education. *Higher education in the era of the fourth industrial revolution*, 10, 978-981.
- Reger, G. (2001). Technology Foresight in Companies: From an Indicator to a Network and Process Perspective. *Technology Analysis y Strategic Management*, 13(4), 533-553. <https://doi.org/10.1080/09537320127286>
- Rohrbeck, R. (2010). *Corporate Foresight: Towards a Maturity Model for the Future Orientation of a Firm*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2626-5>
- Rohrbeck, R., y Kum, M. E. (2018). Corporate foresight and its impact on firm performance: A longitudinal analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 105-116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.013>

- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(1), 1319-1350.
<https://doi.org/10.1002/smj.640>
- Teece, D. J. (2017). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.06.007>
- Teece, D. J., Pisano, G., y Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Villalobos-Valdez, J. (2021). Pilares tecnológicos universitarios dentro del contexto de la cuarta revolución industrial. *IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria*, 6(2), 35-51.
<https://doi.org/10.25214/27114406.1096>