

INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN MÉXICO. ESTUDIOS SECTORIALES Y REGIONALES

Germán Sánchez
e Ismael Núñez
Coordinadores

El libro que tienen a la vista tiene como objetivo contribuir al debate en torno a la experiencia mexicana sobre el desarrollo y la innovación tecnológica en el sector industrial, a partir de diferentes enfoques y niveles de análisis; identificando el papel que juegan los distintos actores: empresas, gobiernos, instituciones de educación e investigación, entre los principales. Considerando el entorno de la acumulación de capital mundial, que se caracteriza por una fuerte competencia oligopólica -hegemonizada por los grandes corporativos transnacionales- y sostenida por profundos cambios tecnológicos.

INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN MÉXICO. ESTUDIOS SECTORIALES Y REGIONALES.

Germán Sánchez e Ismael Núñez (coordinadores)



**INNOVACIÓN Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN MÉXICO.
ESTUDIOS SECTORIALES
Y REGIONALES**

Primera edición 2019

ISBN: 987-607-525-671-9

D.R. © Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
4 sur 104, Col. Centro, Puebla, México. C.P. 72000
Teléfono (222) 2295500
www.buap.mx

Dirección General de Publicaciones
2 norte 1404, Col. Centro, Puebla, México. C.P. 72000
Teléfono (222) 2295500 Ext. 5768
publicaciones.buap.mx

Facultad de Economía
Ciudad Universitaria, Av. San Claudio esquina 22 sur, sin
número, Col. San Manuel, Puebla, México. C.P. 72560
www.eco.buap.mx

Este libro fue dictaminado por pares académicos para su
publicación.

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

* *Rector*: Jose Alfonso Esparza Ortiz * *Secretario General*: José Jaime
Vázquez López * *Director General de Publicaciones*: Hugo Vargas
Comsille * *Director de la Facultad de Economía*: Salvador Pérez Men-
doza

**INNOVACIÓN Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN MÉXICO.
ESTUDIOS SECTORIALES
Y REGIONALES**

GERMÁN SÁNCHEZ DAZA

ISMAEL NÚÑEZ RAMÍREZ

(COORDINADORES)

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	9
Innovación y desarrollo tecnológico en México	
TEMA 1. DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA MEXICANA	17
La empresa y la industria cervecera en México. Una exitosa historia de sus capacidades	19
<i>Ismael Núñez</i>	
Análisis de la industria de calzado para establecer escenarios estratégicos considerando la competitividad y sustentabilidad: paradojas y compatibilidades	39
<i>Yonatan López-Santos y José Luis Martínez Flores</i>	
Sector biotecnológico en México: un análisis de patentes a través de minería de textos	67
<i>Alberto Morales Sánchez y Francisco Manzano Mora</i>	
Retos de la investigación en biotecnología agroindustrial en México	85
<i>Gabriela Jiménez Bandala, Juan Reyes Álvarez y Germán Sánchez Daza</i>	
Aprendizaje y capacidades en empresas multinacionales de sectores intensivos en conocimientos	117
<i>Javier Jasso, Arturo Torres y Lizbeth Puerta</i>	
Inversión Extranjera Directa y derrames tecnológicos; una correlación cuestionada desde la experiencia mexicana	135
<i>Silvana Andrea Figueroa Delgado y Graciela Nájera Solís</i>	

TEMA 2. INNOVACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y POLÍTICAS PÚBLICAS EN LOS ÁMBITOS REGIONAL Y LOCAL	153
Análisis dinámico de la capacidad innovadora regional en México y sus efectos en el crecimiento <i>Jesús Armando Ríos-Flores y Erika García-Meneses</i>	155
El rol de los gobiernos locales para el impulso de los sistemas de innovación a nivel regional: alcances y limitaciones de la experiencia reciente del Estado de Michoacán, México <i>Pedro Mata Vázquez, Nubia Lizbeth García Pérez, Saray Bucio Mendoza, Manuel Ricardo Romo de Vivar Mercadillo</i>	185
Políticas de innovación y empresas de nanotecnología en Nuevo León, México <i>Aarón Guerra Cerón</i>	211
El paradigma tecnológico de las TIC y su papel en la conformación de Ciudades Inteligentes y Sostenibles <i>Raúl Arturo Alvarado López</i>	243
La autocorrelación espacial del Índice de Capital Informático en la Ciudad de Mérida, Yucatán <i>Miguel Ángel Viana Dzul, Ruby de los Ángeles Pasos Cervera, Lizbeth Noemí Fernández Chalé</i>	271
TEMA 3. GESTIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA INNOVACIÓN Y LA INVESTIGACIÓN	299
Gestión tecnológica para la innovación tecnológica en las organizaciones <i>Alejandro González García</i>	301

Potencial de transferencia de invenciones de equipo médico en México <i>Erika Salas Tapia y Claudia Díaz Pérez</i>	325
Software Libre y de Fuente Abierta: Modelos de Innovación en México <i>Blanca Araceli Borja Rodríguez</i>	349
La política pública de innovación abierta: el Programa de Estímulo a la Innovación (PEI) en México <i>Jorge Benjamín Tello Medina y Lucio Flores Payan</i>	379
Investigadoras y políticas públicas científicas con perspectiva de género en México <i>María Eugenia Martínez de Ita, Vania López Toache y Soledad Soto Rivas</i>	409
TEMA 4. TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS: IMPACTOS Y ALTERNATIVAS	449
La innovación tecnológica y el desplazamiento de fuerza de trabajo <i>Gerardo González Chávez</i>	451
El modelo tecnológico y de producción de hidrocarburos no convencionales, el caso del shale gas y shale oil <i>Rosalba Mercado Ortiz y Helder Osorio Moranchel</i>	485
La Bioeconomía en América Latina <i>José Ignacio Ponce Sánchez y Graciela Carrillo González</i>	517

PRESENTACIÓN

El libro que está a su vista tiene como objetivo contribuir al debate en torno a la experiencia mexicana sobre el desarrollo y la innovación tecnológica en el sector industrial, a partir de diferentes enfoques y niveles de análisis; identificando el papel que juegan los distintos actores, empresas, gobiernos, instituciones de educación e investigación, entre los principales. Considerando el entorno de la acumulación de capital mundial.

Es importante destacar que, casi al llegar a los veinte años del siglo XXI, la economía mexicana se encuentra en una disyuntiva: seguir por el mismo camino de acumulación de capital que privilegia la integración subordinada a las cadenas globales de valor (CGV), excluyendo o sobreexplotando las dinámicas productivas locales, o bien, establecer nuevas rutas que permitan un desarrollo económico menos polarizado, basado en una mayor integración productiva y social, que permita una mejor distribución del ingreso. Al menos así podemos resumir las opciones que vislumbra la nueva administración gubernamental, iniciada a fines de 2018. Sin embargo, las políticas económicas que hasta el momento se están dibujando por parte de dicho gobierno, mantienen como eje de acumulación al sector industrial y sus formas de valorización globales, aun cuando intentan impulsar simultáneamente otras iniciativas productivas, dirigidas a los sectores más vulnerables y aquellos que consideran como problemas prioritarios de la nación —agua, soberanía alimen-

taria, salud, desarrollo urbano, transición energética y cambio climático, entre otros.

Es indudable que la dinámica de la economía mundial se impone férreamente, la acumulación de capital es impulsada a partir de los distintos ramos productivos, que se han fragmentado a lo largo y ancho del globo terráqueo; siendo el capital industrial el que hegemoniza tal dinámica, con sus vínculos contradictorios con el capital financiero. En este contexto, la crisis de 2007-2008 es un punto de referencia en todos los sentidos, pues define un punto de inflexión que tiene distintas interpretaciones. Dos elementos fundamentales queremos señalar: el énfasis en el lento crecimiento, ocasionado o vinculado con el agotamiento de los determinantes de la productividad del trabajo, segundo, el aceleramiento de los cambios tecnológicos. Respecto al primero, se desata un conjunto de recomendaciones sobre la flexibilidad laboral y, por supuesto, su resistencia. Del segundo, han surgido las teorizaciones sobre la cuarta revolución industrial y la industria 4.0 -con sus tendencias de automatización, desarrollo de la inteligencia artificial, con el uso intensivo del internet de las cosas, y otras tecnologías denominadas disruptivas. Habría que añadir un tercer elemento, que es la agudeza de la competencia mundial, tanto en términos de economías dominantes como de corporaciones multinacionales; estas últimas a través de las CGV. Hay que mencionar que desde hace años se viene planteando el debate en torno a la pérdida de hegemonía estadounidense, la cual parece hoy más cercana. Desde 2014 China es la economía **más grande del mundo**, teniendo un campo de influencia inmediato muy amplio y denso. Aun cuando una buena parte de ella tiene que ver con la inversión extranjera que hospeda desde hace varios años.

Así, en este contexto de elaboración de estrategias del capital para elevar la productividad, de cambio tecnológico profundo y de aguda competencia, los sectores productivos mundiales se modifican aceleradamente. De esta manera, los

procesos productivos, las formas de organización y gestión de las corporaciones y unidades productivas, las políticas públicas y las funciones de los distintos niveles de gobierno, así como los mismos espacios territoriales -sean urbanos o rurales- se ven sometidos a enormes tensiones, provenientes no solo de los intereses de las distintas fracciones del capital, sino también por las expectativas, simpatías y resistencias de los distintos actores y sujetos económicos y sociales de cada uno de los territorios nacionales y regionales. Sin embargo, es claro que el cambio tecnológico, la innovación, se convierten en un fundamento de la estrategia de acumulación del capital mundial.

La generación, distribución y uso del conocimiento se convierten en actividades fundamentales para la resolución de las grandes problemáticas del capital, el trinomio ciencia-tecnología-innovación son ejes determinantes para la productividad y competitividad de empresas y países, cuestión que ya se había planteado desde la década de los setenta del siglo pasado, pero que hoy adquiere un mayor peso y profundidad. Al respecto vale la pena destacar cuando menos cuatro grandes tendencias:

- los gastos en investigación y desarrollo (I+D) tienden a ser cada vez mayores, entre 2007 y 2013 habían crecido un 30.5%, si bien en los siguientes años hubo un ligero estancamiento, para 2017 el gasto en I+D alcanzaba ya el 2.78% del PIB en Estados Unidos, el 1.97% en la Unión Europea y en China el 2.15%. En este año, Estados Unidos y China aportaban prácticamente el 50% del gasto mundial, en fracciones similares;
- en los países de la OCDE la inversión gubernamental en ese rubro tiende a disminuir desde 2010, pasando de 31% en 2009 a 27% en 2016, aun cuando esta caída es compensada vía créditos fiscales, esto podría conducir a restar capacidad de gestión a los gobiernos en la conducción de dicho gasto;

- por otro lado, la aguda dinámica de competencia y de cambio tecnológico, ha llevado a elevar el gasto en I+D que realizan las empresas, lo cual a su vez está vinculado con la inserción de nuevos actores empresariales –vinculados a las nuevas tecnologías, como el diseño digital, la inteligencia artificial– y modificaciones en el mismo ciclo de innovación;
- tomando en cuenta los nuevos escenarios mundiales, la incidencia de los organismos internacionales y de las organizaciones civiles, se plantea por parte de la OCDE que están surgiendo nuevas políticas públicas de ciencia-tecnología-innovación que están orientadas hacia una misión específica.

Estas tendencias van configurando un espacio productivo mundial que tiene como actor dominante a las grandes corporaciones transnacionales; a través de las CGV -las cuales son responsables de más del 80% del comercio mundial, de la segmentación de los procesos en el territorio global, así como del uso amplio de la subcontratación, se reordenan los límites y características de las viejas ramas y sectores económicos, lo cual se ha traducido en un amplio crecimiento del sector servicios, el cual tiene estrechas conexiones con el agrícola y el industrial. Sin embargo, la dinámica de estas tendencias, el predominio de cada rama o sector, está condicionada por la división internacional del trabajo, por la inserción específica de cada territorio.

En este contexto, la economía mexicana enfrenta grandes retos, baste mencionar que los indicadores mundiales lo ubican con un fuerte rezago, por ejemplo, en 2019, ocupa el lugar 49 en el Índice Global de Competitividad y el 56 en el Índice Global de Innovación, posiciones que no han tenido sino ligeras variaciones desde hace varios años. Tales indicadores nos ilustran la existencia de fuertes rezagos productivos y tecnológicos frente a las economías centrales y algunas otras periféricas.

Aunado a este panorama, destaca la relevancia que tiene el sector industrial en la economía mexicana, la manufactura aportaba en 2017 el 16.5% del valor agregado y el 16.7% del empleo, teniendo como sectores principales al de Maquinaria y equipo –destacando la industria automotriz en su conjunto– y Alimentos y bebidas, ambos generaban casi dos tercios del valor agregado manufacturero. En ellos, predominan las grandes corporaciones transnacionales, a través de las CGV. Contrastando con este panorama, hasta 2018, el mercado laboral es caracterizado por una alta informalidad –56.6% del empleo–, con una gran polarización: más del 50% de los ocupados tenían un ingreso de dos salarios mínimos o menos y con una muy baja cobertura en seguridad social-, de tal forma que las ganancias brutas representan el 72% del valor agregado y las remuneraciones totales el 27%.

Reconociendo la problemática, el Plan Nacional de Desarrollo del actual gobierno, en su eje 3 «Desarrollo económico» se propone como objetivo central elevar la productividad y promover un uso eficiente y responsable de los recursos. Contemplando además la promoción de la innovación y la integración en las cadenas de valor. Esto teniendo en mente su contribución al crecimiento económico y el “desarrollo igualitario, incluyente, sostenible y a lo largo de todo el territorio”. De esta manera, se puede concluir que las actividades de ciencia, tecnología e innovación son fundamentales tanto en términos de la actual estructura productiva como en la estrategia del nuevo gobierno mexicano. Sin embargo, se puede observar que existen matices y diferencias en torno a como se comprende y se efectúa la innovación, así como su misión. Estos matices deberán ser objeto de un análisis posterior, por el momento nos parece sumamente importante reconocer la relevancia que juegan tanto las actividades de CTI como el desarrollo industrial.

Es a partir de las tendencias que hemos destacado que consideramos que este libro aporta diversos elementos al de-

bate actual, tanto en términos de las políticas públicas como de las estrategias de los diversos actores y sujetos sociales. Los artículos se han agrupado en cuatro grandes temáticas:

1. «Desarrollo e innovación tecnológica en la industria mexicana», en la cual se presentan los estudios de cuatro ramas específicas, con desarrollos y características tecnológicas muy distintas, pero cuyo eje de articulación es la innovación, las capacidades de aprendizaje que se van acuñando, así como los retos a los que se enfrentan, enfatizando el papel de las grandes empresas transnacionales;
2. «Innovación, desarrollo tecnológico y políticas públicas en los ámbitos regional y local», a partir de un primer texto que coloca el contexto regional de la innovación en México, en tanto que en los siguientes artículos se discuten el papel de los gobiernos locales en el impulso de las actividades innovativas, su incidencia en la construcción de los espacios territoriales, urbanos y rurales, así como la tecnología incide también en esta configuración.
3. «Gestión y políticas públicas para la innovación y la investigación», siendo el gobierno federal uno de los principales actores de los procesos de competitividad e innovación, en este apartado se incluyen cinco textos que presentan el estudio de las políticas públicas en diversos ámbitos tecnológicos y productivos, identificando sus principales problemáticas.
4. Finalmente, en el apartado «Trayectorias tecnológicas: impactos y alternativas», se incluyen tres artículos que nos ofrecen un análisis de contexto y de tendencias en tres ámbitos: el impacto de la innovación sobre el empleo, los desarrollos tecnológicos y el cambio del patrón energético, concluyendo con un tema relativamente nuevo, que es el de la bioeconomía.

Se trata de un conjunto de artículos que tienen enfoques y metodologías diversas, pero que tienen como eje central el estudio de la innovación y del desarrollo tecnológico

en México, en el contexto de una economía mundial con alta competencia, fuertemente concentrada y profundos cambios.

**Germán Sánchez
e Ismael Núñez**

**DESARROLLO E
INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA EN LA
INDUSTRIA MEXICANA**

LA EMPRESA Y LA INDUSTRIA CERVECERA EN MÉXICO.

UNA EXITOSA HISTORIA DE SUS CAPACIDADES

Ismael Núñez¹

INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva evolutiva de la formación y utilización en el largo plazo de las capacidades y desde la visión chandleriana del origen de la gran empresa en el capitalismo, abordamos el estudio del origen y el desenvolvimiento de la gran empresa y la industria cervecera en México.

El propósito del trabajo es investigar el despliegue de las capacidades tecnológicas, y otras capacidades empresariales, como causales de su crecimiento competitivo nacional e internacional a lo largo de los dos modelos económicos que han dominado el siglo xx y los casi primeros 20 años del siglo xxi.

El trabajo descubre y analiza dos procesos ocurridos a lo largo del modelo de sustitución de importaciones y en el modelo neoliberal: a) el proceso de concentración empresarial y, b) un continuo proceso de actualización tecnológica e innovación que permitieron crecer las escalas y reducir el número de jugadores en la industria. Se descubre que estos procesos resultarían importantes para dotar de capacidades a la empresa cervecera mexicana para su posterior internacionalización a fines del siglo xx.

¹ Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. ismaeln@unam.mx

Otro importante hallazgo que presentamos es la conformación de una peculiar cadena tecno-productiva agroindustrial cervecera que ha tenido la singular característica de inducir un particular comportamiento de cooperación y de competencia entre las empresas del sector.

PROCESO DE CONCENTRACIÓN EMPRESARIAL

Las empresas cerveceras nacieron hacia finales del siglo XIX y en el primer tercio del XX. Las tres más importantes como la Cuauhtémoc que inició operaciones en 1890, la Moctezuma en 1894 y Modelo en 1925.

Una de las características importantes de esas y otras cervecerías de los tiempos iniciales es que se crearon como empresas grandes, con plantas de gran tamaño para la distribución regional. La vocación tecnológica de dichas plantas sería por lo tanto la del dominio tecnológico de grandes plantas. Esta sería una característica de diferenciación respecto de lo general en Estados Unidos, Alemania y Europa donde la fabricación y consumo local y micro-cervecero continúa conviviendo con la gran empresa cervecera hasta nuestros días.

Durante los primeros ochenta años del siglo XX se vivió una etapa de creación de empresas cerveceras regionales, la apertura de nuevas plantas en las tres principales cervecerías anotadas arriba y, casi al mismo tiempo, un proceso permanente de compras de plantas por parte de las tres principales.

En 1985 la cervecería Cuauhtémoc de Monterrey decidió comprar a la tercera cervecera de importancia del país, la Cervecería Moctezuma de Veracruz. La fusión completa se concluyó en 1988.²

Este fue el momento en el que se pasa de una industria oligopólica de tres jugadores a una industria duopólica con Cervecería Modelo y con Cuauhtémoc – Moctezuma,

2 La compra implicó negociar pasivos importantes que tenía Moctezuma. (Entrevista con el licenciado Alfredo Livas Cantú, 1998)

dos corporativos que ofrecerían todo el portafolio de cervezas para el país.

Cabe señalar que la empresa cervecera derivó pronto en corporativos que fueron dando ramificaciones hacia empresas autónomas que se convertirían en proveedoras de insumos de las plantas cerveceras y malteras de las compañías. Estas «otras empresas» de vidrio, de cartón, de laminados, de empaque también fueron objeto de concentración empresarial en manos del duopolio final. Los servicios de marketing y publicidad cumplieron la tarea de crear fidelidad del consumidor mexicano hacia el portafolio de marcas de las empresas, pero también empujaron al consumo hacia la concentración y de paso detener los intentos de entrada de la cerveza extranjera.

El proceso de concentración horizontal, juntando la producción de cerveza y el mercado nacional en pocas empresas había cumplido su ciclo.

Este proceso de concentración logró mantener bajo el control de los corporativos el mercado nacional. Las capacidades puestas en acción por parte de la gran empresa cervecera, en materia de adquisiciones y apertura de nuevas plantas, permitió aumentar la producción y así detener la entrada a las empresas foráneas. También de manera importante se debió a las habilidades desarrolladas y desplegadas en las formas de organización y en la comercialización al detalle.

De esta manera las necesidades del siempre creciente mercado interno mexicano fueron satisfechas por los corporativos durante el siglo xx y la primera década del xxi en un 98% en promedio.³ Además, las marcas de importación

³ Ese proceso de concentración fue más tardío en otros países. Teniendo en cuenta que los niveles de producción han sido tradicionalmente más altos que en México, podemos decir que la concentración fue menos intensa y más tardía, por ejemplo, en Estados Unidos donde hasta el año 2000 las primeras grandes 8 cerveceras cubrieron el 97% de la producción, y en Alemania las 8 más grandes cubrieron el 67%. (Adams, 2011: 228)

más vendidas fueron introducidas por las complejas y amplias redes de distribución de las cerveceras mexicanas⁴.

1. *Actualización tecnológica e innovación en la empresa cervecera durante el modelo de sustitución de importaciones.*

Junto a la concentración se produce otro proceso: el de actualización e innovación tecnológica de la actividad cervecera. Podemos afirmar que a lo largo de la historia de la empresa cervecera mexicana se verifica una co-evolución entre los procesos de concentración empresarial e industrial y el de actualización tecnológica permanente, e innovación tecnológica.

En las empresas cerveceras de esta industria tecnológicamente madura, las innovaciones son de dos tipos, externas a la industria e internas a la fabricación de cerveza.

Muchos son los ejemplos de actualización o innovación tecnológica que se produjeron en las empresas cerveceras a lo largo del siglo xx, a modo de ejemplo presentamos aquí algunos casos de las dos principales empresas.

La Cervecería Cuauhtémoc introdujo en 1894 con su marca «Carta Blanca» la tapa metálica en sustitución del tapón de corcho que se amarraba con alambre. El registro de marcas comenzaba rápidamente como forma de protección por parte de las empresas. La Cuauhtémoc obtenía el registro para la «Bohemia» en 1908.

Por los años 20 la cervecera regiomontana añadió el gas carbónico a la cerveza. El barril metálico se introdujo en los años 30. En 1948 Cuauhtémoc comenzó a enfriar las botellas en hielo triturado. Nadie lo había hecho antes en el mundo. La presentación de la cerveza en botella de color ámbar transparente se adopta en los años 50, muy cerca de los líderes en otros países.

4 Las empresas mexicanas también cuidaron y alentaron la venta en envase retornable, lo que además de convenir por menor precio al consumidor mexicano, dificultó la entrada de marcas extranjeras

Las décadas de los 60 y de los 70 se puede decir que es prolija en envasados diferentes de la cerveza. Cuauhtémoc introduce el tamaño «Familiar», la presentación en lata, el envase con tapa «twist off», «quitapón», el envase de lata «abresolo», y la lata se fabrica de dos piezas en lugar de tres como se hacía antes.

Modelo introduce en 1967 también la presentación en lata, lo cual modifica en la cervecería los procesos de envasado, porque a diferencia del embotellado en vidrio, la lata se llena con más velocidad, y con los años logran un tercio más de velocidad, lo que permite la salida de cerveza en mayor cantidad y en algunas plantas provoca la ampliación del proceso completo.

En los años 50 y 60 las ollas de cocimiento eran de cobre. Las empresas mexicanas no eran la excepción. Por esos años, en las empresas de Estados Unidos comenzaron a utilizar el acero inoxidable, material descubierto en 1916 por un inglés llamado J. Bearley. Las grandes empresas mexicanas iniciaron la sustitución en los años 70. En la actualidad todas trabajan con este tipo de ollas. Al paso de los años esas ollas han aumentado su tamaño como respuesta a la necesidad de ampliar las escalas. También por las necesidades de incrementar la producción, las llenadoras de botellas son cada vez más rápidas. En este caso los proveedores de estas máquinas (alemanes, italianos y norteamericanos principalmente) mantienen un estrecho contacto con las cerveceras para adecuar sus máquinas a las necesidades de cada cliente. Esta máquina marca mucho la velocidad de todo el proceso. Las cerveceras mexicanas siempre han prestado mucha atención a la incorporación de las novedades que los proveedores van consiguiendo a cada momento. Han pasado desde las antiguas llenadoras, que llenaban los envases en fila, hasta las actuales, que reciben una mayor cantidad de botellas en un recipiente redondo que son llenadas por una mayor cantidad de dosificadores.

Por razones de costos y por motivos de abastecimiento seguro, a tiempo y de calidad, las empresas optaron durante el período de sustitución de importaciones, contar con su propia fabricación de equipos básicos para la cervecería y para la actividad maltera. Ese fue el caso de la fabricación de lavadoras, pasteurizadoras, transportadoras de cajas, botes y botellas, tanques metálicos de almacenamiento y equipo para el movimiento del grano. También los sistemas de enfriamiento han evolucionado constantemente.

2. *Actualización tecnológica e innovación en la empresa cervecera durante el modelo neoliberal*

Las cerveceras incorporaron en los 80 y en los 90 a todas sus plantas los tanques llamados unitanques, que permiten llevar a cabo dos procesos en un solo depósito, el de la fermentación y el de reposo. La instalación de estos unitanques es una de las incorporaciones tecnológicas que la industria mundial observaba desde la década de los 70.

La manipulación genética de las cepas de levadura es otro de los campos en los que trabajan las cerveceras. El mejoramiento y la selección de cepas de levadura es una actividad tecnológica consustancial a la actividad cervecera para lograr fermentaciones de mejor calidad y/o más rápidas. Las empresas mexicanas monitorean constantemente sus cepas y los avances que se producen a nivel mundial.

Los avances tecnológicos en las líneas de embotellado llegaron a la robotización. En la planta de Nava, Coahuila, Grupo Modelo desarrolló con la empresa suiza SIDEL una línea robotizada que es capaz de embotellar 48 mil unidades por hora. El número de botellas no sorprende (otros modelos llegan a 80 mil unidades por hora y en lata a 130 mil) pero sí llama la atención que sea manejada por una sola persona en el tablero de control.

Las capacidades tecnológicas adquiridas por la industria cervecera mexicana incluyen también, en un sentido amplio, cambios organizativos en los corporativos. Actividades

que se convertirían en capacidades empresariales como las de promoción, de marketing y de publicidad que iniciaron en el modelo de sustitución de importaciones, continuarían adaptándose y perfeccionándose en el modelo neoliberal.

Este aprendizaje desarrollado por la industria cervecera mexicana, tanto en las formas de comercialización del producto como en su habilidad para elevar la producción mediante adquisición de otras empresas, las capacitó para:

- descubrir y aprovechar las posibilidades de las economías de escala en esta actividad;
- mantener el dominio del mercado nacional en el actual proceso de apertura de la economía; y
- enfrentar después, con mejor éxito que otras industrias, los procesos de asociaciones estratégicas con los líderes mundiales de la industria.

El comportamiento de las empresas cerveceras durante el periodo neoliberal de enlazar actividades de sus otras empresas, de continuar con la propia fabricación de equipos y ciertas máquinas; el afianzamiento de la producción propia de malta y la continua actualización tecnológica, no era el desempeño promedio de la industria agroalimentaria en México.

En efecto, el modelo neoliberal impuesto en México que apostaba por atraer inversión extranjera y dejar que los mercados señalaran a los ganadores y perdedores en la competencia desregulada, provocó el rompimiento de las cadenas industriales.

Así, sus capacidades de crecimiento, mediante la concentración de plantas y la apertura de nuevas, no dejaron de aplicarlas en un entorno macroeconómico que indicaba lo contrario. Y fue esa «desobediencia» la que preparó a los dos corporativos para enfrentar posteriormente la internacionalización de manera exitosa.

Por el contrario, en la industria y en la agroindustria el rompimiento de las cadenas tecnológicas y productivas era lo común.

3. *La Industria y la cadena cervecera en México*

El crecimiento en base al uso y despliegue de capacidades en las grandes empresas cerveceras condujo, como dijimos, a un duopolio cervecero, que en algunos aspectos creó características cooperativas que la hicieron singular como industria.

Cada empresa cervecera contaba con sus malterías para asegurar este importante insumo. También contaban con fábricas propias de maquinaria y equipos. Con sus propias empresas de distribución y con servicios de publicidad y venta al detalle.

Sin embargo, para no enfrascarse en batallas interminables y agotadoras por hacerse de la cebada producida en México, crearon por 1959 una distribuidora del grano, IASA (Impulsora Agrícola, S.A.). Este organismo de la cámara de la cerveza en México, estuvo dedicado a impulsar el cultivo de mejores granos de cebada, a aplicar mejores e innovadores métodos agrícolas y a distribuir el grano a las malterías de las cerveceras según criterios de cuota de mercado nacional dominado por cada corporativo.

Esta estrategia que nació durante el modelo de sustitución de importaciones distribuyó la cebada producida en el país. Este acuerdo entre las empresas cerveceras de aquella época, se volvería importantísimo al paso del tiempo, porque atenuó la competencia por el grano logrando mantener barato el precio de este insumo fundamental. La competencia se verificó «aguas arriba» en la capacidad de fabricación, distribución y venta del producto que cada corporativo tuviera o alcanzara.

Las malterías de cada compañía recibirían los pedidos de cantidad y calidad de malta de su corporativo y lo pasarían a IASA para que este organismo buscara la malta entre los productores, mejorara la cebada con el auxilio de los centros de investigación (centros de INIFAP por ejemplo) y se asegurara la calidad del grano a comprarles a los productores. Con el tiempo IASA se convertiría en un organismo de aliento a la

producción de más y mejor malta en el territorio nacional. El territorio de producción maltera en Tlaxcala, Hidalgo y el Estado de México se ha expandido hacia Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Chihuahua y Coahuila en tierras de temporal, y de modo intenso de riego en Guanajuato, Querétaro, Jalisco y Michoacán.

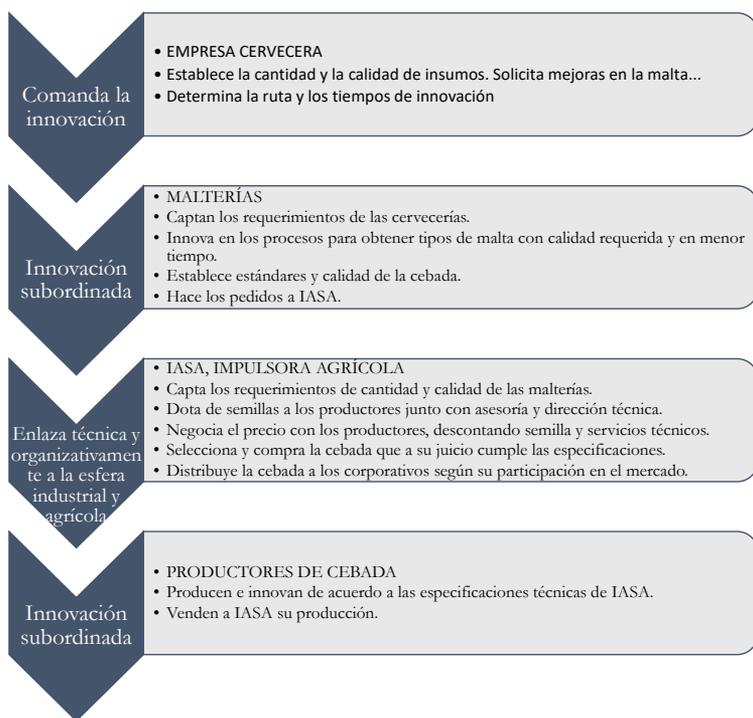
La cadena agro-industrial cervecera mexicana no parece tener símil en otros países hasta donde llega nuestra información. Esto dio por resultado la creación de una cadena tecno-productiva muy eficiente desde los años 50.

La industria cervecera no escapó a los llamados y a las presiones e incentivos para conducirse en el marco del modelo neoliberal. Sin embargo, estas empresas y esta industria continuaron trabajando en el fortalecimiento de la cadena que habían creado desde mediados del siglo pasado, que les había dado resultados para crecer permanentemente su mercado interno y protegerlo de la competencia externa.

La empresa y la industria cervecera no hizo caso a los fundamentos y al entorno neoliberal que desde los años ochenta imperaba en el país. En los últimos 20 años del siglo pasado el modelo neoliberal había creado un ambiente económico que esperaba la creación de incentivos para alentar encadenamientos eficientes bajo el supuesto de la presión en precios y en calidad exigidos por la apertura comercial. El modelo también sostenía que bajo la competencia de libre mercado saltaría la innovación y los desarrollos tecnológicos desde cualquier punto del sistema alimentario.

Esta estrategia no ha pasado de ser un equívoco grande. Como dijimos antes, se produjo un desmembramiento de las cadenas productivas que se habían logrado crear durante la sustitución de importaciones. Podemos afirmar a la luz de nuestro estudio que el neoliberalismo puede ser una estrategia económica, pero nunca una estrategia tecnológica y de innovación.

Figura 1. Cadena tecno-productiva cervecera en México



Las empresas cerveceras, contrariamente al modelo marcado por el gobierno neoliberal, siguieron trabajando en sus encadenamientos verticales y los llevaron al nivel de la industria para su internacionalización y globalización. Consideramos que esta es una fuerte enseñanza para el diseño de las políticas agro-industriales en el sentido de alentar, impulsar y consolidar ciertos encadenamientos tecnológicos y productivos, que cuentan con un mercado tan amplio como el de la población en México.

4. *Internacionalización exitosa y posterior venta a empresas extranjeras*

¿Qué era lo que más convenía a las empresas mexicanas en el nuevo contexto de competencia global, producir cerveza en

otros países, o usar la exportación y seguir produciendo en México?

La respuesta no tardaría mucho. El modelo de liberación del mercado mexicano y la colocación de las exportaciones en el centro de las políticas, alentaron casi naturalmente a elegir las exportaciones, principalmente hacia Estados Unidos.

En la nueva realidad de globalización y de cambio al modelo neoliberal los dos procesos que se intensificaron en la gran empresa cervecera mexicana, el de concentración y el de actualización e innovación tecnológica, la dotaron de capacidades que desplegarían para insertarse en las corrientes internacionales.

El crecimiento de las exportaciones de las empresas cerveceras coincide con las alianzas iniciales con grupos extranjeros, que en principio tenían como propósito facilitar la exportación.

Las estrategias de Modelo y de Cuauhtémoc – Moctezuma durante los 90 y la primera década del nuevo siglo XXI, resultaron exitosas pues consiguieron, primeramente introducirse en un mercado muy competido como es el de Estados Unidos, después consolidar presencia y finalmente desbancar a empresas y marcas poderosas que habían dominado las importaciones cerveceras en Estados Unidos. De las diez marcas más importadas por Estados Unidos, las mexicanas llegaron a colocar cinco.⁵

5 El TLC incrementó dramáticamente las exportaciones sobre todo hacia Estados Unidos. De vender en promedio entre 1991 y 1993 \$145 millones de dólares la industria mexicana pasó a vender entre 2011 y 2013 en promedio \$1,804 millones de dólares..

Cuadro 1. Principales marcas de cerveza importada en EUA
(2010)

1.- Corona
2.- Heineken
3.- Modelo Especial
4.- Tecate
5.- Corona Light
6.- Guinness
7.- Stella Artois
8.- Labatt Blue
9.- Dos Equis Lager
10.- Heineken Premium Light

Fuente: Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas (2011)

La estrategia de optar principalmente por las exportaciones, comenzó a dar resultados porque su experiencia en la distribución nacional, ahora se replicaba a nivel mundial con oficinas de distribuidores por país o por área geográfica según fuera conveniente.

Mientras tanto en el nivel mundial se acelera el proceso de concentración de los mercados y la lista de las empresas más importantes, hacia el 2004 se presentaba la fuerte presencia de los corporativos mexicanos.

Cuadro 2. Principales cerveceras en el mundo en 2004

1.- InBev	Bélgica
2.- Anheuser Busch	EUA
3.- SABMiller	UK
4.- Heineken	Holanda
5.- Carlsberg	Dinamarca
6.- Molson/Coors	EUA / Canadá
7.- Modelo	México
8.- Tsingtao	China
9.- BBH	Rusia
14.- Cuauhtémoc – Moctezuma	México

Fuente: Roberthhaas (2005)

Este panorama se modificó radicalmente. Recordemos aunque sea brevemente, algunos hechos significativos de este proceso de concentración mundial, y entender cómo fue que las empresas mexicanas pasaron a manos extranjeras.

En 1989 unos inversionistas compran una de las empresas brasileñas icónicas, Brahma. La consolidación y crecimiento a la que se conduce a Brahma la alienta a comprar en 1999 a otra importante cervecera brasileña, Antarctica. De esta adquisición surge AmBev.

Por otra parte la belga Interbrew formada de la fusión de dos empresas belgas en 1988, la Browerij Artois, productora de aquella marca Stella Artois cuyo origen data del año 1366, y la Piedboeuf Brewery, compraron a la importante canadiense Labbat.

En 2002 dos gigantes se fusionan dando inicio a las megafusiones, la sudafricana South African Breweries con la inglesa Miller Brewing, dando origen a SAB Miller.

En 2004 de la brasileña AmBev fusionada con la belga Interbrew, surge InBev.

Dos años después de su creación, en 2006 InBev se hace del 100% de las acciones de la argentina Quilmes.

Los focos se encienden en todo el mundo y la gigante cervecera inglesa-sudafricana SABMiller compra en 2005 cerveceras en Colombia (Bavaria), Perú, Ecuador, Panamá, Honduras y El Salvador.

Otros movimientos de adquisición se producen por parte de las cerveceras más grandes en el mundo. Sin embargo el movimiento más importante sucede en 2008 cuando la belga-brasileña InBev, apenas cuatro años después de haberse creado por una fusión, adquiere mediante una oferta agresiva (OPA) a la estadounidense Anheuser-Busch por \$52 mil millones de dólares.⁶

6 Una OPA es una oferta pública de adquisición por la que personas físicas o sociedades ofrecen a todos los accionistas la compra de sus acciones pero sin acuerdo previo. En general el adquirente lanza una oferta con

La compra del gigante estadounidense Anheuser Busch no figuraba en los pronósticos de los jugadores mundiales, ni en los planes de los directivos y accionistas de esta cervecera norteamericana. Tampoco nadie imaginaba una oferta de tal magnitud, ni una oferta de compra agresiva, que lograra derribar las negativas y los recursos interpuestos de los directivos de Anheuser Busch. La nueva mega empresa AB-InBev había modificado el panorama cervecero mundial escalando las adquisiciones a cifras enormes.

En medio de una ola de adquisiciones mundiales de empresas cerveceras muy grandes llegaron las ofertas para las mexicanas. FEMSA cerveza es pretendida por la holandesa Heineken, la japonesa Kirin y la anglo-sudafricana SABMiller.

En 2010 el acuerdo se define por la venta a Heineken del 100% de las acciones que son intercambiadas por el 20% de las acciones de Heineken mundial. La operación implicó \$7 mil 347 millones de dólares.

Con la adquisición de Cuauhtémoc – Moctezuma, Heineken abarcaría el 9.2% del mercado mundial, mientras que SABMiller se quedaría con el 9.5% y Anheuser-Busch - InBev con el 19.5%.

En 2012 el nuevo gigante AB-InBev compra la Cervecería Modelo en \$20 mil 100 millones de dólares. Esta compra era obligada, toda vez que la decisión no recaía en la parte mexicana del Consejo de Administración, sino en la parte mayoritaria de las acciones que eran Anheuser Busch, ahora fusionada con InBeV que ya tenía la posesión del 50.35%.

En 2013 la distribuidora de bebidas en Estados Unidos Constellation Brands, anterior distribuidora de las cervezas del grupo Modelo en ese país, se quedó con la planta de

una ganancia sustancial para alentar a los accionistas menores a vender y la aumentará hasta que los árbitros consideren que el interés de los accionistas resulta muy beneficiado con la venta. De esta manera el consejo de administración en resistencia es vencido. Existen variantes en los procedimientos según los países.

Coahuila y con la exclusividad de importación, venta y promoción de la cerveza Corona y las marcas Modelo. Esta venta fue obligada por las autoridades estadounidenses por criterios de competencia cuando AB-InBev compró a Modelo.

Todos los activos de los dos corporativos cerveceros mexicanos, que lograron en más de un siglo crear y desarrollar a la gran empresa cervecera, así como singulares encadenamientos agroindustriales, pasaron a manos extranjeras.

El posicionamiento de las empresas en el ranking mundial hacia finales del 2015 se modificó sustancialmente, luego de la marea de fusiones y adquisiciones en los últimos diez años, la concentración en el poderío mundial de las dos primeras por sí solas cubrían el 40% de la producción y las cinco primeras el 50%.

Pero el ranking tiene además otras novedades que podrían jugar un papel importante en ese proceso de concentración mundial. Ahora se encuentran con más fuerza las cerveceras chinas, que por el tamaño de sus demandas potenciales pueden convertirse en competidores capaces de modificar tendencias.

Cuadro 3. Principales nueve cerveceras en el mundo (finales de 2015)

1.- AB-InBev – SAB Miller	Bélgica / Brasil /UK-Sudáfrica.
2.- Heineken	Holanda
3.- Carlsberg	Dinamarca
4.- CR Snows	China
5.- Tsingtao	China
6.-Molson Coors	EUA / Canadá
7.- Yanjing	China
8.- Kirin	Japón
9.- BGI / Grupo Castel	Francia

Fuente: Roberthhaas (2014-2015). Se incluye la compra de SABMiller por InBev.

Si se considerara de manera independiente y no parte de AB-InBev, el grupo Modelo ocuparía el 7º lugar.

Más de un siglo de una exitosa acumulación de capacidades tecnológicas y empresariales en grandes empresas mexicanas, con una industria eficientemente encadenada, en un sector tecnológicamente maduro, dentro de un país subdesarrollado, terminó por pasar a formar parte de otras compañías extranjeras.

REFLEXIONES. HISTORIA DE UNA ACUMULACIÓN DE CAPACIDADES EXITOSA Y LA FINAL ADQUISICIÓN POR EMPRESAS FORÁNEAS

En México, a diferencia de otros países incluso desarrollados, la fabricación de cerveza no se atomizó, por el contrario el establecimiento de plantas capaces de producir grandes cantidades fue la regla. Esto condujo a que desde el principio se apostara por el dominio de la tecnología en plantas de gran tamaño, lo que implicó, por un lado, desarrollar tempranamente capacidades técnicas en cuanto al dominio de los procesos, en el diseño o rediseño de plantas, y por otro, desarrollar también las capacidades de distribución a nivel regional.

Dos importantes procesos se realizaron en el siglo xx a lo largo de los dos modelos económicos experimentados en México (Modelo de Sustitución de Importaciones y Modelo Neoliberal). El primero con las adquisiciones de plantas cerveceras que dieron por resultado una concentración empresarial que terminaría en la formación de un duopolio hacia la década de los 80. El otro proceso co-evolucionó de manera paralela, se trató de la actualización y la innovación tecnológica permanente.

Tales procesos consolidarían capacidades que resultaron vitales para continuar, por una parte, su crecimiento en el nuevo modelo neoliberal del país, y por otra, para conseguir la internacionalización de la empresa en el mundo global.

Sin embargo la intensa dinámica internacional de fusiones y adquisiciones en un lapso muy corto, modificó el tablero mundial rápidamente cambiando la singular y exitosa

historia de las capacidades de la gran empresa y la industria cervecera de origen mexicano.

La larga y exitosa historia de acumulación y despliegue de capacidades empresariales y tecnológicas, que habían creado una industria inusualmente exitosa, dentro de un país en desarrollo, llegó a su fin en su versión mexicana.

La acumulación y despliegue de capacidades tecnológicas y de organización de la empresa cervecera, no pudo prever que el veloz proceso de concentración mundial de inicios del siglo XXI provocaría una ruptura en su historia.

Las capacidades de las empresas mexicanas a lo largo de su historia se centraron en el saber técnico y organizativo del negocio cervecero, era una experiencia centenaria, que había funcionado para convertirlos en dominadores absolutos del mercado nacional y en importantes jugadores mundiales. Sin embargo, los veloces movimientos financieros de algunas empresas, para hacerse de la propiedad de otros gigantes, no pudieron preverse desde la plataforma de las capacidades acumuladas y desplegadas para operar tecnológicamente y organizativamente el negocio cervecero. El fenómeno de la especulación financiera llegó al mundo cervecero y rompió las reglas del éxito, con base exclusivamente en las capacidades tecnológicas y empresariales.

Una lección para el futuro desde esta experiencia es que hoy no necesariamente la asociación con otras firmas gigantes garantiza la inmunidad para conservar la independencia si no se es capaz de prever movimientos u olas de fusiones y adquisiciones en el sector. De lo cual se deriva otra enseñanza, que la acumulación exitosa de capacidades tecnológicas y empresariales no cubre a la empresa nacional frente a los ataques de absorción por la vía financiera y legal actual como lo demostraron los casos de Cuauhtémoc-Moctezuma y de Modelo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Adams, W.J. (2011) «Determinants of the concentration in Beer markets in Germany and the United States: 1950-2005», en Swinnen, J.F., *The economics of beer*, Oxford University Press.
- Chandler, A. (1992) «Organizational Capabilities and the economic history of the industrial enterprise», *Journal of Economic Perspectives*, vol. 6, núm 3.
- Chandler, A. (1990) *Scale and Scope. The Dynamics of Industrial Capitalism*. Harvard University Press.
- Del Valle, Rivera, M. del C. (2000) *El sistema lácteo mexicano y su entorno mundial*, UNAM, Miguel Angel Porrúa, México.
- Lall, S. (1992) «Technological capabilities and industrialization», *World Development*, vol. 20, núm. 2, pp. 165-186. Existe otra versión en inglés (1994) en *The Uncertain Quest: Science, Technology and Development*, Tokio, UN University Press; otra versión en español (1996), en Salomón, J.J., Sagasti, F. y Sachs, C., *Una búsqueda incierta: ciencia, tecnología y desarrollo*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Malerba, F., y Orsenigo, L. (1993) «Technological regimes and organizational behaviour», *Industrial and Corporate Change*, vol.2 núm.1, pp. 45-71.
- Núñez, I. (1998) «Una política tecnológica e institucional para el subsistema agrícola-alimentario», en: *Memorias del primer seminario nacional de gestión tecnológica*, (en CD), ALTEC-AMTEC-UNAM – Universidad de Yucatán, Mérida, México.
- Pérez, B, Gúzman, A, y Mayo, A. (2012) «Evolución histórica de la cervecería Cuauhtémoc: un grupo económico de capital nacional», en *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*, núm.52, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Solleiro, J.L. (2006) *El Sistema nacional de innovación y la competitividad del sector manufacturero en México*. Plaza y Valdés Editores, México.

- Tapia, Alfredo (2015) «Políticas públicas para la innovación tecnológica en el cultivo de cebada», *Memorias del VII Congreso Internacional y XII Congreso Nacional de la Red de Investigación y Docencia sobre Innovación Tecnológica*, coordinadas por Pérez H. Ma. Del Pilar y Katya Luna, México, septiembre de 2015.
- Torres, Arturo y Jasso, J. (2005) «Cross border acquisitions and mergers: learning processes of mexican corporate groups», en Gabriela Dutrénit y Mark Dodgson Coords. *Innovation: management, policy & practice*, vol. 7, núm. 2-3, Australia.

OTROS

- IMEF, (2011) Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas http://www.imef.org.mx/convencion2011/ponencia/cap04/c04_2.html#arriba.
- Impulsora Agrícola S.A., (2018) <http://impulsoraagricola.com.mx/nueva/> consulta julio.
- Cuauhtémoc y FEMSA, (Varios años) Informes anuales de Cuauhtémoc y FEMSA.
- Grupo Modelo, (Varios años) Informes anuales Grupo Modelo.
- Secretaría de Hacienda, (1880) Estadística de la República Mexicana por Emiliano Busto.
- INEGI, (Varios años) Sistema de Cuentas Nacionales y Banco de México- INEGI.
- Robertthaas, (2005) *Informe 2005*. www.roberthaas.com.
- Robertthaas, (2014-2015) *Informe 2014-2015*. www.roberthaas.com.

ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA DE CALZADO PARA ESTABLECER ESCENARIOS ESTRATÉGICOS CONSIDERANDO LA COMPETITIVIDAD Y SUSTENTABILIDAD: PARADOJAS Y COMPATIBILIDADES

Yonatan López-Santos¹
y José Luis Martínez Flores²

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la sustentabilidad ha tomado un papel cada vez más importante en las industrias, sin embargo, el Desarrollo Sustentable, de donde se deriva la sustentabilidad, no es del todo claro, según Baldwin, *et al.*, 2005 ya que no tiene una guía sólida sobre cómo implementar estrategias sustentables, así también sobre cómo mejorar la competitividad (Walke, Topkar y Kabiraj, 2007: 2).

Existen varias teorías que involucran de manera directa o indirecta a la sustentabilidad, así como diferentes niveles de vinculación con esta misma. La teoría de la Creación del Valor Compartido (csv, por sus siglas en inglés «Creating

1 Maestro en Administración de Negocios. Profesor en el Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Correo electrónico: yonatan.lopez@upaep.edu.mx

2 Doctor en Ingeniería. Profesor en el Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro, UPAEP. Correo electrónico: joseluis.martinez01@upaep.mx

Shared Value») de Michael Porter y Mark Kramer ayuda a resolver problemas sociales y/o ambientales, pero su principal enfoque no es la sustentabilidad, sino la competitividad considerando la creación del valor compartido (Porter y Kramer, 2011). Por otra parte, la Administración de la Cadena de Suministro Sustentable (SSCM, por sus siglas en inglés Sustainable Supply Chain Management) es otra teoría que si considera la sustentabilidad, pero no a la competitividad en un nivel avanzado y complejo. La teoría de SSCM no es avanzada (Seuring, 2011: 475) y mucho menos en PYMES con inversión nacional de países emergentes, como es el caso de México.

De acuerdo a ambas teorías, se puede señalar que SSCM tiene una visión más amplia y está más alineada a los Objetivos del Desarrollo Sustentable publicados por la Naciones Unidas (UN, 2015). Por esa razón en este documento, nos enfocaremos a ese término para desarrollar esta investigación. Es así que considerando lo antepuesto se llega a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los escenarios estratégicos que pueden encontrar las PYMES con inversión nacional para desarrollar la sustentabilidad, considerando la competitividad de acuerdo a un caso mexicano?

Cuando se contempla el análisis estructural de una industria junto con la sustentabilidad se afecta en primer lugar el nivel estratégico de las organizaciones. Por lo tanto, se relacionan los vacíos teóricos, con algunas características generales y problemas de una industria, en este caso con la industria de calzado de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG).

De acuerdo a la literatura, se puede señalar que la industria de calzado de ZMG en el pasado ha sido analizada de manera general, pero no desde una perspectiva estratégica y sustentable. Tampoco se ha encontrado algún análisis estructural de la industria de calzado en esta zona geográfica con los matices planteados, ni vinculándose a alguna teoría en específico. Es así que se detectan oportunidades de estudio en el campo de las estrategias en Administración de la Cadena de

Suministro (SCM, por sus siglas en inglés Supply Chain Management), junto con la sustentabilidad y la industria de calzado de la ZMG. Por consiguiente, esta investigación tiene como propósito desarrollar un análisis estructural de la industria de calzado de la ZMG, Jalisco, teniendo como finalidad establecer escenarios estratégicos, considerando la competitividad y sustentabilidad de PYMES nacionales de acuerdo a la situación del mercado mexicano. Se espera que los resultados del estudio contribuyan a comprender las estrategias genéricas y su relación con la sustentabilidad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 *La Sustentabilidad y la Administración de la Cadena de Suministro*

El Desarrollo Sustentable es definido por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (WCED, 1987: 54) como: «Un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades».

La sustentabilidad en los últimos tiempos se ha ido fusionando con la SCM, es por eso que Chopra y Meindl (2013) indican que para el diseño de la cadena de suministro se debe considerar la sustentabilidad. Por lo anterior, la SSCM toma en cuenta a la SCM y a la sustentabilidad. La SSCM relaciona ciertos aspectos de SCM con los elementos ambientales, sociales y económicos del Desarrollo Sustentable (Carter y Rogers, 2008: 369). Por lo que SSCM es definida como: «La integración transparente, estratégica y la consecución de metas sociales, ambientales y económicas de una organización en coordinación sistémica de los procesos clave de negocio entre organizaciones para mejorar el rendimiento económico a largo plazo de la empresa individualmente así como de sus cadenas de suministro» (Carter y Rogers, 2008: 368).

De acuerdo a la literatura SSCM se basa en la cooperación a largo plazo (Seuring y Müller, 2008), aunque esta

es costosa (Wolf, 2011: 231) y, según Fröhlich y Westbrook, 2001 y Fawcett y Magnan, 2002, difícil de lograr (Chkanikova, 2012: 18). Además, no está claro cómo realizar la implementación de SSCM y en el caso que sean más caros los productos sustentables, no es seguro que los clientes acepten los precios (Wolf, 2011: 223, 227). Por eso pareciera incongruente la parte económica con la parte social y ambiental (Wolf, 2011: 229), no obstante, esto aún está en discusión tanto en la academia como en la práctica.

La SCM está formada por tres niveles de planeación, que son el nivel estratégico, táctico y operacional (Rushton, Croucher y Baker, 2010: 18). Cuando la sustentabilidad se integra a la planeación en SCM se afecta en primer término a la planeación estratégica y como consecuencia a los otros niveles. Es por eso que las estrategias toman gran relevancia junto con la sustentabilidad para aportar conocimiento en el análisis estructural de la industria.

2.2 El análisis estructural de una industria y las estrategias

Actualmente para poder competir en los mercados globales, es necesario analizar la industria. Hax y Majluf (2004: 100), señalan que «el análisis competitivo de la industria es un proceso ordenado que intenta captar los factores estructurales que define las perspectivas de rentabilidad de una industria a largo plazo, así como identificar y caracterizar la conducta de los competidores más significativos». Por su parte, Porter (2015) señala que la industria es la unidad básica de análisis para comprender el entorno y competencia de las empresas en conjunto con sus rivales.

Para analizar estructuralmente a una industria, existen diversas maneras de hacerlo (Encaoua y Jacquemin, 1980; Scherer y Ross, 1990; Bueno; 1996). No obstante, en este estudio se elige a la Teoría de la Ventaja Competitiva de las Naciones de Michael Porter para desarrollar el análisis estructural de la industria. Esto se debe a que en los últimos años ha sido una de las teorías más destacadas. En la que se usa la

misma metodología por varios investigadores alrededor del mundo, en diversas industrias (Porter, 1990).

Las estrategias son una parte importante para analizar estructuralmente una industria. Una conceptualización tradicional de estrategia de la organización está dada por Hofer y Schendel, (1978: 14) en la que señalan cómo la organización logrará sus objetivos a través de un seguimiento de recursos actuales y planeados, considerando las interacciones con su alrededor. Pero como ya se mencionó, esta investigación se inclina por la Teoría de Porter, por lo que desde su perspectiva se basa más en un posicionamiento estratégico para lograr una ventaja competitiva, donde se preserva algo distintivo de la empresa (Porter, 1996). Además en la obra de Porter (1996), también se resalta que es mejor mantener durante varios periodos de tiempo una estrategia. Aunque para Gunther (2013), eso no es factible, al contrario, sería riesgoso, siendo mejor para él abandonar una estrategia cuando la ventaja actual está en peligro.

2.3 La Teoría de la Ventaja Competitiva de las Naciones de Michael Porter

La teoría de la ventaja competitiva de las naciones es bastante amplia por lo que en los siguientes párrafos se visualizan solamente las cinco fuerzas competitivas y posicionamiento dentro de la industria, los cuáles serán utilizados para la elaboración del análisis estructural de la industria para así establecer los escenarios estratégicos.

Las cinco fuerzas de Porter proveen un marco de referencia para pensar estratégicamente sobre la competencia en el tiempo y así comprender, por medio de las fuerzas competitivas y sus causas subyacentes, la raíz de una rentabilidad actual de la industria (Porter, 2008). Las cinco fuerzas propuestas por Porter (2008) son: 1) Los nuevos entrantes, 2) El poder de negociación de los proveedores, 3) El poder de los clientes, 4) Los productos sustitutos y 5) La rivalidad entre competidores.

De acuerdo a la Teoría de Porter (2015), el liderazgo en costos y la diferenciación, son los dos tipos básicos de estrategias genéricas del posicionamiento dentro de la industria. En la primera se consideran principalmente los costos bajos y economías de escala y en la segunda en ser irrepetibles en alguna necesidad de valor para los clientes. Por lo tanto, es muy complejo tener una estrategia con bajo costo y con diferenciación a la vez, aunque esto no puede ser imposible.

2.4 Las Pequeñas y Medianas empresas (PYMES) mexicanas

Las principales clasificaciones de empresas alrededor del mundo se basan en el empleo, las ventas y el volumen de negocios (EC, 2005; González, 2005), considerando también en algunos casos el sector económico (González, 2005). Una manera común de clasificar a las empresas es por el número de empleados, por lo que de acuerdo con Clasificación de la Unión Europea (EC, 2005) y el Diario Oficial de la Federación Mexicana (DOF, 2009), las PYMES son aquellas que poseen menos de 250 empleados. Las PYMES en México juegan un rol notable en el crecimiento y desarrollo de la economía, ya que el porcentaje de estas empresas es del 99.8% en unidades económicas, aportando un 34.7% en el PIB y creando 73.8% de los empleos (SE, 2014; DOF, 2013), sin embargo, su productividad no es la idónea por lo que tienen dificultades para permanecer en el mercado local o nacional y para incursionar en el mercado internacional (DOF, 2013).

3. MÉTODO

Debido a que en la revisión literaria no se encontró ningún análisis similar en esta industria de calzado de la ZMG. La metodología radicó en un estudio cualitativo con un alcance exploratorio a través de un estudio de caso. Esto se aplica cuando los temas de estudio han sido poco explorados y profundizados (Hernández, Fernandez y Baptista, 2014). La ma-

nera como está diseñada esta investigación se representa en cuatro etapas metodológicas:

Etapa 1: Esta consiste en recolectar información de bases de datos y revistas científicas que estén vinculadas a la teoría planteada y a la industria de calzado de la ZMG.

Etapa 2: Una vez recopilada la información se pasa al análisis de las cinco fuerzas competitivas de Porter (2008). Este análisis se toma como base para desarrollar las siguientes etapas, aquí se consideran especialmente a las PYMES y a ciertas situaciones globales que afectan a estas empresas dentro de la industria mencionada.

Etapa 3: En esta se determina el posicionamiento de la industria según Porter (2015), considerando las estrategias genéricas de liderazgo en costos y diferenciación.

Etapa 4: Todo lo anterior retroalimenta y da paso a un análisis comparativo basado en los métodos de Sartori y Morlino (1994), así como de Pérez-Liñán (2007), para determinar la situación actual de la industria de calzado considerando la sustentabilidad y así llegar finalmente a los escenarios estratégicos futuros con y sin sustentabilidad.

3.1 Estudio de caso

En este estudio de caso se relacionan los vacíos teóricos con algunas características y problemas que ha experimentado la industria de calzado de la ZMG. En breve se puede indicar que la ZMG se encuentra ubicada en el occidente de México, en el Estado de Jalisco. Este conglomerado poblacional es uno de los más grandes del país, donde se ha desarrollado una de las industrias más importantes de calzado mexicano, ya que concentra 712 empresas fabricantes de ese producto, siendo la tercera región del país con más empresas en este ramo (DENUE, 2011). La mayoría de estas empresas son consideradas PYMES, representando el 99% del total (DENUE, 2011) y producen para el mercado nacional, local y regional. El tipo de calzado que se fabrica en su mayoría tiene como

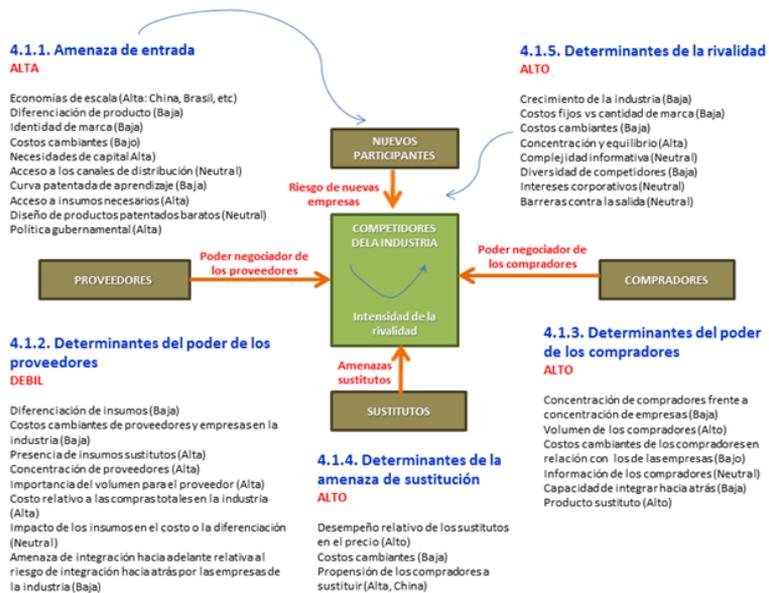
objetivo el segmento de mercado femenino con el 89.2%, en segunda posición se encuentra el calzado para niño y niña con el 6.1%, en tercera posición está el de caballero con el 4.3% y por último se encuentran otros con el 0.4% (SEIJAL&CICEJ, 2009).

4. RESULTADOS

4.1 Las cinco fuerzas competitivas en la Industria de Calzado de la ZMG

En este apartado se aplican las cinco fuerzas competitivas de Michael Porter. En la Figura 1 se muestra concretamente la situación de cada fuerza, mientras en las siguientes secciones se explica cada una de ellas detalladamente.

Figura 1. Las cinco fuerzas competitivas en la industria de calzado de la ZMG.



Fuente: Elaboración propia a partir de consulta y recopilación de artículos.

4.1.1 Amenaza de nuevos participantes

La amenaza de entrada de nuevos participantes en la industria de calzado de la ZMG es una de las más altas. Esto empezó en gran medida a partir de 1986 cuando el sector industrial mexicano de calzado se vio fuertemente afectado después de la incorporación de México al Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT), lo cual fue más complicado para el sector con la firma que realizó México en el Tratado de Libre Comercio (TLC) en 1993 (Iglesias y Rocha, 2006).

La competencia global se intensificó especialmente con China y Brasil, en términos de una confrontación estratégica de precios bajos, y con países europeos como España e Italia, enfocados a la calidad, acabado y precio alto del calzado (Iglesias y Rocha, 2006; Hernández, 2007), aunque la principal competencia es la ejercida por países que compiten con precios bajos.

Las políticas gubernamentales mexicanas han jugado un papel importante ante la competencia de importación de calzado, primordialmente ante China. Las razones por las que el Gobierno Mexicano ha intervenido con restricciones y medidas para combatir la entrada de productos chinos son por las condiciones desleales de comercio de este tipo de mercancías, en general por dumping. Este tipo de restricciones y medidas ante China se han ido implementando de manera cronológica, siendo el último decreto el 29 de agosto de 2014, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF), teniendo como vigencia hasta el 31 de enero de 2019 (DOF, 2014).

Como se observa, las principales amenazas de nuevos participantes en la industria de calzado son por estrategias genéricas de liderazgo en costo, provenientes principalmente de China.

4.1.2 El poder de los proveedores

El poder de negociación de los proveedores es débil. El proveedor más importante de la industria de calzado es la rama

de curtido y acabado. En la ZMG existen varios proveedores aun de este ramo, pero durante el transcurso del tiempo han ido disminuyendo. La causa principal ha sido la falta de competitividad ante la apertura del mercado, coincidiendo con las dificultades que ha enfrentado la industria de calzado, primordialmente por el GATT y TLC. Además, esta decadencia también es por la sustitución de materiales sintéticos, pero principalmente por la importación de cuero, ya que posee mejor calidad y precio que el cuero nacional (Hernández y Morales, 2012; Hernández, 2007). La industria de la curtiduría tiene problemas ecológicos que han afectado a la sociedad principalmente con sus procesos de producción (Restrepo y Ramírez, 2008). Sin embargo, Vidaurri y Morgan (2011: 3) mencionan que los costos de producción aumentan entre un 25% y un 30%, si las curtidurías realizan prácticas ecológicas en sus procesos. Este sector también carece de tecnología, un adecuado sistema de comercialización, falta de capacitación en capital humano, entre otros, lo que en su conjunto provoca una baja productividad (Hernández y Morales, 2012; Hernández, 2007). Por lo tanto, varias tenerías están desapareciendo y otras están optando por no realizar este proceso, por lo que ahora compran el cuero crudo y lo envían a la vecina ciudad de León, Guanajuato para que sea curtido, donde por cierto también se elabora calzado (Hernández y Morales, 2012), aunque en su mayoría es para caballero.

Esto demuestra que el principal proveedor de calzado está siendo sustituido, debido a esto, se entiende que este grupo no tiene realmente un poder de negociación fuerte.

4.1.3 El poder de los compradores

El poder negociador de los compradores con la industria de calzado de la ZMG se define como alto. Esto es debido a que los compradores son pocos y cada uno compra en grandes volúmenes. Esto se refleja en los canales de distribución que han sido absorbidos por los mayoristas con el 40.7%, en segundo lugar están las tiendas de venta por catálogo con el

17.1%, en tercer lugar están las marcas propias con 14.4%, en cuarto los detallistas con el 14.0%, en quinto tiendas de autoservicio o departamentales con 7.1% y en último lugar está la venta directa al consumidor con el 6.4% (SEIJAL&CICEJ, 2009). Esto demuestra la dependencia y la fuerte relación que tienen las fábricas de calzado con intermediarios en la compra de sus productos. Además, para los pequeños y medianos fabricantes, que son el 99% de las empresas, la comercialización es costosa (Rabelotti, 1998). Las firmas de calzado mexicano no están acostumbradas a desarrollar estrategias comerciales para la distribución de su producto y dependen de agentes, debido a que el mercado nacional estaba cerrado a la competencia internacional (Rabelotti, 1998).

Es así que las empresas que exportan son mínimas, representando solo el 3.5% del total de sus ventas contra el 54.8% nacional, 25.7% local y el 16.2% regional (SEIJAL&CICEJ, 2009). Por lo que actualmente, también se han dado casos de empresas que deciden retirarse del mercado internacional de manera estratégica, porque creen tener una mayor oportunidad en el mercado nacional, pero en algunos casos, la razón fue debido a que tuvieron dificultades con los procesos de exportación (Vázquez, 2011). Esto hace inferir que no tienen ni el conocimiento, ni la experiencia para poder incursionar en otros mercados extranjeros, por lo que es vital una mayor capacitación relacionada a la exportación.

En suma, el poder de los compradores es dominador ante las empresas fabricantes de calzado, ya que pueden influir para que los costos bajen por medio de la competencia entre fabricantes, y así también demandar mejor calidad o más servicio.

4.1.4 La amenaza de los sustitutos

Entre los productos sustitutos que se encuentran en la industria de calzado están los realizados con materiales de plástico y tela, sin embargo, la mayor amenaza son los productos genéricos. Estos productos genéricos ofrecen un mejor precio

al consumidor, además de ser idénticos a los de la industria de calzado de la ZMG. Por lo que esta industria se ve involucrada en una competencia de precios, principalmente con China. Las importaciones de este país en México se han incrementado durante los últimos años (Iglesias y Rocha, 2006). El aumento de importaciones ha sido tanto leal como desleal, lo que ha perjudicado a la industria de calzado en general.

4.1.5 Rivalidad entre competidores existentes

La rivalidad existente en esta industria es alta, ya que hay una gran concentración de PYMES con características similares en la ZMG, compitiendo principalmente a nivel nacional, regional y local. Sin embargo, la principal competencia que afecta a toda la industria de calzado de la región proviene de productos exteriores con precios bajos.

El crecimiento de esta industria es lento y la ausencia de diferenciación de los productos ha reforzado que el comprador se base en precio y servicio. Aunque es importante señalar, que existen pocas empresas tratando de desarrollar una diferenciación o una estrategia enfocada a un segmento de mercado específico.

Corrales (2007), señala que ha habido intentos de mejora, con varios objetivos como: la obtención de recursos financieros, compra de materia prima, agrupamientos empresariales, cursos de capacitación sobre la cultura asociacionista, diseño y apoyo de marcas. También existen iniciativas exitosas de ciertas marcas que han tenido como resultado la reestructuración de un agrupamiento de empresas entre los productores de la localidad (Hernández y Morales, 2012). En tanto Rabelotti (1998) así como Hernández y Morales (2012), concuerdan que existe la posibilidad de que esta industria llegue a ser un cluster, ya que se cuenta con la presencia de todos los actores de la cadena de suministro y de algunas instituciones de apoyo. Pero el principal problema radica en la falta de asociacionismo, cooperación, formalización y vinculación entre las empresas tanto horizontal como verticalmente, impi-

diendo la creación de ventajas competitivas para esta industria (Rabelotti, 1998; Serrano, 2002; Pacheco-Vega, 2004; Hernández y Morales, 2012). Se percibe que hasta este momento se sigue dejando a un lado la cooperación, formalización y vinculación de la cadena de suministro (Rabelotti, 1998).

4.2 Posicionamiento de la industria de calzado de la ZMG

El posicionamiento que tiene la industria de calzado de la ZMG, no es uniforme. Esto es debido a que la mayoría de estas empresas tienen como estrategia de posicionamiento el liderazgo en costos y otras pocas la diferenciación. Rabelotti (1998) menciona que cerca del 63% de un muestreo de empresas mexicanas de calzado tienen como principal factor de competencia el precio, 24% el diseño y el 12% la calidad. Los porcentajes anteriores dan una idea de que la mayoría de estas empresas se basan en una estrategia de costos bajos que compiten en el mercado nacional, local, regional, siendo muy pocas las empresas que compiten en el internacional con esa estrategia (Rabelotti, 1998; Hernández y Morales, 2012). Las empresas que contienen con una estrategia de costos bajos se han visto superadas por productos asiáticos, especialmente chinos, distinguiéndose también con la misma estrategia los productos brasileños. Mientras en el posicionamiento por diferenciación son muy pocas las empresas que se atreven a desarrollar esta estrategia; ya que la calidad, marca, acabado y precio alto de productos europeos, especialmente españoles e italianos, están muy bien posicionados en el mercado tanto nacional como internacional (Iglesias y Rocha, 2006; Hernández, 2007). Por lo que se aprecia que la mayoría de las empresas están más involucradas en una estrategia genérica de liderazgo en costos.

4.3 Análisis comparativo de la industria de calzado

A continuación, se sigue con un comparativo que permitirá establecer los escenarios futuros sustentables para comprender ciertas situaciones teóricas que no son del todo compatibles con la sustentabilidad, considerando el contexto actual de la industria de calzado y determinadas estrategias.

Tabla 1. Comparativo de la industria de calzado considerando la sustentabilidad con la estrategia de liderazgo en costos y con la estrategia de diferenciación (a)

Factores críticos	Industria de calzado actual (Sin sustentabilidad)	Estrategia de liderazgo en costos con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad	Estrategia de diferenciación con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad
Normas enfocadas a aspectos sociales.	No hay tanta conciencia de su importancia. Están concentradas más en lo económico.	Es más difícil que las apliquen voluntariamente.	Existe más posibilidad de aplicación, por ejemplo, por una buena reputación.
Normas enfocadas a aspectos ambientales.	Varias empresas tienen problemas ambientales. Están concentradas más en lo económico.	Sin presión gubernamental es más difícil que las apliquen.	Por la misma diferenciación, es más posible que las apliquen, sin perder competitividad.
Nivel de adquisición del consumidor.	Es bajo.	Está dirigido a un nivel bajo, podría apreciar menos la sustentabilidad.	Estaría dirigido a un nivel más alto.
Conciencia del consumidor sobre Sustentabilidad.	Es baja, casi nula.	Es baja y difícil que la valoren.	Podría ser más alta.
Competencia centrada en costos.	La mayoría de las empresas están atacadas estratégicamente y compiten en su mayoría en costos.	La mayoría al dirigirse más a costos, es menos probable que se enfoquen a la sustentabilidad.	Al no enfocarse en costos es más probable que desarrollen la sustentabilidad.

Tabla 1. Comparativo de la industria de calzado considerando... (b)

Factores críticos	Industria de calzado actual (Sin sustentabilidad)	Estrategia de liderazgo en costos con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad	Estrategia de diferenciación con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad
Competencia centrada en diferenciación.	Pocas empresas. Especialmente en calidad, con precio accesible.	No es importante la diferenciación, existe menos probabilidad de sustentabilidad.	Es más probable y fácil que se enfoquen a la sustentabilidad.
Mercancías desleales, dumping.	Muy alto.	Afecta directamente a las empresas para que reduzcan precios, por lo que es más probable de marginar la sustentabilidad.	Afecta en menor medida, hay más probabilidad de sumar la sustentabilidad.
Economías de escala.	Aceptable, pero falta más productividad y eficiencia.	Muy importante, si las empresas ya tienen establecida su estructura y estrategia, es más difícil de alcanzar la sustentabilidad.	No es tan importante, por lo que pueden modificar su estructura y estrategias para alcanzar la sustentabilidad.
Política Gubernamental	Proteccionista, especialmente con China por dumping	Muy importante, para presionar en la implementación de normas y leyes relacionadas con la sustentabilidad. Pero las empresas se podrían ver afectadas en especial por la parte ambiental de sus proveedores, por lo que aumentarían sus costos.	Muy importante para presionar en la implementación de normas y leyes relacionadas con la sustentabilidad. Las empresas con esta estrategia les sería más fácil dirigirse hacia la sustentabilidad incluso con un aumento de costos.

Tabla 1. Comparativo de la industria de calzado considerando... (c)

Factores críticos	Industria de calzado actual (Sin sustentabilidad)	Estrategia de liderazgo en costos con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad	Estrategia de diferenciación con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad
Diferenciación de insumos	Dirigidos a calidad y costo.	Al ser mas importantes los costos se tenderá a descuidar la sustentabilidad	Son más importantes estos insumos así que sería mas probable la sustentabilidad.
Impacto de los insumos en el costo o la diferenciación.	Alto impacto en costos y calidad	Alto impacto en costos, pero podría ser poco alineado a la sustentabilidad.	Alto impacto en la diferenciación, pero podría alinearse a la sustentabilidad.
Desempeño relativo de los sustitutos en el precio.	Alto, especialmente por sustitutos de bajo costo.	Alto, afectaría para el desarrollo de la sustentabilidad.	En esta estrategia sería menos la afectación para desarrollar la sustentabilidad.
Propensión de los compradores a sustituir.	Alto, particularmente por productos de China.	Alto, podrían no interesarles la sustentabilidad, solo los costos.	Sería más baja la sustitución. Ya que la sustentabilidad podría ser involucrada en su ventaja competitiva.
Costo de mano de obra baja.	Muy importante para reducir costos.	Importante, pero no necesariamente sería bajo su costo con la sustentabilidad por la parte social y ambiental.	No es importante que sea baja, ya que no se basa en la reducción de costos.
Alto poder negociador del cliente (Comercialización).	El poder del cliente es alto.	El cliente tendría que estar interesado por la sustentabilidad para tener una estrategia de costos con sustentabilidad.	El cliente tendría que estar interesado en la sustentabilidad como una ventaja competitiva en la diferenciación.

Tabla 1. Comparativo de la industria de calzado considerando (d)

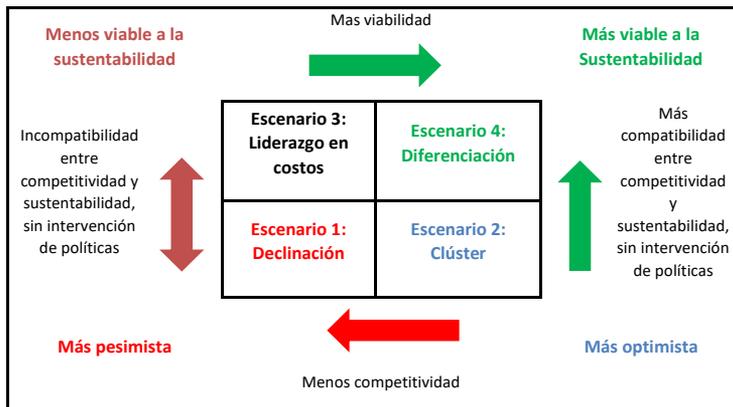
Factores críticos	Industria de calzado actual (Sin sustentabilidad)	Estrategia de liderazgo en costos con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad	Estrategia de diferenciación con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad
Posicionamiento de marca.	Esta más centrado en la calidad y costo.	Al estar enfocado en costo, es más difícil que se posicionen también con la sustentabilidad.	Es más probable que se posicionen con su diferenciador e involucren también la sustentabilidad.
Cooperación horizontal y vertical.	La cooperación es informal verticalmente pero aún más horizontalmente.	Es importante lograr una mayor formalidad tanto vertical como horizontalmente, en caso de desejar la sustentabilidad.	Es importante lograr una mayor formalidad tanto vertical como horizontalmente, en caso de desejar la sustentabilidad.
Tecnología e Innovación.	No es muy alta y en ciertas empresas es rezagada.	Se requiere mejorar la producción a escala, pero esto provocaría una mayor rigidez para involucrar la sustentabilidad.	Podrían involucrar de manera más fácil la sustentabilidad con la tecnología e innovación.
Conocimientos administrativos y en producción.	En varias empresas tienen escasez en conocimientos administrativos y de producción.	Para incorporar la sustentabilidad son necesarios conocimientos más especializados tanto en administración como en producción.	Para incorporar la sustentabilidad son necesarios conocimientos más especializados tanto en administración como en producción.

Fuente: Elaboración propia a partir de las cinco fuerzas competitivas y posicionamiento de la industria de calzado de la ZMG.

En la Tabla 1, se puede encontrar un comparativo con la situación actual de la industria de calzado, así como la estrategia de liderazgo en costos y la estrategia de diferenciación, en las que se considera la sustentabilidad. Este comparativo se realiza por medio de factores críticos, provenientes y seleccionados de los análisis anteriores, los cuales tienen la finalidad de guiar la comparación con cada una de las tres columnas restantes.

Como se puede observar en la tabla 1, existen ciertas incompatibilidades para integrar la sustentabilidad en algunas estrategias, ya que alteran de manera drástica la estructura de las empresas, además de que se ven vulneradas por la competencia.

Figura 2. Escenarios estratégicos futuros con y sin sustentabilidad de la industria de calzado de la ZMG



Fuente: Elaboración propia a partir de estudio cualitativo

4.4 Escenarios estratégicos futuros con y sin sustentabilidad de la industria de calzado de la ZMG

Como se ha mencionado en la teoría de SSCM, es primordial la parte estratégica lo que conlleva a involucrar también al

análisis estructural de una industria. La industria de calzado de la ZMG es un sector importante tanto para la región como para el país, ya que contribuye a la economía y a la creación de empleos.

Los principales escenarios que se podrían encontrar en esta industria se dividen básicamente en cuatro alternativas de acuerdo con lo analizado anteriormente, como se observa en la Figura 2. Las dos primeras alternativas consisten en posibles escenarios futuros sin considerar la sustentabilidad. En el tercer y cuarto escenarios se considera la sustentabilidad y las dos estrategias genéricas de Porter, retroalimentados por la situación actual de la industria, así como de los dos primeros escenarios.

Escenario 1 - Declinación: Este primer escenario es pesimista y se basa en la declinación de esta industria. Aquí varias empresas se dirigirían hacia una tendencia en declive, es decir, algunas empresas desaparecerían. Esto es debido a sus carencias internas relacionadas a la productividad y principalmente por la falta de estrategias para competir en costos, donde no están al mismo nivel que sus rivales, aun considerando las restricciones realizadas por parte del gobierno mexicano, principalmente ante productos chinos.

Escenario 2 - Clúster: El segundo escenario es optimista y se basa en consolidar finalmente el clúster de calzado. Aquí la industria de calzado evoluciona por medio de sus empresas, formadas principalmente por PYMES, desarrollando diversas estrategias genéricas de posicionamiento en liderazgo de costos, diferenciación y enfoque de segmento al mercado. Es decir, las empresas no solo competirían con costos bajos, sino también algunas se enfocarían a la diferenciación y al enfoque de segmento. En tanto, las empresas que insistan en competir por un posicionamiento de liderazgo de costos deberán mejorar en su productividad para lograr economías de escala y así seguir con la competencia de precios, particularmente ante los productos chinos. Aunque, es primordial considerar que estas

empresas podrían necesitar el soporte del gobierno mexicano para regular el dumping en los años venideros como lo ha venido haciendo, lo cual provoca incertidumbre debido a las diversas medidas que podrían tomarse en un futuro. Además, independientemente de las estrategias genéricas de posicionamiento que las empresas sigan, es vital que éstas finalmente logren cooperación, formalización y vinculación entre ellas tanto horizontal como verticalmente. Así también, se esperaría una sinergia con instituciones gubernamentales, académicas y de investigación de la región para pasar al ansiado clúster de la industria de calzado de la ZMG.

Escenario 3 - Liderazgo en costos y la sustentabilidad: Este escenario consiste en la estrategia de liderazgo en costos con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad. Por la situación actual en la que se encuentra esta industria, es difícil pensar que las empresas podrían evolucionar hacia la sustentabilidad. Esto es debido a que tendrían que modificar varios aspectos de su estructura. Tan solo en la estrategia de liderazgo en costos esto representaría un enorme reto, como se aprecia en el comparativo. Esto podría incrementar los costos a las PYMES, por su modificación estratégica, así como por su operación normal. Ese incremento en costos les restaría competitividad ante los productos de bajo costo, especialmente ante los productos chinos. Por lo que para los compradores y consumidores sería fácil que sustituyeran esos productos con otros de precios más bajos. Por lo tanto, el incluir y desarrollar la parte social y ambiental de la sustentabilidad es difícil con la estrategia de liderazgo en costos, y más cuando ya existen problemáticas visibles relacionadas especialmente con sus procesos de producción, los cuales afectan en primer lugar al ambiente y en segundo a la sociedad.

Escenario 4 - Diferenciación y la sustentabilidad: Este consiste en la estrategia de diferenciación con la posibilidad de involucrar la sustentabilidad. Aquí se puede observar que es más viable y fácil de implementar la sustentabilidad. Incluso las PYMES que

se encuentran en la industria de calzado de la ZMG podrían alinearse de manera más fácil a la sustentabilidad, sin que afecte de manera tan drástica su competitividad. Al contrario, esto podría brindarles una ventaja competitiva, ya que es difícil de replicar la sustentabilidad. Además, ayudaría a la solución de problemas que se han manifestado en esta industria, como lo es la afectación ambiental. El tratar de desarrollar la estrategia de diferenciación junto con la sustentabilidad evitaría en gran medida la competencia directa con China, pero se cedería el mercado de precios bajos. Pero el principal reto consiste normalmente en la colaboración tanto vertical como horizontal entre las empresas de esta industria, ya que necesitan trabajar en objetivos a largo plazo.

5. POLÍTICAS GUBERNAMENTALES A FAVOR DE PRODUCTOS SUSTENTABLES Y EL PAPEL DE LOS COMPRADORES Y CONSUMIDORES EN LA SUSTENTABILIDAD

Para que las empresas de esta industria puedan dirigirse hacia la sustentabilidad de manera más sólida, es necesario el involucramiento del gobierno para desarrollar o hacer cumplir políticas y normas que estén relacionadas con la sustentabilidad. Es así como la presión del gobierno hacia las empresas sería un factor decisivo para su implementación.

Sin embargo, esto también provocaría la pérdida de competitividad en varias PYMES mexicanas que compiten con estrategias de costos ante productos importados, no sustentables. Por esa razón, las políticas enfocadas hacia la sustentabilidad también deben de venir desde organismos internacionales, ejerciendo presión a las empresas con estrategias de costos bajos a nivel mundial. Esto con la finalidad de que exista una competencia en igualdad de condiciones que involucre la sustentabilidad.

Por su parte en la estrategia de diferenciación las políticas gubernamentales tanto nacionales como internacionales a favor de productos sustentables tendrían menos impacto

para su implementación. Esto es debido a que las empresas ya estarían enfocadas a la sustentabilidad, viéndose como parte de una ventaja competitiva.

Por otro lado, el papel que los compradores y consumidores juegan, es de vital importancia para que las empresas de calzado y sus proveedores consideren la integración de la sustentabilidad.

Estratégicamente también se observan incompatibilidades especialmente en la estrategia de liderazgo en costos de estas PYMES, ya que es fácil que los compradores y consumidores sustituyan sus productos por otros de costos más bajos, al menos en esta industria de calzado. Es aquí donde también se podría apreciar la importancia y papel que juegan tanto los compradores como los consumidores en la concientización y voluntad para comprar productos sustentables. Pero la concientización y voluntad no lo sería todo, para que estos consumidores se inclinen por productos sustentables, ya que un factor importante son los salarios bajos que tiene la gran mayoría de la población, por lo que en muchas ocasiones sus elecciones de compras se basan más en precios bajos.

Además, la estrategia de diferenciación al no dirigirse a costos bajos es más viable que los consumidores en caso de poseer una mayor concientización sobre productos sustentables acepten pagar precios más altos por ellos, si es necesario. Mientras los compradores al estar involucrados en una estrategia de diferenciación, ocasionaría una probabilidad mucho más baja de sustitución de productos, debido a la necesidad de cooperar y trabajar a largo plazo para lograr la sustentabilidad.

6. CONCLUSIONES

En la industria de calzado de la ZMG se puede señalar que estratégicamente existe una gran dificultad para competir, especialmente en costos y las pocas empresas que se inclinan hacia la diferenciación, también se enfrentan a productos bien

posicionados en calidad y marca. Por lo tanto, se puede decir que esta industria está atascada estratégicamente de acuerdo con la matriz de posicionamiento de Porter, atravesando por un momento difícil, especialmente ante la competencia de precios bajos y dumping.

El análisis realizado a esta industria resulta en cuatro escenarios. No obstante, como se puede apreciar la mayor viabilidad y compatibilidad para involucrar la sustentabilidad considerando las políticas gubernamentales, consumidores y compradores, puede ser desarrollada de manera más natural y hasta cierto punto más fácil con la estrategia de diferenciación, en caso de que suban sus costos, mientras con la estrategia de liderazgo en costos existe una mayor dificultad para llevarla a cabo, al menos en esta industria de calzado considerando la situación que atraviesa.

Además, se puede señalar que para lograr la sustentabilidad son necesarias diversas presiones, ya que es difícil que solo se presente por voluntad propia de las empresas. Entre las presiones más obvias se encuentran los consumidores y las políticas gubernamentales desde los niveles locales, nacionales e internacionales. Sin embargo, el ejercer presión solamente por medio de políticas gubernamentales a nivel nacional o local para lograr la sustentabilidad podría ser demasiado riesgoso, especialmente con una estrategia de liderazgo en costos, ya que podrían aumentar los costos, provocando una pérdida en la competitividad. Aunque, cabe señalar que para cada industria y empresa, el nivel de dificultad es diferente.

7. RECOMENDACIONES

Este tipo de análisis es de gran utilidad para considerar al mismo tiempo la competitividad y la sustentabilidad a nivel estratégico, dando un soporte a la planeación estratégica en caso de que las organizaciones deseen dirigirse a SSCM. Esto ayudara a indagar en cada industria sus posibilidades estratégicas para dirigirse a la sustentabilidad de acuerdo a su país y a ca-

racterísticas particulares, alineando y acoplando las estrategias con el núcleo de negocios de las empresas según sea el caso.

REFERENCIAS

- Bueno, E. (1996) *Organización de empresas: estructura, procesos y modelos*. Ed. Pirámide.
- Carter C. & Rogers D. S. (2008) «A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory», *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 38 Iss: 5, pp.360 – 387.
- Chkanikova, Olga (2012) *Sustainable supply chain management: Theoretical literature overview*, 1-29.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2013) *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson.
- Corrales, S. (2007) «Importancia del cluster en el desarrollo regional actual». *Frontera Norte*, Vol. 19, Num. 37, 173-202.
- DENUE, (2011) «Directorio estadístico nacional de unidades económicas». Marzo, 2011, de <http://gaia.inegi.org.mx/denue/viewer.html>
- DOF, (2009) *Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas*. Enero 18, 2009, de Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5096849&fecha=30/06/2009
- DOF, (2013) *Programa de desarrollo innovador 2013 – 2018*. Enero 28, 2013, de Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5326479
- DOF, (2014) *Medidas para la productividad, competitividad y combate de prácticas de subvaluación del sector calzado*. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Economía.
- European Commission, (2005). *The new SME definition. Enterprise and Industry publications*. 1-52.

- Encaoua, D. y Jacquemin, A. (1980) «Degree of monopoly, indices of concentration and threat of entry». *International Economic Review*, Vol. 21, No. 1, pp. 87-105
- González, T. (2005) «Problemas en la definición de la microempresa». *Revista Venezolana de Gerencia*. 408-423.
- Gunther, R. (2013) «Transient advantage», *Harvard Business Review*, June 2013, pp. 62-70.
- Hax, A. y Majluf, N. (2004) «Estrategias para el liderazgo competitivo: de la visión a los resultados». Ediciones Granica, S.A. Buenos Aires, Argentina
- Hernández, R., Fernandez, C. y Baptista, P. (2014) *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández, E. (2007) *Retos y perspectivas de la industria mexicana del calzado ante la apertura comercial. El impacto de la competencia con China*. REDALYC, 95-121.
- Hernández, E. y Morales, J. (2012) «Escenarios y diagnósticos de los agrupamientos empresariales de la industria del calzado en Jalisco». Ponencia presentada en: *1er. Congreso Iberoamericano sobre el Desarrollo Regional: Posicionamiento Mundial y Estrategias, Memorias*, México.
- Hofer, C. y Schendel, D. (1978) «Strategy formulation: Analytical concepts». *West Publishing Company*.
- Iglesias, E. y Rocha, A. (2006) «La macroregión del calzado guanajuatense: ¿un espacio en transición? » *Pueblos y fronteras digital*, 1-17.
- Pacheco-Vega, R. (2004) *Historia de dos ciudades: Un análisis comparativo de los distritos industriales del cuero y calzado en León y Guadalajara*. CIATEC, A.C. Asociación de Estudios Latinoamericanos, 7-9.
- Porter, M. (1990) «The competitive advantage of nations». *Harvard Business Review*, 73-91.
- Pérez-Liñán, A. (2007) «El Método comparativo: fundamentos y desarrollos recientes. ND, ND, pp. 1-35.
- Porter, M. (1996). What is Strategy? *Harvard Business Review*, 4134, pp. 61-82.

- Porter, M. (2008) «The five competitive forces that shape strategy», *Harvard Business Review*, January 2008. pp. 78-93.
- Porter, M. (2015) *Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México: Grupo Editorial Patria.
- Porter, M. y Kramer, M. (2011) «Creating Shared Value». *Harvard Business Review*, pp. 62-77.
- Rabellotti, R. (1998) «Collective effects in Italian and Mexican footwear industrial clusters» *Small Business Economics*, 243-262.
- Restrepo, M. P. y Ramírez, G. E. (2008) *Guía para el manejo integral de residuos*, Medellín Colombia.
- Rushton, A. Croucher, P. y Baker, P. (2010) *The handbook of logistics & distribution management*. Great Britain: Kogan Page Limited.
- Sartori, G. y Morlino, L. (1994) *La Comparación en las ciencias sociales*. Madrid: Alianza Editorial.
- Scherer, F. y Ross, D. (1990) *Industrial market structure and economic performance*. 3 ed.
- Secretaría de Economía, (2014) *Segundo informe de labores 2013-2014*. Enero 28, 2018. Recuperado de: https://www.profeco.gob.mx/transparencia/informe_labores_SE_2013-2014.pdf
- SEIJAL&CICEJ, (2009) *Encuesta de coyuntura industria del calzado*. Jalisco, México: SEIJAL&CICEJ.
- Serrano, D. E. (2002) *La intervención institucional en las micro y pequeñas empresas de la industria del calzado de Guadalajara. México y la cuenca del pacífico*, 53-59.
- Seuring, S. y Müller, M. (2008) «From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management». *Journal of Cleaner Production*. Volume 16. 1699-1710.
- Seuring, S. (2011) «Supply chain management for sustainable products -Insights from research applying mixed methodologies». *Business Strategy and the Environment*, 471-484.

- UN, (2015) *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. Julio 01, 2016, de Naciones Unidas (www.un.org) Recuperado de: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Velázquez-Razo, P. N., y Vargas-Hernández, J. G. (2011) «The strategy of de-internationalization of the SMES of the footwear in the metropolitan area of Guadalajara». *SS International Journal of Business Network*, 1(2), 1-21.
- Vidaurri, J. F. y Morgan, J. (2011) «La sustentabilidad en la industria de la curtiduría y su relación con el entorno urbano. El caso de León, Guanajuato, México», *Investigación y ciencia*, 25-32.
- Walke, R. C., Topkar, V., y Kabiraj, S. (2007) *Managing risk for green supply chain management: competitive strategies for manufacturing companies*. Business.
- Wolf, J. (2011) «Sustainable supply chain management integration: A qualitative analysis of the german manufacturing industry». *Journal of Business Ethics*, 221-235.
- WCED, (1987) *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development (WCED) Oxford University Press: Oxford.

SECTOR BIOTECNOLÓGICO EN MÉXICO: UN ANÁLISIS DE PATENTES A TRAVÉS DE MINERÍA DE TEXTOS

Alberto Morales Sánchez¹
y Francisco Manzano Mora²

1. INTRODUCCIÓN

En términos generales, la biotecnología puede definirse como «la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como también a sus partes, productos y modelos, con el fin de alterar materiales vivos o no vivos, para la producción de conocimiento, bienes y servicios» (OECD, 2005). O bien como «la utilización de organismos vivos, o partes de los mismos, para obtener o modificar productos, mejorar plantas o animales o desarrollar microorganismos para objetivos específicos» (Brooks, 1995). En consecuencia, el desarrollo de la biotecnología implica la convergencia de diferentes disciplinas científicas como la genética molecular, la ingeniería química y de proceso, la anatomía animal y vegetal, la bioquímica, la microbiología, la inmunología, la biología celular, la agricultura y la informática entre otras.

1 Doctor en Economía. Facultad de Economía; Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), albertoms@economia.unam.mx

2 Estudiante del Doctorado en Economía. Facultad de Economía; UNAM, fmanzano@comunidad.unam.mx

En el documento de la OECD «The Bioeconomy to 2030: Designen a policy agenda» se plantea que biotecnología puede desempeñar un papel muy importante en diversos aspectos económicos y sociales en los próximos años. Esos cambios se relacionan principalmente con el abastecimiento de alimentos, agua, energía, salud y otros recursos y servicios. De acuerdo con diversos estudios (OECD, 2009 y CEPAL, 2009), la biotecnología podría convertirse en una de las tecnologías líderes del próximo ciclo de crecimiento económico y parte crucial del nuevo paradigma tecnológico.³

Partiendo de una perspectiva productiva, la biotecnología puede caracterizarse como un sector económico intensivo en conocimiento⁴ que presenta algunas características distintivas comparado con otros sectores tradicionales: *i) Transversalidad*, la biotecnología no se integra por un conjunto de industrias estructuradas verticalmente a partir de una relación cliente proveedor; se constituye un conjunto de conocimientos y técnicas que tienen múltiples impactos en numerosas industrias; *ii) Convergencia cognitiva*, el despliegue moderno de la biotecnología ha implicado la convergencia de distintas disciplinas científicas y tecnológicas, por lo que el despliegue del sector requiere la generación y difusión de conocimiento

3 Un paradigma tecnológico es el conjunto de procedimientos para resolver problemas relevantes y el conocimiento específico relacionado con esas soluciones. Es un modelo o patrón de solución para determinados problemas tecnológicos. Por lo tanto, un paradigma tecnológico determina la construcción de una heurística que dota de prescripciones dentro de la dirección propia del cambio tecnológico. (Dosi, 1982).

4 De acuerdo con la taxonomía propuesta por Pavitt (1984), existen sectores económicos cuyas trayectorias de innovación se encuentran fuertemente ligadas al desarrollo del conocimiento dentro del paradigma científico vigente. En este tipo de sectores es fundamental la actividad de investigación y desarrollo que se realiza tanto dentro de las empresas como en otras instituciones como universidades y centros públicos de investigación. En la actualidad otros sectores con estas características además de la biotecnología son la nanotecnología, las tecnologías ambientales, el desarrollo de nuevos materiales, entre otras.

científico y tecnológico, lo que tiende a fomentar una dinámica intensa de colaboración entre diversos agentes; *iii) Centralidad de los recursos humanos*, la difusión de las aplicaciones biotecnológicas en el ámbito productivo implica la necesidad creciente de contar con recursos humanos especializados para su despliegue; *iv) Intensificación de la relación costo-beneficio*, en los últimos años los costos de investigación y desarrollo en diversos campos de la biotecnología han decrecido considerablemente en relación a la década pasada.

Las nuevas aplicaciones industriales y la tasa de cambio tecnológico a nivel empresarial se han potencializado debido al constante desarrollo y expansión de los conocimientos y aplicaciones científicas de la biotecnología. Se espera que la convergencia de conocimiento científico y tecnológico que representa el desarrollo de las llamadas «ciencias de la vida» tienda a generar grandes oportunidades de inversión debido principalmente al incremento de la población mundial y del ingreso per cápita en los países desarrollados. Existe la posibilidad de que países como México, con una gran tradición de investigación en áreas relacionadas con la biotecnología y que cuenta con recursos humanos altamente capacitados en dichas áreas, puedan insertarse en la dinámica de desarrollo del actual paradigma, accediendo de esta forma a un conjunto amplio de oportunidades para el desarrollo económico (Solleiro y Briseno, 2003).

Debido a lo anterior, resulta de gran importancia determinar cuál es el grado de desarrollo de la innovación tecnológica en el sector biotecnológico de México. Una manera de hacerlo es mediante el análisis de las tecnologías que se patentan en México, como una variable aproximada de la actividad inventiva en el país, y su comparación con las tecnologías que se desarrollan en los países líderes en el desarrollo de la biotecnología a nivel mundial. En consecuencia, el objetivo de este trabajo es determinar cuáles son las tecnologías en el sector de la biotecnología de mayor frecuencia de patenta-

miento en México y su relación con las patentes registradas por países líderes en el desarrollo tecnológico. Para lograr este objetivo se presentan los resultados obtenidos a través de la construcción de una base de datos de patentes del sector biotecnológico en México con información que proviene del Instituto Mexicano de la propiedad Industrial (IMPI) en el período de 1995 a 2015. Se aplican técnicas avanzadas de minería de textos a los títulos y resúmenes de las patentes que conforman la base referida y se identifican las principales tendencias tecnológicas en el sector biotecnológico en México desarrolladas por agentes mexicanos y por agentes provenientes de países líderes en el desarrollo tecnológico. En este sentido, la pregunta de investigación que guía el texto es: ¿en qué medida las tecnologías que se desarrollan por agentes mexicanos en el sector biotecnológico convergen o divergen con aquellas desarrolladas por los líderes tecnológicos en el sector?

Este trabajo se compone de cinco secciones. Después de esta introducción le sigue la segunda sección que explica diversos elementos de orden conceptual, enfatizando el uso de patentes en biotecnología. La finalidad es preparar el escenario para que en la tercera sección se exponga la metodología implementada y en la cuarta sección se profundice con la presentación de los resultados y su respectivo análisis. Finalmente se presenta las conclusiones del trabajo.

2. IMPORTANCIA DE LAS PATENTES EN EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Una patente es un derecho de propiedad otorgado por el gobierno de un país. Las patentes garantizan que el conocimiento de los inventos se encuentre accesible a todos, pero limita su uso comercial a quienes son dueños de la misma. Las patentes garantizan además un derecho de monopolio temporal de la invención. Es un título de propiedad que tiene validez en el tiempo y en el espacio (Foray, 2004).

Existen instituciones que garantizan el funcionamiento de un sistema de patentes, como el IMPI, cuyas principales funciones son: a) proporcionar una definición precisa de los derechos y los objetos que se pueden garantizar con el uso de las patentes; y b) hacer posible la aplicación de esos derechos y garantizar la exclusión del uso a todo aquel agente que no los tenga. Existen ciertas ventajas que proporciona el uso de patentes en una economía tales como: a) proveen una solución obvia a los problemas de los bienes públicos, incrementando las expectativas de ganancias privadas y la generación de incentivos para la inversión en conocimiento; b) las patentes facilitan la propagación de los nuevos productos en el mercado, por lo que se convierte en un mecanismo que facilita el acceso al conocimiento; y c) crean derechos de propiedad transferibles.

Por su parte algunas desventajas de las patentes son las siguientes: a) cuando una sola patente cubre varias innovaciones, puede significar un bloqueo parcial a la investigación de otros sectores sobre el mismo objeto, ya que el racimo de innovaciones pueden complementarse entre sí; y b) cuando una sola innovación es cubierta por varias patentes puede parcelarse el derecho de propiedad entre varios poseedores, por lo que las ganancias derivadas del patentamiento habrían de dividirse, lo que podría ser un estímulo deficiente para contener futuras inversiones (Foray, 2004).

Las patentes son generalmente usadas como un indicador de resultado innovador, ya que se obtienen una vez que ha concluido un largo proceso previo de investigación y desarrollo tecnológico. En sí misma la patente no representa éxito comercial, pero generalmente se asume que un alto número de patentes refleja altas capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. Sin embargo, existen algunas condiciones económicas que restringen el uso de las patentes. Algunos límites legales por ejemplo que determinan que no todo el conocimiento producido por un agente económico es patentable. Por ejemplo, en Estados Unidos es posible patentar se-

cuencias de ADN, pero en la mayoría de países europeos no, lo que modifica el número de registros en un país comparado con los otros. En el ordenamiento europeo de 1998 las patentes biotecnológicas estaban sometidas a requisitos como, el que su publicación y explotación no fuera contraria al orden público o que no recayera sobre procedimientos esencialmente biológicos de obtención de vegetales y animales. En 1992, Europa llegó al acuerdo de que existían ciertos elementos infranqueables que debían de tomarse en cuenta para delimitar la propiedad intelectual, se propuso excluir tres áreas: 1) el cuerpo humano o sus elementos, 2) ciertos procedimientos de modificación de identidad genética del ser humano y 3) ciertos sistemas de modificación de identidad genética de los animales (Pérez, 2003).

Las empresas procuran establecer estrategias tecnológicas diversas que tienden a diversificar también el rango de maniobras dirigidas a la obtención de derechos sobre la propiedad intelectual. De acuerdo con Aboites y Soria (1999) se pueden identificar cuatro tipos de modalidades específicas en el patentamiento: a) patentamiento sistémico, ocurre cuando los inventores y las empresas recurren constantemente a la solicitud de patente como una forma de proteger sus invenciones, b) patentamiento selectivo, que consiste en la selección de invenciones particulares para ser patentadas; c) patentamiento de bloqueo, cuando los agentes patentan no tanto para obtener beneficios como bloquear a sus competidores potenciales y a los que ya existen, y d) combinaciones múltiples de todos los tipos anteriores que se aplican en el largo plazo. En todo caso, las estrategias tecnológicas determinarán la naturaleza y dirección de la actividad inventiva de las empresas.

Actualmente existe un debate importante en la economía respecto al uso extendido de las patentes. En particular ha causado gran interés el abuso con que en ocasiones se maneja este recurso legal, en el sentido de que cada vez surgen mayores campos de aplicación que se extienden a algunas

áreas consideradas inadecuadas para la apropiación privada como lo son la salud y la educación. Otro tema relevante es del sesgo a la difusión del conocimiento derivado de la obtención de patentes, lo que implica desafíos importantes para el paradigma tradicional de «conocimiento abierto» en el que las Universidades han basado su actividad durante un largo tiempo. Este debate ha llevado a considerar el uso de otros mecanismos económicos o institucionales que pueden fomentar la inversión en conocimiento sin necesidad de generar derechos de exclusividad o monopolio que acarrearán las patentes.⁵

A pesar de lo anterior, en los últimos años se ha incrementado la importancia de los derechos de propiedad en la economía. El número de aplicaciones de las patentes ha crecido en las oficinas de propiedad intelectual más importantes del mundo. Por ejemplo, en los últimos 10 años este número ha crecido cerca del 6% anual en los Estados Unidos y 10% en Europa. Esta evolución no es sólo cuantitativa ya que también implica fenómenos cualitativos como el incremento de campos de aplicación. Las razones de estos cambios pueden ser diversas pero fundamentalmente se encuentran en lo siguiente: a) los cambios en las políticas de patentamiento en Estados Unidos y Europa, modernizando los criterios y expansión de los campos de actividad, b) gracias al contexto actual de la revolución tecnológica, que extiende los campos de la invención generando nuevas ramas científicas y aplicadas en la economía y, c) finalmente los nuevos métodos de administración referentes a la I+D, que concibe a la obtención de derechos de propiedad como una meta central en las actividades de la empresa (Foray, 2004).

5 Algunos autores argumentan que el fortalecimiento de los derechos de propiedad no representa una solución óptima para impulsar el desarrollo económico, debido que fomentan el desarrollo de barreras a la competencia y rentas oligopólicas en las grandes empresas, que contribuyen con el incremento de las crecientes asimetrías en la producción de conocimiento que existe entre países (Cimoli, Coriat y Primi, 2009).

Aunque las patentes no reflejan todo el conocimiento tecnológico que se desarrolla en el sector, también es cierto que este indicador representa una de las mejores aproximaciones para identificar ciertas capacidades tecnológicas, sobre todo en sectores de vanguardia tecnológica, intensiva en conocimiento y relacionada directamente con las actividades científicas como es el caso de la biotecnología (Jaffe, 1986).

Por tales razones es que se ha decidido usar a las patentes como un indicador de tendencias tecnológicas, bajo el supuesto de que las tecnologías en las que más patentes se registran marcan el ritmo de la investigación y determinan la importancia de ciertas áreas de conocimiento, además de que representan una aproximación de las capacidades tecnológicas de un sector productivo económico.

3. METODOLOGÍA

Quizá el principal reto en el manejo de bases de datos relacionadas con patentes es la definición del sector que se desea estudiar en términos de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) construido por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Así pues, la clave es determinar cuáles son los componentes de la CIP que definen la actividad inventiva en un sector específico.

Dicha dificultad es mayor en aquellos sectores económicos emergentes que combinan de manera transversal diferentes disciplinas y técnicas científicas, como es el caso de la biotecnología. En el sistema de clasificación propuesto por la OMPI cada tecnología se encuentra codificada con un símbolo que combina caracteres alfanuméricos que facilita la búsqueda y manejo de información, además es un código universal utilizado por las oficinas de patentes más importantes en el mundo, permitiendo realizar análisis comparativos como el de este trabajo. Existen diversas formas de solucionar el problema que representa definir un sector económico en términos de los CIP's que lo integran. El método que se utiliza en

este trabajo es el de retomar la clasificación reconocida internacionalmente propuesta por la OECD para definir el sector biotecnológico (OECD, 2000). Esta clasificación comprende un conjunto de CIP's que concentran la actividad inventiva del sector biotecnológico: A01H4/00, A61K38/00, A61K39/00, A61K48/00, C02F3/34, C07G11/00, C07G13/00, C07G15/00, C07K4/00, C07K14/00, C07K16/00, C07K17/00, C07K19/00, C12M, C12N, C12P, C12Q, G01N27/327, G01N33/53, G01N33/54, G01N33/55, G01N33/57, G01N33/68, G01N33/74, G01N33/76, G01N33/78, G01N33/88, G01N33/92. Cada uno de ellos representa una tecnología específica con un grado de generalidad que varía en función de la codificación.

Teniendo en cuenta la clasificación anterior se procedió a conformar una base de datos de patentes pertenecientes al sector biotecnológico que hayan sido concedidas por el IMPI. Dicha base contiene todas las patentes otorgadas en México que coinciden con cada uno de los CIP's que conforman el sector. Esta información permite determinar las principales trayectorias tecnológicas medidas a través de la dinámica de patentamiento que muestra el sector de biotecnología en México, es decir, la frecuencia de cada una de los temas.

Con base en las CIP's mencionadas anteriormente se obtuvieron 8382 registros de patentes en México con las que se generó una base de datos que englobara información sobre el año de concesión, título, resumen y titular (nombre y país donde se localiza dicho organismo o investigador). El país donde se localiza el titular de la patente sirvió para generar un mapa de geolocalización en el software *Power BI* que muestra en qué regiones se está produciendo el conocimiento biotecnológico a nivel mundial, con el propósito de mostrar, no sólo un análisis de los temas de desarrollo científico, sino también geográfico, sobre el estado del arte de la temática.

Una primera descripción de las 8382 patentes mostró que hay una concentración en ciertos países que acumularon

más del 75% del total de patentes de biotecnología concedidas por el IMPI durante el período de estudio. Esto llevó a la selección de los siguientes grupos de análisis: I) Estados Unidos; y, II) Alemania, Suiza, Francia, Japón y Países Bajos; y III) México, con el propósito de conocer la dinámica de este sector en el país.

Construida la base de datos y definido los grupos de análisis, la minería de texto fue el siguiente paso. La minería de texto –también conocida como «*text mining*», «*text data mining*», o «*knowledge discovery*»– se empleó para la identificación de los temas que se encuentran detrás de las patentes de biotecnología concedidas por el IMPI entre 1995 y 2015, lo que constituye una idea aproximada de las tecnologías generadas en un país. Siguiendo a Frawley, Piatetsky-Shapiro y Matheus (1992), este análisis permite el descubrimiento de patrones no triviales o temas –previamente desconocidos– que surgen al emplear herramientas para mostrar la frecuencia de términos. Esta herramienta fue utilizada para analizar el título y resumen de las patentes clasificadas en los tres grupos referidos anteriormente. La herramienta de minería de texto utilizada fue la nube de palabras. Con base en Kumar y Paul (2003) y Silge y Robinson (2016), a continuación se menciona brevemente su propósito.

La herramienta *word cloud* o nube de palabras tiene como finalidad detectar palabras claves y presentar el resultado de forma visual. La importancia de una determinada palabra está relacionada con su aparición en un texto (o conjunto de documentos).

En consecuencia, una palabra es clave en un texto (o conjunto de documentos) mientras más frecuente sea en él, describiendo una relación positiva entre importancia y frecuencia:

$$I = f(A)$$

Donde I es la importancia que tiene una determinada palabra, y A la suma total de las veces que aparece una determinada

palabra en un texto (o conjunto de documentos).

A saber, $I = f(A) = \sum_{i=1}^n x_i = x_{1t} + x_{2t} + x_{3t} + \dots + x_{nt}$

entendiéndose que la suma de la aparición de una determinada palabra (x) determina la importancia en el texto ($i = 1$; o conjunto de documentos $i = n$) para un período t .

La siguiente sección presenta los resultados obtenidos mediante la minería de texto y la aplicación de la herramienta mediante un algoritmo desarrollado en el lenguaje y ambiente para cómputo estadístico y gráfico R. Igualmente se presenta un breve panorama de geolocalización de la producción de conocimiento, tomando como a las patentes como variable *proxy*, sobre biotecnología.

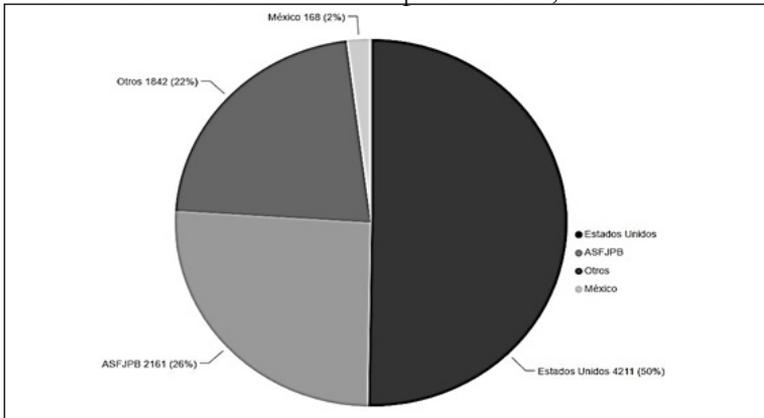
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como se mencionó anteriormente, el criterio para seleccionar los países de los titulares de patentes concedidas por el IMPI fue la proporción que representaba con respecto al total. La *Gráfica 1* muestra como seis países concentran más de la mitad de las patentes otorgadas por el IMPI en el sector biotecnológico. Estados Unidos figura en primer lugar con 4211 patentes, seguido de las 2161 patentes que suman las patentes de Alemania, Suiza, Francia, Japón y Países Bajos (ASEJPB), otros⁶ con 1842 y México con 168.

El Mapa 1 presenta la distribución geográfica de las patentes en biotecnología en el período 1995 a 2015 otorgadas por el IMPI. Los titulares de estas patentes están aglomerados en ciertos espacios geográficos. Se obtuvo que el 76% de las patentes fueron otorgadas a organismos localizados en Estados Unidos y Europa. El porcentaje restante corresponde a otros países ubicados en el mapa.

6 Conformado por los 57 países restantes, entre los que sobresale: Reino Unido, Canadá, Dinamarca y Bélgica con 274, 203, 191 y 188 patentes, respectivamente.

Gráfica 1. Patentes concedidas por el IMPI, 1995 – 2015



Fuente: Elaboración propia

Mapa 1. Geolocalización de titulares de patentes concedidas por el IMPI, 1995 – 2015



Fuente: Elaboración propia

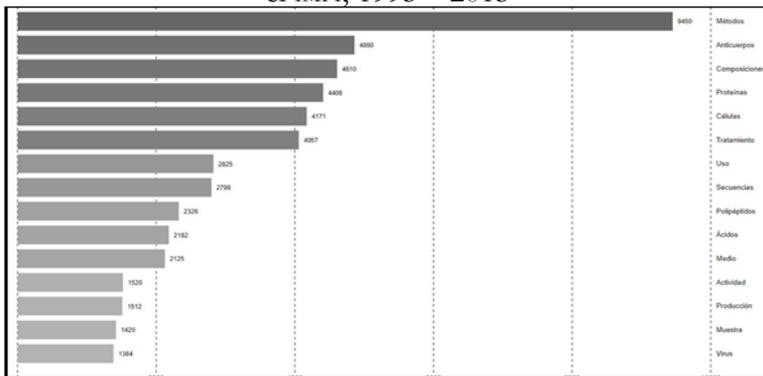
Sin embargo, a pesar de la elevada concentración de los titulares de patentes, también se observó que la biotecnología es un sector que se ha desarrollado, aunque en menor medida, en algunos países latinoamericanos, africanos y asiáticos, demostrando su relevancia e interés a nivel internacional.

Por otro lado se analizó el total de palabras que conformaron el título y resumen del conjunto de patentes, con-

tabilizando 918,130 palabras. En términos generales, el IMPI durante el período de 1995 a 2015 otorgó derechos de propiedad especialmente a «*métodos*» dentro del sector de la biotecnología (ver gráfica 2). Esta palabra puede referir a métodos diversos utilizados en diferentes técnicas biotecnológicas, pero se atribuye a tecnologías variadas de propósito general.

Partiendo del hecho de que una patente es un cúmulo de conocimiento en cierta área de desarrollo científico, la evidencia señala que, al menos en el sector biotecnológico, prevalece el proceso sobre el producto. Aunado a las otras palabras con mayor frecuencia se encuentra otra línea para profundizar debido a su implicación en la salud a través de términos como *Anticuerpos*, *Proteínas*, *Tratamiento* y *Virus*.

Gráfica 2. Palabras más frecuentes de patentes otorgadas por el IMPI, 1995 – 2015



Fuente: Elaboración propia.

La nube de palabras arrojó ciertos temas de desarrollo científico para cada grupo en estudio. La importancia de las palabras en cada grupo estuvo representada por su tamaño dentro de la nube de palabras: mientras más grande sea, mayor fue su importancia.

Por país existieron más similitudes que diferencias entre Estados Unidos y el grupo ASFJPB debido a que las áreas de desarrollo científico en biotecnología se direccionan a *métodos*

y temas relacionados con la salud, por mencionar algunos: *anticuerpos*, *antígeno*, *cáncer*, *detección*, *enfermedad*, y *virus*.

El escenario de la biotecnología en México reflejado por titulares de patentes radicados en este país, se inclina igualmente hacia el *proceso* más que el producto, en temas de desarrollo científico relacionados con la salud. No obstante abarcó, también, temas de índole medioambiental, a destacar: «tratamiento», «*aguas*», «*residuales*», «*aire*», «*biomasa*», y «*lodos*» (véase *Figura 1*).

Figura 1. Nube de palabras de patentes de biotecnología por grupo de análisis, 1995 – 2015



Fuente: Elaboración propia.

Este análisis arroja una marcada diferencia entre el desarrollo tecnológico en países líderes en biotecnología como Estados Unidos, Francia, Alemania y Japón y países emergentes como México.

5. CONCLUSIONES

Considerando que las patentes pueden ser interpretadas como una variable *proxy* a la actividad tecnológica en un país, en este trabajo se construyó una base de datos histórica de todas las patentes en biotecnología registradas por el IMPI desde 1995, con el propósito de analizar el desarrollo tecnológico en este sector de los agentes mexicanos en comparación con agentes radicados en países líderes; como una manera de determinar si México se encuentra en la vanguardia tecnológica en este sector.

Uno de los principales hallazgos es que la frecuencia de patentamiento de los agentes mexicanos es significativamente inferior comparada con los agentes provenientes de países líderes. Mientras que estos últimos concentran históricamente alrededor del 75% de las patentes otorgadas por el IMPI, los agentes mexicanos solo representan el 2% del registro. Este dato es significativo ya que refleja el dinamismo de un país respecto a una tecnología. Si bien no todos los desarrollos tecnológicos son patentables, una frecuencia relativa tan baja en el nivel de patentamiento es un signo inequívoco de una escasa actividad inventiva.

No obstante, el análisis de frecuencia debe ser complementado con un análisis de composición. Utilizando minería de textos se corroboró si las escasas patentes registradas por agentes mexicanos en el IMPI se encuentran en la frontera del desarrollo tecnológico en biotecnología. La aplicación de esta metodología permite determinar que mientras los países líderes desarrollan tecnologías de propósito general y en tópicos relacionados con la salud humana; en México se desarrollan tecnologías ligadas con el medio ambiente, en áreas remediales como residuos, aire y agua.

Aunque en términos generales pueda pensarse que la inversión en tecnologías remediales es importante para mantener un sano equilibrio con el medio ambiente, el escaso número de patentes registradas por agentes mexicanos conduce a pensar que son tecnologías marginales, sin una aplicación masiva que conlleve una mejora sustancial en el cuidado del medio ambiente. En cambio, el análisis de las patentes registradas por los países líderes en biotecnología es un claro indicio de que estos están apostado por el desarrollo de tecnologías con un alto valor agregado, dirigidas a mercados con un crecimiento exponencial como es el de la salud humana.

En conclusión, aunque la biotecnología representa una ventana de oportunidad importante para el desarrollo tecnológico de países emergentes como es el caso de México, el rezago tecnológico persistente en comparación con los países líderes puede representar una barrera importante que impide un progreso en la consolidación de un sector emergente con gran potencial de crecimiento. El reto actual radica en transitar de tecnologías de aplicación restringida hacia aquellas con un alto valor agregado, como las que constituyen el sector farmacéutico. La metodología de minería de textos es una herramienta muy importante para el estudio de este tipo de trayectorias tecnológicas, ya que permite analizar las convergencias o divergencias entre los países que se encuentran en la frontera tecnológica y los seguidores como es el caso de México.

REFERENCIAS

- Aboites, Jaime y Manuel Soria (1999) *Economía del conocimiento y propiedad intelectual: Lecciones para la economía mexicana*. Editorial UAM y Siglo XXI editores, México.
- Brooks, F. (1995) *Microbiología médica*, Editorial El manual moderno.
- CEPAL, (2009) «Los paradigmas tecnoeconómicos TIC y Biotecnología». En CEPAL, *La transformación productiva 20 años después. Viejos problemas, nuevas oportunidades* (pp.149-169). CEPAL (Eds.), Chile.
- Cimoli Mario, Coriat Benjamin y Primi Annalisa (2009) «Intellectual property and industrial development: a critical assessment» en Cimoli M., Dosi G., Stiglitz J., *Industrial policy and development, the political economy of capabilities accumulation*, Oxford University Press, pp. 506-540.
- Dosi, Giovanni (1982) «Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change», *Research Policy* 11, No. 3.
- Foray, Dominique (2004) *The economics of knowledge*. The MIT Press, London UK.
- Frawley, W. J., Piatetsky-Shapiro, G., and Matheus, C. J. (1992) «Knowledge discovery in databases: An overview». *AI magazine*, 13(3):57.
- Jaffe, Adam, B. (1986) «Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value». *The American Economic Review*, Vol. 76, Num. 5 (diciembre), pp. 984-1001.
- OECD, (2000) *Patent database. Identifying technologies areas for patents*.
- OECD, (2005) *A framework for biotechnology statistics*.
- OECD, (2009) *The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda, main findings and policy conclusions*.
- Pavitt, Keith (1984) «Sectoral Patterns of technological Change: Toward a Taxonomy and a Theory». *Research Policy*, No. 13, pp. 343-373.

- Pérez, Elena (2003) «Protección de invenciones biotecnológicas en el derecho comunitario. Atención especial a las patentes sobre elementos aislados del cuerpo humano» en *Dereito Revista Xurídica da Universida de Santiago de Compostela* Vol.12 no.1 pp. 153-175.
- Silge, J., y Robinson, D. (2016) *Tidytext: Text mining and analysis using tidy data principles in R*. O'Reilly.
- Solleiro, José Luis y Briseno A. (2003) «Propiedad intelectual: impacto en la difusión de la biotecnología». *Interciencia*, 28(2):118-23.

RETOS DE LA INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA AGROINDUSTRIAL EN MÉXICO

Gabriela Jiménez Bandala¹

Juan Reyes Álvarez²

y Germán Sánchez Daza³

El desarrollo de la biotecnología ha sido muy amplio a nivel mundial, con aplicaciones en distintos sectores económicos y sociales. Uno de los más importantes ha sido el agroindustrial, abarcando cadenas productivas que van desde la semilla hasta productos industriales con mayor elaboración. Este desarrollo ha tenido diversas implicaciones económicas y sociales, para el caso de México, un caso emblemático ha sido el del maíz, que hasta el momento es un espacio de disputa entre diversos actores sociales.

Considerando el papel estratégico que tiene la investigación tecnocientífica en la biotecnología agroindustrial, el objetivo del trabajo es analizar las características y retos que tiene tal investigación en el caso de México.

1 Profesora – Investigadora de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) gabybandala@gmail.com

2 Profesor – Investigador de la Facultad de Economía de la BUAP, jra2405@gmail.com

3 Profesor – Investigador de la Facultad de Economía de la BUAP; german.sanchez@correo.buap.mx

INTRODUCCIÓN

Hace veintiseis años R. Casas (1993: 51) apuntaba que la crisis agrícola se expresaba en el bajo dinamismo de la producción, la existencia de un sector tradicional con baja productividad —contrastando con uno moderno— en lento crecimiento, estancamiento de la producción de granos básicos, condiciones precarias del sector campesino, baja de la demanda interna de alimentos y transferencias de valor en beneficio del sector industrial; concluyendo que existía pérdida de la autosuficiencia alimentaria, profundización de la dependencia de nuestro país y deterioro nutricional de su población. Al confrontar las posibles salidas, consideraba que la biotecnología podía contribuir de manera importante a la solución de la problemática planteada. El estudio que realizó sobre la investigación biotecnológica en México le lleva a concluir que en las áreas agrícolas y agroindustrial la investigación era aún incipiente, sin bien existía en varias instituciones, sus grupos de investigación eran pequeños y con infraestructura insuficiente, y estos se ubicaban fundamentalmente en las instituciones de educación superior pública.

Hacia fines del siglo pasado, Bolívar Zapata apuntaba en el mismo sentido, proponiendo un conjunto de áreas y estrategias de desarrollo de la biotecnología. Posteriormente, en el estudio realizado por el Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del IPN (Trejo, 2010: 308) se concluye que en México existe una plataforma de conocimientos, recursos humanos y programas de formación que «si bien aún insuficiente, constituyen un valioso recurso que puede sin duda detonar el desarrollo de la biotecnología productiva en nuestro país». Sin embargo, al incluir el análisis de la producción de patentes y resultados de investigación, dicho estudio destaca que estas capacidades no se han traducido en tecnologías transferibles y explotables comercialmente, lo cual refleja la dependencia tecnológica en el ámbito de la biotecnología (Trejo, 2010: 318). Finalmente, Marcela Amaro

(2013) concluye que existe una amplia capacidad científica y en crecimiento, pero con escaso vínculo con las empresas, además de que éstas son poco innovadoras, siendo algunas empresas nacionales medianas las que efectúan actividades de investigación y desarrollo.

En todos estos estudios están presentes tres elementos centrales: primero, la relevancia que tiene la biotecnología para enfrentar y resolver los problemas agroalimentarios en México, segundo, el reconocimiento de que existe un debate en torno a los efectos y consecuencias de los productos derivados de la biotecnología (en particular los transgénicos) y, tercero, la necesidad de generar estrategias y políticas para impulsar y regular el desarrollo de la biotecnología en general y, en particular, de la dirigida a la agroindustria-alimentaria.

Partiendo de este contexto, a continuación, se exponen los desafíos.

LOS RETOS PARA LA ALIMENTACIÓN: LA BIOTECNOLOGÍA COMO SOLUCIÓN

Dos conceptos son clave para entender el debate sobre los mecanismos que hagan posible cubrir la alimentación *Seguridad y Soberanía*. La *Seguridad Alimentaria* existe cuando todas las personas tienen acceso, en todos sus aspectos (físico, social y económico), a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades nutricionales y las preferencias culturales para una vida sana y activa. Mientras que *Soberanía Alimentaria* es un derecho de los pueblos, de sus países o Estados, a definir su política agraria y alimentaria, sin *dumping* frente a países terceros. Esto implica el acceso de los campesinos a la tierra, al agua, a las semillas y el crédito, el consumidor tiene derecho a decidir lo que quiere consumir, cómo y quién se lo produce, los países pueden protegerse de las importaciones agrícolas y alimentarias y la participación de los pueblos en las políticas agrarias (ver FAO, 2006 y Viacampesina, s/f). Ante esto, los principales organismos internacionales han privile-

giado la *Seguridad Alimentaria* sobre la *Soberanía*, la cual intentan atender mediante dos elementos centrales: el uso de herramientas científico-tecnológicas, y la participación privada en ellas. Lo anterior ha relegado la *Soberanía*, esto ha excluido a la mayor parte de la población de la producción de alimentos, concentrándola en su función de sólo consumidores, dejando el papel productivo a las empresas, con el uso intensivo de tecnologías. En este marco distinguimos los retos para la biotecnología desde el punto de vista de los organismos internacionales y desde nuestra mirada.

El impacto de las nuevas tecnologías regularmente está relacionado con la capacidad de gestión y determinación que tienen los organismos internacionales, para persuadir y presionar a los gobiernos nacionales, de que dichas tecnologías son necesarias y la mejor opción para resolver los problemas alimentarios. En el caso de la biotecnología y específicamente la relacionada con el sector agroalimentario, se observa que ha sido impulsada por organismos nacionales e internacionales como la FAO y la SAGARPA. Así podemos citar que la FAO, en su Informe de 2004 sobre «El estado mundial de la agricultura y la alimentación» plantea que para los siguientes treinta años se incrementará la población mundial en dos mil millones, los cuales demandarán alimentos, el problema es que los recursos naturales son cada vez más frágiles; asimismo, para ese año calculaba la existencia de 842 millones de habitantes con hambre crónica y otros más con carencias de micronutrientes; además señalaba un lento crecimiento de la producción agrícola y ganadera entre 2000-2002. Para el caso de México, calculaba 5.2 millones de personas con hambre, es decir poco más del 5% de la población.

Esta tragedia humana era planteada como retos y oportunidades del sistema agroalimentario mundial, que debían enfrentarse en los próximos 20 años, lo cual servía para justificar la introducción de políticas públicas, instituciones e industrias dentro de países en específico (FAO, 2006; SAGARPA,

2010); concretamente, los retos que establecen son: abastecimiento de alimentos ante el incremento de la población, producción de alimentos en forma sustentable, acceso a alimentos de calidad y mejorar los sistemas de calidad e inocuidad. Veamos con mayor detenimiento los tres primeros:

1) Población. El discurso oficial sugiere que la producción de alimentos debe de aumentar a la par que la población, ante este escenario, el incremento de la escala de producción se hace totalmente necesaria. Esto significa que tanto producto como las dietas de consumo de alimentos sigan su tendencia de homogeneización, para poder corresponder a una mayor producción. En ese sentido, Otero (2013) precisa que las dietas contemporáneas han sido definidas con alto consumo de cárnicos y alimentos con gran cantidad de carbohidratos, siguiendo los patrones dominantes de producción y consumo establecidos por Estados Unidos. Esto fomenta los monocultivos, los cultivos a gran escala y la ganadería, situaciones que desgastan la tierra, erosionan los suelos y hay una acelerada degradación ecológica.

2) Sustentabilidad. En los últimos años se ha acrecentado la distancia entre el crecimiento económico y el equilibrio natural, por lo que la idea de sustentabilidad ha ganado terreno en los discursos y documentos sobre lo agroindustrial-alimentario. Se entiende por sustentabilidad: «el desarrollo que satisface las necesidades (tales como comida, vestido, empleos, etc.) de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades» (Treviño, Sánchez y Camacho, 2004: 55). El reto se ha centrado en generar políticas públicas que promuevan la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales –sobre todo de los no-renovables–, además de orientar al consumidor para que adquiera productos cuyo origen haya implicado menos daño al medio ambiente. Sin embargo, los marcos regulatorios promueven que a la par de la sustentabilidad se desarrolle la diversidad con base en su privatización, en ese

sentido las tendencias del mercado internacional y las tentativas de empresas transnacionales requieren de marcos regulatorios endebles, que permitan la privatización y el comercio de la biodiversidad y de los recursos naturales (Ocman, 2012). El problema es entonces, no de corte medioambiental, si no jurídico y tal situación pone en tela de juicio el papel del Estado.

3) Mejora en sistemas de calidad y de los productos. El reto está comprendido a partir de las siguientes características en los alimentos: deben ser libres de sustancias químicas o biológicas, deben poseer calidad nutricional con la finalidad de evitar el desarrollo de padecimientos crónicos en la población en general, por ejemplo: diabetes. El discurso dominante, expresado en documentos como «Perspectivas Agrícolas 2013-2022» y «Efectos sociales de la globalización sobre la economía campesina» de la OCDE - FAO y CEPAL, respectivamente, sugieren que la aplicación de la biotecnología es el medio que posibilitará el proceso de cambio estructural y hará eficiente el desarrollo del sector agroindustrial-alimentario: aumentará la productividad y disminuirá costos, mejorará la calidad, seguridad y consistencia de los alimentos, diversificará productos, entre otras cosas. Sin embargo, gran parte de los estándares de calidad provendrían de laboratorios nacionales como internacionales (privados como públicos), los cuales tienden a oscurecer la participación de la producción de campesina, poniendo como único centro a la ciencia.

De esta manera se puede afirmar, que la presencia de la biotecnología para la mayoría de los organismos internacionales sólo está abierta con la posibilidad de que el conocimiento se privatice y detrás de eso, la producción, distribución y regulación de estas, quede subordinado a grandes industrias. Sin embargo, cabe agregar algo, el papel que juega la ciencia y la tecnología no es nuevo, durante el siglo pasado, la técnica existente estuvo sujeta al desarrollo y configuración de la llamada Revolución Verde, ésta fue «...la encarnación de lo que había surgido antes en la forma del paradigma agrí-

cola moderno en Estados Unidos. El paradigma tecnológico de la agricultura moderna involucra un paquete específico de insumos compuestos por variedades de plantas híbridas o de alto rendimiento (principalmente de cultivos de alimentación masiva: trigo, arroz y maíz), mecanización, pesticidas y fertilizantes agroquímicos e irrigación. La Revolución Verde es el nombre adoptado por este paquete tecnológico cuando se exporta a los países en vías de desarrollo» (Otero, 2013: 25).

Gran parte de la dinámica actual ha sido dinamitado por las características que han rodeado la Revolución Verde. Dicho proceso, se situó entre 1960 y 1980, creando alrededor de ella una serie de paquetes tecnológicos que llevaron al uso intensivo de agroquímicos, contaminación, problemas de erosión de las tierras, degradación del suelo, pérdida de la diversidad genética vegetal a razón del remplazo de las variedades locales tradicionales o criollas por aquellas comerciales mejoradas, y la consecuente migración de los campesinos en busca de tierra cultivable, entre otras cosas (Otero, 2013).

En esa época, la agricultura ligada a la industrialización (por el uso de herramientas cada vez más basadas en el desarrollo tecnológico y científico) centró sus objetivos en el incremento de la productividad —el cual encubría el incremento de ganancias de privados— relegando todas las problemáticas sobre la naturaleza. Esto creó contradicciones entre la industria y el campesinado mexicano, pues por un lado se fue generando un sector agrícola basado en la introducción acelerada de técnicas y desarrollos científicos, subsumiendo al sector campesino y comunitario, que fue relegado y sometido a una dinámica de precios que los conduciría a la crisis estructural, que en el caso de México era clara en la década de los setenta. Con la biotecnología, esas contradicciones se agudizan, pues además de mantener un patrón productivo dual, ahora los campesinos enfrentan los cambios que implican la compra cotidiana de la semilla, así como cambios en el mismo producto obtenido, depen-

diendo del productor (empresas biotecnológicas) y de los servicios tecnológicos derivados.

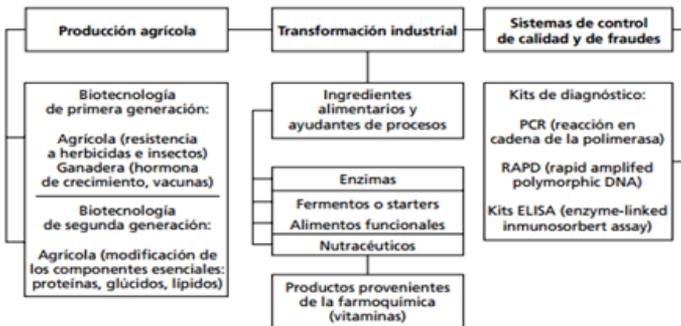
LA BIOTECNOLOGÍA: NUEVAS PROBLEMÁTICAS

La finalidad de la biotecnología agroindustrial-alimentaria, en su primera fase (años noventa), fue la de impactar en el proceso de conservación para su comercialización y venta. Actualmente, el énfasis se ha colocado en la producción agrícola, que busca que los productos adquieran nuevas propiedades agrícolas y la protección de cultivos, es decir, la resistencia a insectos-plaga y la tolerancia a herbicidas. En años subsecuentes, el énfasis de la biotecnología ha sido la tolerancia a la sequía y la resistencia a virus. A partir del año 2000 se ha pretendido dotar a los alimentos de mejoras nutrimentales: balance de ácidos grasos, biofortificación (más contenido de vitaminas y hierro), asimismo, en la mejora en el procesamiento (p. e. almidón menos ramificado). Lo anterior, según diversas fuentes, ha derivado en ventajas ecológicas, conservación de recursos, mejoras nutrimentales y biocombustibles. Sin embargo, las polémicas siguen latentes: ¿cuál será el impacto real de los productos transgénicos en la salud, alimentación y medio ambiente? El esquema 1 resume los elementos más importantes vinculados con la aplicación de la biotecnología a los procesos industriales.

Asimismo, desde 2011, la producción y el consumo de los productos relacionados con la biotecnología verde o aplicada a la agricultura y a los sistemas alimentarios se expande a gran proporción, se puede señalar que actualmente existen 160 millones de hectáreas sembradas con cultivos genéticamente modificados (en comparación con 148 millones en 2010) en 29 países, como: Alemania, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Colombia, España, Estados Unidos, Honduras, Francia, India, Sudáfrica, Suecia y México. Entre las especies que han sido objeto de mejoramiento podemos citar: algodón, alfalfa, calabaza, canola, jitomate, maíz, papa,

papaya, soya, entre otros (CEDRSSA, 2013. 194). Al respecto de lo señalado en el párrafo anterior –la aplicación y uso de la biotecnología–, Gutman y Lavarello (2007:13) sugieren otras áreas de impacto de la biotecnología en los sistemas alimentarios de los países subdesarrollados, a saber: i) aumentar la eficiencia y disminuir costos; ii) mejorar la calidad, seguridad y consistencia de los alimentos; iii) producir materias primas con cualidades específicas según sus usos industriales posteriores; iv) diversificar productos; v) mejorar los sistemas de control de calidad y seguridad; vi) potenciar las estrategias competitivas de las firmas al distribuir riesgos, y vii) disminuir tiempos y costos de I+D.

Esquema 1. Biotecnología en los sistemas agroalimentarios



Fuente: Gutman y Lavarello, 2007.

Además de lo anterior, Trejo (2010) sugiere que la incorporación a las industrias básicas y de transformación de la biotecnología agroindustrial-alimentaria se debe a la flexibilidad y amplia gama de aplicación de la disciplina en productos y procesos, para ilustrar tal situación se caracterizan algunos desarrollos actuales de la biotecnología moderna como:

- Inoculantes bioprocesadores en frutos que previenen el desarrollo de hongos en cítricos; otros que permiten el

incremento de la vida de anaquel de forrajes y pasturas, granos de almacén y semillas.

- Microorganismos que controlan la proliferación o previenen el desarrollo de patógenos en productos como hortalizas.
- Semillas y variedades vegetales derivadas de mejoramiento de originales.
- Biocidas desinfectantes; bacterias antivirales y fungicidas, biofertilizantes, sustratos o productos de soporte.
- Productos orientados a la protección contra salinidad.
- Maduradores y aceleradores del desarrollo vegetal.
- Productos resistentes a sequías.
- Productos con aprovechamiento de nutrientes.
- Variedades de plantas vegetales para alimentario y forestal.

Ante este panorama, se presentan retos importantes para el desarrollo tecnológico en México, por la diversidad de productos y procesos que se crean, y por la dinámica actual de producción y consumo de alimentos en la cual se encuentra inserto el país. Por lo anterior, es necesario observar los elementos distintivos de las condiciones nacionales.

La crisis económica de 2008 exacerbó las vicisitudes a las que se enfrentan los campesinos y los pequeños y medianos productores. Tres años después, como parte de la crisis mundial de 2007-2008, se desencadenó la crisis alimentaria global, en la que se manifestaron los problemas acuñados por la acumulación de capital en el sector agroalimentario mundial; el incremento de los precios de los granos básicos, que se inició en 2003, se agudizó en 2007, incrementando la pobreza y el hambre de la población mundial, en particular en algunas regiones y países, alcanzando casi los mil millones de personas que padecían hambre (De Schutter y Kaitlin, 2011). Entre las causas de esta crisis se mencionaron la financiarización del mercado de alimentos, la presentación de fenómenos ‘naturales’ (sequías, inundaciones), el incremento de la demanda

en algunas regiones, las decisiones políticas de países exportadores que colocaron sus existencias (en especial economías avanzadas y centralmente Estados Unidos), así como el uso creciente de agrocombustibles.

Sin embargo, los determinantes son estructurales, se trata de las características que imprimió el modelo de acumulación neoliberal al sector agroalimentario mundial, del agotamiento del paradigma tecnoeconómico basado en la industrialización del sector agrícola, que permitió la alta concentración y expropiación a los campesinos y comunidades agrarias, estimuló la tecnificación a fin de elevar la productividad en detrimento de la diversidad y recuperación natural de los suelos así como la precarización del empleo agrícola.

Además, se destaca el papel que juega el cambio en el modelo de consumo, en el que adquirió un mayor peso la ingesta de carne y, por tanto, la demanda de alimentos para ganado, lo cual implicó la deforestación para ampliar tanto la frontera agrícola, como los pastizales.

EL LIDERAZGO DE LAS EMPRESAS

Aun cuando la conjunción entre capitalismo y biotecnología encuentra su oleada de ascenso en la llamada Revolución Verde, la crisis de 2008 hizo evidente la contradicción inherente a este paradigma, se trata de la volatilización de los precios de los alimentos que, por supuesto, favoreció a las agroempresas a partir del acaparamiento, la especulación y el dominio del capital financiero (Otero, 2013). En términos económicos y sociales, el mercado no puede quedar reducido a concepto, se trata del espacio de interacción de todos los actores: el estado legisla sobre la propiedad intelectual, y con ello, permite el avasallamiento de las agroempresas sobre los campesinos, pequeños y medianos productores. De la privatización de las semillas se desprende otro problema: «se corre el riesgo de que la información genética de una planta transgénica, se trasfiera a variedades criollas del mismo cultivo (variedades criollas)

o plantas silvestres cercanas» (López-Munguía, 2000: 41). Al respecto, Fitting (2013: 151) cuestiona sobre la presencia de maíz transgénico en campos donde se cultiva maíz tradicional –la cuna del maíz: Valle de Tehuacán en el sur de Puebla–, desde el enfoque de la autora, el problema recae nuevamente en elementos económicos y sociales: más allá de los riesgos ambientales del flujo genético, estas importaciones plantean la pregunta de si la expansión global del neoliberalismo, en particular los acuerdos de libre comercio acompañados de reestructuración económica en el sur global, concede una ventaja a las agroempresas multinacionales y a los agricultores a gran escala del norte.

Por otro lado, si bien, lo grupos de campesinos originarios han aportado saberes que han permitido el avance y la consolidación de la biotecnología, en las últimas décadas, los hogares rurales cuya supervivencia estaba fundamentada, por ejemplo, en la producción de maíz, han tenido que enfrentar crisis económicas, la austeridad y la reestructuración de los servicios de extensión agrícola del gobierno. Se ha generado un clima de desesperanza que no ha hecho más que fomentar la migración del campesinado hacia Estados Unidos o la búsqueda de trabajo asalariado no-agrícola. ¿Cómo contrarrestar la dependencia de semillas transgénicas en la producción agrícola? Se trata de fomentar el autoconsumo generando valores de uso de calidad, de luchar para que sean posibles regulaciones que tiendan a favorecer los campesinos, pequeños y medianos productores: «se trata de elevar a los pequeños agricultores a un papel central en términos productivos y ambientales» (Otero, 2013: 36). Con la intención de no entregar respuestas contundentes, sino de «problematizar las polémicas» podemos concluir algunas interrogantes relacionadas con los alimentos genéticamente modificados y la propiedad industrial: ¿Es posible diseñar políticas tecnológicas que mediante la biotecnología impulsen el desarrollo del sector primario de nuestro país, asegurando, además la conservación de grupos,

prácticas originarias, además de la seguridad y soberanía alimentaria? ¿Cómo enfrentar el reto de aprovechar el potencial de los conocimientos que ofrece la biotecnología aplicada a lo agroindustrial, sin causar estragos en la megadiversidad ecológica, es decir, la conservación in situ de variedades de plantas y semillas criollas de nuestro país?

Frente a esta problemática, se observa que la dinámica empresarial se va imponiendo. Según ProMéxico (2017) «En México hay más de 400 empresas que desarrollan o utilizan biotecnología moderna, de estas 75 encuentran en el segmento de la agricultura, 82 en el de medio ambiente, 54 en el de salud humana, 86 en el de alimentos, 118 en la industria y el resto en salud animal, acuicultura y otros». El cuadro 1 clasifica a las empresas que hacen uso de alguna técnica biotecnológica y aquellas que desarrollan procesos o productos basados en la biotecnología, se diferencia entre empresas transnacionales y empresas de capital nacional (Amaro y Morales, 2010). Lo anterior con la finalidad de obtener un marco de referencia sobre la ubicación de la comunidad científica, si bien, la investigación en este ámbito se hace primordialmente en las instituciones de educación superior y centros de investigación, la relación de estas con la industria se fortalece y es un nexo que determinará el sentido de la investigación en el área de conocimiento en cuestión.

Las empresas transnacionales, principalmente, Monsanto, Novartis, AgrEvo, Dupont y Dow Chemical han absorbido los altos costos de programas de investigación y desarrollo, lo que las ha llevado a patentar procesos y productos que dan lugar a paquetes tecnológicos. La finalidad de las agroempresas es explotar, con carácter exclusivo, una variedad de semilla, lo anterior provoca que variedades semejantes sean desplazadas del mercado, el efecto es conocido como *dumping*. Se monopolizan la producción y venta no sólo de productos y procesos vinculados con el paquete tecnológico, si no de la vida misma. «La lógica de la moderna producción

agrícola capitalista no está orientada a producir valores de uso *per se*, como la alimentación humana, sino más bien valores de cambio que aporten las máximas ganancias posibles» (Otero, 2013: 32).

Cuadro 1. Empresas transnacionales y de capital nacional con aplicaciones y uso de biotecnología agroindustrial-alimentaria

Grandes empresas transnacionales con aplicaciones y uso de la Biotecnología en México		Empresas de capital nacional que desarrollan Biotecnología en México	
Nestle	Alimentos	Agrobiológicos de Sinaloa, S. A. de C. V.	Agropecuuario
Grupo Industria Lala	Bebidas y alimentos	(AGROBIONSA). GRUPO SAVIA (Savia, S. A de C.V.)	Agropecuuario
Sabritas	Alimentos	BAYER Diagnósticos S.A. de C.V.	Alimentos
Sigma Alimentos	Alimentos	Bufete Químico S.A. de C.V.	Alimentos
Gamesa	Alimentos	Corporación PR ALLIED S.A. de C.V.	Alimentos
Grupo Bimbo	Alimentos	Métodos Rápidos S.A. de C.V	Alimentos
Grupo Herdez	Alimentos	NATVER S.A. de C.V Nuevos Desarrollos Industrial y Comercial Alimentos TECNOLIM	Alimentos
Híbridos Pioneer	Agrícola y producción de semillas	Nuevos Desarrollos Industrial y Comercial Alimentos	Alimentos
		TECNOLIM	Alimentos

Fuente: Amaro y Morales (2010)

Si bien los laboratorios de investigación de esas grandes empresas se ubican en sus países de residencia, la

vinculación entre empresas e investigación tecnocientífica en México se promueve activamente, por ello es pertinente revisar qué sucede con las actividades de investigación en nuestro país.

INVESTIGACIÓN

A continuación se describen las características relacionadas con la investigación en el área de biotecnología y las ciencias agropecuarias, primeramente, se presentan los Centros Públicos de Investigación CONACYT, el objetivo explícito de todos ellos es generar conocimiento científico y promover su aplicación a la solución de problemas nacionales, así como normar recursos humanos y fomentar la vinculación entre la academia y los sectores público, privado y social.

La gráfica 1 presenta el número de programas de posgrado en el área de la biotecnología y las ciencias agropecuarias por Estado de la República Mexicana, nótese que las universidades con mayor presencia son: Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Metropolitana y el CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional. No se considera a la UNAM, ya que su Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada configura el cluster Morelos y abarca prácticamente todas las aplicaciones de la biotecnología. De acuerdo a la Academia Mexicana de Ciencias (2012) la concentración de la investigación científica implica poca o nula planeación de la educación superior, no se considera a la ciencia y a la tecnología como palancas del desarrollo, en ese sentido, es necesario reorientar políticas científicas: estimular la incorporación de estudiantes del nivel superior al área científico-tecnológica, difusión y divulgación de los descubrimientos científicos, readecuación de criterios de evaluación en el desempeño científico, estimular proyectos de investigación interdisciplinaria a largo plazo, desarrollar estrategias para la transferencia, además de estímulos fiscales para pequeñas y medianas empresas que fomenten sus vínculos con la academia.

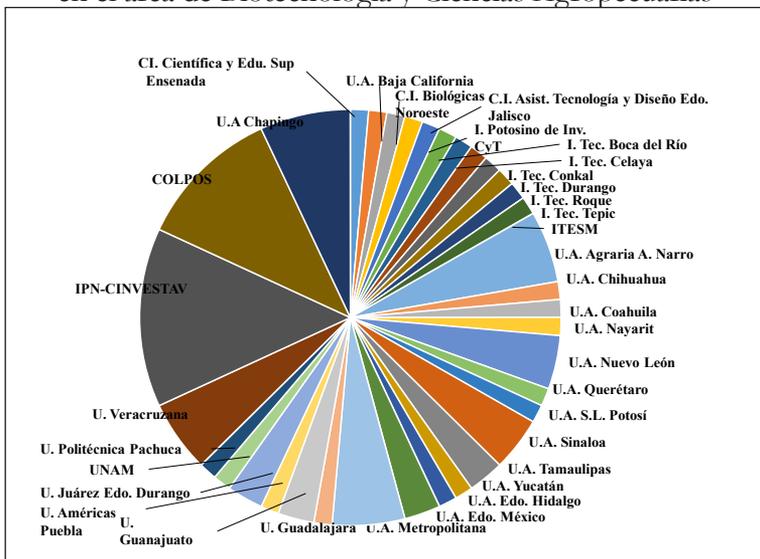
Cuadro 2. Centros Públicos de Investigación CONACYT que tienen que ver con la biotecnología

Área	Centro
Ciencias exactas y naturales	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD)
	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C (CIBNOR)
	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C (CICESE)
	Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C (CICY)
	Instituto de Ecología A.C. (INECOL)
	Instituto Potosino de Investigación Científica (IPICYT)
	Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC)
Desarrollo tecnológico	Centro de Tecnología Avanzada A.C. (CIATEQ)
	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDEI)
	Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C (CIDETEQ)
	Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)

Fuente: CONACYT (2017b)

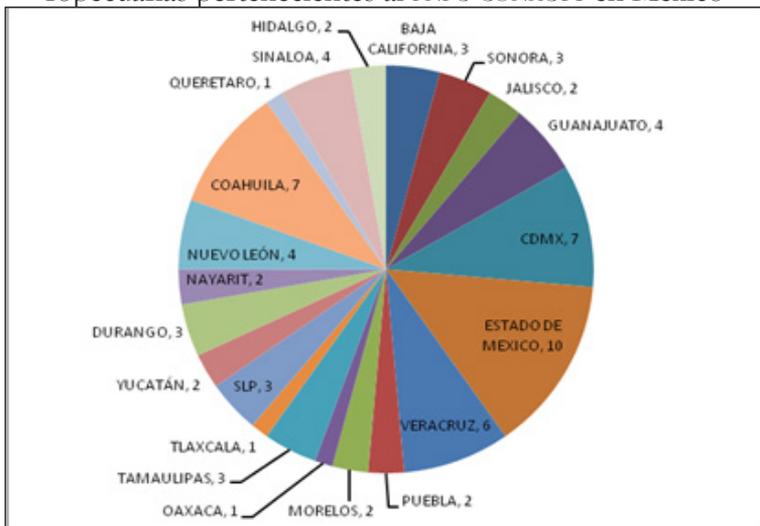
La gráfica 2, muestra el número de doctorados relacionados con el área de biotecnología y ciencias agropecuarias (en total 72), al igual que la gráfica anterior, se reafirma la aseveración y crítica sobre la concentración de la investigación científica en nuestro país. Véase que la investigación en el área de biotecnología y ciencias agropecuarias se agrupa, principalmente, en CDMX, Estado de México y Veracruz y en algunas ciudades del norte del país, no hay representación estadística en estados como Guerrero, Chiapas, Oaxaca, entre otros.

Gráfica 1. Universidades con mayor número de posgrados en el área de Biotecnología y Ciencias Agropecuarias



Fuente: Jiménez (2017)

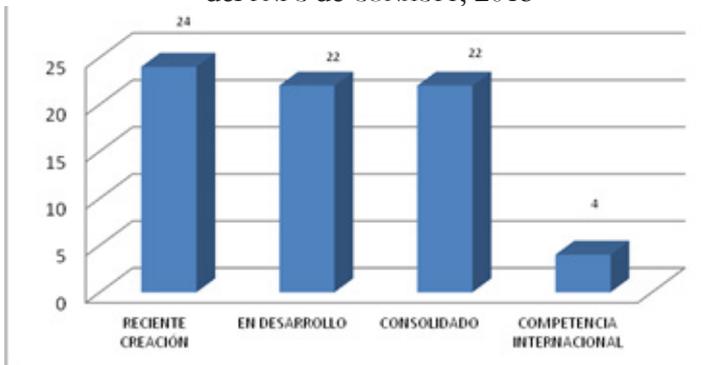
Gráfica 2. Doctorados en Biotecnología y Ciencias Agropecuarias pertenecientes al PNPC-CONACYT en México



Elaboración Fuente: Jiménez (2017)

De la misma manera, al intentar efectuar el mapeo de la biotecnología y las ciencias agropecuarias en México, fue necesario indagar sobre el nivel de los posgrados en tal área de acuerdo a la clasificación del CONACYT (gráfica 3): reciente creación, en desarrollo, consolidado y de competencia internacional, véase que la mayoría de posgrados (doctorados) son de reciente creación o se encuentran en desarrollo, lo cual implica que la investigación en dicha área del conocimiento aún no se consolida.

Gráfica 3. Número de Doctorados en Biotecnología y Ciencias Agropecuarias en los diferentes niveles del PNPC de CONACYT, 2015



Fuente: Jiménez (2017)

Asimismo, el análisis descriptivo ha conducido a cuantificar el número de investigadores que se encuentran realizando investigación relacionada con la biotecnología y las ciencias agropecuarias, aunque debe recordarse que la biotecnología tiende a la interdisciplinariedad, es altamente probable que científicos de otras áreas pueden estar relacionados con alguna investigación sobre biotecnología o temas adyacentes.

Para tener una perspectiva sobre la formación de recursos humanos, se presenta la cantidad de personas que han obtenido el título de doctor en áreas relacionadas con la biotecnología y las ciencias agropecuarias, nótese que en comparación con otras áreas de conocimiento.

Cuadro 3. Miembros del SNI por área del conocimiento, 2010-2017

Año	Físico-Matemáticas y ciencias de la Tierra	Biología y Química	Medicina y ciencias de la Salud	Humanidades y Ciencias de la Conducta	Ciencias sociales	Biología y Ciencias Agropecuarias	Ingenierías	Total
2015	4180	4204	3200	3933	4257	3387	3910	27071
2016	3992	4084	2830	3752	3983	2842	3587	25070
2017	4244	4267	3247	4032	4302	3163	3931	27186
Total	12416	12555	9277	11717	12542	9392	11428	79327

Fuente: Jiménez (2017)

Cuadro 4. Graduados de programas de doctorado por área de la ciencia, 2015-2016

Año	Físico-Matemáticas y ciencias de la Tierra	Biología y Química	Medicina y ciencias de la Salud	Humanidades y Ciencias de la Conducta	Ciencias sociales	Biología y Ciencias Agropecuarias	Ingenierías	Total
2015	312	577	186	358	441	304	580	2758
2016	365	594	185	405	515	390	731	3185
Total	677	1171	371	763	956	994	1311	5943

Fuente: Jiménez (2017)

POLÍTICAS NACIONALES, PATENTAMIENTO E INVESTIGACIÓN EN MÉXICO. FONDOS DESTINADOS A LA BIOTECNOLOGÍA

La problemática del financiamiento. El caso del Fondo-CIBIOGEM

El financiamiento a la innovación es un elemento medular para incentivar las capacidades de los sectores tecnológicos nacionales, el caso de la biotecnología se ha vuelto estratégica para la política pública en México, siendo el financiamiento público el más importante a la investigación y desarrollo en este país. Dentro de los diversos programas públicos para investigación y desarrollo se presentan convocatorias para biotecnología, desde el Programa de Estímulos a la Innovación dedicados exclusivamente a empresa, hasta los que tienen una dirección regional, como el caso de los Fondos Mixtos. Según datos de PROMEXICO (2017: 64), el PEI destinó 1,001 millones de pesos a proyectos de biotecnología. Para el caso de los FOMIX, alrededor del 21.5% de los proyectos apoyados son de biotecnología.

Al respecto, a continuación, nos centramos en el Fondo de CIBIOGEM (Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados), que si bien, en términos monetarios no tiene una gran representación, un breve análisis nos permite observar la importancia de dicho fondo y del debate de la biotecnología agrícola para el caso mexicano.

Los fondos de CIBIOGEM, a diferencia de los fondos PEI o FOMIX se han focalizado en realizar investigación sobre ciencia básica, desarrollo de productos y tecnologías polémicas, que se encuentran en el centro del debate nacional, internacional, técnico y social, y por lo que se hace necesario destinar recursos para destrabar dichos debates (por ejemplo, el uso de organismos genéticamente modificados). En ese sentido, la importancia del fondo CIBIOGEM radica no en el monto de los recursos, sino en la dirección tecnológica nacional respecto a la biotecnología agrícola.

De 2009 a 2017 la CIBIOGEM ha contado con 23 proyectos (CONACYT, 2017), a los cuales el fondo ha destinado alrededor de 84 millones de pesos. El año donde se han firmado más convenios es 2016, cuando se firmaron para 7 proyectos. Dentro del fondo existen 8 modalidades para la designación de fondo para proyectos, entre los que se destaca al menos los tres primeros: recursos para proyectos de investigación científica y tecnológica para el desarrollo de Bioseguridad y Biotecnología, proyectos a solicitud expresa de la misma Comisión, diligencias que den seguimiento a la Ley de Bioseguridad y Biotecnología. De esto se desprende que los proyectos en general se centran en dos aspectos atender aspectos de Bioseguridad y de desarrollo de la Biotecnología en el país, elementos que son evaluados por la Comisión. Al respecto, de los 23 proyectos, 14 se han centrado en Bioseguridad y 9 en Biotecnología.

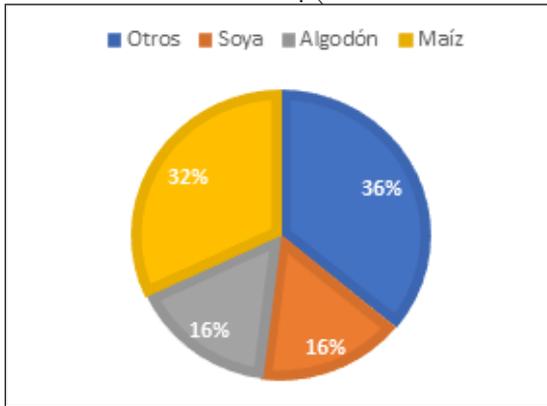
El fondo en sí puede propiciar e incidir para comprobar la importancia de introducir algún organismo genéticamente modificado, así como preservar los que existen de forma endémica. En ese sentido, se considera que, si bien la inversión no es alta, dar pie a la introducción o a la conservación de los recursos naturales tendría efectos importantes en diversas industrias. Cabe resaltar los tipos de proyectos financiados. Al respecto, 32% de los proyectos (8) han sido dirigidos a estudiar el maíz y su diversidad dentro del territorio nacional. De hecho, los proyectos con mayor presupuesto están relacionados al maíz: «Diagnóstico de la diversidad genética de razas y variedades de maíz nativo, para la toma de decisiones y la evaluación de programas de conservación» cuyo convenio fue firmado en 2010 y coordinado por el CINVESTAV; y el proyecto «Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México» coordinado por el Instituto de Biología (UNAM). En segundo lugar, en 16% de los proyectos (4) aparece el algo-

dón. Cabe destacar, que los proyectos están relacionados con el algodón Bollgard ii® de Monsanto, el cual es el de mayor difusión en el mundo, por lo que representa también un monopolio. Los proyectos se han enfocado a buscar elementos que le permitan ser más resistentes a plagas y toxinas según las condiciones en México. Al respecto, este proyecto favorece la producción de un producto tecnológico que muestra una cierta dependencia extranjera, ya que la semilla de dicho algodón es provista por una empresa extranjera. Por último, la soya aparece en el 16% de los proyectos, algunos de los proyectos van desde la búsqueda de menor uso de fertilizantes y herbicidas, hasta el impacto social de la siembra de la soya modificada genéticamente.

Cabe subrayar que estos 3 productos agrícolas se encuentran en el centro del debate nacional e internacional, en principio habrá que mencionar por su importancia económica. México, es uno de los países más dependientes del maíz, en principio por ser el grano de la base alimenticia del país, por otro lado, México es uno de los países con mayores importaciones de algodón en el mundo, y con poca exportación. Y por último, la soya es uno de los principales productos genéticamente modificados en Latinoamérica, principalmente en Argentina, en donde se ha incrementado sustancialmente la tierra ocupada para cultivar dicho producto. En ese sentido, los estudios que la Comisión de CIBIOGEM aprueba, son de vital importancia y determinan no sólo en materia agrícola, sino de desarrollo social, tecnológico e industrial. Respecto al último, cabe decir que la política de ciencia y tecnología ha quedado desligada de la industria nacional, principalmente cuando se considera la inexistente política industrial. Por lo que la incidir en la introducción de ciertos productos causaría repercusiones importantes en la industria y agricultura nacional. En ese sentido, este programa en específico potencializaría/limitaría las capacidades tecnológicas nacionales según los objetivos nacionales, ya

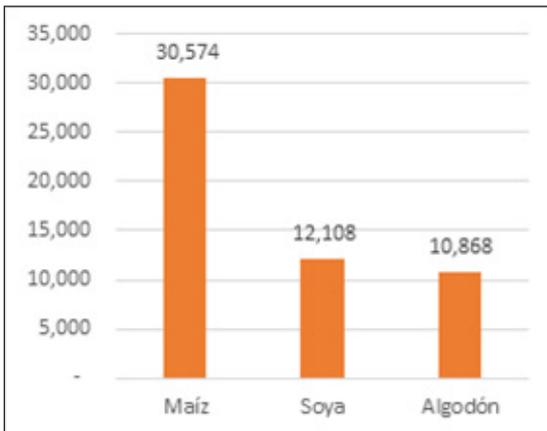
sea potenciar la industria, no necesariamente nacional y por otro, fomentar la conservación y uso de formas tradicionales de los recursos naturales.

Gráfica 4. Productos que más aparecen en proyectos (por-



Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONACYT (2017).

Gráfica 5. Monto acumulado en el Fondo-CIBIOGEM por producto - 2010-2017 (millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia con base a datos de CONACYT (2017).

Propiedad industrial. El caso de las patentes de biotecnología agrícola

Uno de los elementos a considerar para observar las capacidades tecnológicas respecto a la Biotecnología agrícola es el patentamiento. Si bien es cierto, Latinoamérica, y específicamente México cuentan con un bajo esfuerzo inventivo (véase cuadro 5), donde el número de patentes en el sector de Biotecnología es mucho menor al de los países desarrollados, aunque ha alcanzado tasas de crecimiento alta, que se refleja en patentes, lo que nos interesa es cómo se encuentra estructurado dicho patentamiento.

Cabe destacar que, aunque se muestran tasas de crecimiento altas, para el caso de Brasil y México (mayores a 14%) en términos absolutos se presenta un número muy reducido en comparación con Corea, también con tasa mayor a 14%.

Cuadro 5. Patentes (PCT) de Biotecnología por residencia de empresa

País	1999	2014	TCPA*
Francia	333	476	2.414
Alemania	559	521	-0.472
Japón	509	1151	5.588
Corea del Sur	59.7	431	14.089
México	2	14.6	14.162
Estados Unidos	4486	4361	-0.189
Brasil	3	38	18.443

*Tasa de crecimiento promedio anual

Fuente: Elaboración propia con base a datos de OECD (2017)

En el Cuadro 6, se muestran las patentes de las altas tecnologías, definidas según la OECD en 7, para el caso de 7 países. Los primeros 5 son países o economías capitalistas avanzadas, en las cuales la Biotecnología ha tenido una disminución en su participación de 1999 a 2014. Esto contrasta con el caso de las tecnologías de la información, donde en esas economías incrementó su participación, como es el caso de

Corea del Sur que ha pasado de 39.9% a 46.5%, mientras que la Biotecnología ha reducido su participación.

Por el contrario, en México y Brasil, la distribución sigue otra tendencia, en principio en el caso de México, se ha mantenido un porcentaje de alrededor de 15% en patentes de Biotecnología, y el caso de Brasil se ha incrementado, porcentaje en el caso mexicano por encima de los de las economías capitalistas avanzadas que se presentan en el cuadro 6. Esto muestra la importancia (al menos relativa) que ha mantenido la Biotecnología para el caso mexicano. Una de las principales debilidades de la economía mexicana, como ya se enunció párrafos arriba, es la dependencia tecnológica, esto se muestra en las empresas que patentan con mayor regularidad en Biotecnología agrícola, el cuadro 7, muestra las 8 principales empresas con más patentes son empresas extranjeras. En principio, aparecen en esta lista empresas como Monsanto (hoy de Bayer), Pioneer, Danisco y Basf, aunque habrá que recalcar tampoco existe una alta concentración (pocas empresas), sin embargo, son los agentes extranjeros los que si concentran el esfuerzo inventivo como se puede observar en el cuadro 8, el cual muestra que el 52% de las patentes son de origen estadounidense y un 7.28% alemán.

Cuadro 6. Porcentaje de patentes PCT según residencia de la empresa solicitante. Tecnologías destacadas como Altas por OECD

	Francia		Alemania		Japón		Corea del Sur		Estados Unidos		Brasil		México	
	1999	2014	1999	2014	1999	2014	1999	2014	1999	2014	1999	2014	1999	2014
Tecnología	13.6	8.4	7.7	5.5	9.0	3.6	7.6	3.9	14.9	8.9	6.7	15.6	14.3	15.6
Biología	7.4	7.9	11.3	12.4	6.8	6.8	7.7	4.3	4.1	5.1	8.9	14.8	14.3	7.5
Información	37.2	43.2	39.3	39.0	43.5	46.1	39.9	46.5	37.6	43.0	37.9	25.8	25.0	24.4
Nanotecnología	0.8	0.7	0.8	0.5	1.4	0.3	0.3	0.6	0.9	0.6	0.0	1.6	0.0	5.4
Médicas	8.3	8.3	6.9	10.1	4.2	7.1	5.1	5.0	11.6	13.0	12.3	14.2	28.6	14.4
Farmacéutica	13.9	6.7	9.3	5.5	10.9	2.9	11.2	4.3	14.2	9.3	8.9	16.8	0.0	29.8
Electricidad	18.9	24.7	24.7	27.0	24.2	33.2	28.1	35.4	16.7	20.2	25.3	11.2	17.9	2.9
Total Alta Tecnología	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con base a datos de OECD (2017)
 El 100% corresponde al total de patentes de estas tecnologías. En algunos casos puede haber más patentes o menos

Cuadro 7. Patentes de las 15 empresas que más patentan en biotecnología agrícola en México. (1985 -2014)

Empresa	Patentes	
	Absoluto	%
Monsanto	97	4.15
Pioneer	81	3.46
Danisco	75	3.21
Basf	50	2.14
Dupont	40	1.71
Cropsdesign NB	38	1.63
Amgen inc	37	1.58
Genentech inc.	37	1.58
Subtotal	455	19.46
Total	2338	100

Fuente: Elaboración propia con revisión de la información de IMPI (2017)

Cuadro 8. Patentes de los 5 países que más patentan en biotecnología en México. (1985-2014)

País	Patentes	%
Estados Unidos	1215	52.01
Alemania	170	7.28
Suiza	113	4.84
Bélgica	93	3.98
Francia	93	3.98
México	37	1.58

Fuente: Elaboración propia con revisión de la IMPI (2017).

En esa línea, la figura de los obtentores vegetales (OV) se vuelve relevante, en el caso de la Ley Mexicana de Propiedad Industrial, al no existir patentes de plantas. Para el caso mexicano, salta a la vista que el agente con mayor registro de OV es el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), seguido de empresas internacionales. Ante una industria nacional débil, se observan aún

pocas capacidades frente al sector externo, aun cuando se tiene diversos programas públicos que pretenden incrementar el desarrollo biotecnológico nacional.

Cuadro 9. Principales agentes que han obtenido Obtentores Vegetales a 2014

Agente	Obtentores	%
1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	276	14.68
2. Pioneer Hi-bred International, Inc.	130	6.91
3. Semillas y Agroproductos Monsanto, S. A. de C. V.	130	6.91
4. Driscoll Strawberry Associates, Inc.	112	5.96
5. Seminis Vegetable Seeds, Inc.	103	5.48
6. Meilland International, S. A.	68	3.62
7. Nunhems B.V.	50	2.66
8. Universidad Autónoma Chapingo	48	2.55
9. Dow Agrosiences de México, S. A. de C. V.	38	2.02
10. Rosen Tantau, Mathias Tantau Nachfolger	38	2.02

Fuente: SAGARPA (2014)

CONSIDERACIONES FINALES

Ante los retos que existen actualmente en términos de alimentación para México, la industria relacionada a la mejora de productos con base biotecnológica tiene varias limitantes, entre ellas una industria concentrada a nivel internacional, la cual concentra no sólo los productos, sino también la tecnología que los produce, como es el caso de las patentes. Por otro lado, si bien en el país existen centros de investigación especializados, así como recursos humanos, que representan un avance, aun se observa que se está en un periodo de maduración; además de que ellos se ven condicionados por sus vínculos con las grandes trasnacionales de la biotecnología.

En este contexto, se puede señalar que la acción del

estado en términos de fomento a la investigación ha fortalecido el paradigma de la biotecnología, lo cual sugiere que lo ha hecho sin enfrentar adecuadamente los debates e implicaciones que tiene sobre la vida humana, sobre el sistema agroalimentario y, en particular, sobre las formas de producción tradicionales en México, incluyendo la conservación de las especies y sus sistemas ecológicos, esto último queda abierto a una discusión más amplia.

BIBLIOGRAFÍA

- Academia Mexicana de Ciencias, (2012) *Biotecnología en México*. Recuperado el día 15 de junio de 2013, de <http://www.amc.edu.mx/biotecnologia>.
- Amaro, Marcela (2013) *Incentivos a la Innovación para la Biotecnología Agroindustrial Alimentaria en México*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Amaro, M. y Morales M.A. (2010) *La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación*. CONCYTEG 5 (64).
- Casas, Rosalba (1993) *La investigación biotecnológica en México: Tendencias en el sector agroalimentario*. IIS-UNAM: México.
- CEDRSSA, (2013) *La biotecnología para el desarrollo de México, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria*.
- CONACYT, (2017) *Información General, PNPC, Doctorados*. Base de datos. Disponible en: <https://www.conacyt.gob.mx/>
- De Schutter, O. y Kaitlin Y. C. (2011) *Accounting for hunger the right to food in the era of globalisation*. Ed. Hart Publishin: Reino Unido.
- FAO, (2006) *Seguridad Alimentaria. Informe de Políticas*. Recuperado el día 15 de septiembre de 2014, de ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02_es.pdf.
- Fitting, Elizabeth (2013) «Importar maíz, exportar mano de obra: regimen neoliberal del maíz, cultivos transgêni-

- cos y erosión de la biodiversidad en México», en (ed) Gerardo Otero, *La dieta neoliberal: globalización y biotecnología agrícola en las Américas* DF: Porrúa. pp. 151-179.
- Gutman, G. y Lavarello, P. (2007) «Biotecnología y desarrollo. Avances de la agrobiotecnología en Argentina y Brasil». *Economía: Teoría y Práctica* 27 pp. 9-39.
- IMPI, (2017) *Gaceta de la Propiedad Industrial. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial*. <https://siga.impi.gob.mx/new-SIGA/content/common/principal.jsf>.
- Jiménez, Gabriela (2017) *La construcción social de los sujetos de la ciencia y la tecnología: el caso de la biotecnología agroindustrial-alimentaria en tres centros de investigación de México*. Tesis de Doctorado. Economía Política del Desarrollo.
- López-Munguía, A. (2000) *La Biotecnología. Conaculta-Tercer Milenio*: México.
- Ocman, C. (2012) *Biotecnología y Conocimiento Tradicional: redes de políticas en el debate contemporáneo*. Plaza y Valdéz: México.
- OECD, (2017) *Estadística de OECD* https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PATS_IPC.
- Otero, G. (2013) *La Dieta Neoliberal*. Antropida, UAM: México.
- PROMEXICO, (2017) *Panorama actual de Industria Biotecnológica en México*. Ed. PROMEXICO. <http://www.promexico.mx/documentos/sectores/presentacion-biotecnologia.pdf>.
- SAGARPA, (2010) *Retos y oportunidades del sistema agroalimentario de México en los próximos 20 años*, SAGARPA.
- SAGARPA, (2014) *Catálogo Nacional de Variedades Vegetales*. Ed. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Trejo Estrada, S. (2010) *La biotecnología en México: situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo*. México: Centro de investigación en biotecnología aplicada-IPN.
- Treviño, A., Sánchez, J. y Camacho, A. (2004) «El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis». *Revista del*

Centro de Investigación Universidad La Salle. 6 (21) pp.
55—59.

Viacampesina (S/F) www.viacampesina.org

APRENDIZAJE Y CAPACIDADES EN EMPRESAS MULTINACIONALES DE SECTORES INTENSIVOS EN CONOCIMIENTOS¹

Javier Jasso²
Arturo Torres³
y Lizbeth Puerta⁴

1. INTRODUCCIÓN

La innovación es un elemento central para la sobrevivencia y expansión de las empresas en un entorno crecientemente globalizado y competitivo. Las empresas multinacionales (EMN) son el tipo de empresas que llevan el liderazgo mundial y su presencia internacional es un reflejo del proceso creciente de globalización de la economía.

La dinámica innovadora es diferenciada dependiendo de las características del sector. De acuerdo con Pavitt (1984) y Soete y Miozzo (1989), la intensidad en el uso del conoci-

1 Agradecemos al personal de la filial ICU Medical ubicada en Ensenada, Baja California, por las entrevistas e información proporcionada. Este trabajo forma parte del Proyecto IN309416 Innovación y capacidades en el sector salud en México del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica, DGAPA, UNAM.

2 Profesor - Investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco (UAM-X) Email: unamdica@gmail.com.

3 Profesor - Investigador de la UAM-X. Email: atvargas@hotmail.com

4 Profesora - Investigadora de la Universidad Anahuac. Email: lizbeth_puerta@hotmail.com.

miento y las fuentes de donde este proviene, caracteriza los procesos de innovación en diferentes sectores.

La industria de dispositivos médicos es una de las más dinámicas a nivel mundial. Se estima que entre el año 2014 y el 2020 el crecimiento promedio anual será del 5% y que emplea a poco más de un millón de personas (Med Tech, 2014).

La industria de dispositivos médicos está compuesta por empresas que realizan actividades de investigación, desarrollo, manufactura y comercialización de productos médicos usados para diagnosticar, tratar y prevenir enfermedades. Agrupa a las distintas categorías de dispositivos médicos como: material de curación desechable, bolsas para diálisis, guantes, vestimenta para cirugía, algodón, vendas, abatelenguas, materiales plásticos y metálicos requeridos en cirugía, así como material para la aplicación de medicamentos como: jeringas, viales, bolsas, catéteres, o de carácter ortopédico. La gama de dispositivos médicos abarca desde los de tecnología simple, hasta los de elevada complejidad tecnológica, como los aparatos de resonancia magnética.

En este sector están las empresas líderes, en las que el conocimiento científico es muy importante para lograr innovar, y esto conlleva altas barreras de entrada, y por ende, a que en el sector existan una alta concentración en pocas empresas que destinan importantes inversiones en I+D para lograr innovar y también medidas de protección intelectual a la dinámica patentadora. Los proveedores especializados y por ende los intensivos en conocimientos, están definiendo la pauta e impulso que conforman los nuevos paradigmas tecnoeconómicos y que en el caso de los dispositivos médicos está dominado por las EMN.

La trayectoria de vida de la empresa se asocia con la idea de que a medida que una empresa realiza sus operaciones rutinarias aprende e involucra también la idea de que el aprendizaje y las capacidades son elementos fundamentales para sobrevivir y mantenerse en el mercado. Uno de los aspectos

relacionados con esta dinámica de aprendizaje y de capacidades es el de considerar a la actividad emprendedora (Torres y Jasso, 2017). Este trabajo pretende contribuir en esta área de análisis a partir del estudio de la trayectoria de vida de una empresa de un sector intensivo en conocimientos, enfatizando el rol que han tenido las capacidades, en particular las emprendedoras, en la acumulación, integración y re-configuración de la empresa en su proceso de crecimiento.

El diseño de investigación se basa en el estudio de caso de una empresa multinacional ubicada en México del sector de dispositivos médicos. El período de estudio abarca la vida de la empresa desde que surge, hasta el año 2017 que es cuando se dispone de información. El estudio de caso es útil para profundizar en el «cómo» y «por qué» ocurre un fenómeno (Yin, 1994), y permite identificar los procesos interactivos que se están dando. El caso analizado se fundamenta en entrevistas realizadas a personal clave de la empresa y fuentes de información secundaria como reportes técnicos, informes y revistas. Los criterios para la selección del caso son: que se trata de una empresa intensiva en conocimientos, en este caso es del sector de dispositivos médicos; que sea multinacional y compita a nivel internacional; que tiene presencia en un país en desarrollo, en este caso en México; y que realice actividades de investigación y desarrollo.

El trabajo consta de cinco apartados. En el primero, que es esta introducción, se plantea el objetivo y problema de investigación. En el segundo se presentan los ejes del análisis en los que se revisa y discute la literatura sobre las características del sector intensivo en conocimientos y acerca del aprendizaje y capacidades de las empresas, enfatizando el emprendedurismo (*entrepreneurship*) y su relación con la construcción de capacidades emprendedoras. En el tercer apartado se describe el perfil de la empresa, destacando su trayectoria de construcción de capacidades a partir de sus productos y mercados, el perfil de los recursos humanos y sus relaciones

con clientes, proveedores, socios y universidades. En el cuarto apartado se discuten los hallazgos a partir del caso analizado enfatizando las características en cada etapa del ciclo de vida de la empresa estudiada, analizando el desarrollo de capacidades emprendedoras. En el último apartado se presentan las conclusiones derivadas del estudio.

2. LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL SECTOR Y EL APRENDIZAJE Y TRAYECTORIA DE ACUMULACIÓN DE CAPACIDADES EN LAS EMPRESAS

Los ejes analíticos del trabajo se basan en dos perspectivas teóricas. El primero se relaciona con la idea de identificar la dinámica tecnológica del sector a partir de la dinámica industrial. La segunda la asociada con esfuerzos propios como el aprendizaje y emprendedurismo y las condiciones para que se acumulen capacidades que le permitan sobrevivir en los mercados internacionales.

En la primera perspectiva caracterizamos el sector de dispositivos médicos como intensivo en conocimientos. De acuerdo con Pavitt (1984), dicho sector puede definirse como «proveedor especializado», en el cual la fuente de cambio técnico y el proceso de innovación, se constituye fundamentalmente por las actividades de I+D. En este tipo de sectores, las empresas se benefician de la experiencia de los usuarios de sus productos, ya que mediante un proceso de contacto y aprendizaje continuo con los usuarios, identifican posibles mejoras y desarrollan innovaciones incrementales para mejorar sus productos. Es decir, es un sector intensivo en conocimientos.

De acuerdo con la taxonomía propuesta por Pavitt (1984) y adaptada para el caso del sector salud por Jasso y Marquina (2013), el sector de dispositivos médicos se ubica como «oferente o proveedor especializado», ya que es un sector donde la actividad innovadora es importante y la fuente tecnológica suele ser fruto de la investigación, el desarrollo y las actividades de I+D de las propias empresas.

Como advierten Jasso y Marquina (2013) la taxonomía inicial propuesta por Pavitt (1984), considera, en sus primeros estudios, únicamente al sector manufacturero y sólo hasta que las innovaciones en las TIC se difundieron masivamente a mediados de la década de los años noventa, se reconoció el importante papel que desempeña el sector servicios en los procesos de innovación y en el mejoramiento de la productividad y generación de valor.

En este tipo de sectores se combinan actividades relacionadas con los nuevos paradigmas tecnológicos, que en la actualidad estarían asociados con el software, el diseño, la genómica y la mecatrónica.

En la segunda perspectiva retomamos la preocupación sobre las actividades emprendedoras a partir de la visión Schumpeteriana (1934, 1943) y de algunos de sus seguidores, incluyendo la trayectoria de crecimiento de la empresa (Penrose, 1959; Chandler, 1990; Jasso, 2004) y de las aportaciones sobre integración de capacidades (Leonard-Barton, 1995; Teece *et al.*, 1994; Torres 2006).

En esta perspectiva enfatizamos el papel del empresario y el emprendedurismo en el análisis de los procesos de innovación y del desarrollo económico. Dicha concepción avanzaría hasta entender al emprendedor como «el sujeto», y el proceso que realiza el *entrepreneurship* como una «función» dentro de la empresa. La «función emprendedora» radica en la organización, y consiste en un conjunto de capacidades que permiten a la firma experimentar con nuevas combinaciones de tecnologías, con nuevas habilidades para la solución de problemas, integrar conocimientos y habilidades diversas, lo que permite a las empresas generar procesos de innovación y crecer como tales, y que desde nuestra propuesta estriba en caracterizarlas como emprendedoras (Torres y Jasso, 2017).

Estas «capacidades emprendedoras» son definidas como las habilidades, experiencias y conocimientos para identificar, expandir y explotar oportunidades de negocios (Torres

y Jasso, 2017). Estas capacidades tienen un origen, permanencia y expansión, que se reconfigura en la trayectoria de crecimiento de las firmas siguiendo un «patrón-dependiente» (Bell y Pavitt, 1995), el quehacer de una empresa depende en gran medida de lo que hizo anteriormente, es decir de la capacidad para aprender y acumular esas experiencias a partir del impulso emprendedor.

3. LA EMPRESA MULTINACIONAL DE SECTORES INTENSIVOS EN CONOCIMIENTOS

3.1 Características y rasgos generales de la empresa multinacional

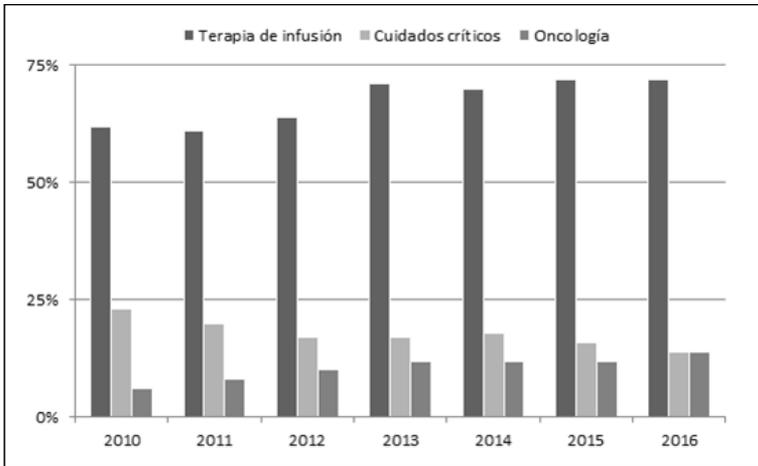
ICU Medical.Inc desarrolla, fabrica y vende dispositivos médicos utilizados en aplicaciones de terapia de infusión, cuidados intensivos y oncología en todo el mundo. Ofrece productos de terapia de infusión que consiste en una manguera que se conecta desde una botella o bolsa de plástico que contiene una solución a un catéter insertado en la vena de un paciente para su uso en hospitales y clínicas ambulatorias.

Los productos de terapia de infusión de la compañía incluyen productos de conector sin aguja, como *MicroClave* y *MicroClave Clear*, *Neutron*, *Nano Clave*, *Clave* y *Swab Cap*; juegos de infusión personalizados; y conectores de hemodiálisis sin aguja *Tego*. También proporciona productos de cuidado crítico que se utilizan para monitorear signos, así como funciones fisiológicas de los sistemas de órganos. Los productos de cuidado crítico de la compañía incluyen sistemas de monitoreo hemodinámico y sistemas de conservación y muestreo de sangre cerrados *Safe Set*, así como catéteres de detección, válvulas con la marca *Lopez* y cables y accesorios para monitoreo hemodinámico.

Además, ofrece una línea de productos de oncología, que se utilizan para preparar y entregar medicamentos peligrosos para su uso en quimioterapia, como los dispositivos y componentes de transferencia de sistema cerrado *ChemoLock* y *ChemoClave*, y los sistemas de compuestos de medicamentos

peligrosos. Los ingresos principales por productos son los de terapia de infusión que representan poco más de las $\frac{3}{4}$ de los ingresos totales de la empresa (véase gráfica 1).

Gráfica 1. ICU Medical. Ingresos por familia de productos (porcentajes)



Fuente: ICU Medical (varios años). *Annual Report*, ICU Medical.

La empresa tiene su casa matriz en California. Cuenta con una planta ubicada en San Clemente, California, EE.UU en donde también están las áreas de ventas, logística e investigación y desarrollo. Las otras plantas están ubicadas en Ensenada, México y en Europa.

Al año 2017 contaba con 2,803 empleados de tiempo completo, de los cuales 317 se encuentran en el área de ventas, mercadotecnia y administración, y 2,486 en manufactura, moldeo, desarrollo de producto y control de calidad, incluyendo 1,954 en México. La mayoría de los técnicos son ingenieros de las ciudades de Ensenada, Mexicali y Tijuana, y algunos son ingenieros biomédicos, químicos, ingenieros industriales e ingenieros mecatrónicos.

La empresa vende sus productos a fabricantes de productos médicos, distribuidores y usuarios finales. Sus clientes de Europa son atendidos por las filiales del grupo *UCUMedical* ubicadas en los Países Bajos, Italia, Francia y Alemania. El resto de los clientes son atendidos por la matriz ubicada en Estados Unidos y la filial ubicada en México.

Entre sus principales competidores se encuentran las empresas líderes mundiales que se ubican en los primeros lugares como productores de dispositivos médicos como *3M Company* (EE.UU), *Abbott Laboratories* (EE.UU), *Fresenius SE & Co. KGaA* (Alemania), *Johnson & Johnson* (EE.UU) y *Medtronic* (Irlanda).

3.2 Trayectoria de crecimiento de la empresa multinacional

Los procesos de acumulación de capacidades dentro de la empresa suceden a diferentes ritmos y niveles de profundidad, lo que va construyendo las rutinas y actividades que definen el proceso de acumulación de capacidades emprendedoras.

Las etapas de la trayectoria de acumulación de capacidades a lo largo de la vida de la empresa la caracterizamos en tres períodos. El primero que va del año de inicio 1984 a 1997, que es una etapa de aprendizaje y definición inicial de su trayectoria en su lugar de origen en EE.UU. La segunda etapa va del año 1998 al 2007, que es cuando inicia su proceso de inversión y subcontratación internacional instalando su planta principal en México. La tercera etapa del año 2008 al año 2017, que evidencia un proceso de consolidación y expansión internacional por medio de adquisición de empresas extranjeras.

Los ingresos netos ilustran la trayectoria de crecimiento de la empresa, y evidencian el proceso de aprendizaje y acumulación de capacidades. En la etapa inicial los ingresos son modestos y no superan los diez millones de dólares. En la etapa siguiente, los ingresos aumentan considerablemente pero con mayor inestabilidad. Esta misma dinámica ocurre en la etapa actual pero a un mayor nivel de ingresos, que res-

pecto a los de la etapa inicial, representan un aumento siete veces mayor lo que muestra el despegue y consolidación de la empresa, sobre todo a partir de la crisis financiera global ocurrida en 2008. Esta trayectoria se detalla enseguida.

En la «primera etapa» de este ciclo de vida la empresa (origen) está la figura del emprendedor individual en el que se concentran las capacidades emprendedoras, tanto con los conocimientos técnicos como los organizacionales.

En esta etapa surge la empresa, en el año 1984, en San Clemente California, que es creada por un médico emprendedor norteamericano, proveniente de una familia de inmigrantes. La empresa surge como una forma de comercializar la invención del fundador, es decir, para comercializar un dispositivo médico innovador de la línea de terapia de infusión, que evita el contagio de los pacientes al ser operados al manipularse los medicamentos y la sangre. Con este dispositivo se atiende una necesidad para prevenir contagios al estar los pacientes atendidos en hospitales. El dispositivo es un dispositivo de bloqueo IV, que más adelante se conoció como *Click Lock™*.

Una vez que diseña junto con un ingeniero el prototipo del dispositivo, compra su primera máquina de inyección de molde, con el que inicia los pequeños lotes de producción. Posteriormente crea su máquina e inicia la producción de otros dispositivos como jeringas e infusiones. Fue tal el éxito de sus productos iniciales que sus colegas médicos del gremio empezaron a apoyar y publicitar los productos de la naciente empresa, lo cual impulsó su crecimiento inicial.

En esos inicios en la década de los años 1980s, la empresa entró a diferentes mercados y empezó a ampliar su gama de productos, que le permiten, ya en la siguiente etapa, multinacionalizarse. Así, los fundadores inician la actividad emprendedora centrada en aspectos técnicos (medicina e ingeniería biomédica). La adquisición de capacidades es a nivel local y creada en la relación del proveedor de servicio médico con los pacientes en el mercado norteamericano.

La «segunda etapa» que va del año 1998 al año 2007, se inicia cuando la empresa decide multinacionalizarse ubicando su principal planta manufacturera en 1998 en la ciudad de Ensenada, Baja California, México. La elección de ubicar a su principal planta productiva se dio por las ventajas fiscales, regulatorias y de cercanía, en gran medida impulsada por el Tratado de Libre Comercio entre Canadá, EE.UU y México.

En esta etapa hay un proceso de transición a partir del cual a medida que la empresa crece, aumenta la complejidad en el funcionamiento de la misma y se inicia la construcción de la función emprendedora, que implica integrar personal especializado en apoyar la función emprendedora. Es decir, se inicia la integración de otras capacidades, que son lideradas por los fundadores, con el apoyo de diversos profesionistas. En el período de 1996 al 2000 la empresa creció un 70% en su plantilla de trabajadores.

La lógica que se sigue es la de integrar actividades de la cadena de producción, comercio y suministro, iniciando formalmente actividades de I+D para dar soporte a una estrategia en la que la innovación se convierte en un objetivo fundamental y que coincide con el inicio de lazos de colaboración con las universidades.

En esta etapa *ICU Medical* diversifica su línea de productos e incursiona dentro del segmento de inyección en la especialidad de oncología. Con esta nueva línea adquiere una empresa fabricante de productos mediante la inyección de plástico, ubicada en Salt Lake City, Utah, EE.UU, para suministrar plásticos a la planta de Ensenada (aproximadamente el 70% de todos los plásticos que ésta planta requiere), es decir, integrarse verticalmente.

La interacción con clientes y proveedores, lleva a mejorar y crear nuevos productos, muchos de ellos con una orientación cada vez más adaptada a las necesidades por persona. Así, con el dispositivo *Click Lock* dio la pauta a una nueva generación de innovaciones clínicas rentables centradas en mejorar la seguridad en la atención, e incluye la fami-

lia *Clave*® líder en la industria de dispositivos vasculares sin agujas, y el dispositivo *Neutron*™ para mantener la permeabilidad del catéter.

La empresa consolida su certificación por la *Food and Drug Administration* (FDA) en Estados Unidos y en México por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

Las capacidades tienden a conformar una «función emprendedora», que refleja una mayor complejidad al consolidar su producción en otros países como México, cerrando otra de sus plantas ubicada en Eslovaquia.

En la «tercera etapa» que va del año 2008 al 2017, se consolidan las capacidades emprendedoras de la empresa, estableciéndose políticas y estrategias institucionalizadas por la empresa y que son lideradas por administradores profesionales. En esta etapa la función emprendedora se estandariza y se rutiniza y permite escalar la competitividad a nivel internacional.

Algunos de los clientes de *ICU Medical* son: DCC Healthcare Limited, Healthtrust Purchasing Group, LP, Hospira Inc., Mobius Therapeutics, LLC, Terumo Corporation. Históricamente, su cliente principal ha sido Hospira, Inc., una subsidiaria de Pfizer, siendo ésta con la que iniciaron la relación. Las ventas a Pfizer en 2016, 2015 y 2014 representaron el 30%, 36% y 36% respectivamente de los ingresos de la empresa en todo el mundo.

En octubre de 2016, *ICU Medical* celebró un acuerdo de compra del negocio de Sistemas de Infusión de Hospira Pfizer (HIS) por un 1.1 millones de dólares, cerrando el proceso de adquisición en febrero de 2017. Pfizer, Inc. (NYSE: PFE), la empresa matriz de Hospira, tendrá una participación de aproximadamente el 16,6% en *ICU Medical* como resultado del acuerdo. El objetivo de esta adquisición es combinar HIS con su negocio actual de terapia de infusión para ampliar el conjunto completo de dispositivos de terapia intravenosa y

soluciones. Con esta estrategia, rutinizan las capacidades al crear un centro I+D, y adquieren conocimientos y capacidades comprando empresas de sus competidores mundiales, combinando el negocio original, con el negocio que compra, para tener soluciones integrales, complementando además las capacidades productivas y técnicas, es decir acumular capacidades emprendedoras.

4. EL APRENDIZAJE Y CAPACIDADES EN LA EMPRESA MULTINACIONAL

La empresa *ICU Medical* elabora dispositivos médicos, actividad que de acuerdo a la taxonomía de Pavitt podemos ubicar como un sector intensivo en conocimientos que alude a la dinámica tecnológica de los «proveedores especializados». Esta EMN se ha especializado en un segmento de alto contenido tecnológico, y tal como ocurre con las EMN líderes globales, la innovación que realiza es una fuente importante de competitividad. Este desempeño lo ha logrado a través de su trayectoria de vida, en la que las diferentes etapas ilustran su liderazgo actual.

En estas etapas, los procesos siguen una secuencia lógica y objetivos específicos. La empresa comienza por establecer una estructura que permita que las actividades o funciones que aportan valor, puedan ser coordinadas y controladas eficientemente al integrarse los conocimiento externos e internos que no sólo consisten en la mera copia o adaptación de los existentes, sino en adaptaciones o mejoras del mismo, lo que implica ya un proceso de innovación incremental ampliando así, la base de conocimientos original que en gran medida es el reflejo de los esfuerzos internos realizados y que se plasman en la creciente inversión en I+D, el esfuerzo por crear y proteger sus invenciones a partir de las patentes, y que en síntesis se reflejan en su mejor desempeño y aumento en sus ventas e ingresos y en las que se evidencia la acumulación de capacidades emprendedoras.

Como ocurre con las empresas líderes en el mundo, la I+D es una actividad importante para posicionarse en mercados de alto valor agregado, que avalan por medio de rigurosos esquemas de regulación de la calidad de los productos. Los gastos en investigación y desarrollo dan un acercamiento de este resultado. En *ICU Medical* los gastos en I+D son un rubro importante y cada vez con mayor crecimiento. Baste señalar que mientras en 2010 dichos gastos ascendían a 4 millones de dólares, en sólo 4 años este monto se multiplicó más de cuatro veces, llegando a 18 millones de dólares en 2014, manteniéndose en promedio en 10 millones de dólares por año en el período 2010 al 2016.

Este esfuerzo en I+D coincide con su estrategia de apropiación y protección de su capital intelectual vía patentes. La empresa logra documentar los conocimientos rutinarios a través de sistemas cognitivos y memorias que le permiten preservar comportamientos, mapas mentales y valores en el tiempo, más allá de las personas y por ende de sus fundadores, es decir se ha construido como lo hemos argumentado una función emprendedora.

Prácticamente desde su surgimiento e invención de uno de sus productos estrellas *Click on*, la empresa ha creado y fortalecido su área de I+D y de protección intelectual, que se refleja en las patentes obtenidas en su trayectoria de vida y que evidencia el crecimiento de sus capacidades tecnológicas (patentes). La inversión en I+D coincide con la dinámica inventiva de la empresa que se refleja en las patentes obtenidas que al año 2016 eran de 312 de la empresa a nivel mundial.

Estas inversiones en I+D le han permitido a la empresa aprovechar el conocimiento acumulado en la etapa inicial y las oportunidades tecnológicas y sus relaciones con clientes, proveedores y empresas en la etapa intermedia, y finalmente absorber e integrar el conocimiento proveniente ya no sólo de los clientes, sino también de las nuevas tecnologías de los

competidores y de universidades y centros de investigación en la etapa tercera.

Esto ocurre así, porque al interior de la empresa se inician y crean estructuras organizacionales que le permiten construir capacidades de coordinación entre las nuevas áreas o departamentos creados. La participación de los trabajadores mexicanos que emplean en la empresa y reconocidos como inventores, es nula, aunque se reconoce la calidad de los técnicos en la operación y generación de capacidades productivas en la planta ubicada en Ensenada, México.

Este crecimiento lo alcanzan al desarrollar mecanismos para aprender organizacionalmente, es decir, al mejorar sus rutinas y mecanismos para transmitir y adoptar en toda la organización el conocimiento individual y tácito, y el conocimiento externo, también eminentemente tácito, orientándolos a solucionar problemas técnicos y organizacionales.

Tienden a utilizar e integrar el conocimiento interno mediante programas de capacitación. Aprovecha el conocimiento codificado o explícito como la literatura clínica, manuales de uso y mantenimiento de los equipos médicos; estándares internacionales y nacionales y manuales de calidad y de procedimientos de ISO 9000 y las fuentes externas de conocimiento como son los proveedores, clientes, competencia y sociedades médicas.

El aprendizaje colectivo es evidente cuando identifican la importancia del conocimiento clínico como una competencia necesaria para proveer un servicio de calidad a clientes específicos, dado el tipo de mercado en EE.UU de hospitales privados vía las aseguradoras, lo que les lleva a implantar un agresivo programa de capacitación. Esto conlleva a especializarse no sólo en las áreas productivas sino también en los esquemas organizacionales.

El crecimiento de la empresa muestra un incremento constante y con mayor despegue a partir de las etapas dos y tres, es decir en la última década. Con este despegue, la em-

presa se está posicionando como una de las 100 principales empresas a nivel mundial, entre las poco más de 27 mil empresas competidoras en la industria en todo el mundo.

Las capacidades emprendedoras fueron el resultado del impulso emprendedor de sus fundadores, lo que evidencia el éxito alcanzado al comprar, vender y tener alianzas estratégicas de empresas globales, al competir adecuada y crecientemente con empresas con equipos de mayor nivel tecnológico; al crear nuevas líneas de negocio que impulsan la base de conocimiento; y al obtener un prestigio en el sector de dispositivos médicos.

CONCLUSIONES

Las EMN líderes en dispositivos médicos, de acuerdo con la taxonomía de Pavitt (1984) pueden considerarse proveedores especializados. *ICU Medical* se ubica en esta categoría. Esto es así porque la empresa elabora dispositivos médicos con alto contenido tecnológico, lo cual es necesario para atender las rigurosas exigencias regulatorias y de calidad, que le han permitido posicionarse en un segmento de mercado especializado.

ICU Medical ha logrado este resultado al elaborar nuevos productos, ya que ha identificado las necesidades y demandas de mayor seguridad en los usuarios, médicos y pacientes de hospitales, pudiendo articular su oferta para satisfacer esas necesidades.

El crecimiento de la empresa productora de dispositivos médicos es el reflejo de un proceso continuo de adecuación entre el avance de actividades emprendedoras, que le permiten integrar las capacidades técnicas y desarrollar habilidades organizacionales mediante mecanismos de aprendizaje para absorber e integrar el conocimiento interno a la empresa y el conocimiento externo proveniente de los clientes y de las empresas adquiridas a los competidores. Las capacidades logradas han tenido un papel crucial para el crecimiento de la empresa. Dichas capacidades han sido desarrolladas, utiliza-

das y re-configuradas a medida que ésta ha enfrentado cambios derivados de su propia evolución.

La base de conocimiento técnico y la generación de capacidades, sobre todo emprendedoras, han desempeñado un papel muy importante en el uso de conocimientos y habilidades empresariales.

El papel de los fundadores como emprendedores con la preparación profesional especializada, ha sido fundamental en el origen y desarrollo ulterior de la empresa. Los fundadores eran profesionistas que conocían al menos las características y complejidad de algunos de los productos de un sector de base tecnológica. Esto marca una diferencia respecto a otro tipo de empresas o negocios en donde la base de conocimiento técnico no es relevante para emprender empresas, como puede ser una actividad tradicional.

La evolución de la empresa muestra que el emprendedurismo radica además del grupo fundador, en la capacidad de éstos para conformar una función al interior de la empresa. Esto refleja la construcción de una función emprendedora que se va construyendo desde el origen de la empresa. Esta función emprendedora es la que ha permitido la integración y reconfiguración de recursos y capacidades, así como el desarrollo de estas últimas, y el impulso para crear nuevas oportunidades de negocio basadas en las capacidades tecnológicas y organizacionales.

Las capacidades emprendedoras inmersas en los fundadores trascienden a lo colectivo, creándose así la «función emprendedora». La función emprendedora radica en la organización, y consiste en un conjunto de capacidades que permiten a la firma experimentar con nuevas combinaciones de tecnologías, con nuevas habilidades para la solución de problemas, lo que permite a las empresas generar procesos de innovación y crecer como tales. Este proceso de aprendizaje logró trascender las fronteras de la firma, de tal manera que los clientes, proveedores y competidores

han participado en la construcción de la trayectoria de esta empresa.

Una línea de investigación resultante de este trabajo sería la de analizar en qué medida los dispositivos médicos, al analizarlos en segmentos con mayor detalle, considerando las características propias del tipo de dispositivo, haría válido ubicar al conjunto del sector como lo proponen las taxonomías tecnológicas, o bien, si sería pertinente ubicar a los dispositivos médicos en otras categorías de las propias taxonomías tecnológicas existentes.

REFERENCIAS

- Bell, M. y Pavitt, K. (1995) «The Development of Technological Capabilities», en Haque, I. (ed.), *Trade, technology and international competitiveness*, Washington D.C.: The World Bank.
- Casson, M., Yeung, B., Basu, A., y Wadeson, N. (2006) *The Oxford handbook of entrepreneurship*, OUP, U.K.
- Chandler, A. (1990) *Scale and scope: The dynamics of industrial capitalism*, Cambridge MA: Harvard University Press.
- ICU Medical (varios años) *Annual Report*, ICU Medical.
- Jasso, J. (2004) «Trayectoria tecnológica y ciclo de vida de las empresas: una interpretación metodológica acerca del rumbo de la innovación», *Contaduría y Administración*, FCA- UNAM, 214 (3), 83-96.
- Jasso, J. y Marquina, L. (2013) «Innovación en servicios: problemática y reflexiones en el sector de la salud pública en México», en Del Valle C., (coordinadora) *Ciencia, Tecnología e Innovación en el Desarrollo de América Latina. Tomo II Dinámicas de innovación y aprendizaje en territorios y sectores productivo*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, pp.179-221.

- Leonard-Barton, D. (1995) *Wellspring of Knowledge-Building and Sustaining the Sources of Innovation*, HSB Press, Boston, MA.
- Med Tech, (2014) *World Preview 2014, Outlook to 2018. The Future of Med Tech*. Report, Londres.
- Pavitt, K. (1984) «Sectorial patterns of technical change: Towards a taxonomy and theory». *Research Policy*, Num. 13, 343-373.
- Penrose, E. (1959) *The theory of the growth of the firm*. Blackwell, Londres.
- Schumpeter, J. (1934) *The theory of economic development*, HUP, Cambridge, Mass.
- Schumpeter, J. (1943) *Capitalism, socialism and democracy, allen and unwin*, London.
- Soete, L. y M. Miozzo (1989) «Trade and development in services: a technological perspective». Maastricht: *Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (MERIT)*.
- Teece, D.J., Rumelt, R., Dosi, G. y Winter, S. (1994) «Understanding corporate coherence: theory and evidence», *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 23, No. 1, pp.1-30.
- Torres, A. (2006) Aprendizaje y Construcción de Capacidades Tecnológicas. *Journal. Technology Management, Management & Innovation*, 1(5), 12-24.
- Torres, A. y Jasso J. (2017) «Innovation and entrepreneurial capabilities in developing countries firms: a case study of a Mexican firm» *International Journal of Work Innovation*, Vol .2. Issue 1, 101-120.
- Yin, R. (1994) *Case study research. Design and methods. Second Ed., Applied social research methods series, California, Sage Publications*.

INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA Y DERRAMES TECNOLÓGICOS; UNA CORRELACIÓN CUESTIONADA DESDE LA EXPERIENCIA

MEXICANA

Silvana Andrea Figueroa Delgado¹
y Graciela Nájera Solís²

INTRODUCCIÓN

El proceso global de apertura económica, se ha acompañado por la reproducción de escritos oficiales y académicos encaminados a señalar las bondades que dicho proceso puede acarrear para países en desventaja tecnológica. Así, en una de las líneas de argumentación, aparecen los que asumen como misión demostrar y/o insistir en los beneficios que tiene para estos países la recepción de Inversión Extranjera Directa (IED), y que toma forma en filiales de empresas transnacionales (ETN). Los principales beneficios que se detectan serán señalados en la primera sección de este artículo.

De esos derrames, pretendemos poner a discusión aquí la categoría de *transferencia de conocimiento*, derivada de la instala-

1 Doctora en Ciencia Política. Docente-investigadora de la Unidad Académica de Ciencia Política, de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. sfigueroa@uaz.edu.mx.

2 Economista y Maestra en Ciencia Política por la Universidad Autónoma de Zacatecas, México. g.najera.solis@gmail.com.

ción de capital extranjero en una plataforma subdesarrollada, en especial nos interesa resaltar sus límites. Ello aun cuando reconocemos que son precisamente las grandes empresas transnacionales las que concentran los saberes industriales de vanguardia y las que tutelan la mayor inversión mundial en Investigación y Desarrollo (I+D).³

Nuestro argumento se construye a partir del análisis empírico del caso mexicano donde, en efecto, la IED en la manufactura ha tenido una participación creciente, desde la aplicación de políticas neoliberales. Y bastó adentrarnos en el desempeño de una sola de estas grandes empresas para abstraer tendencias.

La metodología diseñada para efectuar el balance del impacto sobre la generación y aplicación de conocimiento local —que a la vez es el orden de exposición que se sigue a partir de la segunda sección— tuvo como punto de partida las patentes otorgadas en el territorio mexicano durante el año 2015, tanto a residentes como a no residentes. De ahí, nos enfocamos en el principal tenedor —extranjero, por supuesto— de tales títulos. Buscando develar su verdadera aportación a la I+D local, nos dimos a la tarea de ubicar globalmente sus centros de innovación, por un lado, y la vía adoptada para efectuar los registros de dichas patentes, por el otro. Esto último, se complementó con información sobre la nacionalidad de los creadores. Finalmente, y para complementar el cuadro de conclusiones, se insertaron datos de la inversión empresarial estadounidense en I+D en filiales del sector manufacturero de México.

Los resultados arrojados de este ejercicio informan que la utilización de la categoría en debate es un tanto inadecuada.

3 En efecto, 2,500 empresas dan cuenta del 55% del gasto bruto en I+D mundial, y del 90% de todo el gasto empresarial en el rubro (European Commission-Joint Research Centre, 2016).

1. RECUPERANDO EL DISCURSO DOMINANTE

Un acercamiento al estado del arte en relación a las externalidades –en este caso positivas– o *spillovers* o derrames tecnológicos que podrán esperarse de la recepción de inversión productiva extranjera en una región en desventaja competitiva puede ser encontrado en Orozco y Domínguez (2011), Crespo y Fontoura (2007) y Lascurian (2012). Las dos últimas fuentes muestran mayor empatía por la literatura al respecto, al igual que la Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 2016) y Groizard y Jacob (2004) que integran algunos postulados en sus análisis. Enseguida sintetizamos las externalidades más reiteradas:

- a) Integración a las grandes cadenas/redes de valor, en el supuesto también que las ETN podrían estimular el desarrollo de proveedores locales;
- b) Incremento en la Formación de Capital Fijo, esto es, en el acervo de activos fijos –principalmente referido a edificios, maquinaria, equipo, y productos de propiedad intelectual para el proceso productivo–, estrechamente ligado a la transferencia de tecnología;
- c) Creación de empleos, como consecuencia de mayores niveles de inversión;
- d) Mayor capacitación de la fuerza laboral, al tener que operar con tecnologías y técnicas más modernas, lo que a su vez, provocaría un aumento en la productividad y competitividad;
- e) Filtración de conocimiento sobre las tecnologías utilizadas en las ETN y en especial sobre su manejo, derivada del desplazamiento o movilidad de trabajadores a empresas locales, generando condiciones para la imitación;
- f) Fomento de la competencia, al incitar a mejores prácticas administrativas y de adaptación de tecnologías, como efectos de demostración;
- g) Aumento de las exportaciones e intensificación del crecimiento económico.

Consideramos que sería un error negar la validez de lo anunciado en los puntos b, d y g. Es un hecho conocido que las ETN son las dueñas de las tecnologías de punta –y que serlo les permite asegurar ganancias por encima de los otros competidores– y, por lo mismo, serán las utilizadas en sus procesos productivos. Igualmente, si consideramos el caso mexicano, es claro que la actividad exportadora y el crecimiento económico⁴ dependen ahora en buena medida del capital extranjero, que penetra y acapara las esferas más dinámicas (más adelante ofreceremos algunos datos al respecto). Sin embargo, sí nos surgen cuestionamientos con respecto a los demás puntos, que para efectuar un balance integral tendrían que ser tomados en cuenta. Debido a que escapan del interés de este escrito, aquí sólo los plasmaremos como una provocación a la reflexión más profunda: ¿En qué eslabones de la producción se da la integración por parte de los países subdesarrollados? ¿Es verdad que las transnacionales recurren realmente, y en una dimensión considerable, a los proveedores locales?⁵ ¿La nueva creación de empleos compensa a los que se desplazaron y se desplazan por la falta de competitividad de las empresas locales, ante la apertura franca? ¿Las empresas locales se han tornado significativamente más productivas?⁶

Según UNCTAD, 2014, y Moran, 2001, la transferencia de conocimiento es resaltada en relación estrecha con los derrames mencionados, y aunque importante, encontramos

4 En todo caso habría que tener cuidado con el uso de la expresión «intensificación» con respecto al crecimiento económico, pues las tasas actuales no se comparan con las alcanzadas en el modelo económico anterior.

5 Al menos, éste evidentemente no es el caso de la industria automotriz en México, salvo en autopartes de mucho menor complejidad (Véase a Juárez, 1999 y Ochoa, 2005).

6 La CEPAL (2016) informa que en el continente latinoamericano, el nivel de productividad de las pequeñas unidades (que es donde se concentra el capital nacional) oscila entre el 20 y 35% de aquel mostrado por la gran empresa. El dato da cuenta del predominio de unidades productivas con bajo nivel tecnológico.

que se limita a los sucesos de contar con un mayor bagaje en torno a la existencia de tecnologías más avanzadas a las acostumbradas en la economía local, y de su uso y manejo, a la adquisición de habilidades gerenciales y de mercadeo, mejor entendimiento y adaptación de criterios de calidad y de otras regulaciones (Newman, *et al.*, 2015). En general, no se reconoce a la transferencia de conocimiento, por parte de las ETN, como aquella que otorga la capacidad directa de generar innovaciones, a partir de la comprensión del contenido intelectual materializado en sus tecnologías, salvo por la vía indirecta de la imitación-ingenería reversa (UNCTAD, 2014), por un lado, o de estímulo, por el otro:

En algunos casos, las corporaciones transnacionales han contribuido a la transferencia de tecnología y al crecimiento mediante la I+D local de las filiales, estimulando el desarrollo tecnológico por parte de instituciones locales de I+D y el impacto del derrame en la eficiencia productiva de las empresas de país huésped. (UNCTAD, 1992: 9)⁷

Tiene mucho sentido no comprometer a las ETN a la socialización de sus secretos tecnológico-industriales, esto difícilmente ocurrirá en un territorio del polo subdesarrollado. Utilizaremos el caso de México para comprobarlo.

2. IED Y PATENTES EN MÉXICO

México, aun cuando es el segundo receptor de IED en América Latina, con el 17% del total en 2015 –después de Brasil que tiene el 42%– (CEPAL, 2016), no muestra avances significativos en la adquisición de conocimiento científico con efectos

⁷ Se lee como «In some cases, transnational corporations have contributed to technology transfer and growth through local R&D by affiliates, stimulating technology development by local R&D institutions and spill-over impact on productive efficiency of host country enterprises» (UNCTAD, 1992: 9).

prácticos en la esfera productiva. Muchos menos de aquél que «podría» surgir de la transferencia de conocimiento proveniente de las empresas extranjeras. La evidencia informa que no porque la industria manufacturera sea el destino predilecto de la IED —la mitad de la dirigida al país (CEPAL, 2016)—, ello signifique que se conozca la constitución de las tecnologías o materiales complejos utilizados para la elaboración de un bien final. Ni siquiera en el ramo automotriz, «responsable del 43% de la IED manufacturera» (CEPAL, 2016: 58), y principal segmento exportador —43.1% de exportaciones manufactureras en 2015—, seguido por el subsector de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos (19.9%), y en un tercer lugar, el de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica (6.8%) (INEGI, 2017); estos dos últimos también espacios de IED (Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras, 2016).

Aun con la fuerte inversión extranjera directa en México, no encontramos datos halagüeños en el sentido de su repercusión en resultados científico-tecnológicos endógenos de envergadura. De las 9,338 patentes concedidas en 2015, sólo 410 fueron propiedad de residentes, mientras que el abrumante 95.6% (8,928) perteneció a no residentes. Los tres principales titulares en orden de importancia fueron The Procter & Gamble Company de Estados Unidos (con 149), Samsung Electronics Co. Ltd. de Corea del Sur (91 patentes) y BASF S.E. de Alemania (81) (CONACYT, 2017).⁸

En el afán de profundizar más en los derrames de estas organizaciones empresariales sobre la I+D local, que se espera sería fuente para la generación de innovaciones tecnológicas, nos enfocaremos en aquella que lidera la lista como la más creativa en términos industriales sobre el suelo nacional,

⁸ Las mismas empresas encabezaron los tres primeros lugares en 2014, en el siguiente orden: Samsung Electronics Co. Ltd. (166 patentes), The Procter & Gamble Company (135) y BASF S.E. (109) (CONACYT, 2015).

Procter y Gamble (P&G). P&G es una corporación dedicada a la fabricación de pañales, productos de limpieza del hogar, de belleza y cuidado personal, salud estomacal y de la marca Vick (P&G, 2017a). Se trata de una empresa que busca además operar con energía y materiales renovables, así como con elementos reciclados y ahorrar en la cantidad de desperdicios (P&G, 2017b). Actualmente está instalada en 80 países (P&G, 2017c). En México cuenta con 8 plantas de producción, dos centros de distribución, y oficinas administrativas (Machorro, 2013).

Sin embargo, sucede que al darnos a la tarea de rastrear sus laboratorios de I+D, atestiguamos que no había alguno establecido en México. Sus llamados centro de innovación se ubican en los siguientes sitios:

- Estados Unidos, los tres de ellos en Cincinnati –uno denominado distinto, como Technical Center– (P&G, 2015).
- Europa. Tres situados en Inglaterra (Newcastle, Egham y Reading); uno en Bruselas, Bélgica; tres en Alemania (Kronberg, Schwalbach y Darmstadt); uno en Pomezia, Italia (P&G, 2012); y otro más en Ginebra, Suiza (Craft, 2017).
- Asia. Hay un centro de innovación P&G en Singapur; Kobe, Japón; otro en Bangalore, India; y uno más en Beijing, China (P&G, 2011).
- América Latina, únicamente uno anunciado para inaugurarse este año en Campinas, Brasil (Gama, 2017).

En total ubicamos 17 centros de innovación. Esta suma coincide con la que ofrece Gama (2017), mientras que en otras fuentes previas (Dyer y Greser, 2012 y Machorro, 2013) se señalaba que eran 21, lo que puede dar cuenta de a) o no logramos en nuestra extensa búsqueda ubicar cada uno de ellos o bien, b) en los últimos años algunos fueron clausurados. Nos inclinamos por pensar que fue esto último.⁹

⁹ Hay una tercera opción que estimamos poco probable, y que tendría

Con todo, aquí emerge una clarificación importante: *es posible registrar el mayor número de patentes en un país sin que éstas se hayan originado en absoluto en el mismo, es decir, sin que éstas hayan involucrado la generación y utilización de conocimiento local.*

En efecto, CONACYT (2017) informa de dos vías para la obtención de patentes, una es la que denomina normal, y la otra es mediante el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (Sistema Internacional de Patentes, PCT por sus siglas en inglés), tutelado por la Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI). La vía normal refiere a realizar la solicitud individual en el o los países donde se busca proteger la invención, mientras que por PCT la solicitud es única y puede tener efecto en los 152 países que suscriben dicho tratado (OMPI, 2017a). Esto es, una vez concedida la patente PCT, el titular de la misma puede elegir los países a los que la canalizará para su formalización nacional (OMPI, 2017b). Es verdad que las regiones en cuestión pueden negarse, pero es igualmente cierto que la probabilidad de éxito en su registro nacional es alta, al ser avalada por la OMPI y habiendo pasado por sus rigurosos procedimientos. Además, existen acuerdos con varios miembros para dar celeridad a los trámites correspondientes, México es uno de estos miembros (WIPO, 2017a).

Lo anterior, entonces, nos da luz sobre el *mecanismo* por el cual una patente puede diferir su lugar de creación de su lugar de matriculación. Para verificar si efectivamente Procter & Gamble ha preferido optar por esta estrategia, recurrimos a la *Gaceta de la Propiedad Industrial* del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI, 2017), tomando como muestra únicamente un mes del año en que se preparó este documento. De las 16 patentes de invención otorgadas en el mes de septiembre de 2017 a P&G en México,¹⁰ sólo una de ellas fue

que ver con que las fuentes previas tuvieran una imprecisión en su información.

10 Hubo otras dos patentes correspondientes a diseño industrial (IMPI, 2017).

tramitada vía normal, las otras 15 fueron vía Tratado de Cooperación en materia de Patentes. Los inventores provenían principalmente de Estados Unidos, Alemania y China, y en menor medida de Bélgica, España, Italia e India. Incluso la tramitada vía nacional (patente no. MX 350317 B) responde a una creación de dos estadounidenses.

Más todavía, de acuerdo con la OMPI (WIPO, 2017b), de las principales empresas que aplicaron reiteradamente al PCT en 2016, P&G ocupó el lugar 28 a nivel mundial. Samsung Electronics Co. Ltd y BASF S.E. se ubicaron en las posiciones 9 y 29, respectivamente. Ello nos permite inferir que las dos últimas transnacionales ejercen las mismas prácticas que la primera, es decir, para lo que a México incumbe, difieren el ejercicio de la creación con el lugar de la protección. Con ello, confirman la verdadera naturaleza de una patente, que consiste precisamente en la protección del conocimiento encerrado en una invención, y no en su difusión. Esto niega las bondades de la inversión extranjera directa sobre auténticos aprendizajes tecnológicos en el territorio donde se instala, por lo menos en lo que refiere a este caso latinoamericano. Incluso tratándose de compañías que destacan en el ámbito internacional por su inversión en I+D. A saber, de las 2,500 organizaciones empresariales que en 2016 ejercieron la cantidad más significativa de recursos en ciencia y tecnología en el mundo, Procter & Gamble tiene la posición 74, Samsung Electronics el codiciado segundo lugar, y BASF S.E. el 68 (European Commission-Joint Research Centre, 2016).

La empresa que más invierte en I+D en el planeta es la Volkswagen (European Comission-Joint Research Centre, 2016). Sus 7 laboratorios de I+D están localizados en Alemania, Estados Unidos, Japón, China, Canadá y España (Volkswagen, 2017a). En México cuenta con tres plantas – Puebla (Volkswagen y Audi), Guanajuato (Volkswagen) y Querétaro (MAN)– (Volkswagen, 2017b), y un complejo de pruebas e investigación inaugurado en 2010 en el estado de

Puebla. Sin embargo, dicho complejo consta de una pista de pruebas (recta de 1.8 km.) y un edificio de servicios, por lo que no se puede hablar en sí de un espacio de I+D (Volkswagen, 2017c). La automotriz tiene más de cinco décadas instalada en México, y sin duda, es uno de los actores que contribuyen a que la IED en el rubro, sea la más importante de la industria manufacturera, pero su aportación al conocimiento local es claramente limitada.

Los hallazgos encontrados en este ejercicio están en concordancia con afirmaciones contundentes expresadas en un valioso trabajo realizado por Cassiolato *et al.* (2013), en relación a la persistencia de una división internacional donde, por un lado, se localizan las actividades más intensivas en conocimiento, situadas en los países sedes de las matrices y en aquellos –generalmente– desarrollados, que representan una competencia directa y la oportunidad de obtener mayores ventajas en conocimiento y otros activos tecnológicos. Y por otro, las actividades no tan complejas ubicadas en los países no desarrollados, que pueden ser llevadas a cabo con costos más bajos, en los cuales incluso la innovación en su integridad es prácticamente inexistente. En este polo, las transnacionales se adueñan de los sectores más dinámicos y fomentan la adaptación de tecnologías de la matriz, según la mencionan, Von Zedtwitz y Gassman 2002, Le Bas y Sierra 2002, Patel 1996, y Reddy 2000 (Cassiolato, *et al.*, 2013). En suma, según Vernon 1966, las transnacionales no ejecutarán acciones que pongan en riesgo su posición hegemónica (Cassiolato, *et al.*, 2013).

Según Sun 2010, en países no desarrollados que han realizado un esfuerzo por incrementar de manera endógena sus capacidades científico-tecnológicas, como es el caso de China, son las firmas manufactureras locales las que llevan la delantera en la inversión en I+D, y no las de capital extranjero (Cassiolato, *et al.*, 2013).

3. NOTAS FINALES

La *transferencia de conocimiento*, derivada del ingreso de IED a países no desarrollados, a la que hacen alusión algunos adscritos a la teoría económica de la innovación, es una transferencia que se constriñe y de la que surge la transferencia de tecnología –materializada en maquinaria, procesos y equipos– y de procedimientos administrativos y gerenciales. En un contexto donde se ha conceptualizado a la sociedad del conocimiento (Lane, 1966 y Drucker, 1969 y 1993), a los sistemas nacionales de innovación (SNI) (Freeman, 1987 y Lundvall, 1985), y a un nuevo modo de producción del conocimiento (Gibbons, *et al.*, 1997), que resaltan al intelecto estrechamente ligado a la aplicación de métodos científicos en la generación de innovación, no sólo pero con gran peso en lo tecnológico, con una alta convocatoria e interacción de actores nacionales –en especial en los SNI y en el Modo 2 de Gibbons, *et al.* (1997)–, la categoría en uso es exagerada y empaña su verdadera esencia; si se le agregara la palabra técnico o técnico-social, quedaría mejor ilustrada, para distinguirla del conocimiento científico-tecnológico, que tiene un sentido más profundo en términos de impacto productivo.

Aquí hemos comprobado que, en el caso mexicano, no existe una real transferencia de conocimiento científico-tecnológico de las empresas transnacionales hacia los actores locales, aun cuando es verdad que son ellas, las que tienen mayor tradición y despliegue en el ejercicio de la inversión en I+D a nivel mundial. Las plantas de producción instaladas en México, con capital extranjero, obedecen a razones clásicas en relación a costos y mercados, en ningún momento con la intención de hacerlo partícipe de los grandes desembolsos en ciencia y tecnología. Las principales inversiones en I+D se mueven entre Estados Unidos, algunos países de Europa y de Asia (European Commission-Joint Research Centre, 2016).

Por ejemplo, del total de la inversión en I+D ejecutado por las transnacionales estadounidenses hacia sus filia-

les alrededor del mundo –no incluye a la realizada dentro de las matrices–, que de acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ascendió a 32,128 millones de dólares en el 2014, la mayor parte se canalizó a aquellas filiales que se localizaban en Europa, particularmente en Alemania (21.56%). Por su parte, dichas empresas en México captaron tan solo el 1.03% de ese egreso científico-tecnológico (OECD, 2017a). Esto, a su vez, se traduce en que de todo lo invertido en la industria manufacturera en México por parte de capital estadounidense (cerca de 136 mil millones de dólares en 2014), aproximadamente sólo el 0.24% (332 millones de dólares) fue para actividades científicas y tecnológicas (OECD, 2017b). Y todavía habría que clasificar a qué tipo de actividades se está refiriendo el dato, cuando hemos comprobado que las patentes de estas empresas no emergen de talento local, incluso no hay laboratorios de I+D, como se ejemplificó con los casos de P&G y Volkswagen; si bien este último es de origen alemán, reafirma el esquema de las prácticas de las transnacionales asentadas en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cassiolato, J. E.; Zucoloto, G.; Abrol, D.; y Xielin, L. (2013) «FDI and National Systems of Innovation. Lessons from the Experience of BRICS». En J. E. Cassiolato, G. Zucoloto, D. Abrol y L. Xielin. *Transnational Corporations and Local Innovation* (pp. 1-67). Routledge: Londres, Inglaterra; Nueva York, Estados Unidos, y Nuevo Delhi, India.
- CEPAL, (2016) *La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe 2016*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CNIE, (2016) «Informe estadístico sobre el comportamiento de la inversión extranjera directa en México (ene-

- ro-diciembre de 2005)». En Portal web de Gobierno Federal-sección *Secretaría de Economía-Acciones y Programas-Competitividad y Normatividad/Inversión Extranjera Directa*. Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras. Ciudad de México, México: Secretaría de Economía. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58415/Informe_Congreso-2015-4T.pdf.
- CONACYT, (2017) *Informe general del estado de la ciencia y tecnología. México 2015*. México, D.F.: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- CONACYT, (2015) *Informe general del estado de la ciencia y tecnología. México 2014*. México, D.F.: CONACYT. Recuperado de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-conacyt/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-tecnologia-e-innovacion/informe-general-2014/1572-informe-general-2014/file>.
- Craft, (2017) «Procter & Gamble». En Portal web-sección *Search*. Craft.co: San Francisco, Estados Unidos. Recuperado de <https://craft.co/procter-gamble>.
- Crespo, N. y Fontoura, M. P. (2007) «30 Anos de Investigaçõ sobre Externalidades do IDE para as Empresas Nacionais – Que Conclusões?» *Estudos Econômicos (São Paulo)* 37 (4), pp. 849-874. Recuperado de <https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/13555/1/a06v37n4.pdf>.
- Drucker, P. (1993) *Post-capitalist society*. Nueva York, Estados Unidos: HarperBusiness.
- Drucker, P. (1969) *The age of discontinuity*. Oxford, Inglaterra: Butterworth-Heinemann.
- Dyer, J. y Gregersen, H. (2012) «How Procter & Gamble Keeps Its Innovation Edge». *Forbes*. 12 de abril. Recuperado de <https://www.forbes.com/sites/innovator-sdna/2012/04/12/how-procter-gamble-keeps-its-innovation-edge/>.
- European Commission-Joint Research Centre, (2016) *The 2016*

- EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. Luxemburgo: Publications Office of the European Commission.
- Freeman, C. (1987) *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Londres, Inglaterra: Pinter.
- Gama, (2017) «Brazil: Procter & Gamble invests in innovation centre». En Portal web-sección *Global News-News and Insights*. 23 de febrero, Recuperado de <http://www.gamaconsumer.com/brazil-pg-invests-in-innovation-centre-in-brazil/>.
- Gibbons, M.; Limoges, C.; Nowotny, H.; Schartzman, S.; Scott, P., y Trow, M. (1997) *La nueva producción del Conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona, España: Ediciones Pomares-Corredor S.A.
- Groizard Cardosa, J. L. y Jacob Escauriaza, M. (2004) «Innovación, transferencia de tecnología y desarrollo en empresas hotelera». *Apartado 3.2 La transferencia de tecnología a través de IED*. Palma de Mallorca, España: Fundación Cátedra Iberoamericana. Recuperado de <http://fci.uib.es/Servicios/libros/investigacion/groizard/La-inversion-extranjera-y-la-difusion.cid216940>.
- IMPI, (2017) *Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA)*. Ciudad de México, México: Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Recuperado de <http://siga.impi.gob.mx/newSIGA/content/common/busquedaSimple.jsf>.
- INEGI, (2017) «Exportaciones por sector y subsector de actividad según posición de la empresa en el sector por participación en las exportaciones (2015)». Portal web-sección *Estadísticas-Temas-Economía-Sector exterior-Exportación-Perfil empresas manufactureras comercio exterior-Exportaciones subsector posición 2013-2016 nacional*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=eexp12&s=est&c=33362>.

- Juárez Nuñez, H. (1999) «Nuevos sistemas de integración industrial y su impacto en las áreas de localización». Ponencia presentada en el *VII Seminario Internacional de la Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio (RII)*. Toluca, México. Septiembre. Recuperado de http://www.economia.gob.mx/pics/p/p2760/cipi_1JInd-aut-VWPUEBLA.pdf.
- Lane, R. (1966) «The Decline of Politics and Ideology in a Knowledgeable Society». *American Sociological Review* 31 (5), pp. 649-662.
- Lascurain Fernández, M. (2012) «Empresas multinacionales y sus efectos en los países menos desarrollados». *Economía: Teoría y Práctica. Nueva Época* (36), pp. 83-105. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/etp/n36/n36a4.pdf>.
- Lundvall, B-Å. (1985) «Product Innovation and User-Producer Interaction», *Industrial Development Research Series* (31), 73pp.
- Machorro, J. C. (2013) «Presenta P&G innovaciones de productos de uso cotidiano». *Mi Ambiente*, 2 de mayo. Recuperado de <http://www.miambiente.com.mx/notas/presenta-pg-innovaciones-de-productos-de-uso-cotidiano>.
- Ochoa Valladolid, K. (2005) «La industria automotriz de México: las expectativas de competitividad del sector de autopartes». *México y la Cuenca del Pacífico* 8 (26), pp. 33-58.
- OECD, (2017a) «Outward activity of multinationals by country of location - ISIC Rev 4. - United States. Intramural R&D expenditure». Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE). En Portal web-sección OECD.Stat *Globalisation-Activity of Multinationals*. Recuperado de <http://stats.oecd.org>.
- OECD, (2017b) «Outward activity of multinationals by country of location - ISIC Rev 4. - United States. Turnover».

- En Portal web-sección OECD.Stat *Globalisation-Activity of Multinationals*. Recuperado de <http://stats.oecd.org>.
- OMPI, (2017a) «El PCT cuenta actualmente con 152 Estados contratantes», En Portal web-sección *Servicios de PI-Sistema del PCT*. Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) Recuperado de http://www.wipo.int/pct/es/pct_contracting_states.html.
- OMPI, (2017b) «FAQs sobre el PCT». En Portal web-sección *Servicios de PI-Sistema del PCT-Preguntas más frecuentes*. Recuperado de <http://www.wipo.int/pct/es/faqs/faqs.html>.
- Orozco, M. del R. y Domínguez Villalobos, L. (2011) «Encadenamientos industriales y la derrama tecnológica de la inversión extranjera directa». *Economía: teoría y práctica* (35), pp. 65-71.
- P&G, (2017a) «Marcas e innovación». En *Portal web*. Procter & Gamble (P&G) Recuperado de http://www.pg.com/es_LATAM/MX/marcas-productos-p-and-g.shtml.
- P&G, (2017b) «Historias de sustentabilidad en P&G». En portal web-sección *Sustentabilidad*. Recuperado de http://www.pg.com.mx/es_LATAM/sustentabilidad-p-and-g/sostenibilidad-en-p-and-g-historias-de-america-latina.shtml.
- P&G, (2017c) «Quiénes somos-La Compañía». En portal web. México, D.F.: P&G. Recuperado de http://www.pg.com/es_LATAM/MX/compania-p-and-g/quienes-somos.shtml.
- P&G, (2015) «Business & Technical Centers». En portal web-sección *Featured Locations*. Recuperado de <http://www.pglocations.com>.
- P&G, (2012) *P&G in Europe*. Recuperado de https://www.pg.com/fr_DE/_pdf/EU_brochure-2011.pdf.
- P&G, (2011) «Breaking ground on innovation». En portal web-sección *News*. Recuperado de <http://news.pg.com/blog/innovation/breaking-ground-innovation-0>.
- UNCTAD, (2014). «Transfer of Technology and knowledge

- sharing for development. Science, technology and innovation issues for developing countries». En UNCTAD *Current Studies on Science, Technology and Innovation* (8). 71 pp. United Nations Conference for Trade and Development (UNCTAD) Nueva York, Estados Unidos y Ginebra, Suiza: United Nations Publication Recuperado de http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dtl-stict2013d8_en.pdf.
- UNCTAD, (1992) *World Investment Report 1992. Transnational Corporations as Engines of Growth. An Executive Summary*. Nueva York, Estados Unidos: United Nations Publication (ST/CTC/143). Recuperado de http://unctad.org/en/docs/wir1992overview_en.pdf.
- Volkswagen, (2017a) «Shaping the future is a fascinating challenge for industry and society», Portal web- Sección *Research-Group*. Ostfildern: Volkswagen AG. Consultado el 13/12/2017 en <http://www.volkswagenag.com/en/group/research.html>.
- Volkswagen, (2017b) «Portrait & Production Plants». En portal web-sección *The Group*. Recuperado de <https://www.volkswagenag.com/en/group/portrait-and-production-plants.html>.
- Volkswagen, (2017c) «Historia». En portal web-sección *Mundo Volkswagen*. Recuperado de <http://m.vw.com.mx/es/mundo-volkswagen/historia.opt.html>.
- WIPO, (2017a) «PCT-Patent Prosecution Highway Pilot (PCT-PPH)». En portal web-sección *IP Services-PCT System-Filing*. World Intellectual Property Organization (WIPO) Recuperado de http://www.wipo.int/pct/en/filing/pct_pph.html.
- WIPO, (2017b) *PCT Newsletter* No. 03/2017. *Annex 2*. Marzo. World Intellectual Property Organization (WIPO) Recuperado de http://www.wipo.int/export/sites/www/pressroom/en/documents/pr_2017_804_annexes.pdf#annex2.

**INNOVACIÓN,
DESARROLLO
TECNOLÓGICO Y
POLÍTICAS PÚBLICAS
EN LOS ÁMBITOS
REGIONAL Y LOCAL**

ANÁLISIS DINÁMICO DE LA CAPACIDAD INNOVADORA REGIONAL EN MÉXICO Y SUS EFECTOS EN EL CRECIMIENTO

Jesús Armando Ríos Flores¹
y Erika García Meneses²

INTRODUCCIÓN

Los modelos macroeconómicos estándar indican que variables como la inversión y el comercio son determinantes clave para alcanzar un mayor crecimiento, sin embargo muchos de ellos no incluyen variables como la capacidad tecnológica y la difusión del conocimiento como factores decisivos para el crecimiento económico. Ello puede deberse a que el impacto de éstas variables es heterogéneo, por ejemplo, de acuerdo a Dosi *et al.* (2006), las regiones no desarrolladas se encuentran en una trampa de pobreza o de un tipo de «paradoja de la innovación», es decir, en un proceso en el cual los esfuerzos en investigación y desarrollo (I+D) no arrojan resultados que generen innovaciones y por tanto, el impacto positivo en la economía es bajo o nulo, o en algunos casos adversos para la economía general.

Sin embargo, las políticas industriales enfocadas en el desarrollo de actividades para la innovación cobran relevan-

1 Profesor de la Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Sociales y Políticas (UABC-FCSyP). Correo: jrios89@uabc.edu.mx.

2 Profesor de la UABC-FCSyP. Correo: erika.garcia@uabc.edu.mx

cia debido a que en la dinámica del comercio internacional vigente, la producción se dirige a la creación de nuevos productos, diferenciados o especializados por el dinamismo de la demanda actual. Por tanto, conocer las particularidades de cada región se vuelve un factor clave para el diseño e implementación de las políticas de innovación en las regiones, con el objetivo de que las estrategias planteadas vayan de la mano con la política industrial, financiera y educativa para que se traduzcan en crecimiento.

Gluckler (2007), considera que las actividades productivas se desarrollan en un espacio geográfico, social e histórico, por tanto relacionar el crecimiento e innovación en las regiones resulta un análisis más complejo. Es así que, desde una visión endógena, Vázquez (2005) indica que para incentivar e impulsar la innovación mediante la capacidad depende en gran medida del desarrollo del tejido productivo local y sus relaciones entre las regiones. Asimismo Scott (2001) observa que cuando las actividades industriales se agrupan en regiones, se convierten en una fuente importante de rendimientos crecientes a escala y de amplitud, y por el fenómeno de los rendimientos crecientes localizados sus ventajas competitivas tienden a intensificarse.

Aterrizando el análisis a México, se observa claramente que las regiones son fuertemente heterogéneas. Estudios de Sánchez, *et al.* (2014) y Valdez-Lafarga y León-Balderrama (2015) encuentran que en entidades con un nivel de desarrollo por arriba del promedio en el país, como la Ciudad de México, Querétaro o en la frontera norte, son estados cuyo sector industrial tiene un mayor número de empresas de alta tecnología, que el resto del país. En el mismo sentido, también en el sector agrícola se presentan diferencias relevantes, ya que en un gran número de entidades aún siguen empleando sistemas tradicionales para la producción agrícola, por el contrario, en entidades del noroeste de México se aplican sistemas de producción tecnificados y sofisticados.

Es interesante conocer entonces ¿cómo es? y ¿cómo se mide? la creación de conocimiento tecnológico en México. La escasez de información sobre la innovación o tecnología en México permite utilizar de manera frecuente la variable de solicitudes de patente como variable proxy de la innovación. Como los indicadores de propiedad intelectual suelen tener escasa representatividad del esfuerzo tecnológico, en los lugares con sistemas institucionales débiles, recientemente se empiezan a utilizar estimador agregados. Torres-Preciado, *et al.* (2014) presentan un indicador mediante la agrupación de instrumentos de la propiedad intelectual; y Ruíz (2008), Sánchez, *et al.* (2014) y Valdez-Lafarga y León-Balderrama (2015) construyen un indicador que represente la dinámica total del sistema regional de innovación con un grupo de factores considerando variables como los recursos para la innovación, las estructuras productivas y características institucionales.

En el mismo sentido, el objetivo de este trabajo es, primero, contribuir a los estudios que buscan medir la innovación regional, sin restringirse a los indicadores de la propiedad intelectual, mediante un estimador agregado único denominado capacidad innovadora (CI) y, segundo, determinar si entre el crecimiento e innovación existe algún patrón de asociación espacial. Para lograr los objetivos, se recurre a una variedad de indicadores de recursos, resultados e indicadores de apoyo y soporte, con una dimensión más amplia en el tiempo y considerando el espacio de manera explícita. Es decir, se presenta una metodología diferente a Torres-Preciado, *et al.* (2014), pero en mayor concordancia con Ruíz (2008), Sánchez, *et al.* (2014) y Valdez-Lafarga y León-Balderrama (2015).

El presente capítulo consta de cuatro apartados. En el primero se presenta una revisión teórica de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) y los efectos espaciales. En el segundo apartado se presenta la metodología, basada en un análisis factorial o modelo factorial (MF) para la construcción de la CI; el análisis exploratorio espacial para los efectos re-

gionales y un modelo de panel de datos para medir los efectos de la innovación en el ingreso. En el tercer apartado se presentan los resultados y en el cuarto las conclusiones.

CRECIMIENTO ECONÓMICO ESPACIAL Y LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN

Aboites y Dutrénit (2003) y Cimoli, *et al.* (2005) han encontrado que los esfuerzos en I+D y las capacidades de innovación no son suficientes en México. Bazdresch y Romo (2005) identificaron los factores que impiden aprovechar el potencial científico y tecnológico en el país. En el caso de la industria farmacéutica, se encuentran estudios sobre los efectos de adopción de los acuerdos sobre derechos de propiedad en la actividad innovativa (Guzmán y Zúñiga, 2004). Asimismo, se encuentra otro estudio para países industrializados que consideran a las patentes y el GIDE para estudiar las brechas tecnológicas, convergencia tecnológica y crecimiento del sector (Guzmán y Gómez, 2009).

La evidencia empírica sobre crecimiento e innovación en México no es amplia, sin embargo, utilizando un análisis de cointegración Gould y Gruben (1995) y Guzmán, *et al.* (2008) encuentran que las patentes tienen efectos positivos en el crecimiento económico. Por su parte, con un análisis regional, Mendoza, *et al.* (2008) indican que se genera un proceso de convergencia tecnológica cuando las entidades federativas cuentan con un mayor número de patentes que se traducen en tasas de crecimiento más elevadas.

Es decir, la literatura revisada apoya el hecho de que las actividades de generación y difusión de conocimiento, innovación y tecnología, incentivan el crecimiento en las regiones, pero dicho crecimiento está restringido geográficamente. Por ejemplo, en economías donde la capacidad tecnológica es baja y el sistema institucional es débil, también es bajo el incentivo para patentar y muchas de las innovaciones generadas no se registran ante el riesgo de la imitación ilegal, es decir, en países en

desarrollo los indicadores de propiedad intelectual no reflejan el grado de la CI de sus regiones. Así, es importante considerar que para medir la innovación de forma sistémica, es necesario agregar al análisis, además de las patentes, a aquellos indicadores sectoriales y de infraestructura tecnológica, para así conocer el desempeño de la innovación en los países en desarrollo (Furman, *et al.* 2002; Archibugui y Coco, 2004).

Según Fujita y Krugman (2004), el análisis de dependencia espacial (inter-regional) cobra importancia cuando se conoce que el desarrollo de una región se caracteriza por su estructura y trayectoria económica (intra-regional). Por su parte, Kaldor (1985) indica que en una economía hay regiones que se desarrollan más que otras, es decir, en el entorno local surgen efectos de crecimiento desequilibrado, al igual que el entorno internacional. Es decir, conociendo las particularidades de los sistemas de producción en los sectores y por tanto, de sus empresas, se puede determinar la capacidad innovadora de una economía (Lundvall, 1992).

No hay un precepto único sobre los sistemas de innovación, sin embargo se le puede considerar en lo general como una red de empresas, instituciones u organizaciones restringidas por una barrera espacial y cultural, que se desarrollan bajo rutinas estables en sus procesos productivos y comerciales (Cooke, 1992; Becattini, 2002). En este sentido, para el caso de España, Martínez y Baumert (2003) y Buesa, *et al.* (2004) proponen una tipología de los sistemas regionales de innovación, basándose en el hecho de que las regiones son heterogéneas, e indican que los factores que tienen mayor peso en la CI regional son las variables que miden el desempeño empresarial, institucional y educativo. Algunos estudios para el caso de México encuentran resultados semejantes (Ruíz, 2008; Sánchez *et al.*, 2014; y Valdez-Lafarga y León-Balderrama, 2015).

Mungaray y Palacio (2000) analizan que las empresas líderes se enfocan a maximizar sus beneficios en el largo plazo

optimizando su capacidad total de producción; y de acuerdo a Baldwin y Okubo (2006), además es necesario ampliar el poder del mercado por medio de externalidades generadas por la aglomeración y la innovación, por tanto, ello hace que en conjunto se produzca el fenómeno de concentración regional de crecimiento e innovación. Adicionalmente gran parte del conocimiento tecnológico implementado es de carácter tácito (Foray, 2004), lo que limita la convergencia tecnológica e industrial al depender de un capital humano especializado, no siempre disponible en todos los espacios (Lall, 1992).

De acuerdo a Krugman (1998), la geografía económica analiza la forma en que las redes pueden comunicar el crecimiento y la innovación. Asimismo Lundvall (1992) y Lall (1992) indican que la innovación se localiza en los procesos de imitación y aprendizaje. Por su parte Casas (2003), explica que con la asimilación se aplica el nuevo conocimiento en una diversidad de productos y procesos, que promueven la modificación y dan origen a una nueva ronda de innovaciones.

En el mismo sentido Vázquez (2005) explica que sin la imitación, el conocimiento producido que da lugar a nuevos mercados, no tendría efectos en la economía. Los derechos de propiedad se tornan fundamentales para optimizar la imitación sin desincentivar la producción. Por su parte Oster (2000) plantea que desde la perspectiva del productor de conocimiento estas características se convierten en incertidumbre sobre los beneficios, y pueden erosionar las bases de la producción de nuevo conocimiento. Otros trabajos como el de Griliches (1960 y 1963) muestran que debido a los procesos de homogenización productiva vía imitación y aprendizaje, la innovación genera crecimiento desfasado temporalmente en las regiones vecinas. Por otro lado Jaffe (1989) explica que existe una relación negativa entre la distancia y los efectos de la innovación, mientras que con el monto destinado a la I+D mantiene una relación positiva.

En general, la revisión de la literatura sobre difusión de la innovación y crecimiento regional en México, presenta evidencia empírica limitada acerca de los efectos espaciales de la innovación en el crecimiento regional. En los estudios de Rey y Sastré (2010), Sastré y Rey (2013) y Torres-Preciado, *et al.* (2014) observan que existen efectos inter-regionales en el país, debido a que las entidades federativas se encuentran en un proceso de aglomeración espacial, formándose grupos regionales diferenciados. Tal es el caso de la Ciudad de México, Nuevo León y Jalisco que favorecen a las regiones vecinas al presentar efectos de arrastre tecnológico sobre ellas.

EFFECTOS DE LA CAPACIDAD DE INNOVACIÓN EN LA ECONOMÍA REGIONAL

Mediciones de la innovación

No hay un consenso que determine el uso de alguna metodología específica para la medición de la innovación, su origen y sus efectos en el crecimiento, por ello, en la literatura empírica existe una diversidad de las mismas, así como una diversa elección de variables a incluir en los modelos (Archibugui y Coco, 2004). Sin embargo, con el objetivo de encontrar un indicador integral de la CI, el método factorial (AF) se convierte en una herramienta adecuada de la estadística para determinar un sistema reducido representativo del sistema original que se pretende analizar. Su función es reducir un conjunto de variables X_1, X_2, \dots, X_p y generar $K < P$ factores comunes F_1, F_2, \dots, F_k que expliquen de modo suficiente la variabilidad de los indicadores originales (Pérez, 2006).

Con los resultados del MF, se obtienen las puntuaciones de las variables en los componentes principales y con su varianza explicada se pondera cada uno de ellos, por tanto, el indicador CI es una variable que engloba la productividad de cada uno de los sistemas regionales de innovación que se denota como:

$$CI_{it} = \sum_{k=1}^K F_{kit} \beta_k \quad (1)$$

Donde CI indica la capacidad innovadora del individuo i en el tiempo t , F es el factor k que representa los valores re-escalados de las variables originales y β es la carga de cada factor dada su varianza total explicada, la cual es re-escalada de forma que $\sum_{k=1}^K \beta_k = 1$.

Los resultados de la medición de la CI son importantes, debido a que al conocerla se puede determinar si los valores entre las unidades geográficas son independientes como lo indica la literatura tradicional. Sin embargo, de acuerdo a Krugman (1998) se encuentra evidencia de que puede existir algún tipo de relación, ya que pareciera que las unidades geográficas próximas poseen más características comunes que con las unidades que están más alejadas.

La matriz de pesos espaciales (W) captura cualquier tipo de relación geográfica, por ello es la herramienta principal para el análisis espacial. Moreno y Vayá (2000) indican que W es una matriz cuadrada de tamaño $N \times N$ no estocástica (donde N son las unidades espaciales), cuyos elementos w_{ij} reflejan la intensidad de la interdependencia entre cada par de regiones i y j . En general, la matriz puede ser definida como una matriz de contigüidad binaria, en la que el valor de cada w_{ij} se basa en la determinación de adyacencia. De forma simplificada, w_{ij} toma el valor de uno si ambas unidades espaciales comparten una frontera de longitud no nula y en caso contrario toma el valor de cero.

Asimismo, la literatura indica que es ampliamente utilizado el estadístico I de Morán para medir la autocorrelación espacial multidimensional o relaciones de interacción (Moreno y Vayá, 2000), como sigue:

$$I = \frac{N \sum_{ij} w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S_0 \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Donde, $i \neq j$, x_i es el valor de la variable cuantitativa x en la región i , \bar{x} es la media muestral de x , w_{ij} son los pesos

de la matriz W , es el tamaño muestral y $S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$ es la distancia máxima a la que se encuentra la unidad j de la i para considerarse vecinas. El I de Moran toma valores entre -1 y 1, donde los extremos representan una perfecta asociación espacial negativa y positiva, respectivamente. LeSage y Pace (2009) indican que el caso de autocorrelación positiva, surge cuando el fenómeno en una región se extiende hacia el resto de las ubicaciones que la rodean y dicha expansión genera concentración. Mientras que una autocorrelación espacial negativa se da cuando la manifestación de un fenómeno en una unidad obstaculiza su aparición en las unidades vecinas.

Anselin (1995) advierte que los coeficientes de autocorrelación global no capturan el efecto particular de dependencia entre las regiones, debido a que el esquema identificado pudiera no cumplirse para todas las unidades del espacio analizado. Es por ello que los indicadores locales de asociación espacial (LISA) sirven de apoyo para corroborar la existencia de *clusters* regionales y se define como:

$$LISA_i = \frac{z_i}{\sum_i z_i / N} \sum_{j \in J_i} w_{ij} z_j \quad (3)$$

Donde z_i es el valor de la región i de la variable normalizada J_i y el conjunto de regiones vecinas a i . Si el signo es positivo se prueba la existencia de *clusters* de valores similares alrededor de la región i y viceversa si es negativo.

El estadístico LISA permite descomponer el indicador de asociación global en la contribución marginal de cada observación en particular, evaluando la significancia del agrupamiento alrededor de una observación e indicando el grado de heterogeneidad espacial presente en la muestra. Por tanto, pueden existir cuatro tipos de cluster regionales: el primero, *high-high* donde se presenta un tipo de asociación regional de entidades con valores altos rodeados de vecinos similares; el segundo, *low-high* donde las entidades con valores altos se en-

cuentran alrededor de entidades de valores bajos; el tercero *high-low*, donde las entidades con valores bajos están rodeados entidades de valores altos y; finalmente, *low-low* donde se concentran entidades de regiones con indicadores bajos.

EL MODELO

Dada la dimensión de la información, es conveniente estimar un modelo de datos de panel para las 32 entidades federativas para conocer el efecto de la innovación en el ingreso en México en el periodo 1998-2013, la estimación se descompone en cuatro ecuaciones logarítmicas:

$$\ln PIB_{it} = \alpha_{1i} + \beta_{1i} \ln PIB_{it-1} + \beta_{2i} \ln (Pat_{it-w}) + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\ln PIB_{it} = \alpha_{1i} + \beta_{1i} \ln PIB_{it-1} + \beta_{2i} \ln (Pat_{it-w} * D_j) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$\ln PIB_{it} = \alpha_{1i} + \beta_{1i} \ln PIB_{it-1} + \beta_{2i} \ln (CI_{it-w}) + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$\ln PIB_{it} = \alpha_{1i} + \beta_{1i} \ln PIB_{it-1} + \beta_{2i} \ln (CI_{it-w} * D_j) + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Donde i denota las entidades federativas de México (individuos) y t el tiempo. La variable dependiente es el producto interno bruto (PIB) per cápita. La variable independiente principal es la innovación, la cual está representada por las variables proxy: 1) Pat que representa las solicitudes de patente y 2) la variable CI medida por la capacidad innovadora. Por su parte, D representa la variable dummy de la región geográfica o grado de integración al mercado internacional de las entidades j . En todas las ecuaciones se incluye al rezago de la variable dependiente, lo cual indica que la variable Y , depende de su propia evolución histórica y cuyo cambio se debe exclusivamente al efecto de innovación. En el caso de las ecuaciones 5 y 7, se presentan el mismo modelo con un efecto de interacción explicada por la variable dummy.

Para realizar el ejercicio empírico se utilizará un modelo dinámico de datos de panel conocido como el método generalizado de momentos (MGM), este modelo es adecuado en paneles con dimensiones temporales amplias. El modelo consiste en incluir una serie de instrumentos los cuáles deben estar incorrelacionados con Y_{it} , pero correlacionados

con las variables independientes y con el rezago de la variable Y_{it} (Arellano y Bover, 1990). En este modelo existen pruebas para conocer si el modelo está sobreidentificado por la inclusión de instrumentos, es decir, para validar el uso de instrumentos en el modelo. Para ello se pueden recurrir al estadístico de Sargan y al AR2 (Baum, 2006). En el estadístico de Sargan y AR(2) la hipótesis nula indica que los instrumentos están incorrelacionados con el término de error.

DATOS

En los estudios sobre innovación es común observar que se utiliza a las patentes como una variable proxy de la innovación o de capacidad tecnológica, sin embargo, en economías donde el desempeño de las instituciones no es eficiente, la variable patentes no es confiable para medir el grado de innovación de una región. Por ello, en este documento se calcula el indicador CI como una medida más compleja e integral de la innovación; en el siguiente cuadro se muestra el conjunto de variables utilizadas para realizar el MF, las cuales representan indicadores de resultados, de recursos y de apoyo y soporte.

Los resultados del análisis factorial se presentan en el cuadro 2 como la matriz de componentes rotados. Esta matriz proporciona información sobre la ubicación de cada variable y que determinan agrupaciones y pesos. Además se observa que la reducción de variables se concentra en nueve variables representativas utilizando pruebas las KMO y Bartlett para validarlas.

Cuadro 1. Variables sujetas a la aplicación del MF

Variables	clave	Medición
Indicadores de resultados		
Patentes por habitante	PH	Solicitudes de patente por cada 10 mil habitantes
Patentes por unidad económica	PUE	Solicitudes de patente por cada unidad económica de alta tecnología
Valor agregado por trabajador	VT	Valor agregado censal bruto por personal ocupado en las industrias de alta tecnología
Valor agregado por habitante	VH	Valor agregado censal bruto por habitante en las industrias de alta tecnología
Indicadores de recursos		
Investigadores por habitante	IH	Miembros del SNI por cada 10 mil habitantes
Investigadores por centro de investigación	ICI	Miembros del SNI por centro de investigación
Empleo por habitante	EH	Personal ocupado en las industrias de alta tecnología por cada mil habitantes
Formación bruta de capital fijo por habitante	FCFH	Formación bruta de capital fijo en las industrias de alta tecnología por habitante
Formación bruta de capital fijo por trabajador	FBCFT	Formación bruta de capital fijo por trabajador en las industrias de alta tecnología
Indicadores de apoyo y soporte		
Unidades económicas por habitante	UE	Unidades económicas en las industrias de alta tecnología por cada 10 mil habitantes
Empresas de calidad por habitante	EC	Empresas con certificado ISO 90000 por cada 10 mil habitantes
Telefonía móvil por habitante	CEL	Número de contratos en telefonía móvil por cada 100 habitantes

Telefonía fija por habitante	TEL	Número de teléfonos fijos por cada 100 habitantes
Centros de investigación por habitante	CIH	Centros de investigación por cada 10 mil habitantes
Activo total por habitante	ATH	Activo total en las industrias de alta tecnología por habitante
Activo total por trabajador	ATT	Activo total por trabajador en las industrias de alta tecnología

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Resumen del MF para la construcción de la CI

Características	Factores		
	1	2	3
Variables	VH (.914)	PH (.819)	EC (.745)
	ATH (.692)	UE (.851)	TEL (.873)
	EH (.760)	ICI (.823)	CEL (.885)
Varianza total explicada	30.63%	28.16%	23.01%
Varianza total estandarizada	37.44%	34.42%	28.13%

Fuente: elaboración propia. Entre paréntesis aparece la porción extraída de cada variable.

Para obtener los valores de los factores, cada uno es ponderado por las puntuaciones de cada variable. Por lo tanto, para obtener el indicador de CI, cada factor se vuelve a ponderar considerando su carga factorial. Los valores obtenidos de la CI por entidad federativa se presentan en el cuadro 3, donde además se incluye información de patentes, PIB per cápita y el grado de integración al mercado internacional. La clasificación regional es de acuerdo a Aroca, *et al.* (2005) y para la integración al mercado mundial se tomó como referencia a Mejía y Erquizio (2012).

Cuadro 3. Indicadores por entidad federativa

Región	Solicitudes de Patentes	Capacidad innovadora	PIB <i>per cápita.</i>	Integración al mercado internacional
Baja California	0.022	11.028	11.626	Alta
Chihuahua	0.039	13.318	11.345	Alta
Coahuila	0.062	9.954	11.709	Alta
Nuevo León	0.138	12.060	11.913	Alta
Sonora	0.024	7.059	11.601	Alta
Tamaulipas	0.022	9.531	11.545	Alta
<i>Media: Norte</i>	<i>0.051</i>	<i>10.491</i>	<i>11.623</i>	-
Baja California Sur	0.042	8.644	11.716	Alta
Durango	0.014	2.728	11.261	Media
San Luis Potosí	0.023	4.600	11.157	Media
Sinaloa	0.021	3.664	11.304	Baja
Zacatecas	0.007	2.295	10.855	Baja
<i>Media: Centro-Norte</i>	<i>0.021</i>	<i>4.386</i>	<i>11.258</i>	-
Aguascalientes	0.042	8.644	11.362	Media
Colima	0.058	4.328	11.517	Baja
Distrito Federal	0.210	14.770	12.144	Alta
Edo. México	0.042	8.052	11.069	Alta
Guanajuato	0.031	5.424	11.114	Baja
Hidalgo	0.015	3.992	11.090	Baja
Jalisco	0.069	7.993	11.404	Media
Michoacán	0.012	3.177	10.927	Media
Morelos	0.085	8.484	11.151	Media
Nayarit	0.007	2.289	11.092	Baja
Puebla	0.027	7.635	10.918	Baja
Querétaro	0.111	8.588	11.493	Media
Tlaxcala	0.012	3.534	10.896	Baja
Veracruz	0.010	3.944	11.145	Baja
<i>Media: Centro-Sur</i>	<i>0.052</i>	<i>6.489</i>	<i>11.237</i>	-
Campeche	0.016	2.280	13.903	Baja
Chiapas	0.004	1.672	10.686	Baja

Guerrero	0.003	2.032	10.749	Baja
Oaxaca	0.007	1.345	10.704	Baja
Quintana Roo	0.014	5.619	11.745	Baja
Tabasco	0.015	3.149	11.887	Baja
Yucatán	0.027	3.659	11.225	Baja
<i>Media: Sur</i>	<i>0.012</i>	<i>3.292</i>	<i>11.557</i>	-

Fuente: elaboración propia con información de CONACYT, INEGI y de las estimaciones del MF.

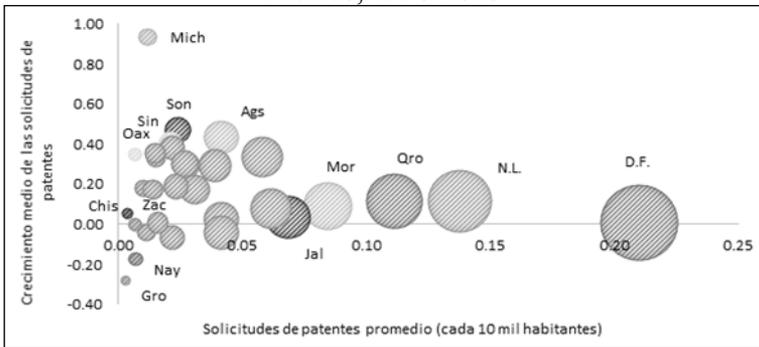
El cuadro 3 muestra que la frontera norte presenta en promedio, valores de CI más elevados que el resto del país. La región del norte tiene un PIB *per cápita* de 11.623 el mayor del país mientras que la región sur de 11.148, la menor del país, al excluir los ingresos de Campeche que provienen del petróleo. Por tanto, es de especial atención que los estados con mayor ingreso *per cápita* son los que tienen un estadístico CI mayor, excluyendo a Campeche por los ingresos del petróleo que sesga la información. Sin embargo, se destaca que la región centro-sur tiene la mayor participación en solicitudes de patentes del país, pero no en los otros indicadores, de esa región sobresale el Distrito Federal. Respecto a la integración al mercado internacional, todas las entidades de la región norte se encuentran con el grado de alta, mientras que en el otro extremo se encuentra la región sur con todas las entidades con grado bajo.

RESULTADOS DEL MODELO DE CRECIMIENTO Y CAPACIDAD INNOVADORA

Las figuras 1 y 2 respaldan los resultados del cuadro 3, debido a que presentan el valor promedio y la tasa media de crecimiento en las solicitudes de patente y el valor de la capacidad innovadora para las entidades federativas. Se observa que solo destacan algunas entidades con la mayor participación en solicitudes de patentes, mientras que la mayoría tiene una participación más baja. Asimismo, en la figura 2 de la capacidad

innovadora se observa que dentro de las ventajas presentes de la CI esta el hecho de disminuir las variaciones extremas en los indicadores. Se destaca que al disminuir las variaciones abruptas del indicador de patentes, el indicador CI es estable. Por una parte las entidades con un indicador mayor de CI son las que presentan las tasas de crecimiento menores, referente a la CI, y las entidades con indicadores menores son las que tienen las tasas de crecimiento más elevadas. Por tanto, se identifican cuatro subgrupos: primero, las entidades con indicadores menores, parecen alejarse del segundo grupo, el cual parece concentrar 12 entidades; en segundo lugar en la parte superior de la CI se forma un grupo de al menos ocho entidades que se aglomeran, mientras las cinco primeras entidades comienzan a presentar una mayor distancia entre ellas.

Figura 1. Solicitudes de patentes por entidad federativa en México, 1998-2013

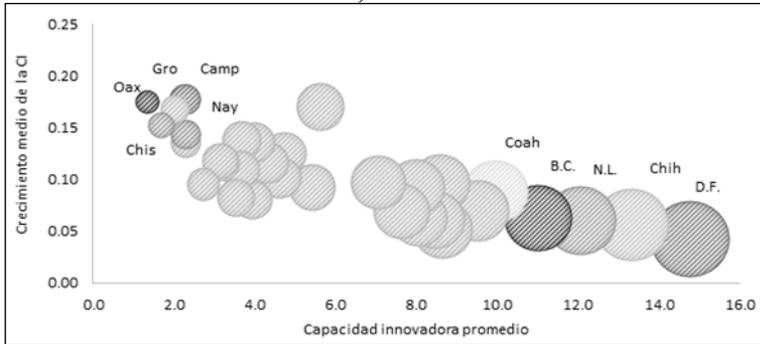


Fuente: elaboración propia.

Se observa que los indicadores tecnológicos en algunas entidades están determinados por la cercanía que tienen con el Distrito Federal; esto puede ser explicado, por ser centro neural de la vida económica y tecnológica del país, donde se la localizan las secretarías de Estado y las matrices empresariales nacionales y extranjeras; y, como a los estados

fronterizos con Estados Unidos. Por tanto, las entidades que presentan los niveles más bajos de innovación se explican por su lejanía de las entidades de la frontera con Estados Unidos y de la Ciudad de México.

Figura 2. Capacidad innovadora por entidad federativa en México, 1998-2013



Fuente: elaboración propia.

Con el análisis se observa que existe una cierta relación espacial entre los distintos indicadores de las entidades federativas. Por ello, mediante los estadísticos I de Morán y LISA se realiza un análisis espacial global. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Estadísticos I de Moran para la asociación espacial global en varios periodos

Estadísticos	1998-2002		2003-2008		2009-2013	
	CI	PH	CI	PH	CI	PH
I de Moran	0.243*	0.207*	0.235**	0.188*	0.215*	0.119
Sd	0.119	0.112	0.141	0.104	0.121	0.125
Z-value	2.458	2.066	1.867	2.100	2.088	1.1425

Fuente: elaboración propia. Nivel de significancia * $p < 0.05$ y ** $p > 0.10$.

El cuadro 4 muestra que cuando todos los indicadores positivos son significativo, tiende a ser un proceso espacial polarizado debido a la concentración de las entidades con sus entidades similares. También, se observa que cuando son bajos los valores del I de Moran, se alejan de la unidad, ello representa una asociación espacial positiva débil. Asimismo, mientras los indicadores presentan una tendencia negativa en el tiempo, la asociación espacial es mayor en el caso de la CI.

La evidencia empírica indica que existe una escasa asociación espacial global por: las diferencias productivas entre las regiones, los cambios en la población y densidad demográfica, los medios de comunicación, la distribución geográfica, así como por las características culturales dentro de las regiones (Rey y Sastré, 2010; Sastré y Rey, 2013, y Torres-Preciado, *et al.*, 2014).

Para medir la asociación espacial global, se estimaron los estadísticos de LISA debido a que se desconoce el efecto de dependencia que cada entidad ejerce sobre otra, estos estadísticos representan las diferencias que existen entre las regiones. En el cuadro 5 se muestran los indicadores locales significativos para los diferentes clústeres de cada variable.

En el cuadro 5 se observa que la mayoría de los clústeres se encuentran en la clasificación 1 y 2 del indicador de LISA (*high-high* y *low-low*), es decir, reflejan una asociación espacial positiva o polarización regional. Del mismo modo, se observa una clara clasificación del tipo *Low* en Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Veracruz y Yucatán, que forman parte de la región sur de México.

Cuadro 5. Estadísticos LISA para la asociación espacial local en varios periodos

Indicador	1998-2002			2003-2008			2009-2013		
	Entidad	Cluster	LISA	Entidad	Cluster	LISA	Entidad	Cluster	LISA
CI	Chiapas	2	1.303	Sonora	1	0.583	Chiapas	2	1.887
	Tabasco	2	0.532	Chiapas	2	1.678	Tabasco	2	0.755
	Yucatán	2	0.343	Tabasco	2	0.871	Oaxaca	2	1.525
				Oaxaca	2	1.296			
PH	D.F.	1	3.004	D.F.	1	2.729	Chiapas	2	0.841
	Chiapas.	2	0.953	Tabasco	2	0.483	Oaxaca	2	0.942
	Tabasco	2	0.628	Oaxaca	2	0.600	Puebla	2	0.076
	Oaxaca	2	0.721				Veracruz	2	0.546
	Veracruz	2	0.407						

Fuente: elaboración propia de la clasificación de los clústeres: 1) *high-high*; 2) *low-low*; 3) *high-low*; y 4) *low-high*. Significancia: $p < 0.05$.

Por su parte, en el cuadro 6 se encuentran los resultados de las estimaciones del modelo dinámico de datos de panel para conocer el efecto de la innovación sobre el ingreso, utilizando las dos variables proxy (patentes y CI). Para ello se estiman dos modelos, el primero es para encontrar la relación entre el PIB con la innovación medida por las patentes, mientras que el segundo modelo para medir la relación entre el ingreso e innovación medida por el indicador CI. Las estimaciones se realizaron con el método de Arellano y Bond (ABond).

Cuadro 6. Estimaciones generales de ingreso e innovación

Variable dependiente: PIB <i>per cápita</i>	Innovación= Patentes	Innovación= CI
PIB (-1)	.9139*	.8024*
	(.0251)	(.0326)
Patentes (-2)	.0050	
	(.0135)	
CI (-2)		.0307*
		(.0082)
Sargan	.706	.649
AR(2)	.788	.923

Fuente: elaboración propia. Entre paréntesis se presentan los errores estándar. *Significancia $p < 0.05$. Los instrumentos utilizados son ATH, UE, EH y EC. En las estimaciones se omite Campeche. Las variables se encuentran en logaritmos.

Los resultados econométricos indican que el indicador CI tiene efectos positivos y significativos en el PIB per cápita, mientras que la innovación medida, por las solicitudes de patentes, no es significativa. El coeficiente de la innovación, medido por CI es positivo en el ingreso y tiene un mayor valor que las patentes las cuáles no son significativas. En los mo-

delos se observa que los instrumentos incluidos son válidos, ya que las probabilidades de los estadísticos de Sargan y AR2 son mayores a 0.05. Es decir, el indicador más consistente para medir la innovación es CI, y las patentes no son un indicador robusto para capturar la capacidad tecnológica de las regiones, a pesar de que las patentes concedidas representan una innovación concreta en el ámbito productivo.

En el último cuadro se presentan las estimaciones dinámicas para los grupos y los dos indicadores de innovación. Los resultados de los cuadros 6 y 7 indican que las solicitudes de patentes no son significativas para explicar el ingreso. Por el contrario, la inclusión del indicador CI en el modelo muestra que los resultados son diferenciados, debido a que solo es significativa en la región norte (estimador significativo con 7.55%) y en las entidades donde es alto el grado de integración al mercado internacional (estimador significativo con 5.75%), en el resto de regiones no se presentan efectos significativos.

Es claro que las entidades de mayor integración al mercado internacional, se posicionan como líderes tecnológicos en el país, al tener a las industrias de base tecnológica ligadas a la ciencia y, por tanto, esto permite el desarrollo de nuevos productos, cuyo rendimiento es mayor. En el caso de las entidades con vocación al mercado interno, las cuales presentan rezago en tecnología, poseen industrias principalmente de baja y media tecnología, lo que limita la dinámica tecnológica al no poseer capacidad de absorción de las tecnologías entrantes.

Cuadro 7. Estimaciones por grupo de ingreso e innovación bajo Arellano-Bond

Variable dependiente: PIB per cápita	Región		Globalización	
	Patentes	CI	Patentes	CI
PIB (-1)	.9089*	.7458*	.9164*	.7683*
	(.0345)	(.0458)	(.0267)	(.0474)
Norte (-2)	-.0114	.0755**		
	(.0257)	(.0459)		
Centro-Norte (-2)	.0086	.0457		
	(.0238)	(.0428)		
Centro-Sur (-2)	.0006	.0341		
	(.0204)	(.0289)		
Sur (-2)	.0316	.0281		
	(.0246)	(.0218)		
Alta (-2)			.0018	.0575*
			(.0230)	(.0285)
Media (-2)			.0023	.0376
			(.0324)	(.0340)
Baja (-2)			.0089	.0331
			(.0262)	(.0237)
Sargan	.707	.426	.677	.539
AR(2)	.751	.955	.763	.997

Fuente: elaboración propia. Entre paréntesis se presentan los errores estándar, mientras el * representa la significancia al 5%. Los instrumentos utilizados son ATH, UE, EH y EC. El valor p de los estadísticos de Sargan y AR2 con mayores a 0.05, es decir, se prueba la validez de los instrumentos. En las estimaciones se omitió Campeche por presentar valores atípicos en el ingreso per cápita. Las variables se encuentran en logaritmos.

Con el análisis de los resultados de las estimaciones econométricas, se sostiene que la relación entre innovación y

crecimiento no es lineal, debido a que con la innovación tiene que pasar por un proceso retardado de asimilación productiva y del mercado, que permita la difusión generalizada. Es decir, dicho proceso dirige la transición del nivel microeconómico empresarial a un nivel macroeconómico industrial, y por tanto, de toda la cadena de valor.

CONCLUSIONES

Una condición necesaria para la generación de innovaciones y de competitividad industrial es la creación de conocimiento y tecnología, sin embargo, no es suficiente. Un descubrimiento científico en una empresa es una innovación, cuando se utiliza para resolver un problema concreto. Pero también, el cambio tecnológico se presenta cuando las mejoras de la empresa se generalizan en el plano sectorial o social entre las regiones.

La evidencia indica que las empresas que se desenvuelven en entornos económicos sólidos, tienen mayores capacidades tecnológicas y de aprendizaje, en contraste con aquellas se encuentran en un entorno económico débil, por lo que sirven de apoyo para el crecimiento regional por efecto de la movilidad de los factores, el capital y la complementariedad regional.

La capacidad tecnológica y la difusión del conocimiento son factores decisivos para el crecimiento económico. Las capacidades tecnológicas son mecanismos de asimilación, pero a la vez, pueden crear las condiciones para transitar de la etapa de asimilación a la generación de nuevos conocimientos. Sin embargo, cuando la tecnología avanzada no es transferible directamente, la asimilación demanda acción social y competencia para reconocer la viabilidad de transferir tecnología avanzada y adaptarla al sistema productivo.

El buen desempeño de una región o territorio es real cuando los agentes económicos interactúan o se relacionan entre sí, es decir, se puede organizar y realizar inversiones dirigidas para el desarrollo de la economía y de la sociedad

local. Pero cuando existe un tejido industrial débil y ocurre la ruptura de las cadenas de suministros internos, se limitan las posibilidades de generar procesos de innovación, ya que se limita el efecto de la difusión espacial del conocimiento en los sectores productivos.

Es decir, si no hay vinculación entre el conocimiento codificado y las diversas competencias materiales en las empresas y sectores productivos, independientemente de la cantidad de información y conocimiento que produzca, no se tendrá la capacidad de generar innovación por medio de los conocimientos, y por tanto, no se generará crecimiento y desarrollo estable en un país y sus regiones.

En este sentido cualquier explicación sobre dinámicas regionales debe considerar las interdependencias que surgen por el entorno en un efecto tipo *spillover* geográficamente mediatizado. Es decir, una vez que el espacio entra en juego, en la función de producción y en las decisiones estratégicas que toman los agentes para la creación y utilización de las tecnologías, se modifica el impacto que la innovación puede generar en un lugar o en un sistema de lugares, debido a la multidireccionalidad que domina las relaciones de interdependencia entre el sector empresarial y las regiones.

Los principales resultados del ejercicio empírico muestran que existe evidencia de una asociación espacial positiva con clúster del tipo *high-high* y *low-low*, donde los grupos de entidades con indicadores similares se reúnen entre sí. De la misma forma, con las variables proxy de la innovación se tuvieron los siguientes resultados: CI es el indicador más estable de las solicitudes de patente, al medir el efecto de éstas variables en el ingreso. Los resultados del modelo donde se incluye CI indican que en las entidades de la frontera norte, salvo el caso de Nuevo León, las solicitudes de patentes no son congruentes con sus capacidades tecnológicas.

En el caso de los efectos de la innovación en el ingreso, sólo el indicador de la CI presentó, en promedio, efectos

significativos y positivos, es decir de 3.5%. Aunque los efectos fueron diferenciados respecto a los grupos económicos y geográficos. Con esta evidencia no se rechaza la hipótesis de que la CI tiene un efecto positivo en el crecimiento económico en aquellas entidades que han desarrollado sistemas de innovación sólidos. Por su parte, la CI no resultó significativa en las entidades con sistemas de innovación débil.

Para el caso de la globalización, o integración al mercado internacional, sólo las entidades de globalización alta presentan un estimador significativo con 5.75%. A su vez en términos de región, la norte presenta un estimador de 7.55%, mientras el resto no presentan efectos significativos. Una diferencia clara entre las entidades de mayor integración al mercado internacional, como líderes tecnológicos nacionales, es que poseen industrias de base tecnológica ligadas a la ciencia y que permiten el desarrollo de los nuevos productos, cuyo rendimiento es mayor, ya que poseen una mayor elasticidad de precios en el mercado.

Los resultados también indican que los principales determinantes del desempeño de una economía, dependen del tipo de actividades que se realizan y el tipo de bienes que se produzcan en una región o espacio geográfico. Esto significa que aquellas particularidades en los sistemas productivos y tecnológicos de una región determinan las ventajas económicas de la innovación. Es decir, el proceso tiene mayores efectos positivos cuando se expanden las empresas más productivas. Mayor efecto multiplicador, cuando se generan empleos de calidad y cuando se enfrentan a una demanda más dinámica. Por lo tanto, aunque es importante el tamaño y dinámica productiva de las empresas, los factores que determinan el impacto de una innovación en la economía son: el grado de integración en la cadena de suministros y sus efectos difusores al resto de las cadenas de valor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aboites, J. y Dutrénit G. (2003) *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. México: Miguel Ángel Porrúa/ UAM Xochimilco.
- Archibugui, Daniele y Alberto Coco (2004) «A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo)». *World Development*, vol. 32, núm. 4, pp. 629-654.
- Aroca, Patricio, Mariano Bosch y William Maloney (2005) «Spatial dimensions of trade liberalization and economic convergence: México 1985-2002». *The World Bank of Economic Review*, vol. 19, núm. 3, pp. 345-378.
- Arellano, M. y Bover O. (1990) La econometría de datos de panel. *Investigaciones Económicas*, 14 (1), 3-45.
- Baldwin, Richard y Toshihiro Okubo (2006) «Heterogeneous firms, agglomerations and economic geography: spatial selection and sorting». *Journal of Economic Geography*, Vol.6, núm. 3, pp. 323-346.
- Baum, C. (2006) *An introduction to modern econometrics using STATA*. Texas: STATA Press.
- Bazdresh, C. y Romo D. (2005) «El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo en México». *Documentos de Trabajo de Ciencia y Tecnología del CIDE* no. 05-01. Recuperado de <https://www.ses.unam.mx/curso2008/pdf/Bazdresh.pdf>.
- Becattini, Giacomo (2002) «Del distrito industrial marshalliano a la teoría del distrito contemporánea. Una breve reconstrucción crítica». *Investigaciones Regionales*, núm. 1, pp. 9-32.
- Buesa, Mikel, Joost Heijs, Mónica Martínez y Thomas Baumert (2004) «Configuración estructural y capacidad de producción de conocimiento en los sistemas regionales de innovación: un estudio del caso español», *LAIF*, Documento de trabajo 45.
- Casas, Rosalba (2003) «Enfoque para el análisis de redes y flu-

- jos de conocimiento», en M. Luna (coord.), *Itinerarios del conocimiento: formas dinámicas y contenidos, un enfoque de redes*. México: Anthropos/Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 19-50.
- Cimoli, Mario, Gabriel Porcile, Annalisa Primi y Sebastián Vergara (2005) «Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnología en América Latina», en Cimoli, M. (editor), *Heterogeneidad Estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina*. Chile: CEPAL-BID, pp. 9-39.
- Cooke, Philip (1992) «Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe». *Geoforum*, vol. 23, núm. 3, pp. 365-382.
- Dosi, G., Llerena P. y Sylos Labini M. (2006) «The relation between science, technologies and their industrial exploitation: an illustration through the myths and realities of the so-called European Paradox». *Research Policy*, (35), 1450-1464.
- Foray, Dominique (2004) *The economics of knowledge*. Cambridge: The MIT Press.
- Fujita, Masahisa y Paul Krugman (2004) «The new economic geography: past, present and future». *Papers in Regional Science*, vol. 83, núm. 1, pp. 139-164.
- Furman, Jeffrey, Michael Porter y Scott Stern (2002) «The determinants of national innovative capacity». *Research Policy*, vol. 31, núm. 6, pp. 899-933.
- Gluckler, Johannes (2007) «Economic geography and the evolution of the networks». *Journal of Economic Geography*, vol. 7, núm. 5, pp. 619-634.
- Gould David y William Gruben (1995) «El papel de los derechos de propiedad intelectual en el crecimiento económico». *Economía Mexicana, Nueva Época*, vol. 4, núm. 2, pp. 265-299.
- Griliches, Zvi (1960) «Hybrid corn and the economics of innovation». *Science*, vol. 132, núm. 3422, pp. 275-280.
- Griliches, Zvi (1963) «The sources of measured productivity

- growth: United States agriculture, 1940-1960». *Journal of Political Economy*, vol. 71, núm. 4, pp. 331-346.
- Guzmán, A. y Gómez H. (2010) «Brechas tecnológicas y procesos de convergencia entre países emergentes e industrializados en la industria bio-farmacéutica, 1980-2005». En J.A. Guillén (Coord.), *Una década de estudios sobre economía social* (pp. 38-65). México: Juan Pablos.
- Guzmán, A., López F. y Venegas F. (2008) «Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008». *Investigación Económica*, 71 (281), 83-115.
- Guzmán, A. y Zúñiga M. (2004) «Patentes en la industria farmacéutica de México: los efectos en la I&D y la innovación». *Comercio Exterior*, 54 (12), 1104-1121.
- Jaffe, Adam (1989) «Real effects of academic research». *American Economic Review*, vol. 79, núm. 5, pp. 957-970.
- Kaldor, Nicholas (1985) *Economics without equilibrium*. Cardiff: University College of Cardiff Press.
- Krugman, Paul (1998) «Space: the final frontier». *Journal of Economic Perspective*, vol. 12, núm. 2, pp. 161-174.
- Lall, Sanjaya (1992) «Technological Capabilities and Industrialization». *World Development*, vol. 20, núm. 2, pp. 165-186.
- LeSage, James y Robert Kelley Pace (2009) *Introduction to spatial econometrics*. Florida: Chapman and Hall/CRC.
- Lundvall, Bengt-Ake (1992) *National systems of innovation towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter Publishers.
- Martínez, Mónica y Thomas Baumert (2003) «Medida de la capacidad innovadora de las comunidades autónomas españolas: construcción de un índice regional de la innovación», *LAIF Documento de trabajo* 35.
- Mejía, P. y Erquízio A. (2012) *Expansiones y recesiones en los estados de México*. México: Pearson Education/Universidad de Sonora.
- Mendoza, J., Torres V. y Polanco M. (2008) «Desigualdad del

- crecimiento económico regional e innovación tecnológica en México». *Comercio Exterior*, 58 (7), 507-521.
- Moreno, Rosina y Esther Vayá (2000) *Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Mungaray, Alejandro y Juan Ignacio Palacio (2000) «Shumpe- ter, la innovación y la política industrial». *Comercio Exte- rior*, vol. 50, núm. 12, pp. 1085-1089.
- Oster, Sharon (2000) *Análisis moderno de la competitividad*. Méx- ico: Oxford.
- Pavitt, Keith (1984), «Sectoral patterns of technical change: towards and taxonomy and a theory». *Research Policy*, vol. 13, núm. 6, pp. 343-373.
- Pérez, Cesar (2006) *Análisis Multivariante con aplicaciones para SPSS 15*. España: Prentice Hall.
- Rey, Sergio y Myrna Sastré (2010) «Interregional inequality dynamics in Mexico». *Spatial Economic Analysis*, vol. 5, núm. 3, pp. 277-298.
- Ruíz, Clemente (2008) «México: geografía económica de la innovación». *Comercio Exterior*, vol. 58, núm. 11, pp. 756-768.
- Sánchez, Yesenia, Francisco García y Esteban Mendoza (2014) «Determinantes de la capacidad innovadora re- gional en México. Una tipología de las regiones». *Región y Sociedad*, vol. 26, núm. 61, pp. 119-160.
- Sastré, Myrna y Sergio Rey (2013) «Space-time income distri- bution dynamics in Mexico». *The Annal of GIS*, vol. 19, núm. 3, pp. 195-207.
- Scott, Allen (2001) «Fundamentos geográficos del compor- tamiento industrial», en C. Alba, I. Bizberg y H. Rivière (comps), *Las regiones ante la globalización*. México: CEM- CA/ORSTOM/El Colegio de México, pp. 71-99.
- Torres-Preciado, Victor, Mayrén Polanco-Gaytan y Miguel Tinoco-Zermeño (2014) «Technological innovation and regional economic growth in Mexico: a spatial perspec-

- tive». *The Annals Regional Science*, vol. 52, núm. 1, pp. 183-200.
- Valdez-Lafarga, Cuitláhuac y Jorge León-Balderrama (2015) «Hacia una taxonomía de los sistemas regionales de innovación en México». *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. 15, núm. 48, pp. 517-553.
- Vázquez, Antonio (2005) *Las nuevas fuerzas del desarrollo*. España: Antoni Bosch.

**EL ROL DE LOS GOBIERNOS LOCALES PARA EL
IMPULSO DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN A
NIVEL REGIONAL: ALCANCES Y LIMITACIONES
DE LA EXPERIENCIA RECIENTE DEL ESTADO
DE MICHOACÁN, MÉXICO**

Pedro Mata Vázquez¹

Nubia Lizbeth García Pérez²

Saray Bucio Mendoza³

y Manuel Ricardo Romo de Vivar Mercadillo⁴

INTRODUCCIÓN

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación que impulsa el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) es el principal instrumento de planeación de la política federal de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Los actores que integran este sistema pertenecen a los sectores académicos y de investigación, empresarial y de los tres ámbitos de gobierno. No obstante, se trata de un sistema altamente cen-

1 Licenciado en Economía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, pmata06@gmail.com.

2 Maestra en Administración y Políticas Públicas, Investigadora independiente, nubia.lizth@gmail.com.

3 Doctora en Ciencias del Desarrollo Regional, Investigadora independiente, saraybucio@gmail.com.

4 Doctor en Economía Aplicada, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, mromo@fevaq.net.

tralizado en el que la participación de los gobiernos locales es acotada y fragmentada.

Por su parte, los gobiernos estatales han generado otros mecanismos para la planeación territorial de la política de CTI y la articulación de sus agentes locales. En este trabajo se analiza la experiencia del estado de Michoacán en la construcción de un Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI / Sistema), cuya integración está mandatada desde 2004 en la Ley Estatal de Ciencia y Tecnología.

El objetivo es identificar sus alcances y limitaciones como mecanismo formal de gobernanza territorial y de impulso a la CTI, tratándose de un primer análisis de la efectividad del sistema. La hipótesis al respecto es que en los términos actuales, el gobierno del Estado tiene capacidades limitadas para impulsar un efectivo esquema de gobernanza en materia de CTI. Como parte de las implicaciones observables en tal hipótesis, se identifica que una limitación importante para impulsar el Sistema desde el ámbito gubernamental es que existe un distanciamiento entre la configuración establecida en los documentos normativos (modelo normativo) respecto a los programas o acciones que se implementan (modelo descriptivo) a propósito del Sistema, además de que no cumple con características importantes para lograr la gestión efectiva de la política de CTI en el territorio mediante esquemas de gobernanza.

Este capítulo se estructura de la siguiente manera. En el siguiente apartado se contextualiza a los sistemas regionales de innovación desde tres perspectivas: teoría de sistemas, gobernanza y nuevo institucionalismo económico. Posteriormente, se describe la metodología de análisis, cuyo alcance es exploratorio y descriptivo, utilizando el método de análisis de contenido como principal herramienta.

En el cuarto apartado, se exponen los resultados, los cuales se abordan en tres momentos: antecedentes del SECTI, implicaciones del modelo normativo e implicaciones del

modelo descriptivo. Finalmente, algunas conclusiones y recomendaciones orientadas a que el SECTI opere con mayor efectividad en términos de gobernanza territorial.

MARCO TEÓRICO

Cuando se habla del Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán, en realidad se hace referencia a lo que se entiende en la literatura como un sistema de innovación (Nelson y Rosenberg, 1994; Lundvall, 2005; Niosi, 2010), definido por Jasso (2005: 109) como la «interacción socio-institucional en la que se comparten conocimientos y habilidades para el desarrollo y difusión de nuevas tecnologías, creando un ambiente de innovación».

En el estudio de caso que nos ocupa, se reseña a nivel subnacional lo que suele llamarse desde la administración pública, como sistema estatal y desde la academia, como sistema regional de innovación. Los sistemas regionales de innovación (Cooke, 1992) son diferentes en cada región en función de su especialización industrial (Anderson y Karlsson, 2004), del grado de integración de las actividades productivas, así como del nivel de articulación entre los actores y la fortaleza de sus relaciones. Mientras mayores y más fuertes sean los lazos de vinculación entre los actores mejor y mayor será la difusión de las innovaciones (Estrada, 2010) y por lo tanto será mayor su impacto en la generación de riqueza y en el desarrollo.

Es relativamente más fácil observar las relaciones entre actores del sistema de innovación a nivel local que a nivel nacional, debido a que la distancia territorial influye en la frecuencia de la interacción (Bucio, 2014), por lo que se espera que en espacios geográficamente más reducidos, la comunicación sea mayor. Sin embargo, no siempre pasa de esa manera ya que además de la cercanía geográfica, para la interacción es importante la cercanía cognitiva (Bucio, Solis e Infante, 2015) que no siempre es alta en espacios locales, ya que está asociada a diferentes variables, como la confianza.

Se ha estudiado a la innovación con enfoque de sistema a partir de diferentes modelos, y el más comúnmente utilizado es el de la triple hélice (3H) propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (1998) que agrupa a los actores en esferas o hélices de acuerdo con su naturaleza y motivaciones para actuar hacia la generación de conocimiento e innovación, desde una perspectiva de innovación abierta (Ben, 2010; Estrada, 2010). Así, se presenta una esfera académica, una de administración pública o gobierno y una para el sector privado o empresas.

En algunas variaciones del modelo 3H se separa a la academia en investigación y formación (Nieto, 2008), se integra a la sociedad como usuaria del conocimiento y de la innovación (Carayannis y Campbell, 2012) o se incluye al sector social organizado, como actor fundamental en el sistema de innovación, en la medida en la que puede actuar como traductor entre los demás actores y presenta altas capacidades para difundir el conocimiento y las innovaciones en el territorio (Bucio, 2014), por lo que tenemos variantes del modelo ampliado al que se le da el nombre de la cuádruple hélice (4H).

Desde un enfoque relacionado con la idea de gobernanza se entiende a la innovación como la capacidad de generar conocimientos y resultados que transformen a la sociedad y su entorno de acuerdo con valores y fines consensuados entre los diversos sectores de la sociedad (Olivé, 2005: 2). Esto significa que un verdadero modelo de gobernanza para la CTI debe procurar que la política en la materia sea localmente basada, por consenso entre los actores del sistema, es decir, que no sea una política vertical (Solís y Bucio, 2017), ya que:

El tipo de coordinación que se requiere para el buen funcionamiento de un sistema de innovación es más bien hacia la idea de gobernanza, es decir, la gobernanza del sistema no por estructura jerárquica, sino más bien la corresponsabilidad de todos los agentes con la

capacidad de intervenir en las decisiones y con libertad e independencia para participar (Bucio, 2014: 134).

La innovación, en un sistema abierto, es resultado de interacciones y flujos multidireccionales, cuyas relaciones suceden generalmente a partir de la participación en redes que pueden ser de diferentes tipos. Algunas de ellas son las redes tecnocientíficas, las de innovación y las de conocimiento, centradas en la generación, transferencia y uso del conocimiento entre diferentes agentes (Casas, 2009).

Las redes pueden ser descritas como una estructura formada por elementos interactivos, que pueden ser clasificados por su importancia de acuerdo con modelos o comportamientos geográficos, así como a vinculaciones organizacionales (Anderson y Karlsson, 2004). Así mismo, las redes se conciben como un contexto de aprendizaje, como un sistema de comunicación, o como un medio de integración (Luna y Velasco, 2005:1).

No sólo es importante una fuerte presencia de organizaciones e instituciones en la actividad de un territorio, sino también elevados niveles de interacción que propicien la cooperación y el intercambio, así como la confianza en las relaciones interpersonales e interinstitucionales (Madoery, 2001: 212).

La base de las relaciones entre los distintos agentes de un sistema son las redes. En este caso el factor fundamental es el mantenimiento de la confianza a través de las relaciones institucionales de cara a la solución de conflictos (Etzkowitz y Leydesdorff, 1998), que consensan en la priorización de objetivos, diseño e implementación de estrategias, programas y acciones hacia el fortalecimiento de la CTI mediante el aprovechamiento de las capacidades territoriales (Lundvall, 2005) locales.

Un sistema de innovación puede existir en fases latentes, simplemente con la presencia de instituciones y actores, sin embargo, para que pueda ser funcional dependerá de la

articulación de los mismos, siendo el aprendizaje y el conocimiento premisas fundamentales en el diseño de una política de CTI a fin de reducir la incertidumbre e incrementar la confianza (Solís, 2016: 146).

De manera creciente, el fortalecimiento de los sistemas regionales de innovación se ha agendado como un propósito de política pública. Las ideas anteriores entorno a la comprensión de los sistemas de innovación se refuerzan desde la perspectiva institucional en el sentido de North (1990): las instituciones son las reglas del juego en una sociedad; configuran limitaciones formales e informales que dan una estructura estable a las organizaciones, generan incentivos en los intercambios y reducen incertidumbre. En este contexto, las reglas formales (leyes, lineamientos, programas, manuales, entre otros) estructuran y definen el tipo y número de agentes que integran el sistema, además de incentivar o inhibir comportamientos, estableciéndose así las funciones de cada agente que integra la estructura de gobernanza. No obstante, cuando tales configuraciones formales interactúan con el comportamiento organizacional (instituciones informales), se presentan escenarios de cambio institucional que no necesariamente son congruentes con el marco normativo establecido.

Con fines analíticos, debe considerarse que el SECTI, si bien existe *per se* en el contexto local por la presencia de instituciones y actores, es formalizado por iniciativa gubernamental y por ello, implementado desde la administración pública. Dependiendo del grado de madurez y visión gubernamental del organismo público responsable de coordinar e implementar el Sistema, puede estar sujeto –entre otros aspectos– a lógicas de administración pública en sentido tradicional-burocrático (Weber, 1922/1964), Nueva Gerencia Pública (Hood, 1991; Gruening, 2001) o esquemas más flexibles de gobernanza policéntrica (Ostrom, 2010). De acuerdo con Solís (2015: 341), las instituciones que emanan de la sociedad

organizada, tenderán a procesos de gobernanza al generar certidumbre en distintos ambientes.

Partiendo de que un sistema de CTI que opera como sistema abierto, y bajo principios de gobernanza tiene más probabilidades de incrementar las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de los territorios, es posible distinguir un par de categorías de análisis en este trabajo. Por un lado, la caracterización del SECTI, con el fin de identificar a los actores que lo integran, así como los tipos de coordinación y participación que prevén. Por otro lado, identificar sus alcances y limitaciones a la luz de los preceptos del enfoque de gobernanza territorial y del cambio institucional.

METODOLOGÍA

Este trabajo tiene un alcance exploratorio y descriptivo, pues integra y analiza información de distintas fuentes primarias con el fin de realizar una primera caracterización y evaluación del SECTI desde la perspectiva teórica.

La variable dependiente es la efectividad del sistema regional de innovación, relacionada con su capacidad para difundir innovaciones y generar riqueza. Entendido como un sistema abierto y complejo, el sistema puede explicarse por una gran cantidad de variables, sin embargo, para los fines de este trabajo se estudia el diseño institucional como principal variable independiente. Lo anterior, debido a que las instituciones (entendidas como reglas del juego) configuran los alcances y límites de la intervención gubernamental; y más aún, incentivan o inhiben la participación de agentes generadores de conocimientos en materia de CTI.

Una vez que son definidas las relaciones en sentido formal, son evaluados aspectos como la centralidad del gobierno en el sistema y su capacidad para comprender (incluir) relaciones complejas y multidireccionales entre agentes de CTI. Una mayor comprensión del sistema regional de innovación por parte del organismo rector de la CTI en Michoacán,

debería corresponderse con un modelo más cercano a la administración por gobernanza, que a la administración pública, en sentido tradicional. La efectividad del sistema se explica entonces por el nivel de articulación de actores y la fortaleza de sus relaciones.

Para lo anterior, son establecidos dos estadios analíticos. Por un lado, una caracterización normativa del SECTI: el deber ser del sistema de acuerdo con instrumentos jurídicos que rigen el funcionamiento del organismo rector de la CTI y del propio sistema; por el otro, una caracterización descriptiva, la cual se configura a partir de lineamientos de operación y diagnósticos que instancias como el Foro Consultivo Científico y Tecnológico ha realizado.

La contrastación de los modelos normativo y descriptivo se realiza con base en el método de análisis de contenido con fines interpretativos. Esta técnica permitió extraer, sistematizar e interpretar la información pública que da estructura y configura el funcionamiento del SECTI. Se ha buscado identificar aspectos estratégicos en la política de impulso al sistema regional de innovación, como las características de la intervención y los alcances y limitaciones en sentido institucional y en términos de gobernanza del territorio. Se prevé que el resultado de este trabajo sea insumo para futuros estudios comparados respecto a las políticas públicas de impulso a sistemas regionales de innovación.

RESULTADOS

Antecedentes del Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación

Atendiendo al método de análisis de contenidos, se revisó lo que el marco normativo vigente en materia de CTI señala respecto a la existencia, características, estructura, finalidad y forma de operar del SECTI. Tal marco normativo incluye la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Michoacán de Ocampo, la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, el Reglamento Interior de la Admi-

nistración Pública Centralizada del Estado de Michoacán de Ocampo, así como el Manual de Organización de la Secretaría de Innovación, Ciencia, y Desarrollo Tecnológico.

También se analizaron documentos no normativos pero sí referenciales respecto al estado de la CTI en la entidad, de importancia para entender el Sistema y su articulación. En este caso se analizó la Agenda de Innovación (CONACYT, 2015) y el Diagnóstico de la CTI en Michoacán (FCCYT, 2014). Por otro lado, destaca que la Ley de CTI regula el SECTI, al cual se refiere como instrumento de coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública estatal. En su artículo 5°(POM⁵, 2015b), señala que el sistema tiene como finalidad coordinar, realizar, fomentar, fortalecer y orientar la investigación científica y humanística, el desarrollo tecnológico e innovación, vinculada con el desarrollo económico, cultural y social de la Entidad.

Sobre su integración, en el artículo 6° (POM, 2015b) se declara que contempla siete componentes: la política de Estado en la materia; el organismo responsable a nivel estatal que fue en su momento el Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (CECTI) y ahora lo es la Secretaría de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico (SICDET)⁶; el programa sectorial; la comunidad científica independiente, las Instituciones de Educación Superior (IES) y los Centros de Investigación (CI); los colegios de profesionistas y los profesionistas en ejercicio; las empresas localizadas en Michoacán que sistemáticamente aplican conocimientos técnicos y científicos para el desarrollo de nuevos productos y procesos; y,

5 Periódico Oficial del Estado de Michoacán (POM).

6 De acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Michoacán de Ocampo (POM, 2015a) el CECTI -que era un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio- se transforma en la SICDET y pasa a formar parte de las dependencias de la Administración Pública Estatal Centralizada.

las organizaciones no gubernamentales cuyas actividades se relacionen con la CTI.

En el artículo 71 (POM, 2015b) se dice que en el Registro Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación se incluirán los servicios que pueden ofrecer quienes integran el sistema, pero sin especificar cuáles podrían ser dichos servicios, quedando como un aspecto pendiente de desarrollar. También en esa Ley se señala que el CECTI (ahora SICDET) promoverá la vinculación entre los diferentes sectores, entre las dependencias de la administración pública y con el sector académico. Puntualiza la necesidad de vincular la investigación con la educación y dedica un capítulo a la vinculación de la investigación con el sector productivo, otorgándole un peso mayor a esta relación con respecto al resto de interacciones posibles en el SECTI.

La vinculación que se promueve a partir de la Ley (POM, 2015b), va orientada al fortalecimiento de la competitividad del sector empresarial, a través de la transferencia de conocimiento y tecnología, así como a la creación e integración de diferentes tipos de aglomeraciones que, mediante el trabajo en red, contribuyan a lograr este objetivo.

Particularmente en el artículo 81 se señala:

la vinculación entre los integrantes del Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación será inter y multidisciplinaria e interinstitucional, a través de la coordinación de planes, programas, proyectos y acciones en materia de ciencia, tecnología e innovación, tomando en consideración las demandas y necesidades de las comunidades académica, científica y tecnológica y de los sectores (POM, 2015b: 31).

En ninguna parte de la Ley de CTI se hace referencia al esquema de gobernanza del SECTI, ni se le atribuye explícitamente ninguna actividad vinculada con la toma de decisiones en materia de política de CTI, como sí se dice de otras figuras

organizativas como el Comité Consultivo, el Consejo Directivo o el propio organismo responsable (CECTI - SICDET).

Por otro lado, la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Michoacán de Ocampo en su artículo 24 señala las atribuciones del organismo rector de la CTI:

garantizar la vinculación con las instituciones de los sectores público, privado y social, para que la investigación científica, tecnológica y la innovación contribuya a la promoción del desarrollo, la competitividad económica, la transformación del sistema educativo, la generación y apropiación del conocimiento y la promoción de la cultura científica de la sociedad (POM, 2015a).

Aunque no se mandata la creación de un sistema para articular a los actores, se deja claro que es atribución del organismo encargado de la CTI en la entidad, garantizar que los diferentes sectores interactúen con un objetivo particular que tiene que ver con el desarrollo a través de la innovación.

En su artículo 118 del reglamento interior menciona que una de las atribuciones de la dirección de vinculación de la SICDET es «incentivar la participación de las instituciones de educación superior, tanto pública como privada en la ejecución de las acciones, en áreas estratégicas y programas prioritarios de desarrollo científico, tecnológico y de innovación en el estado» (POM, 2016a: 75).

En general, se consideran en el reglamento diferentes atribuciones a unidades de la SICDET, que de forma complementaria buscan el fortalecimiento del sistema, ya sea impulsando la formación de capital humano mediante los posgrados y capacitación en diversas formas, la generación y transferencia de conocimiento, la asimilación de tecnología, la cultura científica y la apropiación social de la ciencia, programas y proyectos de financiamiento, y desde luego, la vincula-

ción entre los actores y de sus acciones con el desarrollo en temas estratégicos.

En el manual de organización de la SICDET, entre las atribuciones de la dirección de innovación, con relación al Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación, se señala que deberá

Coordinarse con las demás unidades administrativas en el diseño de las metodologías para la creación de diagnósticos y evaluaciones de las políticas e instrumentos de innovación, ciencia y desarrollo tecnológico en el Estado, que permita contar con un Sistema Estatal de Innovación⁷ (POM, 2016b: 13)

Al departamento de cultura de la innovación empresarial le corresponde «coadyuvar en la creación y ejecución de un sistema para identificar y promover la creación de la infraestructura física, humana y financiera que permita desarrollar el Sistema Estatal de Innovación en Michoacán» (POM, 2016b: 16).

Por otro lado, destaca que en 2014, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCYT) presentó un diagnóstico sobre las condiciones en materia de CTI en Michoacán a 2013. En este se incluye un apartado sobre la estructura, infraestructura científica, el marco normativo y la política pública que determinan el Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación, señalando que tal Sistema se refiere a:

La relación que existe entre los diferentes actores que intervienen en la ciencia, el desarrollo tecnológico y la innovación dentro del Estado, así como las instituciones, leyes y normas que coordinan y fomentan estas actividades. Entre los actores más relevantes encontramos: las

7 El manual de organización de la SICDET refiere al Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación y al Sistema Estatal de Innovación de manera indistinta.

empresas, universidades, centros de investigación (CI), institutos y universidades tecnológicas, instituciones gubernamentales, organismos no gubernamentales, así como las leyes y normas que regulan y fomentan la interacción entre estos actores (FCCYT, 2014: 18).

En el documento se revisa cada uno de los elementos que integran el Sistema, señalando las atribuciones otorgadas por el marco normativo, su orientación hacia el desarrollo, la necesidad de garantizar la vinculación, en donde, si bien no se habla del modelo de la 4H, sí se reconoce a las organizaciones no gubernamentales como parte del sistema.

Se desprende del diagnóstico anterior que la parte institucional y normativa es favorable al desarrollo de las actividades del SECTI, si bien hay debilidades en materia de infraestructura científica ya que algunas instituciones y centros de investigación aún cuentan con un número limitado de investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores (FCCYT, 2014), además de que se identifican los sectores estratégicos y los programas enfocados a fomentar la CTI tanto locales como nacionales.

De acuerdo con el análisis de contenido de los documentos oficiales y referenciales revisados, es claro que se considera la existencia de un sistema estatal de ciencia, tecnología e innovación. Se trata de una existencia de facto, porque no se considera necesario otorgarle personalidad jurídica, lo cual parte de la visión sobre el sistema de innovación en la que se piensa que el sistema existe desde el momento en el que existen actores de las diferentes esferas que realizan actividades en el territorio, y que su grado de consolidación y efectividad dependerá del tipo, efectividad, regularidad y de la intersectorialidad de sus interacciones.

El enfoque con el que se considera este sistema es del tipo triple hélice⁸ (3H), en la que el gobierno, la aca-

8 Aunque se reconoce a las organizaciones no gubernamentales como parte del sistema, no se les separa del sector privado, por lo que al no

demia y el sector privado (Etzkowitz y Leydesdorff, 1998) interactúan en un modelo de generación y aplicación del conocimiento a la resolución de diferentes problemáticas de forma innovadora. El modelo de sistema plasmado en el marco normativo es de tipo dirigista, es decir, considera que la investigación científica, e implícitamente también la actividad económica innovadora, debe orientarse a las prioridades del desarrollo de la entidad, mismas que son identificadas en un enfoque *top down*, y no hacia los propios intereses de cada uno de los actores que participan en estas interacciones.

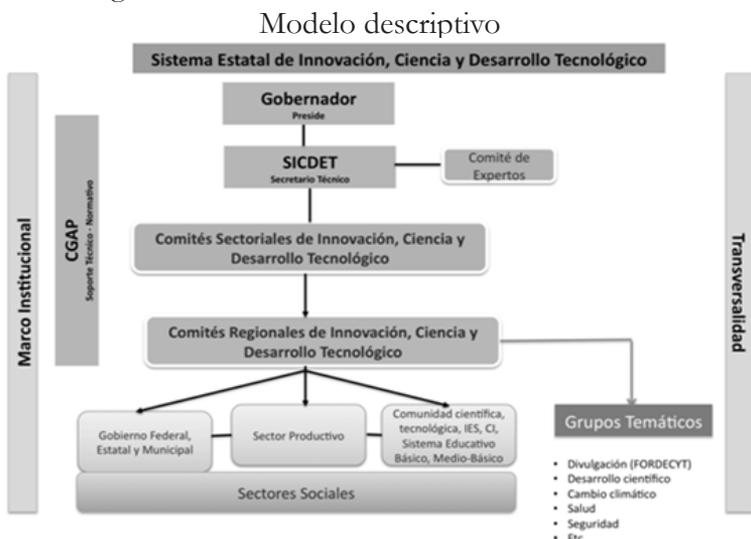
La forma en la que se concibe el sistema, a partir de este marco, tiene la ventaja de que al no formalizarse una estructura operativa, todos los actores que realicen actividades vinculadas con la CTI y que participen en alguno de los sectores, son considerados integrantes del sistema. No obstante, la limitante de esta visión es que todo el peso del impulso al sistema recae solamente en el organismo encargado de la política de CTI, además de que no son claros los mecanismos de interacción y coordinación entre miembros del sistema.

MODELO DESCRIPTIVO DEL SISTEMA ESTATAL DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO: CARACTERÍSTICAS, ALCANCES Y LIMITACIONES

Para comprender el modelo del SECTI que opera actualmente en Michoacán (ver Figura 1), mediante el método de análisis de contenidos, fueron revisados el Programa Especial de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico (PEICDET) 2015-2021 (SICDET, 2016a) y el documento de trabajo complementario que presenta su mecanismo de articulación (SICDET, 2016b).

considerarse explícitamente como un sector independiente con intereses y motivaciones propios, no puede hablarse de un modelo 4H.

Figura 1. Estructura del SEC TI en Michoacán.



Fuente: PEICDET (2015-2021), SICDET (2016a: 47).

El PEICDET 2015-2021, según se declara,

parte de una nueva visión de la política pública basada en la gobernanza, a través de la conformación del Sistema Estatal de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico⁹, el cual pretende la configuración de Comités Sectoriales, Regionales, Expertos y Grupos de Trabajo que operarán como espacios a través de los cuales, se buscará la institucionalización de la cuádruple hélice, es decir, del sector productivo, social, académico y gubernamental (SICDET, 2016: 6).

De acuerdo con ese documento, de tales espacios se espera que surjan las iniciativas y proyectos encaminados a cumplir con las prioridades señaladas en el Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán 2015-2021. Se reconoce la

⁹ En el documento del PEICDET se alterna el nombre con Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación haciendo referencia al mismo esquema.

necesidad de articular esfuerzos interinstitucionales y de un mecanismo a través del cual se logre esta articulación. Así, se plantea en los objetivos del sistema: dotar de una arquitectura transversal en el enfoque de la cuádruple hélice a través de la cual sea operativo el modelo de gobernanza que plantea, pensando en las acciones estratégicas encausadas por los actores del sistema, que trascienda el actual periodo de gobierno.

El SICDET surge con la intención de coordinar y articular los esfuerzos relacionados con la CTI que se venían haciendo de manera dispersa tanto en la administración pública, como en las universidades y CI, así como en el esquema de financiamiento al sector, ya que llegaban a presentarse incluso duplicidades en instrumentos de política pública (SICDET, 2016b), lo cual sin duda limitaba –y continúa limitando– la eficacia de la estrategia para fortalecer el desarrollo de la CTI en Michoacán.

El Sistema se instrumenta a partir del Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021, que en una de sus prioridades referida a la innovación, señala puntualmente como acción crear el Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (SICDET, 2016a), aunque en realidad su fundamento normativo está en la propia Ley de CTI y en la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Michoacán. Si bien en el marco normativo en la materia ya se hablaba de este Sistema, se daba por hecho su existencia de facto, como se daba por hecho que los actores interactúan de manera natural, sin necesidad de que haya mecanismos que lo promuevan, o por lo menos eso queda implícito en la Ley.

En el planteamiento se habla de un modelo de gobernanza con enfoque transversal (SICDET, 2016a), sin embargo, cuando se observa esquemáticamente la estructura del Sistema propuesto, si bien tiene visión territorial, al incluir a todos los sectores y las regiones de la entidad, lo que se nota es una estructura jerárquica en la que hay diferentes niveles de participación en la toma de decisiones sobre CTI, y en la cual,

el grueso de los actores en la materia, quedan en la base de la pirámide y los niveles más altos están destinados para el sector gobierno.

Resulta interesante que los comités regionales estructuralmente se sitúen por debajo de los comités sectoriales, ya que desde un punto de vista multidisciplinario y con un enfoque pragmático hacia los principales problemas de la entidad —que son complejos— se percibe que este orden promueve una re-centralización de la toma de decisiones y una fragmentación temática de la CTI.

Promueve la re-centralización de la toma de decisiones debido a que las problemáticas canalizadas a partir de los comités regionales —que por su naturaleza debieran ser atendidas con visión multidisciplinaria y multisectorial— al pasar a un siguiente nivel (cuando sean competencia de más de una región, lo cual será común) serán retomadas por los comités sectoriales, caracterizados por un sesgo hacia la región donde se ubica la ciudad capital, e integrados mayoritariamente por el sector gobierno.

A su vez, la fragmentación temática de la CTI sucede debido a que, un problema visto previamente de forma multidisciplinaria, al pasar al nivel de los comités sectoriales será muy probablemente atendido de forma separada de acuerdo con las competencias de cada sector. Esta reflexión se hace suponiendo que el modelo de gobernanza propuesto para el Sistema implique que la planeación sea *bottom-up*, pero existe la posibilidad de que su operación se refleje en una planeación *top-down*, lo cual tendría implicaciones negativas desde el punto de vista de la gobernanza.

De acuerdo con las prioridades plasmadas en el Plan Estatal de Desarrollo, existen diez comités sectoriales, orientados respectivamente a: (i) educación, (ii) cultura, (iii) desarrollo económico, (iv) turismo, (v) desarrollo rural y agroalimentario, (vi) sustentabilidad ambiental y prosperidad urbana, (vii) desarrollo social, (viii) salud, (ix) gobierno digital, y (x)

seguridad y justicia. Se integran por cinco o seis actores en un esquema de cuádruple hélice (4H), de los cuales dos o tres pertenecen al sector gobierno (SICDET, 2016a).

A los comités sectoriales les corresponde la procuración de los fondos para el impulso de las actividades del SICDET, en este caso a través de los diferentes fondos sectoriales (SICDET, 2016b) y su concurrencia con el tema de CTI de forma transversal. Esta estrategia, de forma inicial se considera como un acierto, ya que favorece la incorporación en la agenda pública y concentración de recursos hacia el tema de la CTI, así como el abordar con la visión de las diferentes dependencias los mismos problemas, pero no de forma separada sino a través del diálogo institucional. Esto sin duda puede aportar mejores soluciones a la problemática del desarrollo.

Por otro lado, la participación excesiva de los funcionarios de primer nivel (secretarios), de las dependencias del estado de Michoacán, en diferentes grupos de trabajo y comités, para diversos temas propios de la problemática del desarrollo en la entidad y saturar las agendas, puede hacer más lento el avance, así mismo puede provocar desinterés por el trabajo coordinado y limitar la atención que los funcionarios puedan dedicar a un tema transversal como la CTI.

Esta falta de incentivos también podría suceder debido a un conocimiento limitado sobre la importancia del tema, lo cual no es raro si se reconoce que la apropiación de la ciencia es un asunto que presenta grandes áreas de mejora en Michoacán, tanto a nivel de la sociedad como de los mismos funcionarios públicos. Aunque debido al marco jurídico de la administración estatal los comités sectoriales son presididos por los secretarios, en la práctica la operación sería favorecida si se designa, de cada dependencia, a los servidores públicos más versados en la materia, con capacidad y disposición para el trabajo interdisciplinario e intersectorial.

A partir de los comités sectoriales, se establecen los comités regionales, uno para cada una de las diez regiones de

Michoacán. En estos se menciona que también se conformarán en un esquema 4H (SICDET, 2016a). Cada comité regional se integrará por un coordinador técnico adscrito a la SICDET, un coordinador general representante del sector académico, un representante del sector productivo, uno del sector social y uno más del sector gubernamental (SICDET, 2016b). No se aclara en el caso del último representante si será del gobierno estatal o municipal.

Así mismo, no se especifica completamente como se procurará la representatividad de los municipios, las diferentes actividades productivas y la agenda de la sociedad civil organizada. Se explica que los comités regionales trabajarán en grupos temáticos, de acuerdo con las prioridades del plan estatal de desarrollo que apliquen para cada región. Estos grupos podrán proponer proyectos específicos, pero siempre enfocados a atender las prioridades fijadas en el Plan Estatal. Se concibe a estos espacios como vehículo para la construcción de las agendas de innovación tanto regionales como municipales, que si bien se espera que retomen la problemática local, deben estar alineadas por las diez prioridades declaradas a nivel estatal (SICDET, 2016a).

En los grupos temáticos que se derivan de los comités regionales pueden participar actores que no forman parte de los comités sectoriales o regionales que tengan un alto grado de especialización (SICDET, 2016b). Sin embargo, no se aclara a qué tipo de especialización se refiere, pero muy probablemente sea al grado de experiencia en un tema en particular, ya sea a través de la práctica o del conocimiento científico, por lo que estos actores mencionados seguramente serían pobladores locales posiblemente empresarios con experiencia práctica en el tema o bien, investigadores independientes o adscritos a alguna dependencia.

Un nivel más en la estructura del modelo de gobernanza que se propone para el Sistema, es el comité de expertos, que de la misma forma que los anteriores, tendrá un

esquema 4H, con integración mixta de actores locales y externos, con una proporción mayor del sector académico con respecto a los otros, al incluir un experto de cada una de las áreas de las ciencias (OCDE, 2002).

El comité de expertos –con predominancia del sector académico– a diferencia de los otros dos comités, presenta un mecanismo explícito muy detallado sobre los criterios de selección, participación y permanencia de sus integrantes, si bien tendrá como coordinador ejecutivo/operativo al director de ciencia y desarrollo tecnológico de la SICDET, no se aclara la participación de expertos del sector gobierno, de acuerdo con el modelo 4H.

Una limitación más, es que en el sistema de evaluación y seguimiento del PEICDET, ante el objetivo de fortalecer la eficiencia del Sistema, se propone medir los resultados a partir de indicadores relacionados con infraestructura científica (SICDET, 2016a), y no con la incidencia en la solución de las principales problemáticas de la entidad a través de la CTI.

Aunque se habla de una estructura y modelo de gobernanza para el SECTI, en la práctica se hace una distribución de tareas y responsabilidades, así como atribuciones con respecto a la toma de decisiones y a la planeación, en la cual, a los comités sectoriales se les asigna la atribución de definir las políticas y prioridades en la materia, e incluso de delinear la agenda de investigación, mientras que los comités regionales pueden participar en la conformación del listado de proyectos.

Con base en lo anterior, se identifica que hay una ausencia de mecanismos que favorezcan la creación y consolidación de relaciones de confianza y de compromisos interinstitucionales, los cuales rebasen el papel central del organismo rector de la CTI en Michoacán; la solución a las problemáticas identificadas por los comités regionales –área misma que está pendiente de impulsar a plenitud y de modo sistemático– aún no es vista del todo como un elemento fundamental para crear

esas relaciones de confianza. Éstas suelen limitarse a acciones aisladas y en el margen (de tipo incremental) que se concretan en convenios de colaboración de poco alcance temporal y generalmente, de cuantía económica casi simbólica. Se trata de interacciones que se sujetan a la lógica de la administración pública tradicional-burocrática.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el análisis realizado, se identifican dos ideas o configuraciones de sistemas. Por un lado, la establecida en la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, la cual se traduce en la existencia de facto del Sistema: no se le otorga personalidad jurídica propia, si bien considera que su rectoría recae en el organismo estatal que dirige la política de CTI. La ventaja de tal visión es que todo actor estatal que realice actividades de CTI forma parte del SECTI; su principal limitante es que todo el peso del impulso al sistema recae solamente en ese organismo, cuestión que se exagera al no ser claros los mecanismos de interacción y coordinación entre miembros del sistema.

La segunda configuración es la provista por los planes, programas y actividades que realiza el organismo rector de la CTI, que en esencia están orientados hacia la incorporación de mecanismos de gobernanza en el Sistema. Sin duda, es un acierto que se incorpore tal enfoque al modelo, sin embargo, en la práctica encuentra importantes limitaciones para consolidarse como un esquema de gobernanza territorial de cuádruple hélice, ya que: a) no cuenta con un respaldo normativo claro, ni completo; b) no descentraliza la toma de decisiones o garantiza la identificación de necesidades y capacidades en planeaciones tipo *bottom-up*, sino que parte de una perspectiva burocrática-tradicional de la administración pública; c) no resuelve la problemática de duplicidad de esfuerzos en materia de CTI entre dependencias; y d) tiene limitaciones para financiar proyectos de CTI, estableciendo

así pocos incentivos para promover la participación de los agentes del sistema.

A partir de lo anterior, se identifican dos importantes áreas de oportunidad. Por un lado, la necesidad de armonizar la configuración normativo-institucional con la programática y de planeación, con especial atención en la definición de un modelo de 4H. Esto dará mayor coherencia y fortaleza institucional al SECTI.

En segundo lugar, para que el modelo que actualmente se implementa en el Estado sea efectivo en términos de gobernanza territorial, es necesario que la articulación e interacción entre actores del sistema, se base en al menos cinco principios básicos: aprendizaje, cercanía cognitiva, representatividad equilibrada, confianza y orientación hacia la solución de problemas.

REFERENCIAS

- Anderson, M. y C. Karlsson (2004) «Regional innovation systems in small & medium-sized regions. A critical review and assessment», *The Emerging Digital Economy*, Springer, pp. 55-81.
- Ben, R. (2010) «Mejores prácticas en el diseño y operación de unidades de transferencia de tecnología», *Memorias del XXII Congreso ADLAT*, Guanajuato.
- Bucio, S. (2014) *Sistemas de innovación y reservas de la biosfera: acciones para el desarrollo regional sustentable en Zicuirán-Infiernillo*, Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias del Desarrollo Regional, Morelia: UMSNH.
- Bucio, S., J.A. Solís y Z.T. Infante (2015) «Proximidad geográfica, ¿factor sine qua non para la innovación?», *10º Congreso estatal de ciencia, tecnología e innovación*, Septiembre 24-25, Morelia.
- Carayannis, E.G. y D.F.J. Campbell (2012) «Mode 3 knowledge production in quintuple helix innovation systems», *Springer Briefs in Business* 7, 21st- Century Democracy,

- Innovation and Entrepreneurship for Development, pp. 1-63.
- Casas, R. (2009) «Redes y flujos de conocimiento en la acuicultura en el noroeste de México», *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales* 17 (6), pp. 137-162.
- CONACYT, (2015) *Agenda de Innovación Michoacán*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Cooke, P. (1992), «Regional Innovation Systems: Competitive regulations in the New Europe», *Geoforum* 23(3), pp. 365-382.
- Estrada, G. (2010) «Entendiendo la innovación», en Lizardi, V., Vázquez, L. (Coords.) *Oficinas de transferencia de tecnología, fundamentos para su formación y operación en México*, México: ADIAT.
- Etzkowitz, H. y L. Leydesdorff (1998) «La triple hélice como un modelo para estudios de innovación», *Ciencias y Política Pública* 25, pp. 195-203.
- FCCYT, (2014) *Diagnósticos Estatales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013*. Michoacán. Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Gruening, G. (2001) «Origin and theoretical basis of the NPM». *International Public Management Journal* 4(1), pp. 1-25.
- Hood, C. (1991) «A New Public Management for all seasons» en *Public Administration* 69, pp.3-19.
- Jasso, J. (2005) «La dimensión evolutiva de la innovación: un rumbo necesario de la política científica, tecnológica y de innovación», *Economía y Sociedad* 10 (15), pp. 99-119.
- Luna, M. y J. Velasco (2005) «Redes de conocimiento: principios de coordinación y mecanismos de integración», memorias del *Seminario de redes de conocimiento como nueva forma de creación colaborativa: su construcción, dinámica y gestión*, Buenos Aires.
- Lundvall, B.A. (2005) «National innovation systems-Analytical concept and development tool», Conferencia DRUID, Copenhagen.

- Madoery, O. (2001) «El valor de la política de desarrollo local», en Vázquez Barquero, A. y Madoery, O. (Comps.) *Transformaciones globales, instituciones, y políticas de desarrollo local*, Buenos Aires: Homosapiens.
- Nelson, R. y N. Rosenberg (1994) «American universities and technical advance in industry», *Research Policy* 23(3), pp. 323-348.
- Nieto, J. (2008) *Y tú, ¿innovas o abdicas?*, Fundación Global y Microeconomía Universidad Politécnica de Valencia.
- Niosi, J. (2010) *Building National and Regional Innovation Systems. Institutions for Economic Development*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Olivé, L. (2005) «Los desafíos de la sociedad del conocimiento: la ciencia, la tecnología y la gobernanza», *Revista Este País* 172, pp. 66-70.
- Ostrom, E. (2010) «Más allá de los mercados y los Estados: gobernanza policéntrica de sistemas económicos complejos», Paula Arturo, trad., *Revista de Derecho Ambiental de la Universidad de Palermo* 2(1), pp. 5-72.
- OCDE, (2002) *Manual de Frascati*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- POM, (2015a) «Ley Orgánica de la Administración Pública del estado de Michoacán de Ocampo». *Periódico Oficial del Estado de Michoacán*.
- POM, (2015b) «Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán». *Periódico Oficial del Estado de Michoacán*.
- POM, (2016a) «Reglamento interior de la administración pública centralizada del estado de Michoacán de Ocampo». *Periódico Oficial del Estado de Michoacán*.
- POM, (2016b) «Manual de organización de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico» *Periódico Oficial del Estado de Michoacán*.
- SICDET, (2016a) *Programa Especial de Innovación, Ciencia y De-*

- sarrollo Tecnológico* (PEICDET) 2015-2021. Secretaría de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico de Michoacán (SICDET).
- SICDET, (2016b), Sistema Estatal de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico de Michoacán (SEICDET). Mecanismos de articulación efectiva, Documento de trabajo, 42 pp.
- Solis, J.A. (2015) «Experiencias de desarrollo territorial basadas en la articulación de sistemas regionales de innovación: instituciones, creatividad y transferencia de conocimientos», *Entre ciencias Diálogos en la Sociedad del Conocimiento* 3 (7), pp. 329-343.
- Solis, J.A. y S. Bucio (2017) «Diseño de una política de ciencia, tecnología e innovación a partir de métodos cualitativos», *Intersticios Sociales* 7 (14), pp. 155-183
- Weber, M. (1922/1964) *Economía y sociedad*. Esbozo de sociología comprensiva, trad. J. Medina Echavarría, Ed. J. Winckelmann, FCE: México.

POLÍTICAS DE INNOVACIÓN Y EMPRESAS DE NANOTECNOLOGÍA EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

Aarón Guerra Cerón¹

INTRODUCCIÓN

Las actuales políticas de innovación a nivel mundial se encuentran enfocadas a sectores tecnológicos exponenciales y sustentables, como es el caso de Holanda, Inglaterra, Japón y Estados Unidos en los últimos dos de años (OCDE, World Bank, 2017)²

En el caso de México estas políticas han intentado enfocarse primordialmente en un un solo objetivo, el cual es el mejorar la inversión hasta el 1% en ciencia, tecnología e innovación, cuestión que no se ha logrado alcanzar para este sexenio (2012-2018)(Forbes, 2016). Aún bajo estas condiciones, México no ha logrado desarrollar políticas específicas que desarrollen las condiciones óptimas para un ambiente propicio en sectores exponenciales, como es el caso de la nanotecnología, sin embargo hay que reconocer que ya

1 Licenciado en Ciencia Política. Maestro en Economía y Gestión Políticas de Innovación en la Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Xochimilco, México. Correo electrónico: 2143808415@alumnos.uam.xoc.com aaron@propulsar.com

2 Herramienta de consulta sobre las estrategias implementadas en política de ciencia y tecnología en 182 países.

se presentan algunos intentos, que bien pueden ser considerados en futuras estrategias de la política de ciencia y tecnología e innovación.

No obstante, cambiar esta situación es posible, y una buena cuota de la responsabilidad recae sobre la construcción de la política de ciencia, tecnología e innovación. El objetivo de este capítulo es determinar los efectos de la *policy mix* o combinación de políticas para formar las condiciones necesarias para creación de capacidades de innovación en empresas que usan y desarrollan nanotecnología³ en Nuevo León.

Para dicho fin, se exploran dos instrumentos de política, de los cuales se analizan sus objetivos, así como los actores que están involucrados y ubicados en el Estado. Además, se buscará caracterizar los actores del sector nanotecnológico de Nuevo León y explorar el desempeño de los instrumentos de política vigentes para empresas que usan nanotecnología.

1. POLÍTICA DE CTI Y CAPACIDADES DE INNOVACIÓN

Las políticas de ciencia y tecnología han jugado un papel fundamental en el desarrollo económico de países como Japón, Corea, Estados Unidos, Holanda, etc. (Lundvall, 2002). Por tal motivo, es importante revisar las opciones de política que hay para implementarse, con base a un contexto específico del país, y lograr un diseño acorde a sus necesidades específicas o motivacionales.

De ahí radica la importancia del diseño y diagnóstico previo a la ejecución de Políticas de Ciencia, y Tecnología e Innovación (PCTI) debido a los desafíos en el actual contexto, que es caracterizado principalmente por: el dinamismo del comercio global, el incremento poblacional, los proceso de urbanización, el crecimiento de la edad promedio, los limita-

³ Hasta 2012 según el estudio de *Empresas de nanotecnología en México: hacia un primer inventario* existían 101 empresas, de las cuales había 39 empresas identificadas en Nuevo León, seguidas de Distrito Federal y Edo de México. (Záyago Lau, *et al.*, 2013).

dos recursos económicos de financiamiento de los gobiernos, altos precios de las commodities y el cambio climático.

Estos fenómenos pueden ser contrarrestados con el uso de nuevas tecnologías (Impresión 3D, Nanotecnología, Biotecnología, Internet de las cosas, etc.), que permiten aplicaciones en diversos campos científicos así como industriales, de ahí su importancia, que a través del diseño de políticas de ciencia y tecnología, se implemente, instrumentos necesarios para fomentar el uso de estas tecnologías así como para generar, la invención, la innovación y las mejores prácticas tecnológicas (Barber y Geoff, 1987).

En este intento de fomentar la innovación surge como enfoque alternativo al de *button up* y *top down*⁴; la *Policy Mix* o combinación de políticas, que intenta concentrar la atención del análisis en los encargados de llevar a cabo la política más que en los que la formulan y la transmiten, antes de analizar las interferencias en la coordinación (Aguilar, 1993).

Por tanto, el término combinación de políticas, refleja dos avances en los estudios de política de innovación: en primer lugar, un reconocimiento de los instrumentos destinados a ampliar el ámbito de acción de la política de innovación. Y en segundo lugar, se identifica una necesidad de coherencia de estos instrumentos, desde el diseño hasta su implementación.

En consecuencia, para estos dos objetivos siempre se buscará el justificante de su intervención siguiendo tareas estratégicas que perseguirán objetivos específicos con determinados instrumentos o herramientas (Flanagan, Uyarra, y Laranja, 2011).

La eficacia de un instrumento de política casi siempre depende de su interacción con otros instrumentos, a veces promulgados en diferentes momentos y por tanto, con dife-

4 El enfoque *bottom-up* se refiere a la toma de decisiones que se hace desde los burócratas menores, de ventanilla, de piso, los cuales fungen como los Policy makers en sus respectivas áreas de trabajo. En el enfoque *top-down* la toma de decisiones es determinada por los altos niveles de gobierno, que descienden hasta los inferiores, para ser simplemente ejecutada.

rentes propósitos. Por tanto, se vuelve necesaria la coherencia que puede ser vista como la coordinación entre los diferentes instrumentos y una buena comunicación, para una coordinación efectiva, que es una preocupación central del concepto de combinación de políticas (Guy, Boekholt, Cunningham, Nauwelaers, y Rammer, 2009).

Por tanto, una política global de innovación requiere la coordinación de una amplia gama de actores y ministerios gubernamentales. Sin embargo, hay que reconocer que el comportamiento de los agentes no está determinado, se guían por su propia lógica (OCDE, 2010).

El considerar el comportamiento de cada agente será un factor que influya en la combinación de instrumentos de política, para generar una política global que tendrá que evaluarse continuamente por los recambios o reformas al interior de cada agente. Por ejemplo, las experiencias prácticas nos llevan a estudios empíricos que relacionan la capacidad innovadora y el crecimiento, Aghion y Howitt (1997) enfatizan la importancia del nivel de educación media y superior y de la actividad de la I+D en el desarrollo de capacidades tecnológicas que tienen las empresas, junto con la infraestructura que provee el gobierno en países industrializados como Japón, Holanda, Inglaterra (OCDE, World Bank, 2017).⁵

Es decir, se parte de un entorno en donde deben existir recursos humanos calificados, aprendizaje, infraestructura y condiciones económicas estables que contribuyan a la I+D por medio de una estrategia imitativa de innovación y la mejora en la calidad en la diversificación de productos, para que puedan contribuir a un crecimiento convergente con respecto a países industrializados (Guzmán, 2010).

Los países desarrollados si bien cuentan con una ven-

⁵ En particular esto se observa al revisar la estrategia de nanotecnología de los países mencionados y Japón, Estados Unidos, Holanda e Inglaterra son los más desarrollados (Innovation, 2006).

taja significativa en cuestiones de industrialización, ello podría reducirse debido a la velocidad para introducir innovaciones y generar nuevos mercados según las necesidades de la población, las cuales demandan nuevos y mejores productos según sea su contexto económico (Guzmán, 2010).

La velocidad de la innovación dentro de los mercados ha generado situaciones críticas en las oportunidades de crecimiento de las empresas en industrias emergentes, debido a que ellas tienen que responder rápidamente a estos cambios, por ejemplo, las empresas de Internet y de biotecnología que siempre tiene que estar innovando para no ser copiadas (Garner, Nam, y Otto, 2002; Carbonell y Rodríguez-Escudero, 2009). Por tanto, las empresas buscarán generar una trayectoria de innovación eficaz para resolver problemas de crecimiento (Kandybin, 2009), ya que la falta de innovación ha de ser considerada como un obstáculo para el crecimiento empresarial (Lorange, 1998, 2012).

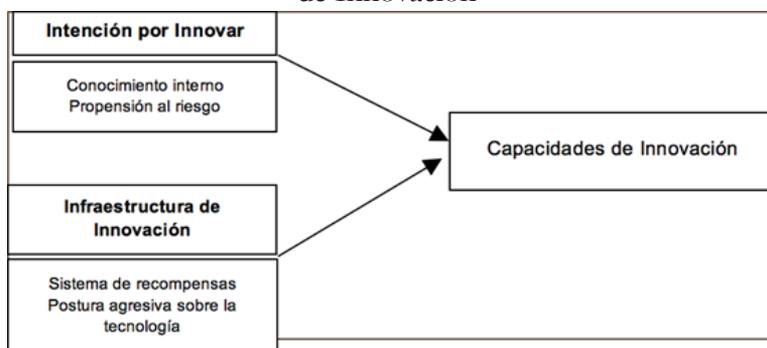
De ahí la importancia de generar capacidades de innovación para responder ante las nuevas demandas de la sociedad de nuevos productos o servicios, o para la creación de nuevas necesidades por competidores o de la misma empresa. Este proceso, no obstante, será revisado con mayor detalle en el próximo apartado.

1.1 Capacidades de innovación

Grant (1997) menciona que antes de que se logre una capacidad de innovación, será primero necesario un conjunto de recursos individuales para realizar alguna tarea o actividad, teniendo en cuenta que esta capacidad se da por medio del proceso de aprender a aprender en los agentes que proveerán infraestructura para que se genere tal capacidad.

El esquema siguiente intenta mostrar algunos factores que permitirán a la empresa adquirir estas habilidades y conocimientos necesarios que le permitirán aprender a aprender.

Ilustración 1. Marco Conceptual de capacidades de Innovación



Elaboración en base a Yang (2012)

El esquema da un panorama sobre algunos factores que son importantes para la formación de las capacidades de innovación, como lo es la intención de innovar, la cual refleja una cultura de crecimiento en una organización, incluyendo el compromiso con el aprendizaje para poseer tecnología de última generación y la propensión a tomar riesgos por parte de los directivos que favorezcan a la innovación y genere una ventaja sobre sus competidores (Yang, 2012). En segundo lugar, las empresas buscarán desarrollar estrategias de crecimiento a través de la definición de un plan que le permita y proporcione una ventaja competitiva a través de las nuevas tecnologías, recompensas e infraestructura.

Lo anterior nos lleva a considerar como fuente principal el concepto de capacidades de innovación realizado por Chandler, Hagstrom, y Solvell (1998) que lo definen como el potencial de una organización para posicionarse en una arena de modernismo, como el desarrollo de nuevos productos, la tecnología y otros avances que dan lugar a ventajas competitivas sobre sus rivales. En síntesis, esta capacidad de innovación no se verá reflejada si no existe la intención por innovar y por contar con la infraestructura para desarrollar una ventaja competitiva.

En este sentido, las capacidades de las empresas se verán reflejadas en las propuestas que realizan al aplicar programas institucionales (instrumentos), para los cuales se ha hecho necesario delinear estas propuestas bajo conceptos tecnológicos. Por ejemplo, para el caso de México, los instrumentos toman en consideración el concepto de innovación tecnológica y de desarrollo tecnológico, como conceptos claves para los instrumentos de política y para alinear los objetivos de los proyectos a dichas concepciones.

En consecuencia la importancia de los instrumentos se vuelve clave, ya que proporcionan ciertas condiciones como infraestructura y recompensas, que se menciona en la ilustración 1 (Yang, 2012). Por ejemplo, mano de obra calificada, la cual será un instrumento principal para generar conocimiento dentro de la empresa.

La Tabla 1 muestra una categorización que realizan Villavicencio y Arvanitis (1994) sobre conductas empresariales que logran hacer comprender el estado en que se encuentran las capacidades de innovación de las empresas.

Tabla 1. Conductas que forman capacidades de innovación

Desarrollo de nuevos productos
Diseño de nuevos procesos
Adaptación y modificación de equipos, partes o piezas
Búsqueda de información especializada de opciones tecnológicas
Prototipos y otros dispositivos
Infraestructura y técnicas para I+D

Fuente: Elaboración propia.⁶

Estas consideraciones están muy relacionadas con la nuevas formas de organización de las industrias y los nuevos sectores que están emergiendo a partir de una política que

⁶ La clasificación se realiza en base los factores que inciden (Villavicencio y Arvanitis, 1994).

promueve el desarrollo tecnológico (Francis y Bessant, 2004) y las interacciones de los actores dentro del sistema para generar el proceso de innovación basado en las brechas de industrias tradicionales (Lundvall y Borrás, 1997).

Es decir, hay una conexión entre las nuevas tecnologías emergentes⁷ y las industrias tradicionales que generan nuevos desarrollos tecnológicos a partir de las brechas tecnológicas. Isaksen y Remoe (2001) mencionan tres explicaciones alternativas con respecto a las brechas industriales tradicionales y lineales del proceso de innovación. En primer lugar, los sectores industriales dominados por las PYMES han crecido al grado de ampliar el volumen de negocios de la economía en su conjunto. En segundo lugar, el crecimiento relativo de las empresas refleja las estrategias de racionalización. En tercer lugar, el crecimiento de las empresas pequeñas es una estrategia de producción ajustada de las empresas grandes que dividen el proceso de elaboración de productos y están descentralizando a los proveedores.

Esta idea de formación de círculos virtuosos también es rescatada por Lundvall y Borrás (1997) al hacer un análisis de las nuevas necesidades de la Política de Ciencia y Tecnología (PCTI) dejando la idea de fallas de mercado y tratando de apoyar financieramente y regulando el uso de la tecnología para no inhibir la emergencia de nuevas tecnologías, generando estructuras dominadas por el aprendizaje y procesos de creación de conocimiento (Gustafsson y Autio, 2011).

Estas estructuras dominadas por el aprendizaje se verán reflejadas en el caso mexicano con el desarrollo económico que ha tenido el Estado de Nuevo León, en el que sus industrias tradicionales desarrollan proyectos relacionados a tecnologías emergentes; en específico la nanotecnología la

⁷ Las tecnologías emergentes son tecnologías que tienen el potencial de ser disruptivas, es decir que pueden modificar la forma tradicional de producir ciertos productos. (Lupacis, 1992)

cual ha sido vista como potencial de crecimiento económico por el estado de Nuevo León.

2. ESTRATEGIA NANOTECNOLÓGICA EN NUEVO LEÓN

La National Science Foundation previó que en el año 2016 el mercado de productos y servicios relacionados con la nanotecnología alcanzará los 1,1 billones de euros. Por ejemplo, países como Estados Unidos es el primer inversor en nanociencias y nanotecnología, destinando una cantidad a este campo que sólo es superada por el que dedica a la Defensa y a la Biomedicina; Japón es el segundo país del mundo, mientras que la Unión Europea es la tercera en cuanto a cantidad de recursos aplicados a las investigaciones en lo nano (FCCT, 2008). El potencial de la Nanotecnología se refiere al tamaño, a la escala nanométrica. (Záyago, *et al.*, 2013). Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro. El tamaño de las nanopartículas de un material dado permite que estas manifiesten propiedades físicas, químicas, eléctricas, líquidas diferentes a las del mismo material a escala mayor.

Por tanto, la nanotecnología promete incrementar la eficiencia en la industria tradicional y desarrollar nuevas aplicaciones radicales a través de las tecnologías emergentes. Su avance repercutirá en una amplia gama de industrias como la aeronáutica, farmacéutica, electrodomésticos, cuidado personal, construcción, comunicaciones, automotriz y aeroespacial, entre otras (CIMAV, 2008).

Estos sectores mencionados son los más desarrollados, económicamente hablando, en el estado Nuevo León. La vocación industrial de Monterrey se sitúa en un contexto particular respecto a otras ciudades de México, como son el Distrito Federal y Guadalajara. Nuevo León es un estado con un gran potencial en sectores tradicionales como el metal, vidrio, cerámica, entre otros (Rodríguez, 2013).

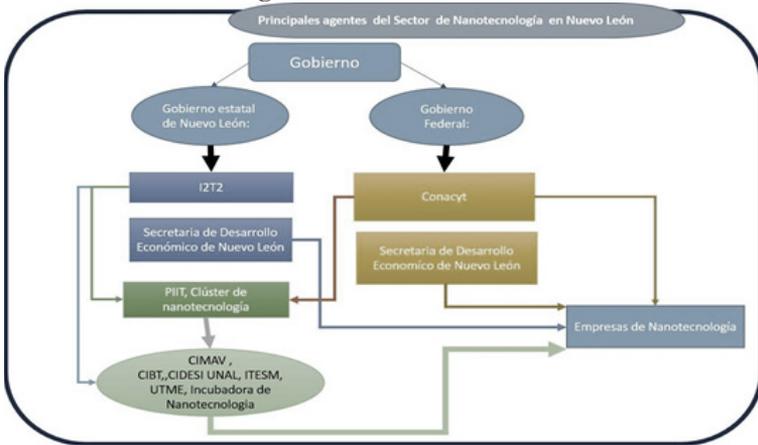
Por otro lado, la zona de Monterrey concentra recursos humanos altamente calificados, así como infraestructura

en nanotecnología, como lo es, la incubadora de nanotecnología y centros de investigación (Záyago, *et al.*, 2013).

El principal motivo de seleccionar a Nuevo León fue la cantidad de empresas que hacen uso de nanotecnología, por encima del Distrito Federal y Estado de México (Záyago, *et al.*, 2013). Además de tener una estrategia definida por estado, y contar con un parque industrial y una incubadora, que desarrollan proyectos de nanotecnología vinculando academia, empresas y gobierno.

En la ilustración 2, se hace una presentación de los principales actores que componen el sector de nanotecnología en Nuevo León.

Ilustración 2. Principales agentes del sector de nanotecnológico de Nuevo León



Fuente: Elaboración propia en base a IZT2, CONACYT, SEDEC.

El mapa identifica los actores que promueven, utilizan e investigan la nanotecnología para generar productos, dispositivos, ideas, elementos y análisis de materiales. Ya que un producto o idea necesitan de una serie de actores involucrados para su generación, no solo será responsabilidad de la empresa, sino también del sector en su conjunto (Lundvall, 2002).

Este mapa identifica los principales actores involucrados en el sector de nanotecnología en el que aparece principalmente el actor gobierno, que estaría dividido en dos, el federal y el estatal, los cuales proveen tanto a empresas, universidades y centros de investigación de financiamiento para llevar a cabo investigación y no solo eso, sino para vincularse y generar capacidades para el desarrollo de la nanotecnología, con infraestructura científica y tecnológica como el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) o de incubadora, que surgieron a partir de los financiamientos de los gobiernos estatal y federal a través de los Fondos Mixtos (CONACYT, 2016); Fondo para la innovación de Nuevo León (FONLIN, 2016); Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología (I2T2, 2016).

En segundo lugar aparecen actores académicos como el CIMAV, CIDESI, el ITESM, entre otros, ubicados dentro del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica como prestadores de servicios de investigación para el sector productivo, los cuales en ocasiones son beneficiados financieramente por el CONACYT y el I2T2.

Y en tercer lugar aparecerán las empresas que utilizan nanotecnología, las cuales son beneficiarias de distintas formas por los actores ya mencionados. Y como se puede observar en la ilustración 2, hay una sintonía provocada por el estado de Nuevo León a partir del I2T2 y hasta sus últimos programas relacionados ya con CONACYT, que genera una serie de fases para acceder y continuar con el proceso de crecimiento y que está vinculado con una serie de mentorías que proporciona al I2T2 para escalar los procesos productivos de la empresa.

La mayoría de las empresas ubicadas por el estudio hacen uso de nanotecnología para sus proyectos, aunque no sea su actividad principal la nanotecnología. Así mismo, Según Alejandro Ramos Arizpe (2016) del CIMAV menciona que los proyectos que ingresan en el Programa de Estimulos a la

Innovación (PEI) son pruebas de concepto, es decir que son proyectos que buscan formalizar la idea que tiene la empresa, y en general estos proyectos se desarrollan para industrias del plástico, vidrio, cerámica, entre otras, que se tardan alrededor de 2 años para conseguir finalizar en un producto que incluya nanotecnología.

La localización de las empresas en Nuevo León fue con base a los siguientes instrumentos de política: las empresas ubicadas en el clúster de nanotecnología, una exploración de páginas web, artículos científicos y de divulgación, entrevistas con investigadores que trabajan nanotecnología y revisión hemerográfica de los principales periódicos de México.

Los resultados arrojaron que hay 22 empresas en Nuevo León que se beneficiaron de estos programas institucionales (instrumentos de política) entre los años 2009-2015, según sea el programa y la posibilidad de acceder a las fichas públicas, para lo cual algunas empresas se benefician de dos o más programas y otras de solo un programa, debido a la capacidad propia de la empresa, es decir el tamaño, ya que puede tener sucursales en otros estados y participar en una misma convocatoria con una fase complementaria de un proyecto que llevan en Nuevo León.

3. LOS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA QUE FORMAN PARTE DE LA POLICY MIX PARA EL FOMENTO DE CAPACIDADES DE INNOVACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

Desde principios de los noventa se implementaron en México algunos programas especiales y nuevas regulaciones para promover la I+D e innovación en el sector privado (Dutrénit, Capdeville, Puchet Anyul, Santiago, y Oliveira, 2010). Estos programas se han implementado durante los últimos 7 años a cargo de la administración pública federal y del gobierno estatal.

La asignación de tales recursos está asociada a objetivos particulares de los programas que intentan fomentar el desarrollo tecnológico, la innovación tecnológica, entre otras.

En esta sección se presenta una descripción y una evaluación de dos programas o instrumentos de financiamiento, en cuanto a estímulos para generar capacidades de innovación en empresas que desarrollaron proyectos de nanotecnología.

3.1. Programas Federales: Programa de Estímulos a la Innovación (PEI)

El PEI forma parte del diseño de una política científica encaminada por el CONACYT para el desarrollo de empresas con base tecnológica, que se diseñó en 2002. El objetivo de este programa es que las empresas inviertan en actividades y proyectos relacionados con la investigación, desarrollo tecnológico e innovación, a través del otorgamiento de estímulos complementarios, de tal forma que estos apoyos tengan el mayor impacto posible sobre la competitividad de la economía nacional.

Dentro de algunos de sus objetivos específicos están la generación de propiedad intelectual, nuevos productos, procesos y servicios, generar vinculaciones entre el sector productivo y el académico, e incorporar recursos humanos especializados en actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

El programa va dirigido a empresas mexicanas inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT), que realicen actividades de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (IDTI) en el país, de manera individual o en vinculación con Instituciones de Educación Superior públicas o privadas nacionales (IES) y/o Centros e Institutos de Investigación públicos nacionales (CONACYT, 2016). Las modalidades de apoyo bajo las cuales las empresas pueden presentar proyectos se resumen en la tabla 2:

Tabla 2. Modalidades del Programa de Estímulos a la Innovación

Modalidades	INNOVAPYME (Innovación tecnológica para las PYMES)	INNOVATEC (Innovación tecnológica para grandes empresas)	PROINNOVA (Proyectos en red orientados a la innovación)
Objetivo de la modalidad	* Propuestas y proyectos cuyo proponente sea empresas PYMES.	* Propuestas y proyectos cuyo proponente sean empresas grandes	Propuestas y proyectos que se presenten en vinculación con al menos dos IES, o dos CI o uno de cada uno.
Tope máximo de apoyo por empresa	21 millones	36 millones	27 millones

* En esta modalidad las empresas podrán presentar propuestas de manera individual o vinculada con IES, CI o ambos. Fuente: Tabla realizada en base a la convocatoria del PEI (2016).

Las áreas de demanda del programa han ido cambiando con el tiempo, de tal suerte que las empresas pueden someter proyectos desde diferentes sectores industriales, o bien desde la perspectiva de las tecnologías transversales, como las TICS, nanotecnología, etc.

La tendencia de crecimiento de proyectos de nanotecnología se debe a mecanismos de inversión pública para detonar la inversión privada, con la condición de que cada contraparte debe poner la mitad (Villavicencio, 2012).

CLASIFICACIÓN DE PROYECTOS

Con la finalidad de analizar el impacto del programa en la formación de capacidades de innovación de empresas que hacen uso de nanotecnología, se considera la clasifica-

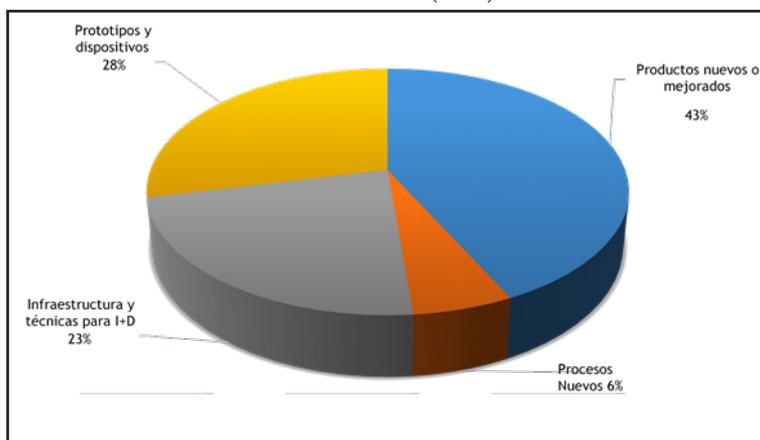
ción realizada en el apartado 1 de Villavicencio y Arvanitis (1994), clasificando los objetivos y resultados esperados de los proyectos en las siguientes categorías: a) desarrollo de nuevos productos, b) diseño de nuevos procesos, c) adaptación y modificación de equipos, partes o piezas, d) búsqueda de información especializada de opciones tecnológicas, e) prototipos y otros dispositivos, f) infraestructura y técnicas para I+D.

La clasificación de los proyectos hace posible que se comprenda de cierta forma los factores que inciden en las capacidades de innovación de las empresas con base al Programa de Estímulos a la Innovación.

La Gráfica 1 muestra que la mayor concentración de proyectos es en la categoría de productos nuevos, seguido de prototipos y otros dispositivos, los cuales entre los dos hacen el 71%, lo cual indica que se está haciendo asimilación de tecnología para generar productos intermedios con posibles aplicaciones en otros productos, además de aprendizaje tecnológico sobre las tendencias de mercados específicos en diferentes sectores para favorecer la demanda tecnológica de los clientes y así favorecer en el largo plazo la consolidación de cadenas productivas, añadiendo un mayor valor al producto final. Por otro lado, la categoría con menores proyectos fue en procesos nuevos, lo cual podría estar indicando que hay una minoría de empresas que buscan generar innovaciones incrementales, es decir, se basan en productos ya existentes para mejorarlos, lo cual estaría marcando un sesgo para empresas que anteriormente fueron enfocadas y habría un sesgo en empresas que incursionan por primera vez.

En cuanto a infraestructura, el PEI representa pocos proyectos debido a que no es un programa con tales objetivos, sin embargo al crecer, pueden incrementarse las empresas que buscan esos objetivos, pero vuelven a ser favorecidas las más grandes, que continuamente han ganado el recurso (Rueda, 2016).

Gráfica 1. Distribución de Proyectos de nanotecnología por categorías, 2010-2014 del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Programa Estímulos a la Innovación.

3.2. Fondo Sectorial de Innovación Secretaría de Economía (FINNOVA)

Los objetivos del fondo son: la realización de investigaciones científicas, el desarrollo tecnológico, la innovación; el registro nacional e internacional de propiedad intelectual; la formación de recursos humanos especializados, becas; creación, fortalecimiento de grupos o cuerpos académicos o profesionales de investigación; desarrollo tecnológico e innovación; y divulgación científica.

El programa FINNOVA a lo largo de los últimos siete años ha presentado convocatorias con relación a bonos, oficinas de transferencia de tecnología, entre otras. Este Fondo se caracteriza por tener al menos de 3 a 5 convocatorias por año, por lo cual no hay una convocatoria única, sino que existirá la posibilidad de acceder a distintas convocatorias.

Clasificación de proyectos

Como en el apartado anterior tomamos como base la clasificación propuesta por Villavicencio y Arvanitis

(1994), esto con la finalidad de analizar el impacto del programa.

Este tipo de fondos se caracterizan por aumentar la infraestructura y desarrollar equipos o técnicas en productos, sin embargo también es una forma de crear capacidades de innovación. Así por ejemplo para empresas que están realizando desarrollo de búsquedas de opciones tecnológicas, lo que necesitan será implementar estrategias para aprovechar oportunidades de desarrollo, mientras empresas que buscan la adaptación y modificación de equipos, partes o piezas, su principal actividad será el aprendizaje, aunque este podría ser limitado (Villavicencio, 2012).

Gráfica 2. Distribución de proyectos de nanotecnología por categorías, 2009-2014 del Fondo Sectorial de Innovación Secretaría de Economía



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Fondo Sectorial de Economía – CONACYT.

En la Gráfica 2 se muestra la distribución de proyectos según el Fondo Sectorial de Innovación mencionado en los años 2009 a 2014. En ella se muestra que el 50% de los proyectos están relacionados a la búsqueda de información especializada de opciones tecnológicas y, en segundo lugar, se

encuentra la categoría de prototipos y otros dispositivos con un 25%, lo cual, como se mencionó, podría estar revelando la combinación de varias capacidades, entre ellas: aprendizaje, ingeniería, y diseño, entre otras⁸.

Mientras que las categorías con menores índices se refieren a infraestructura; técnicas para I+D; adaptación y modificación de equipos, partes o piezas, que podrían estar resultando en estrategias para mantener operando maquinaria, sin llevar a cabo necesariamente un verdadero potencial innovador, a excepción de la infraestructura.

El desarrollo de estos instrumentos de política puede ilustrarnos que mientras unos proveen mejores condiciones para crear nuevos productos o servicios, otros pueden generar conductas hacia la investigación o búsqueda de información especializada, por tanto no se contraponen y pueden combinarse siguiendo un orden, por etapas, según el proyecto a beneficiarse.

El siguiente apartado mostrará algunos de los resultados que se encontraron con respecto a la incidencia de instrumentos en Nuevo León para la formación de capacidades de innovación.

4. EL IMPACTO DE LA POLICY MIX EN LA FORMACIÓN DE CAPACIDADES DE INNOVACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA EN NUEVO LEÓN
Desde la introducción de la Ley de Ciencia y Tecnología de 2002, el gobierno en turno de México intentó promover una política de CTI basada en la combinación de instrumentos que intentan generar la interacción entre los agentes, la pertinencia de la investigación en ciencia y tecnología, la regionalización de capacidades y la coordinación del sistema nacional de innovación bajo la plataforma estructurada por el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT).

En este sentido, y siguiendo las tendencias internacionales, se estructuraron diferentes instrumentos que atendieran

⁸ La clasificación sólo consideró cuatro categorías de las seis, debido a que no había proyectos relacionados con las seis categorías propuestas.

deficiencias (recursos, incentivos, capacidades y oportunidades) (CONACYT, 2016). Así la política de ciencia y tecnología estuvo encaminada a fomentar capacidades y a ayudar a las empresas en base estímulos fiscales, sin embargo, estos cambios se introdujeron a partir 2002, aunque muchos de ellos comenzaron a aplicarse a fines del 2006 (Dutrénit, 2008), lo cual retrasó la coordinación entre estos instrumentos. Sin embargo, los resultados en cuanto a nanotecnología para Nuevo León se exponen a continuación.

Dentro del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica se encuentra el clúster de nanotecnología, donde se albergan empresas como Cemex, Porcelanite Lamosa, Owens Corning, Sigma Alimentos, Grupo Vitro, Nematik, Start ups, Nanomateriales, Nanomat, que han sido beneficiadas en algún momento por FINNOVA, Programa de Estímulos a la Innovación y Fondos Mixtos.

En cuanto a competitividad, el Parque Innovación e Investigación Tecnología ha logrado la consolidación del estado de Nuevo León como la región con el mayor número de proyectos históricos de nanotecnología, sometidos y aprobados por el Programa de Estímulos para la Innovación de CONACYT.

En cuanto a la formación de capacidades de innovación, hay una clara tendencia hacia empresas grandes y empresas que utilizan por primera vez la nanotecnología, las cuales en su mayoría han desarrollado productos y prototipos en alrededor de 6 años.

Las conductas más favorecidas por los instrumentos fueron: creación de nuevos productos, prototipos, nuevos procesos e infraestructura y técnicas de investigación, según la clasificación de conductas para generación de capacidades de innovación.

Y para el caso de la difusión del uso de la nanotecnología se ha efectuado el Foro Internacional Nano Monterrey, en el cual convergen expositores provenientes de diversas partes del mundo, todos ellos líderes internacionales muy reconocidos en el tema y en su actividad.

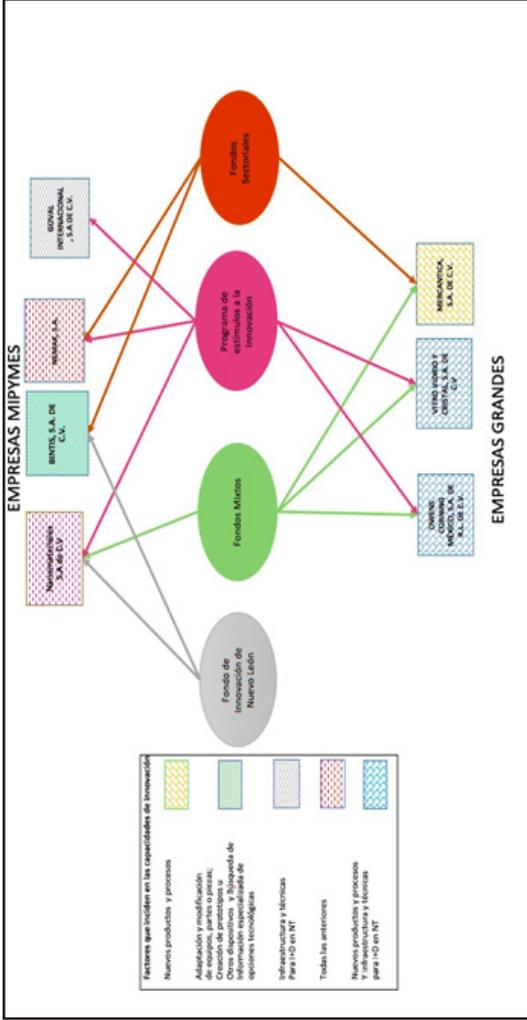
Alcances

El estado de Nuevo León cuenta con sectores con ventajas reveladas como el sector de hierro, acero vidrio y químicos, en el que participan empresas grandes, algunas subsidiarias y proveedores PYMES (Dutrénit, 2010). En este sector, la política de CTI ha intervenido con un enfoque de promoción de cluster de PYMES proveedoras y actividades de Investigación más Desarrollo (I+D) de grandes empresas de generación de capacidades tecnológicas, de innovación, patentes, nuevos procesos, etc. Las empresas principalmente beneficiadas de estos instrumentos fueron 7: Nanomateriales, Bintis, Nematik, Goval Internacional, Owens Corning, Vitro, y Mercantica; las cuales generaron proyectos de nanocompuestos, y nanomateriales principalmente, que son productos intermedios que sirven para generar un producto final con un alto valor agregado al salir al mercado. Un ejemplo es el uso de nanomateriales para generar cerámicas antibacterianas o nanopartículas que disminuyen la temperatura para la sanitización en la industria de la cerámica.

En la ilustración 3 se presenta la articulación de cuatro programas, con las empresas beneficiadas, que desarrollaron proyectos de nanotecnología. Se puede apreciar que la mayoría de estas 7 empresas beneficiadas lograron desarrollar capacidades en cuanto a la generación de productos o procesos, así fueran grandes o PYMES, esto considerando que los productos que generaron eran intermedios, con posibles aplicaciones en otros productos, añadiendo un mayor valor al producto final. En otros casos, fue una solución nanotecnológica a un problema específico presentado por la empresa que se dedica a otro tipo de desarrollos tecnológicos.

Cabe mencionar que estas empresas estarían en proceso de formación de capacidades de innovación, porque tienen una postura tecnológica agresiva y son propensas al riesgo por llevar a cabo proyectos nanotecnológicos, considerando que son nuevas en el área de nanotecnología, ya sean empresas grandes o pequeñas.

Ilustración 3. Empresas beneficiarias de la *policy mix* y factores que han incidido en las capacidades de innovación en cada una de ellas durante 2010 -2015



Fuente: Elaboración propia⁹

9 Las empresas consideradas por la gráfica son empresas beneficiadas entre los años de 2010 a 2015 de cuatro programas, de los cuales se hizo una revisión exhaustiva en las bases de datos del PEI y el Finnova del CONACYT. Los otros dos programas de Fondos Mixtos y el Fondo de innovación de Nuevo León se obtuvo información de artículos y páginas web públicas de CONACYT.

Ilustración 4. Empresas beneficiarias de la policy mix y factores que han incidido en las capacidades de innovación en cada una de ellas durante 2010 -2015

Nanomateriales S.A	Fonlin	PEI/F.Sectoriales	PEI/F.Sectoriales	PEI
Nanomat S.A				PEI
Nemak S.A		PEI		PEI/Sectoriales
Owens Corning de México S.A		PEI	PEI/F.Mixtos	PEI
Goval Internacional S.A		F.Mixtos	PEI	F.Mixtos
Mercantica			PEI	PEI
Vitro, Vidrio y Cristal S.A			PEI	PEI
			F. Sectoriales	F. Mixtos
			F. Sectoriales	F. Mixtos
			F. Mixtos	F. Mixtos
				PEI/F.Mixtos

PEI=Programa de Estímulos a la Innovación, F. Mixtos= Fondos Mixtos, F. Sectoriales= Fondos Sectoriales.
Elaboración propia.

Por otro lado, en la ilustración 4 se hace un seguimiento de los años en el que estas 7 empresas fueron beneficiadas por distintos programas. Esto presenta interesantes resultados en cuanto a la empresa Nanomateriales y Owens Corning. En la primera se puede dar cuenta que fue beneficiada desde su creación por el FONLIN y después fue nuevamente beneficiada el 2011 y 2012. Por otro lado, la segunda presenta una continuidad desde el 2008 hasta 2012, sin embargo esta es una empresa grande y con antecedentes de haber sido beneficiada para otro tipo de proyectos.

En la ilustración se puede apreciar que la mayoría de empresas beneficiadas lograron desarrollar capacidades en cuanto a la generación de productos o procesos, debido a su participación constante en el PEI, así fueran grandes o PYMES, tomando en cuenta que los resultados del PEI, presentados en el apartado 3, mostraban que se generaban productos intermedios con posibles aplicaciones en otros productos.

En síntesis, se puede apreciar que las empresas PYMES pueden desarrollar varias y diferentes capacidades, dado que pueden lograr ser proveedores de nanocompuestos para empresas grandes, ya sea desarrollando el producto, adaptando, modificando o utilizando técnicas para mejorar el proceso. Esto considerando al menos los dos instrumentos que se revisaron a mayor profundidad como fue el PEI y el FINNOVA.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La política de ciencia, tecnología en México ha tenido una evolución en su diseño e implementación durante los últimos 16 años, esto ha generado cambios en las funciones de los agentes del sistema de innovación derivados de las nuevas leyes y reglamentaciones. Estos cambios han sido aprovechados por diferentes Gobiernos estatales para incentivar sus estrategias en cuanto a innovación, ya sea medio ambiente, biotecnología, nanotecnología, aeronáutica, TICS, etc.

En el caso del gobierno de Nuevo León, cuenta con antecedentes históricos muy relacionados con las industrias tradicionales. Y ahora nuevamente destaca, ya que dentro de estas estrategias.

La Nanotecnología se encuentra como una prioridad, debido a que se ha visto a futuro, como una alternativa de desarrollo en sectores tradicionales, en base a que existe infraestructura, recursos humanos y vínculos con universidades extranjeras.

Estos han sido algunos factores que han impulsado que más empresas se interesen por la nanotecnología en Nuevo León, sin embargo, es muy importante que existan instrumentos de política que se combinen e interactúen para el mejor desarrollo de nuevas tecnologías o sectores.

Así, con el resultado del análisis de la combinación de instrumentos, se pudieron identificar en tres grandes dimensiones: a) las prioridades de los instrumentos hacia un cierto tipo de actividades de Ciencia y tecnología; b) el sesgo hacia cierto tipo de capacidades de innovación y c) la inexistencia de una demanda de productos de nanotecnología provocada por una concentración regional.

Prioridades de los instrumentos de política.

La policy mix, durante este capítulo, fue entendida como el instrumento de política que interactúa para intentar mejorar la eficiencia de algún sector o tecnología emergente. En este caso la nanotecnología.

Se vuelve necesario considerar que el efecto de la policy mix no sería posible si las empresas no se atrevieran a hacer nanotecnología, o si no tuvieran un conocimiento previo sobre lo que es nanotecnología. Así mismo, los factores externos como las recompensas han logrado impactar positivamente en estas empresas, ya que han logrado aumentar los proyectos de nanotecnología hacia los últimos años, lo cual también se debe a que las empresas

tienen una postura agresiva para mejorar su competitividad.

Pero esto solo se logra a partir de que los instrumentos tengan una coherencia en sus objetivos, y no compitan entre ellos, en el caso de Nuevo León, los instrumentos han logrado resultados coherentes, aunque solo para casos aislados, partiendo desde el desarrollo de una idea financiada por el FONLIN, pasando por la incubadora de nanotecnología, la cual fue construida gracias a fondos mixtos, para que después la empresa transite a un Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) o algún Fondo sectorial.

Por ejemplo, durante las entrevistas se llegó a mencionar por los expertos que el instrumento más solicitado actualmente por las empresas de nanotecnología es el PEI, sin embargo en su momento, hace 8 años, fue FOMIX. Es decir, aunque los objetivos de los programas se complementan, siempre estarán sujetos a cambios, además las empresas grandes sólo se benefician de un solo programa en específico y no de los otros, para su complemento.

El sesgo de los programas hacia la formación de capacidades de innovación

La policy mix se ha desarrollado en una combinación coherente de los instrumentos, sin embargo esta provocando un sesgo hacia la formación de capacidades de innovación enfocadas hacia la producción de nuevos productos, infraestructura y técnicas de I+D.

Sacando un promedio entre los 2 programas federales hay un 27% de proyectos enfocados al desarrollo de nuevos productos, un 21% de proyectos enfocados al desarrollo de infraestructura y técnicas de investigación y un 12% para el desarrollo de prototipos y otros dispositivos.

En razón de lo anterior podría pensarse que aún falta desarrollar capacidades en cuanto a transferencia de tecnología, adaptación o modificación de equipos que permita a las

empresas desarrollar capacidades de innovación a través de la imitación.

Este sesgo de capacidades es posiblemente consecuencia de que las empresas grandes entren a un mayor número de convocatorias, y por tanto inclinen la balanza a desarrollo de productos, debido a que necesitan soluciones específicas para sus empresas, más que imitar o hacer o desarrollar infraestructura interna.

Demanda de productos nanotecnológicos

Las clasificaciones de los proyectos permitieron ver que se están haciendo innovaciones incrementales y que detrás hay capacidades tecnológicas, de diseño e ingenieriles.

Sin embargo para las empresas que están desarrollándose en nanotecnología, existe una limitante en cuanto a la demanda de productos con algún componente nanotecnológico. En este sentido, las empresas tienen que buscar generar un portafolio de clientes para poder colocar sus productos en un mercado inexistente.

Un ejemplo de esto es la empresa Nanomateriales, la cual cuenta con un producto antibacteriano con aplicaciones en diferentes sectores, pero que no tiene una demanda por el mismo.

Por otro lado, las empresas que hacen desarrollos específicos en nanotecnología se debe a que son productos para un requerimiento interno o externo de la empresa, para cubrir cierta necesidad momentánea y una vez solventada, regularmente ya no se continúa con más proyectos relacionados a nanotecnología a menos que se requieran.

En este capítulo, se revisaron aspectos desde capacidades de innovación e instrumentos de política con el objetivo de determinar los efectos de la policy mix, o combinación de políticas, para formar las condiciones necesarias para creación de capacidades de innovación en empresas que usan y

desarrollan nanotecnología¹⁰ en Nuevo León, lo cual trajo varios resultados interesantes que se mencionaron anteriormente, sin embargo, aún queda mucho por hacer, por ejemplo, resolver algunas preguntas como: ¿Cómo están aprovechando estos instrumentos las empresas de nanotecnología? ¿Es probable crear alternativas de mercados nanotecnológicos en México con instrumentos de política? ¿Cuáles son los riesgos de utilizar nanotecnología? ¿Qué efectos contaminantes genera la nanotecnología?, entre muchas otras preguntas, sin embargo, este trabajo intento abrir un camino para generar más cuestiones en torno a la política y la nanotecnología.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, L. F. (1993) *La implementación de las políticas*. Ciudad de México, Porrúa.
- Barber, J., y Geoff, W. (1987) «Current policy practice and problems from a UK perspective» en *Economic policy and technological performance*. New York, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press.
- Chandler, A., Hagstrom, P., y Solvell, O. (1998) «The Dynamic Firm: The Role of Technology, Strategy, Organization, and Regions». Oxford University Press, NY. Cimav.
- CIMAV, (2008) *Diagnóstico y perspectiva de la nanotecnología en México. México*. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de <http://nanotech.cimav.edu.mx/data/files/documentos/Diagnostico%20y%20Prospectiva%20Nanotecnologia%20Mexico.pdf>.
- CONACYT, (2016) *Beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación*. Conacyt-Programa de Estímulos a la Inno-

10 Hasta 2012 según el estudio de Empresas de nanotecnología en México: hacia un primer inventario había 101 empresas de las cuales había 39 empresas identificadas en Nuevo León, seguidas de Distrito federal y Edo de México. (Záyago Lau *et al.*, 2013).

- vación. Recuperado el 12 de Abril de 2016 <http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-y-apoyos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion>.
- CONACYT, (2016) *CONACYT-FIT*. Obtenido de Convocatoria del Fondo de Innovación Tecnológica: Abril. <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-se-conacyt-innovacion-tecnologica/convocatorias-antiores-se-c/convocatoria-2015-1/9280-bases-convocatoria-fit-2015/file>.
- CONACYT, (2016) *Base de datos de beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación*. CONACYT. Recuperado el 23 de Febrero de 2016 de <http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-y-apoyos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion>.
- DOF, (2016) *Acuerdo por el que se expide el Programa Institucional 2014-2018 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. CONACYT. México: Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación.
- Dutrénit, G. (2008) «Política de financiamiento en investigación y desarrollo». En C. G. Nigrini, *Ciencia, tecnología e innovación* (págs. 137-169). Ciudad de México, Flacso México.
- Dutrénit, G., Capdeville, M. A., Puchet Anyul, M., Santiago, F., y Oliveira, V. C. A. (2010) *El sistema nacional de innovación mexicano: Instituciones, Políticas, Desempeño y Desafíos*. México: UAM. Textual.
- FCCT, (2006) *Bases para una política de Estado en Ciencia, tecnología e innovación en México*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. México.
- Flanagan, K., Uyarra, E., y Laranja, M. (2011) «Reconceptualising the ‘policy mix’ for innovation». *Research Policy*, 40, 702–713.
- Flores, L. (2015) «Nuevo Leon único estado que-tiene cluster-nanotecnología». *El economista*. 19 de Octubre

- <http://eleconomista.com.mx/estados/2015/10/19/nuevo-leon-unico-estado-que-tiene-cluster-nanotecnologia>.
- FONLIN, (2016) *Fondo de innovación de Nuevo León*. (I. d. Tecnología, Productor, y I2T2) Recuperado el 1 de Mayo de 2016, <http://fonlin.i2t2.org.mx>.
- Forbes, (2016) «Informe de gobierno: Gasto en ciencia y tecnología no alcanzará 1% del PIB en 2016». *Forbes*. Septiembre.
- Forbes, (s/f) Peña Nieto presume gastar mas en ciencia y tecnología que Fox y Calderon <https://www.forbes.com.mx/pena-nieto-presume-gastar-mas-en-ciencia-y-tecnologia-que-fox-y-calderon>.
- Garner, J., Nam, J., y Otto, R. (2002) «Determinants of corporate growth opportunities of emerging firms». *Journal of Economics and Business*, 54, 73-93.
- Grant, R. (1997) «The knowledge-based view of the firm: implications for management practice». *Long Range Planning*, 30, 450-454.
- Guy, K. P., Boekholt, P., Cunningham, R. H., Nauwelaers, y Rammer, C. (2009) *Designing Policy Mixes: Enhancing Innovation System Performance and R&D Investment Levels*. European Comission, DGRT, México.
- I2T2, (2016) *Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología*. I2T2: Obtenido 13 de Mayo <http://i2t2.org.mx>
- Innovation, (2006) *Diagnóstico y Prospectiva de la nanotecnología en México* <https://www.innovationpolicyplatform.org/content/mexico>.
- Ireland, R., Hitt, M., Camp, S., y Sexton, D. (2001) *Integrating entrepreneurship and strategic management actions to create firm wealth* (Vol. 15). EE.UU: Academy of Management Executive.
- Isaksen, A., y Remoe, S. (2001) «New approaches to innovation policy: some Norwegian examples». *European Planning Studies*, 9, 285-302.

- Lundvall, B.-Å. B. (2002) «National systems of production, innovation and competence building». *Research Policy* (31), 213-231.
- Lundvall, B.-A., y Borrás, S. (1997) «The Globalising Learning Economy: Implications for Innovation Policy». *Report from DG XII, Commission of the European Union*, Diciembre.
- OCDE -World Bank (2017) The Innovation Policy Platform. <https://www.innovationpolicyplatform.org/content/mexico>.
- Rodríguez, D. C. (2013) *Capacidades institucionales para el fomento a la innovación: El caso de Nuevo León*. Monterrey: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Rosales, M. A. (2013) *Incentivos a la Innovación para la Biotecnología Agroindustrial- Alimentaria en México*. Ciudad de México, Tesis para optar al grado de Doctora en Ciencias Sociales con especialidad en Economía y Gestión de la Innovación.
- Rueda, J. C. (2016) *Instrumentos de Política y la Secretaría de Desarrollo Económico de Nuevo León*. 12 de Marzo (A. G. Cerón, Entrevistador).
- Takeuchi, N., y Mora, M. E. (2011) «Divulgación y formación en nanotecnología en México». *MundoNano*, 4 (2), 59-64.
- Villavicencio, D. (2012) «Incentivos a la innovación en México: entre políticas y dinámicas sectoriales». En J. Carrillo, A. Hualde y D. Villavicencio (Coords) *Dilemas de la innovación en México*. Ciudad de México, Colegio de la Frontera Norte. Pag. 27-73.
- Villavicencio, D., y Arvanitis, R. (1994) «Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico. Reflexiones basadas en trabajos empíricos». *El trimestre económico*, XLI, 157-180.
- Yang, J. (2012) «Innovation capability and corporate growth: An empirical investigation in China». *Journal of Engineering and Technology Management*, 29, 34-46.

Záyago, E., y Foladori, G. (2012) «La política de ciencia y tecnología en México y la incorporación de las nanotecnologías». En E. Z. G. Foladori, *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*. México. Pág. 248.

EL PARADIGMA TECNOLÓGICO DE LAS TIC Y SU PAPEL EN LA CONFORMACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES

Raúl Arturo Alvarado López¹

INTRODUCCIÓN

La revolución de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), vigente al día de hoy, por sus características, ha evidenciado que puede aportar al cierre de las diferentes brechas económicas y sociales (por su potencial democratizador) y, mejor aún, ser una herramienta que ayude a dar solución de una manera más eficiente y novedosa a los grandes problemas que actualmente enfrenta la humanidad, ejemplo de esto son aquellos problemas derivados de la concentración de la población en las grandes urbes.

Según Hábitat III (2016), a pesar de que las ciudades representan sólo el 2% del territorio del planeta, en ellas se consumen el 75% de la energía generada y aportan aproximadamente el 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue examinar el tema del paradigma tecnológico de las TIC y su

¹ Doctor en Economía (Economía de la Tecnología) por la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM, Catedrático CONACYT, asignado al INFOTEC sede Aguascalientes (Laboratorio de Apropriación de Tecnologías de la Información y Comunicación), raul.alvarado@infotec.mx y raalvarado@conacyt.mx

papel en la inclusión social basada en los actuales visones urbanísticas, como son las Ciudades Inteligentes y Sostenibles.

Para tal propósito se realizó un análisis exploratorio y descriptivo del papel y relevancia de la revolución de las TIC y su relación con el desarrollo de la ciudad inteligente y sostenible, así como un breve panorama mundial de la situación que guarda este tipo de iniciativas. Lo anterior, con el propósito de seguir abonando al debate respecto a estas nuevas propuestas de gestión urbana.

La relevancia radica en reconocer la estrecha relación que existe entre el cambio técnico, la innovación y el crecimiento económico (progreso económico), reconociendo que la difusión de la innovación en muchos casos ha dejado algunas deudas pendientes, principalmente en los aspectos relacionados a la inclusión social y el medio ambiente (Alvarado, 2018). En este sentido, un aspecto importante radica en reconocer que, en antiguos paradigmas tecnológicos, el principal proceso de generación de valor y riqueza era la transformación de materias primas en productos, en tanto, en el actual paradigma, el conocimiento es el factor clave y distintivo que permite transformar insumos en bienes y servicios con mayor valor agregado y generar ventajas competitivas (Yoguel, 2014).

Algunas paradojas importantes de los actuales sistemas económicos en torno a los problemas medioambientales y la desigualdad social son, por ejemplo, la creciente necesidad de hacer frente a los requerimientos del mercado (mayores bienes y servicios) y la presión que ello genera al medio ambiente, así como el incremento de brechas sociales y tecnológicas, por mencionar algunas, de ahí la necesidad de buscar soluciones innovadoras que hagan compatible los intereses entre la esfera social, económica y ambiental.

En este sentido, las iniciativas de Ciudades Inteligentes y Sostenibles no tienen que ser vistas como un modelo de futuro lejano e inalcanzable, sino como una

necesidad a la realidad actual para lograr enfrentar los diversos desafíos de las sociedades, en donde las TIC jugarían un papel transversal como herramientas articuladoras que garanticen y, en su caso, faciliten la cohesión social, seguridad y sustentabilidad.

El capítulo se divide en cuatro apartados, en el primero se aborda el tema del paradigma tecnológico de las TIC, en el segundo se presenta la relación que existe entre las TIC y las Ciudades Inteligentes y Sostenibles como estrategia para la inclusión social. En el tercer apartado se aborda el tema de la apropiación social de las TIC y su relevancia para la conformación de Ciudades Inteligentes y Sostenibles, finalmente en el cuarto apartado se presenta un panorama general de las principales Ciudades Inteligentes y Sostenibles en el mundo, haciendo énfasis en las ciudades de América Latina.

UN CAMBIO DE PARADIGMA: LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LAS TIC

Hoy por hoy se reconoce que el cambio técnico y, por lo tanto, la innovación han derivado en grandes e importantes cambios en toda la esfera socioeconómica mundial, lo anterior fue claramente evidenciado desde la primera gran Revolución Industrial ocurrida en Inglaterra durante el Siglo XVIII. Tal como lo plantea Romero (2002), a diferencia de la tradicional división internacional del trabajo, sustentada en las ventajas comparativas de tipo natural (como lo describe la economía clásica), con las actuales revoluciones tecnológicas han surgido nuevas formas de organización, producción y en la exploración de tecnologías emergentes (como la biotecnología, la genética, la electrónica, la informática, etc.). Bajo esta línea, se reconoce que los cambios tecnológicos hoy son una premisa para tratar de entender y explicar las particularidades de la actual dinámica ambiental, social y económica.

Las revoluciones tecnológicas son la representación de aquellos cambios tecnológicos que surgen de manera radi-

cal y que, por lo tanto, no solo irrumpen en la esfera económica sino también social. De esta manera se llama revolución tecnológica porque no solo transforma y/o crea nuevos productos emergentes, sino además permea en las viejas industrias y los modos de organización social y empresarial, desplegando de esta forma, los límites de la productividad de toda la sociedad, a esto Pérez (2004) lo denomina paradigma tecno-económico.

Cada revolución tecnológica² tiene un doble poder, por un lado, nuevos productos y tecnologías (derivando en el surgimiento de nuevas industrias y empresas) y por el otro, un nuevo modelo organizativo y de tecnologías genéricas que a la vez permean en antiguas industrias, permitiendo de esta manera su revitalización y rejuvenecimiento (Pérez, 2004).

Hay que subrayar que la aparición de las nuevas tecnologías (así como sus beneficios) no ocurren de manera generalizada –ni en tiempo, ni en espacio– en todas las regiones del mundo, antes bien, ocurren sólo en un pequeño número de países (principalmente los más desarrollados), a los cuales Pérez (2007) los nombra como los «países núcleo», lo cual necesariamente implica rezagos en la difusión de las tecnologías y sus beneficios. Así mismo, hay que puntualizar que al interior de los países núcleo, con la aparición de un nuevo paradigma, no se garantiza la transformación económica y/o social global.

Lo anterior, ha dado como resultado profundas desigualdades entre naciones y/o regiones, generando o bien ampliando brechas entre países pobres y ricos, lo cual en diversos momentos de la historia ha derivado en la lucha de potencias

2 Según Pérez (2004), son cinco las grandes oleadas de desarrollo y sus paradigmas tecno-económicos: 1) la Revolución Industrial (1771), 2) la era del vapor y los ferrocarriles (1829), 3) la era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada ((1875), 4) la era del petróleo, el automóvil y la producción en masa (1908), y finalmente 5) La era de la informática y las telecomunicaciones (1971).

en diferentes ámbitos, tanto económicos como sociales. Sin embargo, hay que destacar que si bien las revoluciones tecnológicas han mostrado un lado negativo, también han logrado trascender no solo en los campos de la producción y los servicios, sino en la educación, las comunicaciones y las relaciones interpersonales (Romero, 2002).

En este sentido es que las trayectorias tecnológicas (y por lo tanto, los paradigmas tecnológicos) se enfrentan a diversas paradojas, por ejemplo, por un lado, a la continuidad o rupturas en las industrias emanadas de un nuevo conocimiento tecnológico y, por el otro, a la apropiación temporal de dicho conocimiento y, de esta manera, los beneficios económicos derivados de los monopolios temporales, así como la necesidad de la democratización de dichos beneficios (Dosi, 1982), esto es la difusión de los beneficios de la innovación no solo en la esfera económica, sino en la social y en la ambiental.

La revolución de las TIC se estableció inicialmente en un sistema tecnológico alrededor de los microprocesadores para diferentes usos y fines, la cual se ha ido transformando mediante diferentes innovaciones radicales e incrementales sucesivas como las computadoras, el *software* y el *internet* (solo por mencionar algunas), las cuales no sólo crearon un nuevo sistema con su propia trayectoria tecnológica, sino que se han ido interrelacionando y retroalimentando para seguir desarrollando nuevos productos, servicios y hasta nuevos mercados, como lo plantea Pérez (2004), así como diversas aplicaciones en diversos sectores. En este sentido, es importante reconocer el poder renovador del cambio técnico y, por lo tanto, de su capacidad para abrir nuevos espacios de intercambio, el cual debe de redirigirse, hoy más que nunca con una responsabilidad ética e integradora que promueva la creatividad en favor del medio ambiente y de todos los sectores de la sociedad (innovación más incluyente).

Hoy por hoy se reconoce entre las bondades del actual paradigma de las TIC sus potencialidades democratizado-

ras, es decir que cuentan con las características de poder ser generalizables y accesibles en más actividades económicas y sociales, en cada vez más regiones y, por lo tanto, en un mayor número de personas. Toda vez que las TIC han sido herramientas que no sólo han transformado la realidad económica, sino las interacciones sociales y sus formas de comunicación. Según Pérez y Sarrate (2011) las TIC, podrían ser promotoras del cambio social, al apoyar la eliminación de fronteras y barreras, al tiempo que encierran la capacidad de crear espacios plenos de oportunidades para invertir y construir.

En los últimos años se ha hecho cada vez más evidente que la evolución y despliegue de las TIC ha sido acelerada, no sólo en su grado de penetración y alcance económico, sino en el social, es decir, han logrado ser un núcleo de transformación, en donde la aplicación, la generación y la acumulación de conocimiento es un punto central, y de esta manera la tendencia apunta hacia una mayor generación y acceso de la información, en esta línea, el reto es hacer de las TIC un motor del desarrollo regional, del desarrollo sustentable y la inclusión social.

En este sentido, el concepto de innovación inclusiva cobra relevancia, por ejemplo, para Sampedro, «la innovación inclusiva es un concepto que podría caracterizar mejor las funciones de los distintos actores y los diversos procesos en el desarrollo de productos y nuevas formas de organización, de la gestión de la información y el conocimiento» (2013: 3), es así que el reto dentro de los procesos de innovación, es que éstos sean socialmente más inclusivos. Es decir, encontrar nuevas y mejores formas de dar respuesta a las necesidades sociales, principalmente aquellas que no están resueltas por el gobierno o el mercado. Bajo esta línea, Amaro y de Gortari (2016) plantean que la innovación inclusiva implica:

Mirar a la innovación como un mecanismo que, además de mejorar la productividad, ayuda a la resolución

de problemas, contribuye con el aprendizaje, refuerza el conocimiento local, pero también permite mejorar las condiciones de vida de los involucrados tanto a nivel económico, social y en muchas ocasiones ambiental (Amaro y de Gortari, 2016: 92).

Respecto al despliegue y desarrollo de las TIC han surgido nuevos campos en torno a su uso y aplicación, así como el desarrollo de nuevos conceptos, tales como el internet de las cosas, el *BigData*, computación en la nube, entre otras. Respecto al territorio y en concordancia con los elementos antes mencionados, surgen las iniciativas de Ciudades Inteligentes, tema que será abordado en los próximos apartados.

LAS TIC Y LAS CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES EN LA INCLUSIÓN SOCIAL

A más de dos siglos de la primera Revolución Industrial, y tan sólo unas décadas del invento de la computadora sobre un solo chip de silicio, de nuevo la humanidad se está «adaptando a los cambios abrumadores que fluyen de la comunicación acelerada», derivada de la actual revolución de las TIC, lo cual conlleva a que «en la medida en que la innovación se acelera, la tasa de cambio económico, social y político se acelera aún más» (Rothschild, 1997: 19) de lo cual no ha escapado la forma de vivir y la convivencia de la sociedad, lo que conlleva necesariamente procesos de adaptación al cambio (Alvarado, 2017).

Dicha adaptación al cambio implica garantizar un medio ambiente sano, la competitividad y el desarrollo, en donde el territorio juega un papel muy importante. En este sentido, hay que destacar que «la competitividad y el desarrollo de las regiones son definidos por la capacidad de generar organizaciones públicas y privadas dedicadas a la producción de bienes y servicios de alto valor y atracción del talento. La conformación de ciudades basadas en el conocimiento será el

factor que determinará la reorganización de las regiones y las localidades en la economía internacional» (Plascencia, *et al.*, 2012: 377) y bajo un escenario de alta vulnerabilidad.

En el actual contexto de las nuevas tecnologías, se ha hecho patente la necesidad de generar e implementar nuevos modelos de gestión urbana, los cuales deriven en la generación de nuevas oportunidades y dar solución a las diferentes necesidades (económicas, sociales, políticas y ambientales) a las que se enfrenta la población dentro de un espacio específico, como lo son las ciudades y las zonas metropolitanas, y por lo tanto, hacer de ellas verdaderos polos de innovación y desarrollo inclusivo.

Hay que subrayar que «las ciudades son el motor de crecimiento económico, contribuyendo con el 80% al PIB global» y en donde se concentra cerca del 60% de la población mundial, «pero también es en ellas donde se consume cerca del 75% de la energía global primaria y, por lo tanto, son responsables del 70% de las emisiones de GEI» (Hábitat III, 2016: 2), lo cual representa un problema global que hay que enfrentar de la manera más eficientemente y acelerada.

Además de garantizar la sostenibilidad y un medio ambiente sano, las ciudades deben de proveer otros componentes críticos en su funcionamiento, como es «la naturaleza multidimensional de la calidad de vida, que incorpora las necesidades básicas: agua, alimentos, vivienda, salud, empleos (economía), la protección y la seguridad, la educación, la cultura, la equidad social, la tecnología y la innovación» (UIT, 2014: 8). En este sentido es que las iniciativas de Ciudades Inteligentes y Sostenibles cobran relevancia, derivado de la necesidad de desarrollar estrategias innovadoras, no solo en la gestión, sino en el diseño y planificación del territorio.

Hasta el día de hoy el concepto de Ciudades Inteligentes y Sostenibles (y otras denominaciones como Ciudad Inteligente, *Smart Cities*, Ciudades del Futuro, Ciudades Digitales, etc.) no se encuentra del todo bien definido, sin embargo es

una realidad que en «el imaginario tecno-utópico de la ciudad inteligente influye fuertemente en los debates urbanos y en la configuración del urbanismo contemporáneo» (March, 2016: 1), como una necesidad que ayude a resolver los grandes problemas a los que se enfrentan las urbes alrededor del mundo.

Hay que puntualizar que en la instrumentación y funcionamiento de una Ciudad Inteligente, las TIC juegan un papel fundamental en los diferentes elementos que integran al modelo, tanto en la «logística y redes de la ciudad, transporte, entrega de servicios públicos básicos, sistemas de gestión ambiental, operación gubernamental, industrias dirigidas para la información como el sector financiero, así como la interacción de las personas» (Hábitat III, 2016: 2).

Así mismo, existen otros elementos importantes que se integran al concepto de las Ciudades Inteligentes y Sostenibles, los cuales no sólo tienen que ver con la infraestructura física sino con otros elementos de desarrollo y aplicación de las TIC, como son: el e-Gobierno y Gobierno Abierto (*Open Data*), computación en la nube, *Big Data* e internet de las cosas. Donde los objetivos centrales son transitar hacia la convergencia tecnológica y así garantizar la sostenibilidad, un mayor nivel de inclusión social, competitividad y seguridad.

Hoy por hoy es imposible negar que las TIC han marcado un inicio significativo e irrevocable de cambios en la forma en que las personas viven, «incrementando la prosperidad social, y han tenido un impacto significativo en el crecimiento y competitividad de las economías y las ciudades» (Hábitat III, 2016: 3). Sin embargo, el reto es hacer de estas tecnologías, verdaderas herramientas para generar las sinergias entre los diferentes actores con beneficios mutuos, es decir, aprovechar el potencial democratizador de estas tecnologías en favor de todos los estratos sociales y económicos.

En la transición hacia modelos de Ciudades Inteligentes y Sostenibles, resulta «esencial transitar a un enfoque integral que pueda implicar la creación de múltiples infraes-

estructuras, así como el fortalecimiento de la motivación para la participación del gobierno, la aplicación de la tecnología y la integración de los diversos sistemas de gestión de la infraestructura inteligente combinados con la colaboración ciudadana» (UIT, 2014: 8). Es decir, generar el sistema (ecosistema) adecuado que derive en una mejor calidad de vida sin tener que comprometer aún más al medio ambiente.

La realidad es que «las tendencias urbanísticas imponen la necesidad de enfoques estratégicos e innovadores para el diseño urbano, planificación, gestión y gobierno» (Hábitat III, 2016: 2) y en donde las TIC tienen un papel central como instrumento de inclusión social y sostenibilidad. En este sentido, el reto es alcanzar altos niveles de «inteligencia» a partir de la utilización intensiva y extensiva de las TIC y demás tecnologías disponibles, con especial énfasis en aquellos sectores prioritarios, tales como la educación, la salud, la seguridad, la economía, el abastecimiento energético, etc.

Un punto central (por lo menos en la teoría) de las iniciativas de Ciudades Inteligentes y Sostenibles, tienen como encomienda garantizar la inclusión social, sin dejar de lado la sostenibilidad ambiental y económica. Lo anterior, destacando que «las ciudades juegan un papel importante en la provisión de una serie de requerimientos para que los negocios sean exitosos, especialmente para la innovación y la competencia basada en la calidad» (Ziccardi, 2009: 146). De esta manera, uno de los retos de la sociedad actual es el de transitar a espacios de convivencia y desarrollo que hagan posible el cumplimiento de las crecientes exigencias de la ciudadanía sin tener que ejercer mayores presiones al medio ambiente o limitar la dinámica de crecimiento económico y bienestar social. Por tal razón en la Figura 1, se presentan los principales ejes o factores que debe atender una Ciudad Inteligente y Sostenible.

Figura 1. Ejes y factores de una ciudad inteligente y sostenible



Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión de Ciudades Digitales y del Conocimiento (2012).

Las Ciudades Inteligentes y Sostenibles buscan el despliegue de sistemas urbanos, que sirvan para el desarrollo socioeconómico y ecológico, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y para abordar los orígenes de la inestabilidad social en las ciudades y en general todos los problemas a los que se enfrentan dichas urbes. En este sentido, en la Tabla 1 se presenta una breve descripción de los grandes desafíos a los que tienen que atender los nuevos modelos de gestión urbana (inteligentes y sostenibles).

Tabla 1. Desafíos que atender por las ciudades inteligentes y sostenibles

Desafíos	Descripción
Económicos	La mejora de la competitividad local frente a los mercados regionales e internacionales, la diversificación de las actividades económicas, la superación de las desigualdades espaciales en la productividad y los ingresos, la superación de las presiones a la base de recursos debido al crecimiento de la población urbana.
Sociales	Garantizar la equidad, reforzar la cohesión social y territorial, garantizar la inclusión social, abordar las tensiones políticas y étnicas, aumentar la carga de la atención social de los adultos mayores, garantizar la disponibilidad de servicios para las diferentes comunidades de la ciudad y aprovechar el capital humano.
Ambientales	La protección de los recursos naturales y las áreas verdes, la reducción de las emisiones GEI, la reducción del consumo de energía y el uso intensivo de energías renovables (transitar a la generación distribuida), la degradación ambiental causada por la urbanización, gestión integral de los recursos.
Técnicos	El despliegue de infraestructura urbana integrada y plataformas de servicios, la seguridad de los sistemas y de los datos, aprovechamiento óptimo de la información interconectada para mejorar la eficiencia de las operaciones de la ciudad, contextualizar una solución y/o una buena práctica a las condiciones locales y producir/ofrecer soluciones escalables.
Servicios	Oferta adecuada de servicios (energía, agua y saneamiento) gestión integral de residuos sólidos urbanos, atender la presión sobre los sistemas de vivienda y transporte, seguridad pública, congestiones de tráfico, asegurar la construcción cada vez más amigables con el medio ambiente y la sociedad. El reto es mejorar la calidad de los servicios mediante la prestación de servicios innovadores.
Financieros	Asegurar disponibilidad de recursos financieros, garantizar la capacidad para atraer inversores, asegurar la construcción de edificios e instalaciones rentables, reducir los costos operacionales, y asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

Gobernanza	Impulsar la participación del sector privado en las estrategias de soluciones (definiendo dónde, cuándo, cómo deben ser involucrados), atraer talento; establecer un comité de gobierno con una amplia representación de los niveles gubernamentales y sectores sociales.
Institucionales	Marco normativo adecuado, la coordinación y alineación de los departamentos, la superación de la burocracia en las agencias gubernamentales, la atracción de profesionales de TIC calificados para la prestación de servicios.

Fuente: Elaboración propia a partir de Estevez, *et al.*, (2016, p. 119-120).

Hacer frente a dichos desafíos implica necesariamente la instrumentación y aplicación de diferentes políticas públicas con una visión integradora y sustentable, en donde las políticas de ciencia y tecnología tengan también una perspectiva de inclusión (innovación inclusiva) y, de ese modo, generar o expandir las capacidades y herramientas de los diferentes actores implicados. Es decir, impulsar nuevas políticas en donde puedan convivir diversos objetivos de los diferentes actores, como la competitividad, la productividad, la solución de problemas nacionales (locales) y la inclusión social (que garanticen más y mejores oportunidades). Para alcanzar tales objetivos Yoguel, plantea que:

El conocimiento y el desarrollo de procesos de aprendizaje se convierten, por lo tanto, en elementos clave en la generación de ventajas competitivas de los agentes económicos en especial en los países desarrollados, [pero de los que no escapan los países en vías de desarrollo]. Por lo tanto, las firmas, las redes y los sistemas de competencia territorial se constituyen en actores concretos de este proceso y pueden desarrollar ventajas competitivas en función de su capacidad de transformar distintas formas tácitas y codificadas del conocimiento (Yoguel, 2014: 291).

En este sentido, es fundamental y necesario incursionar en procesos de aprendizaje y, por lo tanto, en la construcción de capacidades tecnológicas locales, esto al considerar que «las TIC permiten o facilitan el acceso a la información, que se transforma en conocimiento sólo si existe un umbral de conocimientos mínimos en individuos, firmas, agentes locales, redes y sociedades» (Yoguel, 2014: 94). Lo anterior nos lleva a reconocer el carácter sistémico y transversal en la difusión de las TIC, en la generación y difusión del conocimiento y sobre todo en la inclusión social.

La democratización de las TIC y, por lo tanto, la inclusión social implica igualar derechos, dignificar condiciones de existencia, generar espacios de libertad y justicia, mejorar la calidad de vida, distribuir equitativamente los beneficios, por tal razón el territorio cobra relevancia, pero sobre todo la planificación y transformación de los actuales modelos urbanos. En este sentido, se plantea la necesidad de que «los modelos de desarrollo urbano adopten una planificación urbana abordada desde la inclusión social, desarrollo económico y protección del medio ambiente, implementar políticas públicas en pro de la sostenibilidad y aprovechar las TIC en la formulación e implementación de dichos planes» (Estevez, *et al.*, 2016: 12).

Por tal razón, y como se indicó anteriormente, antiguas revoluciones tecnológicas han dejado deudas pendientes, derivadas de las desigualdades (brechas) entre países/regiones ricas y pobres, de la cual no ha escapado la actual revolución tecnológica de las TIC, ejemplo de ello es la denominada brecha digital, término que si bien es cierto se encuentra aún en construcción, en términos generales hace referencia «al conjunto de conocimientos y tecnologías (específicamente las TIC) que no son fáciles de acceder para quienes son pobres» (Sar, 2004: 5) o pertenecen a determinados sectores de la sociedad y que de alguna manera por diversas condiciones se encuentran excluidos.

Bajo estas consideraciones, resulta pertinente introducir el concepto de la innovación inclusiva, la cual implica romper con la idea de que la innovación es un proceso lineal cuyo fin es la producción y reproducción de beneficios netamente económicos. Destacando que la «innovación inclusiva se refiere a la utilización de la innovación para satisfacer las necesidades de las personas que están en la base de la pirámide económica³», según la definición de Kurt Larsen (2002), especialista superior en Educación del Instituto del Banco Mundial (WBI, por sus siglas en inglés), quien destaca que los procesos de innovación deben otorgar a la sociedad (sobre todo a la menos favorecida) los bienes básicos, servicios y medios de subsistencia.

Es en este sentido, la necesidad de transitar hacia nuevos modelos de gestión urbana innovadores e inclusivos, ello como un requerimiento necesario y urgente para afrontar los desafíos a los que se enfrentan, no sólo las grandes urbes, sino todas las sociedades contemporáneas.

APROPIACIÓN SOCIAL DE LAS TIC EN LA CONFORMACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES

Destacando que la apropiación tecnológica busca lograr servirse del potencial de las tecnologías con el objetivo de generar valor (social, económico y hasta ambiental), donde las TIC, por sus características, pueden ser un elemento de integración o bien de exclusión en los diferentes ámbitos económicos y sociales. Subrayando que:

la apropiación, tiene que ver con el uso avanzado de las tecnologías y está orientada a la conformación e interconexión de espacios de creación y colaboración entre usuarios. Un adecuado nivel de apropiación per-

3 Desde el enfoque de Coimbatore Prahalad (2002), la base de la pirámide económica se refiere a la población en situación de pobreza y/o con una marcada desigualdad.

mitirá la utilización de estas herramientas tecnológicas para estimular el aprendizaje y desarrollo de habilidades que contribuyan a la creación de nuevo conocimiento (Cobo, s/f: 23).

Así la apropiación de las tecnologías es una estrategia que permite garantizar la competitividad y a la vez disminuir los rezagos en los diferentes niveles, lo cual requiere necesariamente habilidades, tanto del orden cognitivo, como de destrezas en el óptimo aprovechamiento de los recursos tecnológicos (acceso, uso y apropiación).

En este sentido, la puerta de entrada a la apropiación de las tecnologías es el aprendizaje, el cual requiere de una base cognitiva, es decir habilidades y destrezas en el aprovechamiento de los recursos tecnológicos, esto es desde la conceptualización de las capacidades tecnológicas, las cuales se consideran como «las habilidades para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes» (Kim, 2000, p. 2), son el elemento central del proceso de apropiación de la tecnología.

Sin embargo, el obstáculo, en particular en los países en vías de desarrollo, es la falta de procesos y cúmulos de aprendizajes y capacidades tecnológicas, destacando que la difusión y apropiación de las TIC requiere de habilidades interdisciplinarias y cognitivas orientadas a la resolución de problemas.

Cuando existen limitaciones previas en las capacidades endógenas (principalmente en las capacidades tecnológicas) imponen limitaciones relacionadas a:

- Acceso a los recursos.
- Capacitación.
- Condiciones sociales.
- Condiciones de género.
- Condiciones geográficas.

La apropiación social de la tecnología es, por lo tanto, «una forma de crear significado social desde las actividades cotidianas de la vida diaria» (Sagástegui, 2005: 15). Así existe un complejo entramado entre: necesidades, deseos, posibilidades y recursos (económicos y cognitivos). Más aún cuando se centra en un espacio territorial como es el caso de los entornos urbanos.

En este sentido, hay que considerar que la construcción de nuevas capacidades personales, de grupos de trabajo, de empresas y de redes, constituye una actividad sistémica que involucra procesos relativamente lentos y dificultosos; esa construcción requiere importantes procesos de aprendizaje en los que se da la articulación de los diferentes agentes involucrados, considerando que el aprendizaje es un proceso de acciones deliberadas y que se fortalecen mediante procesos colectivos (Bell y Pavitt, 1995).

Hoy más que nunca se reconoce que las ciudades podrían ser los «verdaderos motores y polos de iniciativas, estrategias y políticas incluyentes diseñadas para la efectiva implementación de las TIC en las distintas esferas de la sociedad» (del Castillo, 2014: 108-109). Destacando que si bien los espacios urbanos representan importantes desafíos, también representan ventanas de oportunidad para hacer frente a estos desafíos y problemáticas de nuestro tiempo (tales como el cambio climático) de una manera más eficiente.

Se destaca que las iniciativas de Ciudades Inteligentes y Sostenibles pueden generar las sinergias entre las diferentes esferas de la sociedad, al impulsar decisiones que permitan mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y de sus oportunidades. Esto al considerar a las TIC como herramientas generadoras y propiciadoras de desarrollo local, para lo cual se requiere necesariamente de las sinergias entre los diferentes actores dentro de los procesos de formulación y ejecución. Teniendo la finalidad de impulsar la inclusión, el bienestar y mayores oportunidades basadas en

los diferentes instrumentos que integran las TIC (del Castillo, 2014).

La realidad demuestra que uno de los retos de las sociedades actuales es el de transitar a espacios de convivencia y desarrollo que hagan posible el cumplimiento de las crecientes exigencias de la ciudadanía sin tener que ejercer mayores presiones al medio ambiente o limitar la dinámica de crecimiento económico y bienestar social.

PANORAMA GLOBAL DE LAS CIUDADES INTELIGENTES Y SOSTENIBLES

En la actualidad existen diferentes iniciativas y parámetros para tratar de medir las Ciudades Inteligentes y Sostenibles, tales como los estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes desarrollados por el Banco Interamericano de Desarrollo (Amar, 2016; Keon *et al.*, 2016a, 2016b; Schreiner, 2016; Gutiérrez, 2016; Toch y Feder, 2016), así como el grupo temático de Ciudades Inteligentes y Sostenibles de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (2014); la Comisión de Ciudades Digitales y del Conocimiento (2012), sólo por mencionar algunos. Hay que destacar que la mayor parte de dichos estudios tienen diferentes puntos de confluencia e interrelación en dimensiones como: el medio ambiente, economía, gobierno (gobernanza), acceso y uso de tecnología y la prestación de los servicios públicos.

Uno de los trabajos más reconocidos por el número de ciudades analizadas y los indicadores utilizados es el del Centro de Globalización y Estrategia de la Business School de la Universidad de Navarra, denominado Índice *Cities in Motion* (ICIM). Dicho índice evalúa 180 ciudades alrededor del mundo, donde se relacionan diez dimensiones para tratar de ubicar y analizar a las principales ciudades inteligentes, dichas dimensiones son: Economía, Cohesión Social, Capital Humano, Movilidad y Transporte, Tecnolo-

gía, Gobernanza, Medio Ambiente, Planificación Urbana, Proyección Internacional y Gestión Pública⁴.

En la edición 2017 del ICIM, y en ediciones anteriores, es la ciudad de Nueva York, la que se sigue ubicando en la primera posición, por encima de otras ciudades de los Estados Unidos de Norteamérica (USA) y ciudades europeas como Londres y París. En la Tabla 2 se presentan las ciudades que se ubican en las diez primeras posiciones, es decir las diez ciudades más inteligentes a nivel mundial, según el mencionado índice. En tanto que en la misma tabla se presentan las diez ciudades mejor evaluadas en para la región de América latina para la edición 2017, así como su posición global de las 180 ciudades evaluadas (IESE Business School, 2016).

Tabla 2. Panorama de las ciudades inteligentes 2016 (en el mundo y América Latina)

Las 10 ciudades más inteligentes en el mundo	
Ciudad	Posición global
Nueva York (USA)	1
Londres (RU)	2
París (Francia)	3
Boston (USA)	4
San Francisco (USA)	5
Washington (USA)	6
Seúl (Corea del Sur)	7
Tokio (Japón)	8
Berlín (Alemania)	9
Ámsterdam (Holanda)	10

4 Cada una de las dimensiones se encuentra integrada por la relación de diversos indicadores (entre nueve y cinco indicadores para cada dimensión), que son tomados tanto de fuentes internacionales como locales, por ejemplo, algunos de ellos son indicadores del Banco Mundial, Organización Mundial para la Salud, Euromonitor, 2thinknow, entre otras.

Las 10 ciudades mejor evaluadas en América Latina

Ciudad	Posición global
Buenos Aires (Argentina)	83
Santiago (Chile)	85
CDMX (México)	87
Medellín (Colombia)	96
Montevideo (Uruguay)	99
São Paulo (Brasil)	101
Córdoba (Argentina)	107
Monterey (México)	111
San José (Costa Rica)	112
Bogotá (Colombia)	113

Fuente: elaboración propia a partir del IESE Business School (2017).

Respecto a las ciudades de América Latina evaluadas, es claro que se alejan mucho de las ciudades líderes en el mundo, como se puede observar la ciudad mejor posicionada en América Latina es Buenos Aires, seguida de la ciudad de Santiago. En el caso de México en el Índice Cities in Motion (IESE Business School, 2017) únicamente se evaluaron tres ciudades: Ciudad de México, ubicada en la posición 87 a nivel global; Monterrey, en la posición 111, y además una ciudad más evaluada en el índice es Guadalajara, sin embargo queda fuera de las primeras diez posiciones de la región.

En este punto es importante subrayar la diferencia que existen entre las ciudades de los países desarrollados y de los países en vías de desarrollo, donde éstas últimas en la mayoría de los casos aún cuentan con menores niveles de calidad de vida, es decir servicios públicos de baja calidad, infraestructuras deficientes (en educación, salud, etc.), entre otras, lo cual se materializa en desigualdades sociales muy marcadas. A pesar de que existen avances con el actual escenario de las nuevas tecnologías, en particular las TIC, con el impulso de diversas políticas públicas, es claro que aún queda mucho por

hacer para alcanzar los niveles de desarrollo de las ciudades del primer mundo y acercarse a modelos integrales de Ciudades Inteligentes y Sostenibles.

Por lo anterior, resulta importante destacar que las potencialidades para América Latina en la transición hacia ciudades inteligentes y sostenibles son muchas, sin olvidar los desafíos, esto al considerar que la región es el área en desarrollo con mayor tasa de urbanización del planeta, donde se espera que en 2050 el 90% de la población habite en las mega ciudades (zonas metropolitanas). Las zonas metropolitanas (de más de 10 millones de habitantes) se han convertido en los puntos focales del desarrollo latinoamericano (Viewparking, 2018).

En el caso particular de México, mediante diferentes planes y programa tanto de los gobiernos, locales como estatales y federales, se ha impulsado la transición hacia Ciudades Inteligentes y Sostenibles, como es el caso de las ciudades estudiadas por el IESE Business School (2017), Ciudad de México, Monterey y Guadalajara, lo cual no es casualidad, ya que estas son tres de las ciudades más pobladas del país. Y bajo esta dinámica, ciudades como Puebla, Querétaro y León, han realizado esfuerzos importantes para ir avanzando en el enfrentamiento de sus diversos retos bajo iniciativas de ciudades inteligentes.

Hay que destacar que aún queda mucho por hacer en las ciudades de Latinoamérica y de México en particular, subrayando que cada ciudad tiene características específicas, tanto por su dimensión geográfica, tamaño de población, desarrollo económico, nivel tecnológico y recursos naturales. Y si bien sus problemáticas en muchas ocasiones les resultan comunes, estas siempre tendrán especificidades en su abordaje y su búsqueda de soluciones. En este sentido, es necesario de ir avanzando en los planes/programas locales y nacionales con el objetivo de escalar en la adopción de modelos de Ciudades Inteligentes y Sostenibles e ir cerrando las diferentes brecha económica y social, aún tan marcadas en las ciudades de países en desarrollo (Alvarado, 2017).

CONCLUSIONES

Las Ciudades Inteligentes y Sostenibles son un nuevo enfoque en las estrategias de desarrollo urbano, en donde las TIC juegan un papel coyuntural en el cumplimiento de los objetivos para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Hay que reconocer que la necesidad de transformar los entornos urbanos no es nueva, sin embargo, la urgencia en resolver los problemas a los que se enfrentan las grandes urbes, tales como la vulnerabilidad al cambio climático, el abastecimiento de servicios y garantizar el desarrollo social y económico, lo convierte en una prioridad.

En este sentido es que se busca reconocer, que en estas nuevas iniciativas de gestión urbana, pueden abonar a las crecientes necesidades de la población y al mismo tiempo enfrentar de una manera más eficiente y novedosa los problemas inherentes a las grandes concentraciones urbanas, así como, al propio crecimiento poblacional. Lo anterior con el despliegue de la actual revolución tecnológica de las TIC, pero sobre todo con su uso intensivo y extensivo, así como con el apoyo de las demás tecnologías disponibles.

Las Ciudades Inteligentes y Sostenibles buscan escalar el desarrollo económico, social y ambiental para mejorar la calidad de vida de la ciudadanía y mayor igualdad, es decir, colocar al ciudadano en el centro. Esto se puede observar hoy en día en diversas ciudades, principalmente de países desarrollados, con la implementación de diversas políticas públicas, pero sobre todo con la concientización y la participación ciudadana.

Para que estos modelos logren fortalecerse y extenderse en América Latina y otras regiones del mundo en vías de desarrollo, se requiere necesariamente acelerar los procesos de aprendizaje, construcción y acumulación de capacidades tecnológicas locales, lo cual implica incursionar y acelerar los procesos de colaboración entre los diferentes actores y en los diferentes ámbitos. Porque la transición hacia mode-

los de Ciudades inteligentes y Sostenibles no le corresponde solo a los gobiernos y el sector productivo, ya que, bajo estas iniciativas, la ciudadanía juega un papel central en la toma de decisiones, es decir colocar al ciudadano en el centro.

Para alcanzar dichos objetivos, los procesos de innovación juegan un papel determinante, destacando que, si bien la innovación es un indiscutible impulsor de la productividad y la competitividad, el reto es hacer de estos procesos de difusión un detonante para reducir la desigualdad y la pobreza, esto en concordancia con los principios de la innovación inclusiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, R. (2018) «De la teoría del crecimiento económico hacia un cambio de paradigma tecnológico sustentable», en *Administración y Organizaciones*, Núm. 38(20), México, Recuperado de <https://publicaciones.xoc.uam.mx/MuestraPDF.php>.
- Alvarado, R. (2017) «Ciudad inteligente y sostenible: una estrategia de innovación inclusiva», en *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, Núm. 7(13), México, Recuperado de <http://www.udgvirtual.udg.mx/paakat/index.php/paakat/article/view/299/pdf>.
- Amar, D. (2016) *Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes – Medellín, Colombia*, Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/7716>.
- Amaro, M. y R. de Gortari, (2016) «Innovación inclusiva en el sector agrícola mexicano: los productores de café en Veracruz». *Economía Informa*, vol. 400, pp. 86-104. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185084916300342>.

- Bell, M. y K. Pavitt (1995) «The Development of Technological Capabilities», en I.U. Haque (Ed.), *Trade, Technology and International Competitiveness*, Washington, The World Bank, pp. 69-101.
- Cobo, C. (s/f) *Aprendizaje adaptable y apropiación tecnológica: reflexiones prospectivas*. FLACSO-México. Recuperado de: http://www.laisumedu.org/DESIN_Ibarra/autostudio3/ponencias/ponencia33.pdf.
- Comisión de Ciudades Digitales y del Conocimiento, (2012) *Smart Cities Study: Estudio internacional sobre la situación de las TIC, la innovación y el conocimiento en las ciudades*. Bilbao. Recuperado de http://www.socinfo.es/contenido/seminarios/1404smartcities6/04-BilbaoSmartcitiesstudy_es2012.pdf.
- Del Castillo, A. (2014) «La inversión en TIC para el desarrollo local. Una mirada compuesta en torno a las ciudades digitales», en *Revista Digital de Derecho administrativo*, Num. 12. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, pp. 105-140. Recuperado de <http://revistas.uexternado.edu.co/index.php/Deradm/article/view/3996/4297>.
- Dosi, G. (1982) «Technological paradigms and technological trajectories: the determinants and directions of technical change and the transformation of the economy», en *Research Policy*, Num. 11.
- Estevez, E., N. Lopes and T. Janowski (2016) *Smart Sustainable Cities: Reconnaissance Study*. United Nations University Operating Unit on Policy-Driven Electronic Governance, 2016: 119-120. Recuperado de: http://collections.unu.edu/eserv/UNU:5825/Smart_Sustainable_Cities_v2final.pdf.
- Gutiérrez, Jaime (2016) *Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes – Santander*, España, Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/7717>.

- Hábitat III, (2016) *Documento temático sobre Ciudades Inteligentes*, Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible, Quito, pp. 1-13, Recuperado de <https://observatoriohabitat3dotorg.files.wordpress.com/2016/05/6-4-ciudades-inteligentes.pdf>.
- IESE Business School, (2017). «Índice IESE Cities» en *Motion*. Recuperado de <https://www.iese.edu/research/pdfs/ST-0442.pdf>.
- Keon, Sang; Rain, Heeseo; Cho, HeeAh; Kim, Jongbok; Lee, Donju (2016a) *International Case Studies of Smart Cities – Orlando*, United States of America, Inter-American Development Bank. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/7725>.
- Keon, Sang; Rain, Heeseo; Cho, HeeAh; Kim, Jongbok; Lee, Donju (2016b) *International Case Studies of Smart Cities – Singapore*, Republic of Singapore, Inter-American Development Bank. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/7723>.
- Kim, L. (2000) *La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización*, Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/limsu.pdf>.
- March, H. (2016) «The Smart City and other ICT-led techno-imaginaries: Any room for dialogue with Degrowth?» en *Journal of Cleaner Production*, Barcelona, pp. 1-10. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616314950>.
- Pérez, C. (2007) «El cambio de paradigma en las empresas como proceso de cambio cultural», en Casas, R. *et al.* (Coord.) *Acumulación de capacidades tecnológicas, aprendizaje y cooperación en la esfera global y local*, UAM, Adiat, Miguel Ángel Porrúa, México, pp. 29-42.
- Pérez, C. (2004) *Revoluciones tecnológicas y capital financiero*. México: Siglo XXI.

- Plascencia, I. *et al.* (2012) «Innovación institucional en Baja California: planteamiento y evolución en la conformación de un ecosistema regional de innovación, 2009-2011», en Jorge Carrillo, *et al.* (coord.) *Dilemas de la innovación en México, dinámicas sectoriales, territoriales e institucionales*, COLEF, Tijuana, México, pp. 377-410.
- Prahalad, C. (2002) «Strategies for the bottom of the economic pyramid: India as a source of innovation». *Reflections*, vol. 3, num. 4.
- Romero, A. (2002) *Globalización y pobreza*. Ediciones Unariño, Universidad de Nariño, Colombia.
- Rothschild, M. (1997) *La bionomía: economía como ecosistema*. México: EDAMEX.
- Sagástegui, D. (2005) *La apropiación social de la tecnología. Un enfoque sociocultural del Conocimiento*, Universidad de Guadalajara. Recuperado de: <http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n49/bienal/Mesa%2012/DianaSagastegui.pdf>.
- Sampedro, J. (2013) «Innovación inclusiva con instituciones inclusivas». Ponencia presentada en la *Conferencia internacional LALICS 2013*, Brasil. Recuperado de http://www.redesist.ie.ufrj.br/lalics/papers/138_Innovacion_inclusiva_con_instituciones_inclusivas.pdf.
- Sar, A. (2004) *La brecha de conocimiento y la brecha digital*, Universidad Nacional de General Sarmiento, Argentina, pp. 1-7.
- Schreiner, C. (2016) *Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes – Rio de Janeiro, Brasil*, Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/7727>.

- Toch, Eran y Feder, Eyal (2016) *Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes – Tel Aviv, Israel*, Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/handle/11319/7718>.
- UIT, (2014) *Una visión general de las ciudades inteligentes sostenibles y el papel de las tecnologías de la información y comunicación*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recuperado de http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Overview-SSC-espanol.docx.
- Yoguel, G. (2014) «Información y conocimiento: las vinculaciones entre difusión de TIC y competencias tecnológicas», en Valenti, G. y M. Casalet (Coord.), *Instituciones, sociedad del conocimiento y mundo del trabajo*, FLACSO, México pp. 287-316.
- Ziccardi, A. (2009) «Ciudades competitivas: sobre la competitividad urbana y la cohesión social». En Enrique Cabrero (coord.), *Competitividad de las ciudades en México: la nueva agenda urbana* (pp. 131-166). México: CIDE-Secretaría de Economía.
- Viewparking, (2018) *Las ciudades inteligentes latinoamericanas* <http://viewparking.net/las-ciudades-inteligentes-latinoamerica> (Fecha de consulta: septiembre de 2018).

LA AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL DEL ÍNDICE DE CAPITAL INFORMÁTICO EN LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN

Miguel Ángel Viana Dzul¹
Ruby de los Ángeles Pasos Cervera²
y Lizbeth Noemí Fernández Chalé³

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) el día de hoy juegan un papel importante en el desarrollo. Acceder a la información por medio de las TIC permite luego entonces a las personas, empresas, gobiernos, ciudades, regiones y países tener una ventaja competitiva que se traduce en crecimiento y desarrollo económico.

Es bien sabido que la utilización de la información permite a las sociedades escalar en el proceso de desarrollo, al pasar de sociedades de la información, a sociedades del conocimiento, siendo que la información se traduce en conocimiento, y este a su vez en innovación, la cual se incorpora al proceso productivo, convirtiéndose en fuente de crecimiento y desarrollo.

1 Profesor Investigador. Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Yucatán (FE-UAY). miguel.viana@correo.uady.mx.

2 Profesora Investigadora. FE-UAY. pcervera@correo.uady.mx.

3 Profesora Investigadora. FE-UAY. Lizbeth.fernandez.@correo.uady.mx.

El capital, como factor productivo, es un componente importante en la producción. Traducido en medios de producción, como podrían ser las TIC, se transforman en un catalizador que permite incrementar la productividad de personas, empresas, gobiernos, ciudades, regiones y países, convirtiéndose en competitividad.

Las ciudades como espacio de interacción de recursos, se convierte en centro para la concentración de recursos de la producción. Las teorías de la localización mencionan que las ciudades son fuentes de recursos, pero a su vez, mercados. Sin embargo, las ciudades cuentan con características particulares, provocando que los recursos no se distribuyan de manera homogénea en el territorio. Por consecuencia, la concentración de ciertos recursos se debe a factores económicos, sociales y políticos, y por ende la existencia de la dualidad económica en un espacio territorial.

La ciudad de Mérida, Yucatán, es la más importante de la región sureste de México. Solo Mérida concentra el 75% del PIB y el 51% de la población del estado de Yucatán. En cuanto a los índices de competitividad, se encuentra entre los quince primeros lugares según el Instituto Mexicano de la Competitividad (IMCO). Se requiere de estudios específicos sobre los factores que permitan la competitividad. Esta investigación, se basa en el estudio del capital informático de la ciudad de Mérida, para determinar la existencia de ciertos patrones de concentración que, a su vez, deriven en la concentración de actividades económicas relacionadas con las TIC mediante el uso del análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la autocorrelación espacial.

MARCO TEÓRICO

Las TIC, desarrollo y la brecha digital

Un factor importante para el desarrollo humano, desde tiempos atrás, es la información. Convertir la información en conocimientos es un gran desafío, por la cual ha permitido tran-

sitar a las sociedades modernas de sociedades de información, a sociedades del conocimiento, adecuando dicho conocimiento a los retos actuales.

Las TIC pueden entenderse como «todas aquellas tecnologías de redes, telecomunicaciones e informática (teléfono, televisión, radio, Internet, computadoras, etc.) que, de manera directa o indirecta, influyen en nuestro nivel de vida y educación» (Martínez, Ascencio, y Serrano, 2005).

En la actualidad, las TIC son necesarias para existir y sobrevivir y no ser marginado, ante la vertiginosa velocidad en la transmisión de la información. Asimismo, la interactividad es otra de las cualidades del conocimiento y es sustentada por las TIC.

El uso diario de las TIC ha venido a transformar de manera sutil la vida del ser humano, la cual se ve reflejada en todos los aspectos de la vida cotidiana, el trabajo, esparcimiento, aprendizaje, salud, pensamiento, etc. En la actualidad, las TIC se han incorporado a las estructuras de las sociedades de manera casi imperceptible, ya que únicamente se nota cuando falla temporalmente o desaparece.

La importancia sobre el acceso a las TIC y su relación con las desigualdades en el desarrollo son los temas principales en el debate sobre los beneficios y riesgos del proceso de globalización. Las TIC son un elemento muy importante en el proceso de globalización. Los flujos de bienes tangibles o intangibles se han incrementado exponencialmente, han permitido conectar personas en redes, sin que las fronteras geográficas sean un obstáculo, pero además, a un costo bajo (Del Rio, 2009).

Acceder a la información permite a las personas evaluar oportunidades, que les permita crecer y desarrollar, mejorar su bienestar económico y social, tanto de manera individual como colectiva. De igual forma acceder a la información permite a la sociedad tener una participación activa en la economía, en el gobierno, y más aún, en los temas del desarrollo.

La interacción a la hora de compartir información entre los agentes de la sociedad, logra superar barreras en la transmisión de la comunicación, incentiva el intercambio de ideas y fomenta la cooperación. (Del Rio, 2009)

En 2004 la Agencia Suiza de Cooperación para el Desarrollo elaboró un marco conceptual sobre el papel de las TIC en el desarrollo. Los principales elementos identificados fueron: i) el acceso a la información y el conocimiento y ii) la comunicación para el desarrollo y el cambio social. Asimismo se establecen tres dimensiones claves en accionar del TIC4D, las cuales son (SCD, 2004).

- Acceso: empleo de las TIC para facilitar el acceso a informaciones relevantes y el intercambio de conocimientos por parte de todos los participantes.
- Redes y comunicación (*networking*): empleo de las TIC en la construcción de redes y en la comunicación humana, y creación de iniciativas de diferentes partes interesadas (*multi-stakeholder partnerships*) para lograr un efecto a un nivel superior (*Upscaling*).
- Voz/comunicación: empleo de las TIC para dar una voz a todos los grupos de población sin excluir a los pobres, marginados y desfavorecidos, bien en los procesos de decisión, bien para que puedan presentar por sí mismos su cultura, visión y propuestas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés) en 1996 publicó el documento denominado «La UNESCO y la sociedad de información para todos» en el cual se establecen las directrices de un proyecto en los temas de educación, científico y cultural, y su vinculación con las TIC. Basados en resoluciones de la Asamblea General de la ONU, en lo referente a la libertad en la transmisión de ideas a través de la voz e imagen, los países miembros tienen la obligación de impulsar la cooperación internacional en la difusión en el acceso a las TIC, con el propósito de reducir

la desigualdad entre los países desarrollados y subdesarrollados.

En el documento denominado «Hacia las sociedades del conocimiento» de la UNESCO, se hace referencia de que las TIC deben tener la capacidad de «identificar, producir, tratar, transformar, difundir y utilizar la información con vistas a crear y aplicar los conocimientos necesarios para el desarrollo humano» (UNESCO, 2015). De ahí que las TIC sean hoy en día el medio para pasar de una sociedad de la información, a una sociedad del conocimiento.

Las TIC han contribuido en el desarrollo humano para reducir la brecha digital entre individuos y comunidades, sin embargo, todavía existen obstáculos para acercar los beneficios de las TIC a todos. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) define la brecha digital como «la distancia entre individuos, áreas residenciales, áreas de negocios y geográficas, en los diferentes niveles socio-económicos, en relación con sus posibilidades de acceder a las nuevas tecnologías de la información y comunicación, así como el uso del Internet, lo que acaba reflejándose en diferencias entre países, como dentro de ellos» (OCDE, 2001).

La «brecha digital» (o *digital divide* en inglés) puede ser definida como «la separación que existe entre las personas, comunidades, estados, países, etc. con respecto al acceso a las TIC y su uso».

En un concepto más amplio, la brecha digital no sólo es la falta de acceso las TIC, sino que también involucra el impacto sobre la vida de las personas. El acceso y uso de las TIC conlleva la existencia de tres instancias: la disponibilidad de infraestructura, accesibilidad a una oferta de servicios tecnológicos, y poseer habilidades y conocimiento para un uso adecuado de la tecnología (Martínez, Ascencio y Serrano, 2005).

Asociada a la brecha digital, existen otro tipo de desigualdades o disparidades entre individuos, ciudades, países y regiones, que no están exentas de padecer los efectos, sino

que están altamente correlacionados. Entre las brechas se pueden mencionar:

- La brecha de razas; la raza asiática y blanca, tiene mejores niveles de vida que la negra y latina, por lo tanto, tiene más posibilidades de acceder a las tecnologías.
- La brecha geográfica; esta se puede ver desde dos contextos: local y global. En el primer caso las personas que viven en áreas urbanas tiene más oportunidades de acceder a las TIC que aquellas que viven en la periferia o áreas rurales. En el segundo caso, los países del norte (Europa, Asia y Norteamérica) tiene mayores recursos que los países del sur (en la mayoría de ellos en vías del desarrollo), y por lo tanto, tiene más posibilidades de acceder a las TIC.
- La brecha de ingresos; que explica de aquellas personas que tienen más ingresos económicos tienen mayor acceso a la tecnología, por lo tanto, mayores posibilidades de alcanzar un nivel de educación alto.
- La brecha de género; las disparidades entre hombres y mujeres es muy marcada hasta el día de hoy en algunos países, principalmente en desarrollo, esta disparidad es muy marcada, ya que las mujeres tienen menos posibilidades de acceder a las TIC que los hombres.
- La brecha del idioma; plantea que para acceder a las TIC se requiere preferentemente el idioma inglés, que es el más usado en el mundo.

La brecha digital ha venido adquiriendo otras lecturas, principalmente a la disponibilidad del conocimiento sobre la apropiación socio territorial de las TIC. Al ubicar sus inicios desde una perspectiva de disponibilidad de artefactos y servicios, la brecha digital se deslizó hacia un enfoque de accesibilidad, para desembocar en la actualidad en los determinantes que favorecen o no a la regularidad y la eficacia en el involucramiento de la sociedad en el entorno digital (Eddine, 2015).

DiMaggio y Hargittai (2001) mencionan que existen desigualdades en el aprovechamiento de las TIC, que a su vez, generan diferentes tipos de usuarios. El hecho que las personas tengan diferentes habilidades y destrezas en el manejo de la información disponible, puede llevar a tener ventajas económicas entre los diferentes usuarios de las TIC. Por consiguiente, la brecha digital es equivalente a decir que es una forma de desigualdad socio-económica, a partir de la apropiación de las TIC (Ono y Zavodny, 2007).

Toudert, mencionando a Epstein, Nisbet y Gillespie, así como a Hilbert, dice que la apropiación socio territorial de las TIC parte del discurso de la teoría de la modernización, bajo el auspicio de la acción pública. Relacionar el uso de las TIC con el progreso colectivo e individual, lleva como consecuencia a que exista conflicto entre lo moderno y lo tradicional, provocando que la propagación y adopción de las TIC se considere como propósitos para el desarrollo (Eddine, 2013).

Los diferentes enfoques sobre la importancia social y territorial en el acceso a las TIC encuentran en la brecha digital un marco ideal para la identificación de barreras que limitan el acceso a las TIC. Siendo que la brecha digital es un problema complejo y multifactorial, prácticamente lo sustentan en la falta de artefactos y servicio de Internet (Eddine, 2013). Lo anterior es el soporte principal del discurso, por el cual, la masificación es lenta y por tanto la apropiación social y territorial es inadecuada. Es por eso que la brecha digital es un elemento externo a la universalidad en el acceso a las TIC.

CAPITAL INFORMÁTICO Y LOCALIZACIÓN

Otro de los conceptos a desarrollar en este marco teórico, es el capital informático. Se entiende como capital, aquel factor productivo, referente a los medios de producción (que incluye bienes tangibles e intangibles) que, a su vez, elaboran bienes. En el contexto actual el factor productivo no solo se refiere al capital tangible, sino también capitales intangibles como el ca-

pital social y humano, que interviene en los procesos productivos de manera significativa. La teoría económica habla de que a mayor incorporación de unidades de capital, mayor será la producción, pero con rendimientos decrecientes. Bajo esta lógica, el capital informático, es una forma de capital, contextualizándolo en una economía del conocimiento, que permite el incremento en la producción. Mientras mayor acervo se posea de capital informático mayor será la producción.

Vinculado con los conceptos antes vistos, se observa una alta correlación del capital informático con el tema de desarrollo. Las personas, empresas, ciudades, regiones y países que tengan mayores acervos de capital informático, ya sea que dispongan o desarrollen, tendrán como consecuencia mayores volúmenes de producción, por ende, mayor crecimiento y desarrollo económico.

Se hace necesario mencionar que el capital informático, planteado en esta investigación, parte del supuesto de que, en una región, la población dispone de cierta cantidad de bienes (radio, televisión, computadoras, internet) considerados como medios para acceder (unas más que otras) a la información, que permitan el crecimiento y el desarrollo.

En el ámbito geográfico, la concentración de recursos determina la ubicación de una actividad económica. Max Weber, desarrolló una teoría de localización industrial basada en dos variables fundamentales: distancias y costo de transporte. Una industria se puede localizar en el lugar de los recursos o en los mercados, según cuatro factores: la distancia a los recursos naturales, la distancia a los mercados, el costo de la mano de obra y las economías de aglomeración (Weber, 1909).

Walter Christaller en 1933 desarrolla su teoría de localización denominada «lugares centrales», en la cual se concentran actividades económicas y poblaciones. Esta teoría parte del supuesto de que las actividades económicas se concentran en los lugares centrales, los cuales se entienden como concen-

tracción de empresas en un mismo espacio geográfico, poseen áreas de mercados casi iguales (Christaller, 1966).

La teoría de los lugares centrales permite explicar dos fenómenos del desarrollo urbano. Por una parte, los asentamientos poblacionales son distribuidores óptimos de bienes y servicios. Por otra parte, la distribución de bienes y servicios en el espacio de los centros urbanos. Las empresas tenderán a ubicarse en los centros geográficos de los mercados, como parte de un interés a reagruparse, en virtud de la existencia de economías de escala y costo de transporte. (Christaller, 1966).

En consecuencia, la existencia de aglomeración de un factor, como el capital informático, hará que la actividad económica relacionada con las TIC se concentre alrededor de ella. (Weber, 1909)

MÉXICO Y LA BRECHA DIGITAL

Para el año 2014 en México el 38.6% de los hogares tenía computadoras y el 34.4% tenía conexión a Internet según la Encuesta Nacional de Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2017). Asimismo, 94.9% poseía televisor; 38.1% tenía suscripción a la televisión de paga; 63.4% de los hogares contaba con servicio de telefonía, ya sea fija o móvil; 73.3% tenía radio; y el 99.5% de los hogares tenía energía eléctrica.

En cuanto a los usuarios, para el 2014 el 46.3% de la población de México era usuaria de la computadora; 44.4% era usuaria de Internet; 63.0% contaba con servicio de telefonía móvil. En cuanto al sexo de los usuarios de computadora el 50.3% eran hombres y 49.7% eran mujeres; el 50.1% de los usuarios de Internet eran hombres y mujeres 49.9%. El grupo de edad de 12 a 17 años eran los principales usuarios de las computadoras e Internet, con el 23.3% y 23.4% respectivamente.

Para el caso de Yucatán en 2015, 43.3% de los hogares contaban con computadora; 47.3% tenían conexión a Internet; 73.5% contaba con servicio de telefonía celular; 55.5% contaba con servicio de televisión por cable. En cuanto a los usuarios 48.2% de la población del estado era usuario de computadoras, de los cuales 53.1% eran hombres y 46.9% mujeres; 61.7% de la población era usuaria de Internet, de los cuales 51.3% eran hombres y 48.2% mujeres.

En lo que respecta a la ciudad de Mérida, para el 2015 el 50.9% de la población de la ciudad era usuaria de computadora, de los cuales el 53.3% eran hombres y 46.7% mujeres; el grupo de edad que más empleaba la computadora es 25 a 34 años con el 22.5%; el nivel de estudio de preparatoria es el que mayor uso hace de la computadora, con el 31.1% de los usuarios

En lo referente al Internet, 73.3% de la población de la ciudad de Mérida era usuaria del Internet; 50.1% de los usuarios de Internet eran hombres, mientras que el 49.9% mujeres; el grupo de edad 25 a 34 años eran los mayores usuarios de Internet con el 22.5%; por nivel de educación, las personas que cursaban la preparatoria eran los mayores usuarios de Internet, con el 29.6%.

En telefonía celular, 83.2% de la población de la ciudad cuenta con servicio de telefonía celular; el 52.2% de usuarios de celular son mujeres, mientras que el hombre representa el 47.8%; es el grupo de edad de 25 a 34 años son los mayores usuaria de telefonía celular con el 20.8%; la preparatoria es el nivel educativo que más utilizan la telefonía celular con el 28.5% de los usuarios; el 77.8% de los usuarios de conexión móvil a Internet lo hace mediante un teléfono inteligente y el 81.3% de los usuarios de telefonía celular utiliza un *smartphone*.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada para esta investigación consiste en generar un índice, al que posteriormente se aplica la autocorrelación espacial mediante la técnica de Índice de Moran Local, en la modalidad Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA) para demostrar la existencia de patrones de concentración del capital informático en la Ciudad de Mérida. De manera posterior, y para demostrar la existencia de concentración de la actividad económica en torno al capital informático, se utiliza un Sistema de Información Geográfico (SIG) el cual contiene las empresas de actividades relacionadas con las TIC, y se determina visualmente la relación entre el Índice de Capital Informático (ICI) y la actividad económica.

En una primera instancia, se determinaron las variables que serán utilizadas en la elaboración del índice. Para eso se recurrió a la base de datos del Censo de Población y Vivienda 2010, del INEGI (2017), la cual estaba a nivel de desagregación de AGEB (Área Geoestadística Básica) y cuya presentación es por medio de un SIG. Para el año de 2010, la ciudad de Mérida contaba con 409 AGEB. Los datos seleccionados para la construcción de los indicadores por su relación con el capital informático fueron siete:

1. Viviendas totales.
2. Viviendas con radio.
3. Viviendas con televisión.
4. Viviendas con teléfono fijo.
5. Viviendas con celular.
6. Viviendas con computadora personal.
7. Viviendas con acceso a internet.

Con dicha información se procedió a generar los indicadores que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Indicadores generados para el Índice de capital informático

Siglas	Nombre de la indicador
PVivRa	Porcentaje de viviendas con radio
PVivTv	Porcentaje de viviendas con televisión
PVivTel	Porcentaje de viviendas con teléfono fijo
PVivCel	Porcentaje de viviendas con celular
PVivComp	Porcentaje de viviendas con computadora personal
PVivAccInt	Porcentaje de viviendas con acceso a internet

Fuente: Elaboración propia. Información del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010).

El ICI es un algoritmo que permite reunir una cantidad de variables disímiles (en escala y unidades de medida) de manera ordenada, las cuales procuran dar cuenta de los principales fenómenos asociados a la capacidad potencial del sistema económico regional.

A partir de un análisis de la información disponible, se requiere seleccionar el grupo de variables que en su conjunto reflejen el capital informático, siendo aquellas que muestran la disponibilidad por vivienda de instrumentos para acceder a las TIC. Posteriormente, se determina el nivel territorial de desagregación de información a utilizar a lo cual se llama unidad de observación.

Dada la gran diversidad de escalas y metodologías de construcción de las variables, se opta por llevarlas todas a una graduación única y común que varía entre 0 y 1. Esto se logra haciendo la razón entre la distancia efectiva y la distancia máxima, es decir, la distancia que desde el valor mínimo recorre una variable hasta cierto punto, y la máxima distancia que transita. Así, la fórmula general de estandarización que se aplica a las variables es:

$$Z_i = \frac{X_i - \min(X_i^j; \forall_j, j = 1, \dots, n)}{\max(X_i^j; \forall_j, j = 1 \dots n) - \min(X_i^j; \forall_j, j = 1 \dots n)}$$

Para la construcción del ICI y de sus respectivos valores por AGEB se realizó la sumatoria de todos los componentes y se divide entre el número total de componentes, estos son seis:

$$ICI_i = \frac{PVivRa + PVivTv + PVivTel + PVivCel + PVivComp + PVivAcInt}{6}$$

Una vez obtenida la información del ICI, se introducen los datos al software QGIS para generar un SIG conteniendo la representación en el territorio. Se requiere establecer los rangos de concentración de capital informático (para el ICI). El SIG arroja un mapa del territorio que muestra espacialmente la distribución del ICI con colores que identifican los rangos previamente establecidos.

La siguiente etapa de la investigación consistió en determinar la concentración del ICI mediante la autocorrelación espacial (AE) que es la concentración o dispersión de los valores de una variable en un mapa. La AE refleja «el grado en el que objetos o actividades en una unidad geográfica son similares a otros objetos o actividades en unidades geográficas próximas» (Goodchild, 1987). Este tipo de autocorrelación prueba la primera ley geográfica de Tobler (Miller, 2004) de que «todo está relacionado con todo lo demás, pero que las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes».

El estudio de la autocorrelación espacial permite mapear cómo se distribuye el ICI en la ciudad de Mérida e identificar la presencia de conglomerados, es decir, identificar zonas donde se agrupan unidades territoriales con altos niveles de concentración (*hot spots*). La identificación de conglomerados calientes (*hot spots*) se hace por medio de los Indicadores LISA.

Para esta investigación se utilizó el Índice de Moran local, que al igual que el indicador global, varía entre -1 y +1, representando el grado de correlación del indicador de una unidad territorial, con los indicadores de sus vecinos. Como resultado, el índice identifica unidades territoriales donde valores de análisis altos o bajos se agrupan espacialmente, así

como también unidades territoriales con valores muy distintos a los de las áreas circundantes. Su fórmula es:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j$$

Donde z_i y z_j corresponden a los desvíos promedios de las observaciones y w_{ij} es la matriz de vecindad (para este caso, se utilizó el método de reina), por tanto, este índice puede reconocer cinco tipos de conglomerados espaciales:

- a) Alto-alto: una unidad territorial con un valor de análisis por encima del promedio, rodeada significativamente por áreas vecinas que también se encuentran por sobre la media con respecto a la variable de interés. Estas unidades territoriales corresponden a los denominados conglomerados calientes (*hot spots*).
- b) Bajo-bajo: una unidad territorial con un valor de análisis inferior al promedio, rodeada por áreas vecinas que también se encuentran bajo la media en relación con la variable de interés. Estas unidades territoriales corresponden a los denominados conglomerados fríos (*cold spots*).
- c) Bajo-alto: presencia de una unidad territorial con un valor de análisis bajo, rodeada significativamente por áreas vecinas con valores que se encuentran por sobre la media de la variable de interés.
- d) Alto-bajo: presencia de una unidad territorial con un valor de análisis alto, rodeada significativamente por áreas vecinas con valores que se encuentran bajo la media de la variable de interés.
- e) Relación no significativa: presencia de unidades territoriales donde el valor de análisis de la variable de interés no se relaciona significativamente con los valores que presentan sus vecinos.

Para el análisis de la autocorrelación se empleó el software Geoda, y la información se presenta mediante el mapa de significancias, mapa de clúster, *box plot* y el *Moran scatter plot*.

Para el análisis de las actividades económicas con respecto al capital informático, se empleó la información del Directorio Estadístico de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI (2017). Se ubicó a todas aquellas empresas relacionadas con las TIC en la ciudad de Mérida según el Sistema de Clasificación de Actividades Económicas de América del Norte (SCIAN) a nivel de clase, desde empresas fabricantes de software hasta centros educativos. Las actividades consideradas se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Actividades económicas relacionadas con las TIC

Clasificador SCIAN	Descripción
334110	Fabricación de computadoras y equipo periférico
435411	Comercio al por mayor de mobiliario, equipo, y accesorios de cómputo
466211	Comercio al por menor de mobiliario, equipo y accesorios de cómputo
466212	Comercio al por menor de teléfonos y otros aparatos de comunicación
541510	Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados
611421	Escuelas de computación del sector privado
611422	Escuelas de computación del sector público

Fuente. Elaboración propia con información del Sistema de Clasificación de Actividades Económicas de América del Norte SCIAN. INEGI

Esta información se introdujo al QGIS y se generó un SIG, que visualiza a la vez los grados de concentración del ICI y la ubicación de las empresas relacionadas con las TIC.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La ciudad de Mérida es la capital del Estado de Yucatán. Para el año 2010, la población era de 830,732 habitantes, de los cuales el 51.6% eran mujeres y el 48.4% hombres. Para ese mismo año existían 226, 448 viviendas. La tabla 3 presenta el

porcentaje de viviendas que poseen algunos de los dispositivos relacionados con las TIC.

Tabla 3. Porcentaje de viviendas con disponibilidad de dispositivos de TIC 2010

Dispositivo	Viviendas que disponen	Porcentaje
Radio	193,506	85.5
Televisor	218,859	96.6
Computadora	98,694	43.6
Línea telefónica fija	121,089	53.5
Teléfono celular	188,700	83.3
Internet	76,511	33.8

Elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI

Tabla 4. Distribución de AGEB por intervalo de concentración en la Ciudad de Mérida 2010

Grado	Límite inferior	Límite superior	Número de AGEB	Porcentaje
Muy Bajo	0	0.2051	18	4.7
Bajo	0.2051	0.5094	47	12.2
Medio	0.5094	0.6507	130	33.9
Alto	0.6507	0.7778	110	28.6
Muy Alto	0.7778	0.9605	79	20.6
Total de AGEB			384	100

Fuente: Elaboración propia con el software QGIS

Como se mencionó líneas arriba, el ICI es elaborado para cada AGEB, el cual en un rango de 0 a 1 se determina el grado de concentración. Valores cercanos a 1 indica alta concentración del ICI, valores cercanos a cero, indican baja concentración del ICI.

En la ciudad de Mérida existe un total de 409 AGEB, sin embargo, al momento de integrarlo con la información del

Censo de Población y Vivienda 2010, se validaron solamente 384 AGEB. El valor promedio del ICI fue de 0.6323. Para la investigación se manejaron 5 intervalos para determinar grado de concentración. La tabla 5 presenta la información del número de AGEB por grado de concentración, en la que destaca que el intervalo medio concentró el 33.9% de los AGEB.

Tabla 5. Distribución de los AGEB por zona y nivel de concentración

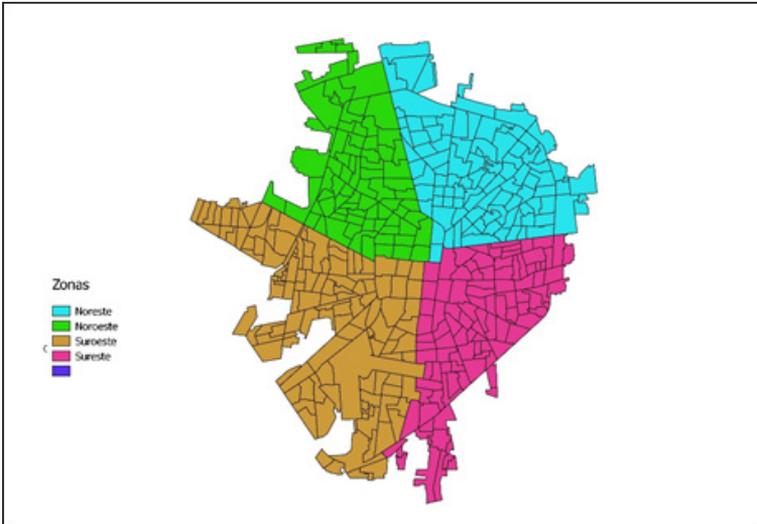
Zona	Muy Bajo	%	Bajo	%	Me- dio	%	Alto	%	Muy Alto	%	Total de AGEB
Noroeste	3	16.7	4	8.5	10	7.7	33	30.0	26	32.9	76
Noreste	3	16.7	1	2.1	16	12.3	30	27.3	48	60.8	98
Suroeste	9	50.0	27	57.4	66	50.8	21	19.1	3	3.8	126
Sureste	3	16.7	15	31.9	38	29.2	26	23.6	2	2.5	84
Total	18		47		130		110		79		384

Elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI

Para una ubicación fácil en el espacio, el mapa 1 presenta división de la ciudad de Mérida, en cuatro zonas y el número de AGEB, noroeste con (76 AGEB), noreste (98), suroeste (126) y sureste (84).

El mapa 2 y la tabla 5 presentan los resultados de la concentración del Índice de Capital Informático (ICI) por zona, en los cuales se observa que en la noreste es donde se concentró el ICI en la ciudad de Mérida, siendo que agrupa 48 de 79 AGEB de muy alta concentración (60.8%), seguido de la zona noroeste con el 32.9% (26). Por el contrario, la zona sureste es donde hay menor número de AGEB con muy alta concentración, con solo dos AGEB que representa el 2.5% del total de AGEB de muy alta. De manera inversa, se observa que la zona suroeste, es donde se ubicaron los AGEB con menores valores del ICI, ya que concentró el 50.0% y 57.4% de los AGEB de muy baja y baja concentración respectivamente.

Mapa 1. Distribución de los AGEB en la ciudad de Mérida, 2010



Elaboración propia por medio de QGIS

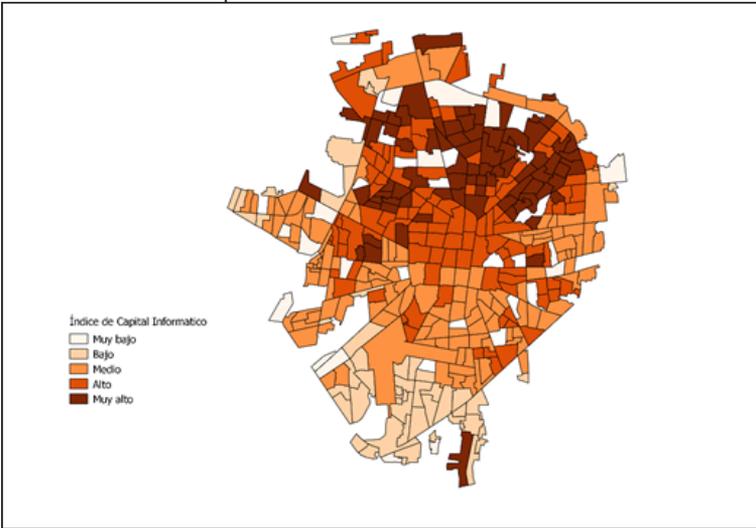
La tabla 6 expone la conformación de las zonas por nivel de concentración, encontrándose que el noreste el 49.0% y 30.6% de los AGEB están en los niveles de muy alta y alta concentración. La zona suroeste, por el contrario, su conformación es 52.4% y 21.4% en los niveles de medio y bajo.

Tabla 6. Conformación de las zonas por nivel de concentración

Zona	Muy Bajo	%	Bajo	%	Me-dio	%	Alto	%	Muy Alto	%	Total de AGEB
Noroeste	3	3.9	4	5.3	10	13.2	33	43.4	26	34.2	76
Noreste	3	3.1	1	1.0	16	16.3	30	30.6	48	49.0	98
Suroeste	9	7.1	27	21.4	66	52.4	21	16.7	3	2.4	126
Sureste	3	3.6	15	17.9	38	45.2	26	31.0	2	2.4	84
	18		47		130		110		79		384

Elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI

Mapa 2. Distribución del Índice de Capital Informático por zona en la ciudad de Mérida. 2010



Elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI

Una vez terminado el análisis descriptivo del mapa, se puede concluir que la zona noreste es donde se concentra el capital informático en la ciudad de Mérida. El resultado se esperaba, ya que es bien sabido que en esta zona de la ciudad se concentra la población con mayores ingresos, por el que la mayoría de los hogares posee instrumentos relacionados con las TIC. Por otro lado, existe una zona suroeste en la cual el ICI es muy bajo, como consecuencia de la existencia de una población con alta marginación y de ingresos bajos.

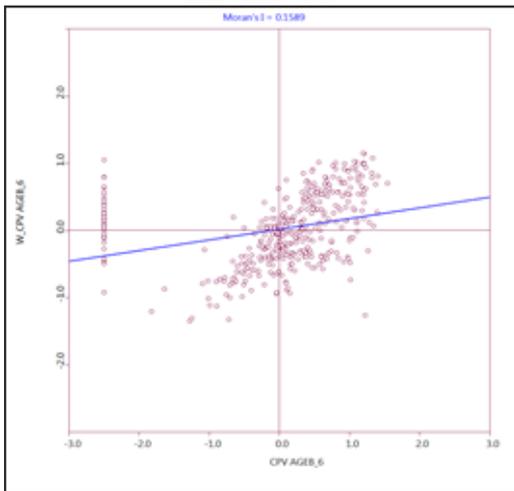
Como cualquier otro fenómeno espacial y estadístico, se espera que su distribución en el espacio no se encuentre de manera aleatoria, sino que exista un patrón de distribución del fenómeno y tienda a concentrarse según la intensidad de la variable analizada. Es por eso que se recurrió a la autocorrelación espacial para determinar si la concentración del capital

informático en la ciudad de Mérida se debe a una distribución aleatoria o existe un patrón

Utilizando el software *Geoda* se determinó la autocorrelación espacial mediante la técnica del índice Moran Local. Empleando la matriz de continuidad de reina, la gráfica 1 expone la relación entre el ICI y la distancia, el cual se obtuvo un índice de Moran Local de 0.1589, lo cual explica que la relación entre el ICI y la distancia es positiva, sin embargo, es muy débil.

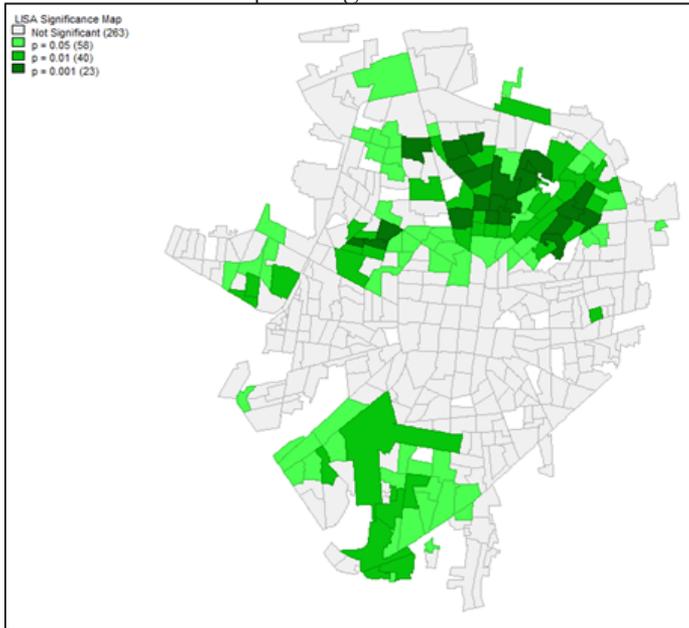
El siguiente análisis de la autocorrelación es el mapa de significancia, en la que se muestran aquellas AGEB que tuvieron un Índice de Moran local estadísticamente significativo. Elaborando una prueba de 499 permutaciones, se encontró 121 AGEB de 384, eran significativos de los cuales 58 era significativos hasta $p=.05$, 40 para $p=.01$ y 23 para $p=.001$

Gráfica 1. Índice de Moran Local para Índice de Capital Informático



Elaboración propia mediante el Software Geoda

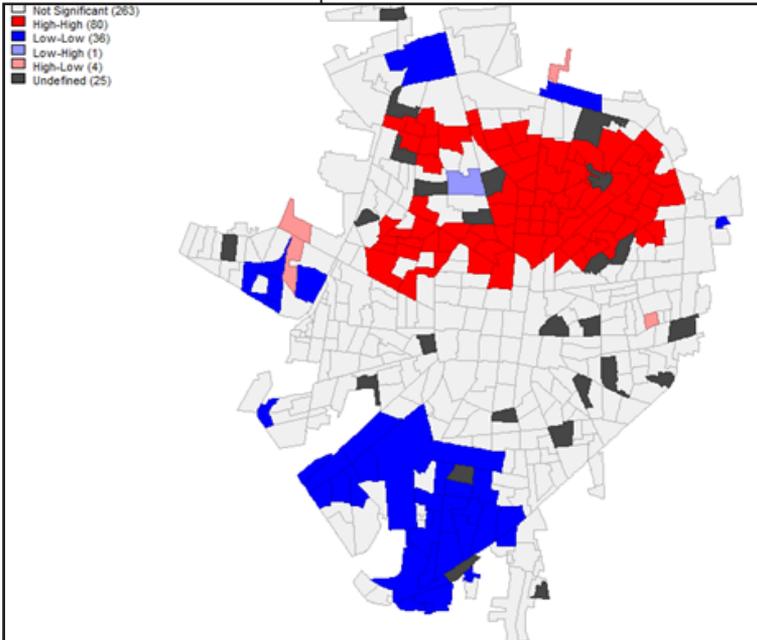
Mapa 3. Significancias



Elaboración propia mediante el Software Geoda

Por último, se presenta el mapa de clúster, que permite observar la existencia de concentración en función del ICI. La información de este mapa viene a corroborar el hecho de la existencia de la concentración del capital ICI en la ciudad de Mérida. Por una parte, se encontró una región de concentración alto-alto (hot spots) en la zona noreste en donde se concentró gran parte de los AGEB de nivel muy alto. De igual forma se encontró otra región alto-alto en la zona noroeste en donde se concentraron AGEB de nivel alto. Por otra parte, se encontró en la región suroeste un clúster bajo-bajo (cold spots), precisamente en la región que presenta a las AGEB con los niveles más bajos del ICI.

Mapa 4. Clústers



Elaboración propia mediante el Software Geoda

Como parte de la investigación, se planteó la idea de evidenciar si la existencia de concentración del ICI también determina la concentración de la actividad económica. Para eso se recurrió al Directorio Estadístico de Unidades Económicas (DENUE) en el cual se ubican las unidades económicas (empresas) en un entorno espacial, en base al Censo Económico de 2014.

Se localizaron un total de 88 unidades económicas de actividades relacionadas con las TIC. La tabla 7 presenta la distribución de las unidades por actividad, encontrándose que la principal actividad económica es la de servicio de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados con 63 unidades de 88 ubicadas.

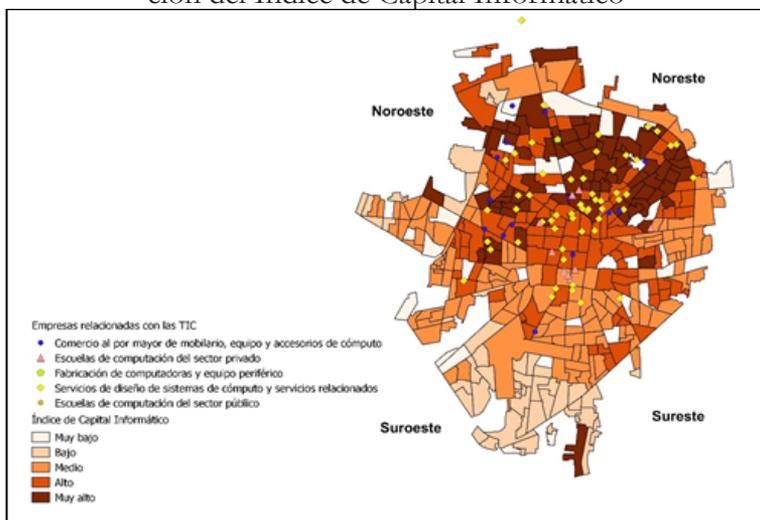
Tabla 7. Distribución de las unidades económicas por tipo de actividad económica

Clasificador SCIAN	Descripción	Unidades económicas
334110	Fabricación de computadoras y equipo periférico	1
435411	Comercio al por mayor de mobiliario, equipo, y accesorios de cómputo	1
466211	Comercio al por menor de mobiliario, equipo y accesorios de cómputo	14
466212	Comercio al por menor de teléfonos y otros aparatos de comunicación	0
541510	Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados	63
611421	Escuelas de computación del sector privado	7
611422	Escuelas de computación del sector público	1
	Total	88

Elaboración propia con información del DENU E INEGI 2014

Una vez ubicadas las unidades económicas, se procedió a sobre poner SIG de ICI con el SIG de las unidades económicas. El resultado se presenta en el mapa 5, en el cual se puede observar que las unidades económicas se concentran precisamente en las zonas donde la concentración del ICI es mayor, como por ejemplo en la zona noroeste. De igual forma es visible que en aquellos lugares donde los valores del ICI son bajos, en el caso muy concreto de la zona suroeste, es escasa la presencia de unidades económicas. En conclusión, se demostró que la existencia de concentración de un recurso, como en este caso el capital informático, es factor para que las actividades económicas se concentren a su alrededor.

Mapa 5. Concentración de las unidades económicas en función del Índice de Capital Informático



Elaboración propia con información del Censo de Población y Vivienda 2010 y el Directorio Estadístico de Unidades Económicas (DENUE) INEGI

CONCLUSIONES

Al acceso a la información a través de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) juega un papel primordial en la producción, competitividad, crecimiento, desarrollo y globalización en el contexto actual. El acceder y el uso correcto de las TIC permite a los individuos, empresas, gobiernos, ciudades, países y regiones tener una ventaja competitiva.

Organismos a nivel internacional, como la ONU y la UNESCO, han hecho esfuerzos para que el acceso a la información sea universal y permita el desarrollo, principalmente en regiones en vías de desarrollo. Sin embargo, la disponibilidad limitada y la mala calidad del servicio, así como desigualdades económicas y sociales, han provocado que el acceso a la información mediante las TIC sea limitado.

El capital informático, como cualquier otra forma de capital, es necesario para incrementar la producción. La configuración del capital informático planteado en esta investigación radica en la disponibilidad que tienen las personas de instrumentos precursores en el acceso a la información, a través de las TIC, desde los tradicionales, tales como la radio, televisión, teléfono fijo, hasta los más actual como celulares, computadora y acceso a Internet.

La concentración en una región del capital es factor para que una o varias actividades se instalen alrededor, ya sea que estas actividades tengan el papel de consumidora de ese capital o como proveedoras de servicios para ese mercado, como dictan las teorías de localización. En consecuencia, se espera que las actividades relacionadas a las TIC se instalen en aquellas zonas donde exista una mayor concentración del capital informático en la ciudad de Mérida.

Los resultados obtenidos de esta investigación arrojaron que la zona noreste de la ciudad de Mérida, fue la región que concentró el mayor número de AGEB con valores altos del ICI con el 60.8%. Por otro lado, la zona sur poniente es donde menos se concentró el ICI, por el hecho de contener el 50.0%, y 57.4% de los AGEB con niveles de muy bajo y bajo respectivamente.

Una clara interpretación que se puede dar a la lectura de los resultados, es la existencia de una dualidad informática en la ciudad de Mérida. Aunque no formó parte por ahora de esta investigación, factores socioeconómicos estarán determinando la concentración del capital informático. Variables como el ingreso, nivel de educación, niveles de marginación, explicarían la concentración del capital informático. Para el caso de Mérida, es muy fácil determinar la existencia de una zona norte donde aglomera la población con altos ingresos y una zona sur de ingresos bajos. Los resultados demostraron que el capital informático se concentra en aquellas zonas consideradas de mayores ingresos, mientras que en la zona sur,

de bajos niveles de ingresos, los niveles de capital informático fueron menores.

Una manera indirecta para demostrar la existencia de los patrones de concentración, sin tener todavía variables socioeconómicas que validaran dicha concentración, es por medio de la autocorrelación espacial. Los resultados obtenidos de este análisis, demostraron la existencia de zona de concentración muy bien definidas. En la zona norte de la ciudad de Mérida se encontró una región con valores altos del ICI, que concuerda con los resultados obtenidos del análisis descriptivo; en la zona sur, se observa una región con bajos valores del ICI, como se había observado en el análisis previo.

El último resultado obtenido en esta investigación, era encontrar evidencia sobre la concentración del capital informático, si era determinante para la concentración de actividades relacionadas con las TIC. Las evidencias encontradas, permitió corroborar la existencia de la relación, ya que de un total de 88 empresas relacionadas con las TIC, 56 se encontraron en la zona noreste, la cual es precisamente la zona de la ciudad de Mérida que concentró el ICI. Si bien el resultado es a partir de un análisis meramente descriptivo, sin embargo, es suficiente para corroborar las teorías de localización mencionadas en esta investigación.

En conclusión, la existencia de concentración de capital informático ha permitido que cierta actividad se asiente a su alrededor. Sin embargo, esta concentración trae como consecuencia que la brecha de desigualdad en la ciudad se incremente. Como se mencionó líneas arriba, disponer de los medios, conocimientos y habilidades en el manejo informático, permite tener una ventaja competitiva y se traducirá en crecimiento y desarrollo. Si la población no puede acceder a la información y conocimientos, se encontrará en una desventaja, en este marco globalizador. Es luego entonces que se debe elaborar políticas públicas para permitir que cada vez más personas puedan acceder a las TIC para su desarrollo, y de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Christaller, W. (1966) *Los lugares centrales en Alemania meridional*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Del Río Sánchez, O. (2009) «TIC, derechos humanos y desarrollo: nuevos escenarios de la comunicación social». *Análisis*(38), 55-69.
- Eddine Toudert, D. (2015) *Culturales*. Recuperado el 25 de 08 de 2017, de Enero-Junio http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-11912015000100006.
- Goodchild, M. (1987) «A spatial analytical perspective on geographical information system». *International Journal Geographical Information System*, 327-334.
- INEGI, (2017) *Directorio Estadístico de Unidades Económicas*. Recuperado el 26 de 08 de 2017, de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>.
- INEGI, (2017) *Encuesta Nacional de Sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares 2015*. Recuperado el 02 de 09 de 2017.
- INEGI, (2017) www.inegi.ogob.mx. Recuperado el 24 de 08 de 2017, de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010>.
- Martínez Martínez, E.; Ascencio López, I. y Serrano Santoyo, A. (2005). *Revista Red*. Abril. Recuperado el 24 de 8 de 2017, de <http://www.red.com.mx>.
- Miller, H. (2004) «Tobler's first law and spatial analysis». *Annals of Association of American Geographers*, 284-289.
- OCDE, (2001) <https://www.oecd.org>. Recuperado el 24 de 8 de 2017, de <https://www.oecd.org/sti/1888451.pdf>.
- SCD, (2004) *One world South Asia C4D Brainstorm*.
- Toudert, D. (2013) «Evolución de la polarización territorial de la producción web: ¿Para cuándo la esperada descentralización?». *Economía, Sociedad y Territorio*, 14(45), 549-580.
- UNESCO, (2015) *Hacia las Sociedades del Conocimiento*. Recuperado el 24 de 08 de 2017, de www.unesco.org: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>.
- Weber, A. (1909) *Teoría de la localización industrial*. Chicago: Universidad de Chicago.
- World Economic Forum, (2015) *Global Information Technology Report*

2015. 30 de Mayo. Recuperado el 26 de 08 de 2017, de <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2015>.

**GESTIÓN Y
POLÍTICAS PÚBLICAS
PARA LA
INNOVACIÓN Y LA
INVESTIGACIÓN**

GESTIÓN TECNOLÓGICA PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS ORGANIZACIONES

Alejandro González García¹

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Morin (1989), una eficaz gestión de la innovación tecnológica en la empresa necesita del desarrollo de las siguientes funciones:

- inventariar los recursos tecnológicos, incluidas las sugerencias propuestas por la plantilla, con el fin de conocer en cada momento el potencial innovador de la organización;
- vigilar el comportamiento innovador de los competidores directos e indirectos procedentes de otras industrias o áreas geográficas, explorar las diversas fuentes de información (libros, bases de datos, patentes, etc.), analizar los productos de la competencia (tecnología incorporada) y desarrollar actividades de benchmarking tecnológico;
- evaluar la competitividad de los productos propios, las

¹ Profesor e Investigador, Máster en Ciencias, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC), Universidad de La Habana, alex@instec.cu

necesidades de la clientela, las tecnologías básicas y genéricas dominadas y las posibilidades de aprovisionamiento tecnológico a través de proveedores, lo cual permite identificar y delimitar los «campos tecnológicos» de la organización a corto, medio y largo plazo;

- enriquecer el patrimonio de la organización vía inversión en tecnología propia (I+D, formación), ajena (adquisición de tecnología) o mixta (mejora de la tecnología ajena);
- optimizar la utilización de los recursos tecnológicos disponibles, buscando la solución más adecuada y la combinación de factores más favorable;
- salvaguardar y proteger el patrimonio tecnológico, patentando las innovaciones propias y/o actualizando constantemente los conocimientos, de forma que los competidores encuentren mayores dificultades a la hora de querer imitar a la organización (Morin, 1989).

Estas constituyen las seis funciones básicas para gestionar los recursos tecnológicos, «entendidos como el conjunto de medios materiales (maquinaria, patentes) y, sobre todo, inmateriales (know-how) de que dispone la organización o que le son accesibles en el exterior, para concebir, fabricar o comercializar sus productos o servicios» (Morin, 1985). Dicha clasificación y sus correspondientes herramientas contribuyen a sistematizar el tratamiento de la tecnología (Pavón e Hidalgo, 1997); proceso que en el marco de la investigación se denomina como gestión tecnológica y que en nuestro criterio debe ser institucionalizado en la organización según un ciclo Planificar, Hacer, Verificar, Actuar (PHVA) a través de la implementación de un sistema de gestión tecnológica (González, 2014) o de un sistema de gestión de la innovación, según las últimas tendencias de desarrollo de esta disciplina.

El estudio del comportamiento de la gestión tecnológica en la organización, en lo fundamental, a partir de la revisión documental del proceso, la observación y el análisis

sis de la cumplimentación de las funciones que comprende y del estado de las variables que lo caracterizan, ha de permitir establecer la línea de base o punto de partida para la innovación tecnológica de productos y procesos; tanto al inicio de la implementación del sistema de gestión tecnológica, como periódicamente para evaluar los avances que se logran y las insuficiencias que persisten en el mismo.

OBJETIVOS

El objetivo de la investigación es diseñar y poner a punto una metodología que permita establecer la línea de base de la gestión tecnológica en la organización, y así determinar las condiciones en que se encuentra para la innovación tecnológica de productos y procesos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y DISCUSIÓN DE LA LITERATURA PERTINENTE

El problema a la manera de pregunta de investigación es: ¿La actual gestión tecnológica en la organización, facilita la innovación tecnológica de productos y procesos?

Se considera como marco teórico y metodológico el análisis de sistema, que comprende el análisis estructural de tendencias y causal, para la caracterización del comportamiento de la gestión tecnológica como proceso que ha de facilitar la innovación tecnológica en la organización.

En el material *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*, de Michel Godet, encontramos los basamentos para la comprensión y realización del análisis estructural que ofrece la posibilidad de describir un sistema, como lo es el proceso de gestión tecnológica en su relación abierta con el entorno tecnológico, con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos. Este método tiene por objetivo, hacer aparecer las variables esenciales a la evolución del sistema.

Para la comprensión de los elementos fundamentales tanto de la gestión como de la innovación tecnológica,

hemos asumido como literatura fundamental *Gestión e innovación. Un enfoque estratégico*, de Julián Pavón y Antonio Hidalgo, la cual nos ofrece una aproximación teórica y práctica (sobre todo para el ámbito empresarial) en estos temas. Su estudio nos ha aportado pistas fundamentales para la consideración de los elementos constitutivos del proceso de gestión tecnológica.

También resulta de utilidad para la investigación considerar la aproximación que ofrece a la transferencia de tecnología el libro *Manual de transferencia de tecnología y conocimiento*, de Javier González Sabater. En particular nos ha resultado de apoyo fundamental en la conceptualización teórica sobre este tema y desde el punto de vista práctico en lo relacionado con la negociación de acuerdos de transferencia de tecnología y sobre todo con los términos de la contratación de la transferencia de tecnología.

En la literatura *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y de la innovación para empresas*, de la Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, aprendemos sobre la descripción global, las herramientas y experiencias extraídas de los casos prácticos para desarrollar y aplicar buenas acciones de gestión tecnológica, como ayuda a una organización para innovar y a posicionarse por delante de su competencia. Ofrece otro modelo conceptual para la innovación tecnológica, cuyos elementos claves resultan: vigilar, focalizar, capacitarse, implantar y aprender; los cuales sugiere deben ser integrados en cuatro procesos empresariales de negocio que representan cómo un negocio típico puede mejorar su rendimiento: estrategia tecnológica, adquisición de tecnología, desarrollo de nuevos productos e innovación de procesos.

El artículo *Un modelo para la gestión estratégica de los recursos tecnológicos. El ciclo de mejora y despliegue de matrices QFD*, de los autores Carlos A. Benavides y Cristina Quintana, nos confirma la validez de la propuesta de gestionar la tecnología

siguiendo «el ciclo Deming» PHVA, aunque esta vez combinado con el despliegue de la función calidad (QFD).

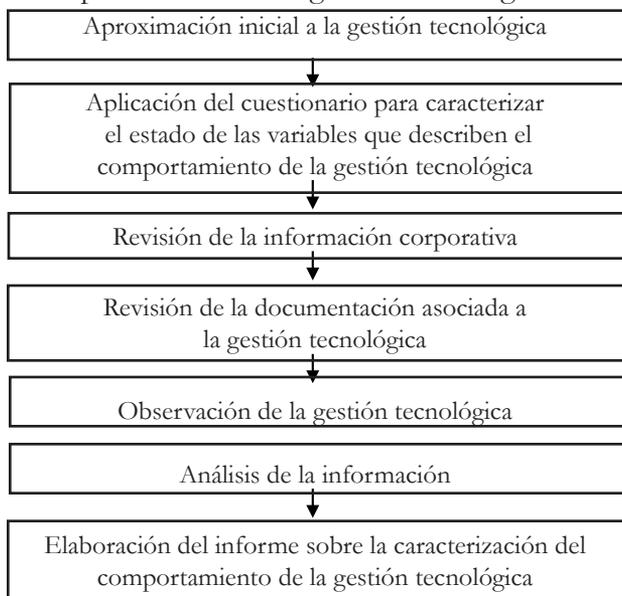
En el documento *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre la innovación. Manual de Oslo*, de OCDE y Eurostat, alcanzamos una visión amplia de la innovación en tanto se definen cuatro tipos de innovaciones que incluyen una variada gama de cambios en las actividades de las empresas: innovaciones de productos, innovaciones de procesos, innovaciones organizativas e innovaciones de mercadotecnia. Las dos primeras incluyen en su alcance la actividad de servicio, haciéndolas más abarcadoras que en su anterior enfoque de innovaciones tecnológicas de productos y de procesos.

La familia de normas UNE 166000, de AENOR, dedicadas a la gestión de la innovación resulta de particular importancia para la comprensión de la necesidad de realización de este proceso a través de un enfoque PHVA. Y nos ofrece pistas sobre la definición y relación de algunas de las variables o elementos constitutivos del mismo. Adelanta, un enfoque esencial para el ordenamiento de la gestión de la innovación, a través de la implantación en la organización de un sistema de gestión de la innovación, que incluye también la innovación tecnológica como uno de sus tipos; de cara a la inminente disponibilidad de la familia ISO para esta disciplina que trabaja en la actualidad el Comité Técnico 279.

METODOLOGÍA

El establecimiento de la línea de base para la gestión tecnológica requiere de la caracterización de su comportamiento como proceso organizacional, para ello se somete a un análisis de sistema (que comprende: análisis estructural, análisis de tendencias y análisis causal) en su interrelación, como sistema abierto, con el entorno tecnológico. En el orden práctico se propone su realización siguiendo el siguiente diagrama de flujo (González, 2014) (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo para la caracterización del comportamiento de la gestión tecnológica



Fuente: González (2014)

El diseño y puesta a punto de la metodología se realizó en el marco del proyecto nacional P211LH003-015 «Introducción de un sistema fotovoltaico previo análisis de la gestión tecnológica de la empresa» (Viant, 2014).

La entidad cubana seleccionada resultó ser Empresa Astilleros del Caribe (ASTICAR), en perfeccionamiento empresarial, con un sistema integrado de gestión (que incluye: sistema de gestión de la calidad, sistema de gestión de la seguridad y salud del trabajo, sistema de gestión ambiental) certificado con el siguiente alcance: Servicios de construcción naval, reparaciones navales e industriales, incluyendo servicios a balsas salvavidas, mantenimiento de tanques, ensamblaje de pizarras eléctricas, servicios de carpintería, electricidad, pailería, soldadura, instalaciones hidráulicas, conservación de superficies, mecánica, maquinado y

ensayos no destructivos (ONN, 2017), y que comprende los 27 procesos organizacionales, así como 278 procedimientos e instrucciones y los registros correspondientes.

EXPOSICIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados fundamentales alcanzados durante la puesta a punto de la metodología son:

1. En la aproximación inicial a la gestión tecnológica:
 - a) Se verificó que, aunque esta no es un proceso organizacional explícitamente reconocido en el mapa de proceso de ASTICAR, las funciones que comprende se cumplimentan a través de los procesos que conforman la cadena de valor de la empresa.
 - b) Se estableció la lista de variables tecnológicas que caracterizan el comportamiento de la gestión tecnológica (Tabla 1), como parte de la primera fase del análisis estructural del proceso. Las variables que describen el comportamiento de la gestión tecnológica incluyen las internas al proceso mismo (V1 a V23) y las externas que caracterizan el entorno tecnológico (V24 a V29), y que son afectados mutuamente en su interrelación como parte de un sistema abierto.

Tabla 1. Variables que caracterizan el comportamiento de la gestión tecnológica y el entorno tecnológico.

Va-riable	Definición con-ceptual	Definición operacional
V1	Sostenibilidad tecnológica	Satisfacción de las necesidades tecnológicas actuales de la organización, sin poner en riesgo la satisfacción futura de dichas necesidades, observando una responsabilidad ambiental y social
V2	Efectividad tecnológica	Desempeño tecnológico que tributa a la eficiencia energética, eficacia productiva, impacto ambiental, protección de derechos obtenidos por la venta de tecnología, retorno a la inversión en I+D, etc.

Va-riable	Definición con-ceptual	Definición operacional
V3	Institucionaliza- ción de la gestión tecnológica	Formalización del proceso de gestión tecnológica
V4	Compromiso de la alta dirección	Compromiso de la alta dirección con la gestión tecnológica en general y la implementación del sistema de gestión tecnológica en particular
V5	Política tecno- lógica	Declaración por la alta dirección de sus intencio- nes y dirección globales en relación con su desem- peño tecnológico
V6	Estructura or- ganizativa para la gestión tecno- lógica	Existencia de una estructura organizativa para la gestión tecnológica, en la que queden definidas las funciones, responsabilidades, y asignados la auto- ridad que corresponda y los recursos necesarios
V7	Comunicación de la gestión tecno- lógica	Establecimiento de la estrategia de comunicación para difundir a toda la organización los avances, logros e insuficiencias del proceso de gestión tec- nológica
V8	Sistema de ges- tión tecnológica	Establecimiento de un sistema avanzado que ga- rantee el monitoreo, evaluación, control y mejora continua de la gestión tecnológica
V9	Revisión tecno- lógica	Desarrollo efectivo de revisiones tecnológicas sis- temáticas
V10	Estrategia tecno- lógica	Explicitación de las opciones tecnológicas de la organización, modalidades de acceso a la tecno- logía, elección de la posición competitiva en las diversas tecnología, grado de intensidad y desti- no del esfuerzo tecnológico, grado de dificultad y riesgo, identificando oportunidades y concen- trando los recursos en aquellas áreas tecnológicas en las que se tenga mejores capacidades internas, permitiendo alcanzar con rapidez la fase de co- mercialización
V11	Planificación tecnológica	Planificación de un conjunto articulado de accio- nes orientado al mejoramiento del desempeño del proceso de gestión tecnológica
V12	Competencia tecnológica	Preparación del capital humano, incluyendo su ni- vel de responsabilidad y compromiso con la ges- tión tecnológica

Va-riable	Definición con-ceptual	Definición operacional
V13	Acervo tecnoló-gico	Comprende el patrimonio tecnológico de la orga-nización, la capacidad de desarrollo de aptitudes tecnológicas endógenas y la capacidad para la in-novación tecnológica
V14	Capacidad de captación tecnoló-gica	Capacidad para el desarrollo de habilidades y re-cursos orientados a la selección y adquisición de tecnología procedente del entorno y su posterior asimilación, adaptación y difusión
V15	Evaluación tecnoló-gica	Capacidad para la evaluación jerárquica (pretende determinar la importancia en cuanto a la influen-cia que ejerce la tecnología sobre los elementos del sistema tecnológico en función de su impacto sobre la coherencia del conjunto), estratégica (pre-tende diferenciar la tecnología en básica, emer-gente y clave), instrumental (pretende determinar si una tecnología funciona y consigue el resultado deseado) y económica (pretende determinar si el resultado se consigue de forma eficiente o si origina el mayor beneficio posible) del potencial tecnológico de la organización
V16	Inversión tecnoló-gica	Realización de inversiones en tecnología propia (I+D, formación), adquisición de tecnología (in-clude la asistencia técnica) o mixta
V17	Educación tecnoló-gica	Capacitación del personal en prácticas eficientes de gestión tecnológica
V18	Participación en la gestión tecnoló-gica	Incorporación de todas las áreas funcionales de la organización a la gestión tecnológica
V19	Optimización tecnoló-gica	Optimización del uso de las tecnologías disponi-bles
V20	Disciplina tecnoló-gica	Definición de buenas prácticas de operación y mantenimiento de la tecnología y su observación sistemática
V21	Protección tecnoló-gica	Preservación y protección del patrimonio tecnoló-gico de la organización
V22	Sistema de vigi-lancia y prospecti-va tecnológica	Gestión explícita y profesionalizada del entorno tecnológico de la organización

Va-riable	Definición con-ceptual	Definición operacional
V23	Cooperación tecnológica	Establecimiento de alianzas estratégicas con actores del entorno (academias, centros de investigación, empresas, proveedores, clientes, y otros) haciéndolos participar en el proceso de gestión tecnológica
V24	Marco legislativo para la gestión tecnológica	Definición de una política tecnológica nacional que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, y que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país; a fin de promover su modernización sistemática
V25	Marco institucional para la gestión tecnológica	Existencia de un conjunto de actores integrados en un Sistema Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica
V26	Financiamiento para el desarrollo y adquisición de tecnología	Canalización de recursos financieros nacionales hacia el desarrollo endógeno y la adquisición de tecnología externa
V27	Cambio tecnológico	Velocidad del avance tecnológico en forma cada vez más múltiple y dispersa. Incluye la aplicación de sistemas de gestión tecnológica avanzados
V28	Programas educativos para la gestión tecnológica	Desarrollo de un sistema de capacitación nacional de los distintos actores para la gestión tecnológica
V29	Estándar para la implementación del sistema de gestión tecnológica	Existencia de estándares internacionales y/o nacionales para la aplicación de un sistema de gestión tecnológica

c) Se determinó la red o matriz de relaciones de las variables tecnológicas (Figura 2), segunda fase del análisis estructural. Asignándose valor 0 cuando no hay influencia directa de una variable sobre la otra y 1 cuando si existe. Para ello se aplicó la interface MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados-Multiplicación aplicada a una clasificación).

Figura 2. Matriz de relaciones de las variables tecnológicas.

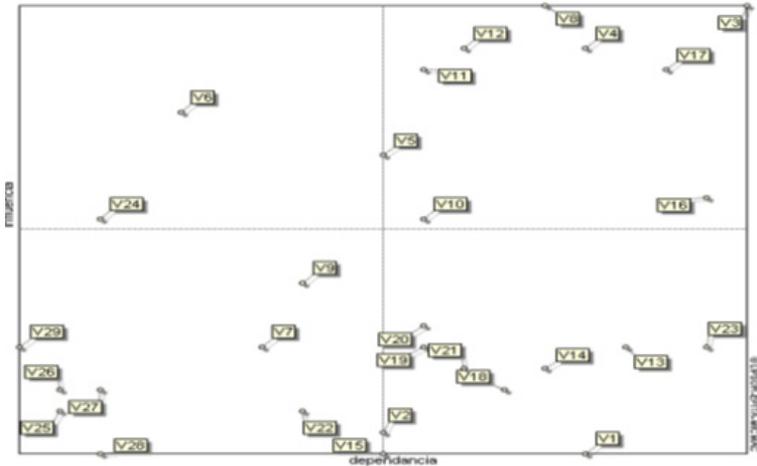
	1-V1	2-V2	3-V3	4-V4	5-V5	6-V6	7-V7	8-V8	9-V9	10-V10	11-V11	12-V12	13-V13	14-V14	15-V15	16-V16	17-V17	18-V18	19-V19	20-V20	21-V21	22-V22	23-V23	24-V24	25-V25	26-V26	27-V27	28-V28	29-V29
1-V1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2-V2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3-V3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4-V4	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5-V5	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
6-V6	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7-V7	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8-V8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9-V9	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-V10	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-V11	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12-V12	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-V13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-V14	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-V15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-V16	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-V17	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
18-V18	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-V19	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-V20	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
21-V21	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
22-V22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-V23	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24-V24	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	
25-V25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
26-V26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
27-V27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
28-V28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29-V29	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Elaboración propia en software Lipsor-Epita-MicMac

- d) Como resultado de la tercera fase del análisis estructural y utilizando MICMAC, se establecieron las variables claves (Figura 3), sobre las que se han de priorizar las acciones que conformarían el Plan Tecnológico de la empresa, ya que permiten dinamizar la gestión tecnológica para el alcance de sus objetivos. Resultando las siguientes: *Motrices* (son muy motrices y poco dependientes, condicionando el resto del sistema): V6- Estructura organizativa para la gestión tecnológica; V24- Marco legislativo para la gestión tecnológica; *De enlaces* (son muy motrices y muy dependientes, por naturaleza inestables): V3- Institucionalización de la gestión tecnológica; V4- Compromiso de la alta dirección; V5- Política tecnológica; V8- Sistema de gestión tecnológica; V10- Estrategia tecnológica; V11- Planificación tecnológica; V12- Competencia tecnológica; V-16 Inversión tecnológica; V17- Educación tecnológica; este último grupo resulta fundamental para la reflexión

prospectiva, pues toda acción sobre estas variables tendrá repercusiones sobre las demás, y ejercen un efecto de retroalimentación sobre las mismas que puede amplificar o anular el impulso inicial.

Figura 3. Plano de influencias/dependencias directas entre las variables tecnológicas.



2. En la aplicación del cuestionario para caracterizar el estado de las variables que describen el comportamiento de la gestión tecnológica:

a) Se revisó la propuesta del conjunto de cuatro valores (alto-3, medio-2, bajo-1, nulo-0) asociados a cada variable tecnológica. Así, por ejemplo, a la variable interna V8-Sistema de gestión tecnológica (SGT) se le puede asociar solo uno de los siguientes valores:

Valor 3. La organización:

- i) mejora continuamente el desempeño de su SGT, a partir de la retroalimentación con las lecciones aprendidas en su uso sistemático;
- ii) incorpora nuevas herramientas a su SGT, a partir de desarrollos propios y de terceros;

iii) alcanza la certificación de su SGT.

Valor 2. La organización:

- i) define y documenta el alcance y los límites de su SGT;
- ii) determina cómo cumplirá los requisitos establecidos con el fin de lograr una mejora continua de su SGT;
- iii) establece, documenta, implementa, mantiene y mejora un SGT de acuerdo con los requisitos establecidos para ello.

Valor 1. La organización diseña e inicia la implementación de un SGT de acuerdo a sus necesidades y oportunidades de recursos (propios y de terceros).

Valor 0. La organización no está implementado un sistema técnico-organizativo para la gestión tecnológica.

- b) se seleccionó para cada variable tecnológica un único valor que constituye el «estado percibido» por el personal encuestado. Este se considera el primer momento del análisis de tendencia de la gestión tecnológica y ha de conformar junto al «estado observado» la línea de base para la gestión tecnológica en ASTICAR, determinada en el año 2014. En la Tabla 2 se presenta, a manera de ejemplo, el estado de algunas de las variables tecnológicas.

3. Como parte de la revisión de la información corporativa y la documentación asociada al proceso de gestión tecnológica, se identificó la relación de las incidencias de cada uno de los procesos organizacionales en las funciones que comprende la gestión tecnológica en ASTICAR durante el 2014 (Tabla 3). Además, se verificó que la gestión de las tecnologías energéticas y la energía en ASTICAR se realiza a través del proceso técnico-energético, que es de apoyo y que entre sus objetivos de trabajo está la introducción del uso de fuentes renovables de energía para la mejora de su desempeño energético e impacto medioambiental.

Tabla 2. Línea de base para la gestión tecnológica en ASTICAR determinada en el año 2014.

Variable tecnológica	Estado percibido de la Variable tecnológica	Estado observado de la Variable tecnológica
Institucionalización de la gestión tecnológica	Se prioriza la institucionalización del proceso de gestión tecnológica.	Se ejecutan algunas funciones asociadas a la gestión tecnológica. Otras como la vigilancia y la protección tecnológica presentan un alcance limitado.
Política tecnológica	La alta dirección ha definido la política tecnológica.	La alta dirección ha definido algunas directrices de la política tecnológica, que aparecen documentados en el Sistema Integrado de Gestión.
Sistema de gestión tecnológica	La organización establece, documenta, implementa, mantiene y mejora un sistema de gestión tecnológica de acuerdo con los requisitos establecidos para ello.	La organización no establece, documenta, implementa, mantiene y mejora un sistema de gestión tecnológica de acuerdo con los requisitos establecidos para ello. Como sí lo hace con algunos de los sistemas de gestión que son certificados independientemente e incorporados al Sistema Integrado de Gestión también certificado.
Estrategia tecnológica	La estrategia tecnológica de la organización se utiliza como herramienta de gestión y se revisa y actualiza sistemáticamente en correspondencia con las demandas de la organización y su entorno.	La organización ha definido las tecnologías claves así como la estrategia para su desarrollo y/o adquisición. En el caso de las tecnologías de apoyo, como son las tecnologías energéticas se define como estrategia la adquisición mediante la compra o desarrollo de proyectos de colaboración con otras organizaciones.

Variable tecnológica	Estado percibido de la Variable tecnológica	Estado observado de la Variable tecnológica
Evaluación tecnológica	Se introducen técnicas para la evaluación tecnológica de la organización.	Se realiza la evaluación de las tecnologías. En el caso de las tecnologías energéticas blandas (como el sistema de gestión de la energía) y aquellas tecnologías energéticas basadas en el uso de fuentes renovables de energía se terceriza esta actividad.
Optimización tecnológica	Se propone la optimización del uso de las tecnologías disponibles.	Se aprovechan las competencias técnicas del personal para la asimilación y adecuación de nuevas tecnologías, incluyendo las energéticas.
Sistema de vigilancia y prospectiva tecnológica	Se realiza la gestión del entorno tecnológico de la organización, pero no de una manera sistemática y profesionalizada.	Se realiza una gestión limitada y no sistemática del entorno tecnológico de la organización.
Marco legislativo para la gestión tecnológica	Documentada una política tecnológica nacional.	Documentada una política de ciencia, tecnología y medio ambiente como parte de los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución.
Estándar para la implementación del sistema de gestión tecnológica	Disponibilidad de estándares para la implementación de un sistema de gestión tecnológica.	Disponibilidad de estándares para la implementación de un sistema de gestión de la energía que incluye elementos asociados a la gestión de la tecnología.

Tabla 3. Relación de las incidencias de cada uno de los procesos organizacionales en las funciones que comprende la gestión tecnológica en ASTICAR durante el 2014.

Funciones de la gestión tecnológica	Procesos	Incidencias
Inventariar	FP-10 Mantenimiento	PC-10-02 Elaboración de los expedientes técnicos RC 10-02-01 Carpeta de presentación de los equipos técnicos RC 10-02-02 Características técnicas del equipo máquinas y herramientas PC-02-01 Capacitación y adiestramiento de los recursos humanos
	FP-25 Informática	PC-25-01 Servicios del Dpto. Informática RC-25-01-03 Control de la ubicación de los medios informáticos PC-02-01 Capacitación y adiestramiento de los recursos humanos
	FP-01 Contabilidad y Finanzas	PC-01-03 Contabilidad PC-02-01 Capacitación y adiestramiento de los recursos humanos
Vigilar		Se realiza con una limitada frecuencia, y para el caso de las tecnologías energéticas se terceriza.
Evaluar		El Grupo de Análisis de Riesgo hace una evaluación de las propuestas de inversión tecnológica.
Enriquecer	Ejecución de Proyectos, Especificaciones Tecnológicas, Proyectos de Nuevas Construcciones y Proyecto de Remodelación, Supervisión y asesoría técnica	PC-13-01 Funciones del DPCP PC-13-03 Ejecución de proyectos PC-13-04 Funciones del departamento de ingeniería y nuevas construcciones PC-13-04 Funciones del Dpto. de Ingeniería PC-13-05 Reporte diario de horas por centro de costo PC-13-06 Balance de carga y capacidad IT-13-01 Inspecciones de verificación IT-13-02 Expediente de reparación IT-13-04 Elaboración de proyectos IT-13-05 Elaboración de croquis PC-11-02 Comercialización PC-01-01 Finanzas y control de la facturación PC-01-02 Solicitud de pagos PC-02-01 Capacitación y adiestramiento de los recursos humanos

Funciones de la gestión tecnológica	Procesos	Incidencias
	Adquisición de tecnología	PC-05-01 Actividades de compras PC-05-02 Evaluación de proveedores PC-05-03 Reclamación de productos y servicios IT-05-01 Inspección a productos comprados IT-13-02 Expediente de reparación PC-06-01 Almacenamiento, manipulación, preservación y entrega IT-06-01 Recepción y entrega de productos en almacenes PC-02-01 Capacitación y adiestramiento de los recursos humanos
	Operación y mantenimiento de la tecnología FP-10 Mantenimiento	PC-10-02 Elaboración de los expedientes técnicos RC 10-02-01 Carpeta de presentación de los equipos técnicos RC 10-02-03 Características técnicas del equipo, máquinas y herramientas (Incluye turnos de trabajo – resumen de trabajo al que está sometido el equipo, horas efectivas – reporte de horas trabajadas, trabajo al año – horas y días trabajadas en el año) RC 10-02-03 Ciclo de reparación y plan anual de mantenimiento RC-10-02-04 Carta de lubricación RC-10-02-05 Estadísticas de reparaciones efectuadas (incluye horas de trabajo del equipo y tipo de reparación) PC-02-01 Capacitación y adiestramiento Procedimientos e instrucciones que garantizan la realización de las actividades en cada uno de los talleres
Optimizar		Se realiza la aplicación de las competencias tecnológicas en otros sectores industriales
Proteger	FP-26 Supervisión y control	PC-26-01 Supervisión y control Se enuncia como uno de los servicios legales que presta la Asesora Jurídica, del Departamento de Supervisión y Control, al cliente interno: Asesoramiento y gestión de temas en materia de propiedad industrial PC-02-01 Capacitación y adiestramiento

4. Como parte de la facilitación de la observación de la gestión tecnológica, se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) evaluación de la capacidad del cliente para la asimilación de tecnologías energéticas basadas en el uso de las fuentes renovables de energía. Con tal propósito se inició en el 2014, desde CUBAENERGIA –entidad ejecutora del proyecto–, la transferencia de un sistema fotovoltaico a ASTICAR con carácter de uso y demostrativo (de sus competencias en gestión tecnológica), prevista como una innovación del proceso de reparación naval, en tanto se procura la mejora de su desempeño tecnológico y energético; y que en particular afectaría la iluminación del taller encargado de los trabajos de electricidad como soporte al proceso clave de reparación naval. Ello permitiría aprovechar las competencias tecnológicas que en esta rama poseen sus especialistas y fomentar la adquisición de nuevas competencias en el uso de la energía solar fotovoltaica y la tecnología que lo sustenta. Previéndose con ello, en un futuro mediato, la innovación de producto en el proceso de construcción naval, mediante la incorporación de sistemas fotovoltaicos a las nuevas naves que se produzcan. Así, en el 2015 –segundo año del proyecto–, como parte del análisis de tendencias de la gestión tecnológica, se realizó una nueva caracterización de su comportamiento y se hizo un mayor énfasis en el completamiento de la transferencia del sistema fotovoltaico; declarándose por parte del cliente los avances siguientes: desarrollo de la tecnología por el Departamento de Ingeniería para la confección de las bases de los paneles solares; asignación del Jefe de Proyecto; asignación de una orden de trabajo al proyecto; descripción del trabajo según los puntos requeridos con los materiales y horas hombres necesario por cada especialidad que intervienen en la ejecución del proyecto; aprobación por el Grupo de análisis de riesgos de financiamiento para tareas menores que requiriese la puesta a

punto del sistema fotovoltaico. No obstante, como parte del análisis causal del no completamiento de la transferencia tecnológica del sistema fotovoltaico con carácter demostrativo y de uso, en el marco del Segundo taller de gestión de tecnologías energéticas, se planteó desde la perspectiva del cliente que se debe a problemas organizativos; en tanto, desde la perspectiva del suministrador, se apunta que se debe en lo fundamental a insuficiencias en cuestiones técnico-organizativas asociadas directamente a la gestión tecnológica del cliente, en particular al no despliegue de tecnologías blandas, como la gestión de proyectos plurifuncionales y en alianza a través del trabajo en red con otras organizaciones para lograr una adecuada gestión del sistema fotovoltaico. Evidenciándose para este caso, que ante una demanda de ASTICAR como cliente interno, resultó insuficiente el despliegue de su práctica tradicional de dirección integrada de proyectos concebida para dar respuesta a las solicitudes de servicio de reparación naval por clientes externos. Como respuesta a las sugerencias realizadas en este contexto, el jefe de proyecto designado junto al personal de ASTICAR implicado elaboraron la Memoria Descriptiva para la instalación de paneles solares en el Taller de Electricidad (Colectivo de autores, 2015). No obstante, al término del segundo año y final del proyecto no se había concluido la puesta a punto del sistema fotovoltaico;

- b) verificación en la práctica de la gestión tecnológica en ASTICAR, del «estado observado» de cada una de las variables tecnológicas (Tabla 2). Al contrastar los valores obtenidos para el «estado percibido» y el «estado observado» aparecen cuestiones que requirieron de aclaración en el marco de los trabajos de la Unidad Tecnológica ASTICAR-CUBAENERGIA encargada de ejecutar, monitorear y evaluar las tareas del proyecto. Así, por ejemplo, al no poder verificar documentalmente la existencia de un sistema de gestión

tecnológica en ASTICAR se le solicitó al grupo expusiera los criterios sobre el valor asignado (2 o medio) a V8- Sistema de gestión tecnológica, y este precisó que su valoración respondía al criterio de que la empresa tenía un sistema integrado de gestión certificado y que las funciones de la gestión tecnológica sí se cumplimentaban a lo largo de la cadena de valor;

- c) durante la ejecución del segundo año del proyecto se subcontrataron a proveedores nacionales los siguientes servicios: evaluación del estado del área de emplazamiento del sistema fotovoltaico que ASTICAR pretende adquirir como parte de una inversión para cubrir parte de su consumo de electricidad, prestado por parte de la empresa EPROYIV; oferta del sistema fotovoltaico objeto de inversión por parte de la empresa ECOSOL EFICIENCIA Copextel; evaluación de la factibilidad técnico-económica de la propuesta de inversión del sistema fotovoltaico, por parte de la empresa CONAS. En este proceso, facilitado por CUBAENERGIA, el cliente ASTICAR recibió los beneficios esperados y durante su intercambio con los proveedores desarrolló nuevas competencias requeridas para la gestión de tecnologías energéticas;
- d) se evidenciaron, además, en el área energética los siguientes resultados adicionales: prueba de iluminación con tecnología LED en servicios de reparación naval; adquisición y puesta en operación de un nuevo grupo electrógeno de emergencia. Estos son elementos que manifiestan la voluntad de la alta dirección de ASTICAR de mejorar su desempeño energético y ambiental;
- e) se evidenció que durante el año 2015 se inicia en ASTICAR la ejecución de un proyecto conjunto con una firma foránea para la implementación del proceso de construcción naval. Ello brindaría la oportunidad de incorporar tecnologías energéticas eficientes y basadas en el uso de las fuentes renovables de energía como componentes de

las nuevas naves construidas; lo cual significaría una innovación de producto.

5. Los resultados parciales y finales del análisis de sistema de la gestión tecnológica en ASTICAR fueron oportunamente discutidos con el cliente y presentados al financista como parte del informe final del proyecto a inicios del 2016.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En ASTICAR las funciones que comprende la gestión tecnológica se cumplimentan a través de los procesos que conforman la cadena de valor de la empresa.

Las variables claves identificadas en la investigación, sobre las que se han de priorizar las acciones que conformarían el Plan Tecnológico de ASTICAR, con el propósito de dinamizar la gestión tecnológica para el alcance de sus objetivos, son: compromiso de la alta dirección; estrategia tecnológica; política tecnológica; estructura organizativa para la gestión tecnológica; planificación tecnológica; inversión tecnológica; educación tecnológica; competencia tecnológica; sistema de gestión tecnológica e institucionalización de la gestión tecnológica.

La gestión tecnológica en ASTICAR de cara a la facilitación de la innovación tecnológica de productos y procesos, al menos desde el punto de vista de la energía y a partir de la experiencia particular de esta investigación, requeriría del despliegue de tecnologías blandas, como la gestión de proyectos plurifuncionales y en alianza a través del trabajo en red con otras organizaciones para lograr una adecuada gestión de tecnologías energéticas eficientes y basadas en el uso de las fuentes renovables de energía.

REFERENCIAS

- Colectivo de autores, (2015) «Memoria descriptiva para la instalación de paneles solares» en el *Taller de Electricidad*. ASTICAR.
- Benavides, Carlos A. y Cristina Quintana (2007) «Un modelo para la gestión estratégica de los recursos tecnológicos. El ciclo de mejora y despliegue de matrices QFD», *Economía Industrial*, No. 365. Pag. 195-206.
- Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, (1999) *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y de la innovación para empresas*, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica.
- Godet, Michel (2000) *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*. Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia.
- González, A (2014) *La gestión de tecnologías energéticas basadas en el uso de FRE a través de un Sistema de Gestión Tecnológica*. Convención Internacional de la Industria Cubana CUBAINDUSTRIA 2014. ISBN: 978-959-282-097-5.
- González Sabater, Javier (2009) *Manual de transferencia de tecnología y conocimiento*. Instituto de transferencia de tecnología y conocimiento.
- Morin, J. (1985) *L'excellence technologique*, Publi Union, Paris.
- Morin, J., y Seurat, R. (1989) *Le management des ressources technologiques*, Les Editions d'Organisation, Paris.
- Pavón, Julián y Antonio Hidalgo (1997) *Gestión e innovación. Un enfoque estratégico*. Ediciones Piramide, S. A.
- OCDE y Eurostat, (s/f) *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre la innovación. Manual de Oslo*, OCDE y Eurostat.
- ONN, (2017) *Registro de Certificación de Sistemas de Gestión*. República de Cuba. Oficina Nacional de Normalización <http://www.onn.org>.
- Viant, E. (2014) *Introducción de un sistema fotovoltaico previo análisis de la gestión tecnológica de la empresa*. Proyecto nacional

P211LH003-015. Programa Nacional Desarrollo Sostenible de las Fuentes Renovables de Energía. CUBAENERGIA.

POTENCIAL DE TRANSFERENCIA DE INVENCIONES DE EQUIPO MÉDICO EN MÉXICO

Erika Salas Tapia¹
y Claudia Díaz Pérez²

1. INTRODUCCIÓN

Los dispositivos médicos (DM) son elementos, aparatos o utensilios, utilizados en la práctica médica para diagnosticar o mejorar el estado de salud de una persona³. El equipo médico (EM) es un tipo de DM⁴ enfocado en la atención médica, quirúrgica; en procedimientos de exploración y diagnóstico, en el tratamiento y rehabilitación de pacientes, y en actividades de investigación biomédica. El EM puede ser un aparato, un acce-

1 Maestra en Economía, Gestión y Políticas de la Innovación, investigadora de la Dirección de Ciencia Abierta del CONACYT. Correo electrónico salastapia.e@gmail.com

2 Doctora en Estudios Organizacionales, profesora investigadora del Departamento de Producción Económica, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. Correo electrónico: claudp33@yahoo.com

3 Resumen de la definición propuesta por el *Grupo de trabajo de Armonización Mundial en Dispositivos Médicos*, (*Global Harmonization Task Force on Medical Devices*, (GHTF)) (GHTF, 2005: 6).

4 Es una categoría propuesta por la Ley General de Salud, que categoriza a los DM de acuerdo a su uso, en: equipo médico, prótesis, ortesis, ayudas funcionales, agentes de diagnóstico, insumos de uso odontológico, materiales quirúrgicos, de curación y productos higiénicos. Capítulo VIII. Artículo 262 (Unión, 2017: 292-293)

sorio o instrumental. El EM se ha convertido en un elemento esencial en la atención médica (OMS, 2012).

El aumento y envejecimiento de la población, junto con otros cambios sociodemográficos en países de ingresos medianos y bajos⁵, han generado una mayor demanda de los servicios de salud, y en consecuencia un incremento en el gasto por parte de los gobiernos en este sector. Este gasto no se ve reflejado en un mejor servicio de salud pública, por las deficiencias en los procesos de evaluación de las necesidades de salud de la población, y por el dinamismo que caracteriza a la industria⁶. Otro aspecto importante es que el mayor porcentaje del EM no corresponde a las características del contexto, sus problemas de salud, la infraestructura y los recursos humanos disponibles en los países con menores ingresos, ya que son generados en países de ingresos altos de acuerdo a sus necesidades de salud y, principalmente, a las necesidades del mercado (OMS, 2012: 21).

Esta desarticulación genera problemas de accesibilidad, asequibilidad, idoneidad y disponibilidad. La accesibilidad se refiere a la capacidad de obtención del EM y de utilizarlo de forma adecuada. La asequibilidad se refiere al costo del producto. La idoneidad a que el dispositivo se diseñe de acuerdo a las necesidades de salud, a que se utilice y se mantenga con los recursos disponibles; y la disponibilidad a su presencia en el mercado (OMS, 2012: 7).

La complejidad y relevancia de los problemas de salud que los EM permiten resolver, fue el marco para que, en el 2007, el Ministerio de Salud, Bienestar y Deportes de los Paí-

5 En esta investigación se consideró la clasificación de los países propuesta por el Banco Mundial, en la cual se agrupan como países de ingresos; bajos, medio-bajos, medio-altos y altos, de acuerdo con su región geográfica, grupo de ingresos y las categorías operacionales de préstamo. En esta clasificación México se ubica como un país de ingresos medio-altos (Bank, 2015) (Khokhar & Serajuddin, 2015).

6 Frecuencia y elevados montos de inversión en I+D (ITA, 2016).

ses Bajos y la Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea el proyecto *Dispositivos Médicos Prioritarios*, en el cuál se menciona que los aspectos cruciales para mejorar el acceso a DM idóneos es la selección, el uso y la innovación (OMS, 2012: 45).

La innovación, en el caso de DM, se refiere a la invención de nuevos dispositivos, a los ajustes, mejoras y adaptación de los mismos. Las empresas pequeñas de base tecnológica, las IES y CPI tienen un papel relevante en esta tarea, pues son las que generan con mayor frecuencia innovaciones (Petkova, 2010). Mientras que las grandes empresas proporcionan recursos organizativos y económicos que facilitan el éxito comercial de los nuevos productos.

Con el objetivo de mejorar el acceso y los resultados en la salud pública en países de menor ingreso, la OMS estableció el Grupo Intergubernamental de Trabajo sobre Salud Pública, Innovación y Propiedad Intelectual (*Intergovernmental Working Group on Public Health, Innovation and Intellectual Property IGWG*)⁷.

La IGWG ha mencionado que el diseño e innovación local permite generar dispositivos más apropiados porque se conoce la complejidad del contexto y sus problemas específicos. Además del acceso a la tecnología y materiales disponibles para hacer propuestas de equipo médico más eficiente, eficaz, fácil de usar y de producir. Como resultado, se espera que el EM tenga un menor costo y, en consecuencia, sea un factor que mejore el acceso a equipo médico adecuado en estos países.

En el caso de México las instituciones de salud pública han resaltado el papel de la transferencia de tecnología (TT) como un elemento adecuado en la mejora de los servicios de atención en este sector. Además el país es líder en manufac-

7 59° Asamblea Mundial de Salud. Resolución WHA 59.24 en Salud Pública, innovación, investigación esencial en salud y derechos de Propiedad Intelectual. *Public health, innovation, intellectual property and trade* (s.f.). Consultado el 1 de noviembre 2016 de <http://www.who.int/pbi/igwg/en/>

tura y ensamble de tecnología médica en el mundo y se ubica entre los diez principales países que exportan dispositivos médicos innovadores, aunque son en su mayoría productos de baja complejidad tecnológica⁸. Diversas autoridades federales y otros actores tanto del ámbito empresarial como académico, consideran que en México se tiene el potencial y las capacidades para intervenir en cuadros tecnológicos más avanzados y con mayor nivel de integración en la cadena productiva (SE, 2011: 11 y ProMéxico, 2014: 28). Por otro lado, existe un creciente interés por la inversión en I+D por parte de las empresas nacionales y han surgido nuevas empresas intensivas en tecnología. Cabe mencionar que el país cuenta con grupos de investigación maduros de Ingeniería Biomédica e Ingeniería en Mecatrónica en distintas IES y CPI, así como instalaciones y departamentos enfocados en el desarrollo y mejora de EM. Aún cuando estas características muestran un ambiente propicio para el acercamiento entre los colaboradores de las empresas y de las IES y CPI para llevar a cabo procesos de TT y generar innovaciones de EM, esto es poco frecuente.

La presente investigación tiene como objetivo encontrar los factores que caracterizan las invenciones de EM en México y el panorama de la Transferencia de Tecnología (TT) entre las Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros Públicos de Investigación (CPI) y las empresas, en este sector. El estudio se realiza a través del análisis de las solicitudes de patente de EM por inventores mexicanos, que se contrastan con los factores que son relevantes para incrementar el potencial de transferencia. Se analiza el padecimiento al cuál se enfoca la invención, su objetivo, el tipo de EM, su complejidad tecnológica, la naturaleza de la invención, la participación de un equipo multidisciplinario y la participación del usuario potencial. La investigación requiere además un análisis del mer-

⁸ Accesorios e instrumentos médicos, de cirugía, dentales y veterinarios (ITA, 2016: 6)

cado nacional, así como de los principales problemas en el sector salud, sin embargo, estos elementos no se abordan en este análisis.

Además de la introducción, en el segundo apartado se presenta la revisión de literatura que se estructura alrededor del concepto de TT. La TT permitió definir las etapas y factores que caracterizan el proceso de transferencia de EM, con respecto a otros procesos similares, y permitió describir el panorama del desarrollo de EM en México. En el tercer apartado se describe la metodología para la construcción de la base de datos y su análisis. En el cuarto apartado se analizan las invenciones de EM, y se incluye una evaluación de los factores presentes y los problemas identificados en el contexto para una TT exitosa. Finalmente, se exponen las conclusiones.

2. LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

El concepto de transferencia de tecnología (TT) se encuentra definido de distintas formas de acuerdo a la disciplina y al propósito de la investigación (Bozeman, 2000). En este documento el concepto de TT hace referencia al movimiento de una tecnología y del conocimiento necesario para su uso y aplicación (know-how), desde una o varias organizaciones generadoras, hasta una organización receptora, para convertir dicha tecnología en una innovación⁹ (Roguers, Takegami, y Yin, 2001: 254).

La importancia de la transferencia de tecnología, entre las IES y CPI y las empresas, reside en el papel de las primeras como aliadas para incrementar la competitividad a través de la transmisión de resultados de investigación, que puedan transformarse en productos o servicios (Bercovitz y Feldmann, 2006: 186). El papel más importante que juega la TT en el desarrollo de dispositivos médicos, de acuerdo con

⁹ Introducción al mercado de un producto (bien o servicio), proceso, método de comercialización o método organizacional nuevo o significativamente mejorado, por parte de una organización (Eurostat, 2005).

la OMS, es colaborar con la producción local, es decir con las empresas nacionales, para que éstas puedan ofrecer equipo y dispositivos seguros, apropiados, de acuerdo a las necesidades del contexto, que sean asequibles y de alta calidad (WHO, 2012).

En este apartado se abordan cuatro aspectos de la TI. El primero es su definición y en particular su abordaje en la elaboración de EM. En segundo lugar, lo que se define como nivel de complejidad y novedad del equipo, ya que requiere la integración de múltiples actores de naturaleza diversa con una interacción más profunda. En tercer lugar se aborda, de manera sintética el proceso de investigación y transferencia considerando tres fases, así como el papel de los usuarios en el proceso de invención.

2.1 Transferencia de equipo médico

La transferencia de cualquier tipo de tecnología implica incertidumbre, costo y la interacción con personal de diversos tipos de organizaciones. La transferencia de equipo médico se caracteriza porque la necesidad de interacción y la incertidumbre, y el costo se incrementan debido a la naturaleza del mercado y al proceso de diseño. En la industria de DM, y sobre todo en la del EM, la innovación depende de interacciones continuas y extensivas entre personal de las IES y/o CPI, y el de las empresas, con flujos de transferencia de conocimiento y tecnología en ambas direcciones (Gelijns y Thier, 2002: 72).

La invención de EM se genera con mayor frecuencia en las IES, los CPI y las pequeñas empresas (Roback, Hass, y Persson, 2001). Esto se debe a que las grandes empresas se enfocan en generar una ventaja competitiva en un mercado establecido, a través de la mejora continua de sus productos (Gelijns y Thier, 2002: 73 y Rosenberg y Nelson, 1994). Por otro lado, las pequeñas empresas buscan generar innovación de ruptura, para lograr un crecimiento acelerado cambiando las reglas o creando nuevos mercados (Sacristán, 2007).

El desarrollo del EM, en las IES, CPI o las empresas, requiere de una acumulación de conocimientos en diversas disciplinas (medicina, ingeniería, mecánica, mecatrónica, biomédica, etc.) de recursos humanos de alto nivel, y de infraestructura especializada (Roback, Hass y Persson, 2001 y Rogers, Takegami y Yin, 1999). También de la presencia a nivel estructural, como parte de la misión y objetivos de la organización, del desarrollo de productos innovadores, con el respaldo legal y organizacional requerido. Además, que estén presentes los puentes que favorezcan el acercamiento entre instituciones de salud u otros actores (Arvanitis, Kubli y Woerter, 2008: 1879 y Lee, 1996). La participación de las IES y CPI en el desarrollo de este tipo de dispositivos está presente en las etapas de investigación básica y frecuentemente en las fases de validación y pruebas de laboratorio (Money, *et al.*, 2011 y Gelijns y Thier, 2002: 74), pero más escasamente en la fase de escalamiento comercial.

Se destaca la necesidad de la participación del usuario potencial del EM. Se recomienda que sea desde las primeras etapas, y posteriormente para refinar y estandarizar la usabilidad y cuestiones ergonómicas de la invención. Es en estas etapas donde se busca la protección industrial (Sacristán, 2007), por lo que la institución donde se esté generando la invención, debe de contar con personal capacitado para la valoración y proyección comercial de la tecnología, y con conocimientos sobre redacción y protección de patentes. Posteriormente cuando la tecnología se encuentra en una etapa pre-comercial y cuenta con un posible plan de mercado, desarrollado por los organismos de apoyo de la IES o CPI, como las OTT, las empresas grandes o medianas ya establecidas, se acercan para intervenir en la etapa de escalamiento industrial y la implementación de la estrategia de mercado (Sacristán, 2007: 47).

El proceso es complejo y requiere un alto nivel de integración entre los diferentes actores, así como conocimiento

especializado no solamente de la parte técnica, sino del mercado y del proceso de manufactura y comercialización. En la siguiente sección se aborda precisamente lo que se denomina la complejidad del EM.

2.2 Nivel de complejidad y grado de novedad del EM

El proceso de transferencia de EM tendrá una mayor o menor consolidación en función de sus propias y particulares características. Se consideran de manera central, el grado de complejidad de la invención y el grado de novedad o naturaleza de la invención que se busca transferir. El nivel de complejidad tecnológica del EM determina el tipo y cantidad de recursos necesarios para su desarrollo (Bonair y Persson, 1996). Este nivel de complejidad puede ser bajo, mediano o alto. Los de baja complejidad son aquellos cuyo componente tecnológico es el mínimo incorporado en el producto. Este tipo de EM se caracteriza por fabricarse mediante procesos de manufactura simples, están asociados con bajos márgenes de utilidad y grandes volúmenes de ventas. En la segunda categoría, se incorporan elementos electrónicos, de software, y electromecánicos en el EM. En la última se encuentran los EM diseñados principalmente para tratamientos terapéuticos y de diagnóstico, y están integrados por combinaciones de elementos complejos de mecánica, electrónica, software, etc. Este tipo de EM está asociado a actividades de I+D de alto costo y riesgo, pero con altos márgenes de ganancia (Zúñiga, 2012: 63-64). De acuerdo a su grado de novedad, las invenciones pueden ser de dos tipos: radical (disruptiva) o incremental. La primera implica una ruptura con lo ya establecido, que no puede entenderse como una evolución natural de los productos existentes, en tanto que la innovación incremental consiste en cambios pequeños dirigidos a la mejora en cuanto a la función, uso o costo del producto (FCCYT, 2012).

La mayor complejidad y novedad del EM requiere mayor intensidad en I+D, mayor participación de diversas orga-

nizaciones, recursos económicos, infraestructura de alto nivel y recursos humanos muy especializados. Generalmente, se asocia a alianzas y acuerdos de cooperación en el largo plazo. Uno de los casos mexicanos más documentados es el dispositivo de asistencia ventricular creado por el Dr. Emilio Sacristán. En las etapas iniciales e intermedias, la investigación y el desarrollo del prototipo requirió la participación de 10 instituciones, 60 especialistas y más de 60 millones de pesos para el desarrollo de un prototipo pre-comercial. El esfuerzo de coordinación y de gestión es fundamental en proyectos de esta naturaleza.

2.3 Proceso de invención y transferencia de un EM

La literatura sobre TT, en particular sobre EM, permite identificar al menos tres etapas que van desde la invención hasta la TT. La primera etapa es el planteamiento del proyecto, seguida por una fase intermedia de validación, y finalmente la etapa de escalamiento comercial. En esta sección se detallan cada una de ellas.

(i) Fase de planteamiento del proyecto

En esta fase ocurre un intercambio de información y de ideas, para entender y definir el problema clínico, las necesidades y el alcance del proyecto, entre el médico o los usuarios potenciales y los ingenieros. Posteriormente se realizan investigaciones y análisis para especificar y delimitar los requerimientos y criterios de diseño, considerando el ambiente donde se va a manipular el equipo médico y el usuario o los usuarios que intervendrán en dicha manipulación (Urruty, 2012). En esta primera fase la participación de los investigadores de las IES o CPI es mayor generalmente, y por el contrario, en las siguientes, se disminuye su participación y la de las empresas aumenta (Roback, Hass y Persson, 2001)

(ii) Fase intermedia. Validación y pruebas de laboratorio

Esta segunda etapa o fase intermedia está integrada por diferentes actividades. Una vez que se tiene la investigación y el concepto, en un primer momento se diseña el prototipo.

En un segundo momento, se realizan pruebas con prototipos no funcionales para mejorar la concepción del producto, sus funciones y para que se genere una mejor propuesta de diseño (Money, *et al.*, 2011). Estas evaluaciones también proporcionan fundamentos para buscar su regulación ante la autoridad federal competente (Gelijns y Thier, 2002: 74). En la evaluación con prototipos funcionales se analizan las características operativas como la satisfacción de los requerimientos del usuario (Money, *et al.*, 2011). En estas etapas de diseño y construcción de prototipo se suele buscar su protección industrial (Sacristán, 2007)

Posteriormente, se realizan evaluaciones clínicas que requieren la participación de otros actores, y solamente del grupo desarrollador. Se requiere, para poder avanzar con mayor rapidez y mejorar el uso de los prototipos, trabajar de cerca con usuarios potenciales. En esta fase es importante que se pruebe la parte funcional, de seguridad y morfológica, al mismo tiempo, porque los cambios en un aspecto pueden generar cambios en el otro (NHS, 2010). Una vez que se llega a un prototipo que cumpla con las funciones y objetivos planteados se realizan evaluaciones en un contexto real y con usuarios reales (Urruty, 2012). Esta fase puede requerir años de investigación y grandes cantidades de recursos, y suele estar fuera de las capacidades de las IES o CPI y ser demasiado riesgosa para las empresas establecidas. Por tales características se conoce como «el valle de la muerte» y se requiere financiamiento gubernamental o institucional.

En México, proyectos en esta etapa son particularmente difíciles de financiar, pues los únicos programas gubernamentales disponibles (CONACYT, Fondos Sectoriales) aportan sólo una fracción de los montos requeridos y el capital de riesgo para esta etapa, casi no existe (Sacristán, 2007: 48). Se ha documentado ampliamente que uno de los principales problemas del país es la inexistencia de fondeadoras y/o empresas de capital de riesgo y capital Ángel que apoyen el

desarrollo de estas etapas. Adicionalmente, hay una cultura adversa al riesgo que lleva a las empresas a comprar tecnología ya desarrollada en lugar de apostar por la generación de tecnología propia (Vance, 2013).

(iii) Fase de escalamiento comercial

En la fase de escalamiento comercial, la experiencia ha mostrado que las empresas establecidas se interesan por un proyecto cuando ya se encuentra en la fase precomercial, con un producto y plan comercial bien definido y sólo faltan el escalamiento industrial y la implementación de la estrategia de mercado. En esta fase se requiere capital de riesgo, capacidad de la empresa interesada en la comercialización del EM y un modelo de negocio que favorezca la introducción del producto (Sacristán, 2007: 47). Esta es la fase más compleja, tanto por la debilidad institucional, el tamaño del mercado mexicano, las características de la cultura empresarial en el país, la ausencia de capital de riesgo y el exceso de regulaciones, que dificultan la apertura de start ups, o bien legislaciones universitarias y/ de CPI que impiden a sus investigadores participar en la creación de empresas (Díaz, 2015).

La TT en el país y en particular de EM, es un proceso sumamente complejo no solamente por la diversidad de actores implicados, de disciplinas, la infraestructura requerida, el proceso de coordinación, la obtención de recursos para las difentes etapas, etc., sino por la parte institucional y la del mercado, que son debilidades centrales que afectan el proceso de TT. Un aspecto esencial y más controlable –que el mercado y las regulaciones institucionales– son los usuarios. La literatura señala de manera enfática que la integración de los usuarios es vital para el buen desempeño, desde la concepción del proyecto.

2.4 La participación de los usuarios

Otro aspecto importante en el proceso de invención de equipo médico es la participación del o los usuarios finales en las distintas etapas del proyecto. En las etapas iniciales, los

usuarios permiten definir con mayor precisión la necesidad y determinar el alcance del equipo. Posteriormente, sus opiniones son relevantes para validar y refinar el concepto. En las últimas etapas, los usuarios son agentes centrales en la evaluación del dispositivo (Money, *et al.*, 2011). Los beneficios que trae consigo el involucramiento de los usuarios son la mejora en distintos factores, como: la usabilidad del producto, pues se considera al ambiente o contexto donde se va a manipular el dispositivo; la ergonomía, la satisfacción y seguridad del paciente y del usuario, y en consecuencia los productos llegan a ser más eficientes, mejorando los resultados de salud (Martin, 2010, Sax, *et al.*, 2007 y Urruty, 2012).

La Directiva de Dispositivos Médicos de la Comisión Europea (*European Commission Medical Device Directive*) y la Agencia de Medicamentos y Alimentos de Estados Unidos (*Food and Drug Administration, FDA*) promueven el uso de métodos de ingeniería de factores humanos, para asegurar la usabilidad y seguridad del paciente (Money, *et al.*, 2011). Sin embargo las grandes empresas consideran de forma restringida la opinión de los usuarios, ya que es percibida como de bajo impacto e influencia en las ventas, además de que se considera ineficiente por el dinamismo y versatilidad del mercado. Por el contrario, estas empresas buscan la opinión de los individuos que son más influyentes en las decisiones de compra de sus productos y que rara vez son los usuarios de los dispositivos (Money, *et al.*, 2011).

La transferencia de tecnología en el caso del EM requiere analizar, a partir de la intensidad de I+D, y el tipo de innovación involucrada, las diferentes fases del proceso y el número de participantes como aspectos esenciales para el buen desempeño del proceso. Además, factores como la interacción entre diversos actores, lenguajes y hasta objetivos diversos son cruciales para la TT. Finalmente, la participación de los usuarios desde la investigación y en las diferentes fases del proceso de TT es una pieza esencial. El análisis que

se realiza no incorpora los factores contextuales al centrarse únicamente en el proceso de TT, pero otros estudios deben incorporarlos.

3. METODOLOGÍA

Este estudio es parte de un proyecto que incluyó la realización de entrevistas a los actores participantes en procesos de TT. Sin embargo, en este capítulo solo se incluye el análisis de patentes de invenciones de EM registradas en la *United States Patents and Trademark Office* (USPTO por sus siglas en inglés)¹⁰. Los criterios para seleccionar las patentes fueron los siguientes: el país del inventor, en este caso México (MX) y la Clasificación de Patentes Cooperativa (*Cooperative Patent Classification, CPC*)¹¹, se tomó la sección A. *Necesidades Humanas*, en su subsección Salud; Esparcimiento, subsección A61 *Ciencias Médicas o Veterinarias e Higiene* (Cooperative Patent Classification, s/f), la cual está formada por 12 clasificaciones, de las cuáles se tomaron en cuenta cuatro: A61B, A61F, A61H y A61N, ya que son en las que se considera se incluyen dispositivos médicos que podrían entrar en la categoría de uso *Equipo Médico*¹², de acuerdo a la *Ley General de Salud*.

En la clasificación A61B, se incluyen instrumentos, implementos y procesos para diagnóstico, para cirugía e iden-

10 Página web <http://appft.uspto.gov/netathtml/PTO/search-bool.html>

11 Sistema de clasificación de patentes, el cual es más detallado y específico que la Clasificación Internacional de Patentes, dividiendo a la tecnología en ocho secciones y 70000 subdivisiones. La clasificación está formada por números arábigos y letras del alfabeto latino. El sistema fue desarrollado por la Oficina de Patentes Europea (*European Patent Office (EPO)*) y la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos (*United States Patent and Trademark Office (USPTO)*).

12 Los aparatos, accesorios e instrumental para uso específico, destinados a la atención médica, quirúrgica o a procedimientos de exploración, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes, así como aquellos para efectuar actividades de investigación biomédica. *Ley General de Salud. CAPITULO VIII. artículo 262, (Unión, 2017: 292-293).*

tificación de personas (material de análisis biológico). En la *A61F* se encuentran los filtros implantables en los vasos sanguíneos, prótesis, dispositivos para proveer al paciente o prevenir el colapso de las estructuras tubulares del cuerpo, en la *A61H* aparatos para terapia física, y en la *A61N* aparatos e instrumental de electroterapia, magnetoterapia, terapia de radiación y terapia de ultrasonido (Cooperative Patent Classification, s/f).

Se analizaron los siguientes aspectos dentro de la estructura de la solicitud de patente: quiénes eran los inventores, en cuál institución o empresa colaboraban el año en el que se generó dicha solicitud. Dentro del rubro de los inventores se observó si estos eran de distintas disciplinas y si intervino alguna IES, CPI o empresa en el desarrollo de la invención. También se observó a quién pertenecía la titularidad de la patente, las características de la invención, así como el padecimiento al cuál se enfoca la invención, el tipo de EM, su complejidad tecnológica, la naturaleza de la invención. Finalmente, se hizo una selección cualitativa de aquellas que efectivamente cumplían con los criterios de los EM y se eligieron aquellas que estaban en una etapa más cercana a la comercialización. El análisis del potencial de transferencia de EM parte precisamente de las patentes porque es un área donde la invención y la protección es fundamental para llegar al mercado. Además las patentes conllevan un proceso de investigación previo, que puede ser de conocimiento básico, aplicado y/o tecnológico, por lo que sintetizan al menos dos fases fundamentales del proceso de transferencia. Es cierto también que una limitación importante es que no todo el conocimiento producido se patenta, pero sí aquel en el campo de EM que tiene potencial de convertirse en una innovación en el mercado. Esto ocurre particularmente en las patentes en USPTO, ya que es la oficina más importante del mundo, en uno de los mercados más atractivos para los dispositivos médicos. La inversión económica requerida para la solicitud y el mantenimiento de la patente una vez que ha

sido otorgada se justifica en función del tamaño del mercado. Una limitación importante del análisis es que no llega a la fase comercial. Se parte del supuesto de que si en la solicitud participan además de IES y/o CPI, una o más empresas, hay un acuerdo tácito o explícito para su comercialización. Lo mismo ocurre generalmente cuando es una empresa la que es titular de la patente. En estos casos, puede tratarse de un proceso previo de transferencia de conocimiento, donde la investigación y las fases intermedias estuvieron apoyadas económicamente por la empresa, y se apropia de ese conocimiento. Si el titular de la patente es una empresa se puede prever una mayor probabilidad de que se llegue a la etapa de comercialización. Esta parte no se aborda en el estudio.

4. EL POTENCIAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE EM EN MÉXICO

En la siguiente sección se presenta el análisis, que está dividido en dos partes: En la primera se hace una descripción de las solicitudes de patente, sus titulares y el tipo de invención de que se trata, así como de la complejidad tecnológica que implica. En la segunda parte se analiza el potencial de transferencia de EM a partir de las características identificadas en las solicitudes, particularmente aquellas relativas a la intensidad de I+D (campos tecnológicos y disciplinas), la altura inventiva (radical o incremental), la integración de los equipos de inventores y los titulares.

Se seleccionaron solicitudes de patente ante la USPTO desde marzo del 2001 hasta el 14 de abril del 2016, considerando los siguientes criterios: el país del inventor, en este caso México (Country codes, s/f) y a la Clasificación de Patentes Cooperativa (CPC) A61B, A61F, A61H Y A61N¹³. Se encontraron un total de 220 solicitudes de patente en las clasifica-

13 Se tomó la sección A. *Necesidades Humanas*, en su subsección Salud; Esparcimiento, subsección A61 *Ciencias Médicas o Veterinarias e Higiene*. (Cooperative Patent Classification, s/f)

ciones anteriores, pero dichas clasificaciones abarcan dispositivos que no corresponden a las características de un EM o donde puede estar sólo un inventor mexicano en grupos de más de dos personas, por lo que el número de estas solicitudes disminuyó a 40. Esto es, se eliminaron aquellas solicitudes donde la participación de inventores mexicanos era mínima. A continuación se exponen las patentes que sí cubrían los criterios de selección.

En la clasificación A61B se encontró un mayor número de solicitudes de patente por inventores mexicanos con 108, donde el 26% corresponde a la protección de un EM y con una mayoría de inventores mexicanos. La clasificación A61F cuenta con 84 solicitudes de patente, de estas el 9% cumplía las características antes mencionadas. En la clasificación A61H se tienen 8 solicitudes y en la A61N se encontraron 20 solicitudes. En el caso de la primera el 12% cumple con las características de ser EM y con un mayor número de inventores mexicanos. En la última clasificación es el 15% donde se cumplen los criterios, de las 40 solicitudes de patente analizadas el 55% registran un solo inventor, el 17% dos y el 7% tres inventores. El porcentaje restante corresponde a grupos de inventores con más de tres integrantes, teniendo en una sola invención la mención de seis inventores.

El 28.5% de los inventores colaboran en empresas privadas y el mayor porcentaje (62.5%) se encuentran laborando en IES o CPI. De estos inventores la mayor parte se encuentra en un rango de edad de los 45 a los 50 años. De las disciplinas que provienen estos inventores en su mayoría es de Ingeniería Mecánica, médicos especialistas y físicos.

Las IES y CPI con el mayor número de solicitudes de patentes registradas en USPTO son, en orden de importancia: el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey que cuenta con tres solicitudes de patentes, le sigue la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Benemérita Universidad

Autónoma de Puebla (BUAP) y el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), que tienen —en el periodo analizado—, una solicitud de patente. Se identificaron también dos empresas como titulares de solicitudes de patente, dos le pertenecen a Diseño y Desarrollo Médico, S.A. de C.V. y otras dos a Innovamédica S.A.P.I. de C.V. Finalmente se identifican inventores como titulares de solicitudes, dos aplicaciones de patente de un cirujano y un especialista en gastroenterología.

Los principales padecimientos a los que se dirigen las invenciones de EM analizadas, son: las enfermedades cardiovasculares, atención al parto, y diagnóstico y tratamiento de cáncer. La mayoría de las solicitudes de patente analizadas, se podrían considerar como aparatos para diagnóstico y procedimientos quirúrgicos. De acuerdo a la naturaleza de la invención solo el 5% se podría asociar a una innovación radical, porque utiliza algún principio físico o químico en el tratamiento de algún padecimiento, que no corresponde a una evolución natural de los ya existentes (Zúñiga, 2012), como el uso de un método indirecto para obtener un análisis cardíaco más completo. Por otro, lado las mejoras incrementales del equipo médico analizado se relacionan en su mayoría con acondicionamiento en entornos con restricciones de servicios, o mejoras en cuanto a su portabilidad, ergonomía, uso de otros materiales (más ligeros, más resistentes, etc.), o incorporan mayores funciones o principios de funcionamiento que son menos dañinos a los utilizados actualmente en distintos equipos médicos. Con respecto a su complejidad tecnológica, el 55% corresponde a un nivel medio ya que incorpora elementos electrónicos, de software o electromecánicos; el 25% del equipo médico analizado es de una complejidad tecnológica baja debido a que no incorporan, o lo hacen en un pequeño porcentaje, elementos electrónicos, de software y/o electromecánicos; el 20% restante se puede asociar a equipo médico de alta complejidad tecnológica pues en su composición existe una combinación de elementos de mecánica, prin-

cipios eléctricos, nuevos materiales, software o biotecnología como: dispositivos robóticos y equipos de radiocirugía.

5. CONCLUSIONES

El análisis presentado en este capítulo a través de las patentes USPTO permite señalar que México no cuenta con las capacidades de I+D suficientes para iniciar una industria nacional de dispositivos médicos, aún cuando los datos muestran que tenemos una importante capacidad de manufactura y hay una exportación sólida de dispositivos médicos, generalmente asociado a empresas multinacionales. Entre los titulares de las solicitudes de patente de EM en USPTO solo se identifican a dos empresa mexicanas, el resto de los titulares son IES, CPI así como inventores independientes. Estas características hacen suponer que todavía son escasas las empresas nacionales que apuestan por este mercado. La mayoría de las solicitudes están centradas en invenciones de complejidad tecnológica media, generalmente para mercados ya maduros, en donde se busca competir por precio. Solo el 20% de las solicitudes presentan una alta complejidad tecnológica.

El análisis de la base de datos es posible observar que las IES y CPI tienen un papel importante en el desarrollo de EM en nuestro país. Estas organizaciones pueden ser más propicias a estimular la colaboración e interacción entre personal altamente capacitado y en formación, de distintas áreas, así como usuarios potenciales. Además, en los CPI y las universidades públicas hay cierta tendencia a favorecer el desarrollo de proyectos con un enfoque más social. Las IES y CPI concentran las capacidades de conocimiento y técnicas necesarias para la generación de dispositivos pero no se observa una vinculación explícita con empresas que vayan a llevar las patentes a una etapa comercial. No se identificaron casos de co-propiedad (entre empresa e IES) que permita suponer una relación formal cuyo fin sea la comercialización.

Por otro lado, también se observó que el tipo de invenciones de EM que se están generando en nuestro país son, en su mayoría, de mediana complejidad tecnológica, es decir que incorporan elementos electrónicos, de software o electromecánicos, por lo cual para su desarrollo es necesario, y así se pudo evidenciar en el análisis de la base de datos, la participación de un equipo multidisciplinario. Otro aspecto que se observó, con el desarrollo de la base de datos, es que el mayor porcentaje de las invenciones incorporan innovaciones del tipo incremental, es decir, mejoras y adecuaciones para su uso en otros entornos, mejoras en aspectos de ergonomía, o para que su producción se lleve a cabo a un menor costo.

Este tipo de innovaciones, si bien atienden problemas detectados en los productos existentes, no resultan atractivos para que las empresas establecidas busquen su transferencia, pues este proceso, implica recursos que muchas veces no son compensados con las ganancias obtenidas en su comercialización. Esta situación limita y restringe el involucramiento de empresas privadas para realizar procesos de transferencia de tecnología en este sector, por esta razón se considera que es necesario promover formas distintas para el escalamiento y comercialización de las invenciones de EM generadas en las IES y CPI, donde el papel de los alumnos y profesores-investigadores sea más grande y vaya más allá del desarrollo, como la formación de *start-ups*. Sin embargo, el capítulo no aborda el análisis del entorno, de las regulaciones institucionales del mercado, que son elementos que afectan el proceso de TT. Por ejemplo se han documentado patentes desarrolladas por investigadores de los CPI, pero la legislación que les rige, les impide participar en la creación de empresas (tanto a nivel institucional como personal). El problema de la TT, además de la parte técnica —abordada en este análisis—, requiere controlar el proceso y el entorno o contexto en donde ocurre. Impulsar el potencial del país para la TT de EM necesita trabajar tanto la parte interna, la inter-organizacional, como el contexto para

promover las condiciones necesarias para la inversión, la colaboración, la creación de empresas y la llegada al mercado de nuevos productos. Esta es una tarea pendiente que debe investigarse de manera integral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arvanitis, S.; Kubli, U. y Woerter, M. (2008) University-industry knowledge and technology transfer in Switzerland: What university scientists think about co-operation with private enterprises. *Research Policy*, 1865-1883.
- Bank, T. W. (2015) *How does the World Bank classify countries?* Obtenido de <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/378834-how-does-the-world-bank-classify-countries>.
- Bercovitz, J. y Feldmann, M. (2006) Entrepreneurial Universities and Technology Transfer: A Conceptual Framework for Understanding knowledge-Bases Economic Development. *Journal of Technology Transfer*: 31, 175-188.
- Bonair, A. y Persson, J. (1996) "Innovation and Diffusion of Health Care Technologies,". *Assessment of Health Care Technologies. Case studies, Key Concepts and Strategic Issues*, 17-28.
- Bozeman, B. (2000) Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy*, 627-655.
- Brambila, P. J.; Martínez, D. M.; Rojas, R. M. y Pérez, C. V. (2013) La bioeconomía, las biorefinerías y las opciones reales: el caso del bioetanol y el azúcar. *Agrociencia*, 3(47), 281-292.
- Cabrero, E.; Cárdenas, S.; Arellano, D. y Ramírez, E. (2011) La vinculación entre la universidad y la industria en México. Una revisión a los hallazgos de la Encuesta Nacional de Vinculación. *Perfiles educativos vol.33*, 187-199.
- Cohen, W. y Levinthal, D. (1990) Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 128-152.
- Dasgupta, P. y David, P. A. (1994) Towards a New Economics of Science. *Research Policy*, 487-522.
- Eurostat, O. (2005) *Manual de Oslo*. Obtenido de <http://www.itq.edu.mx/convocatorias/manualdeoslo.pdf>.

- Gelijns, A. y Thier, S. (2002) Medical Innovation and Institutional Interdependence. Rethinking University-Industry Connections. *American Medical Association*, 72-77.
- GFHR, G. F. (2004) *10/90 Report on Health Research 2003-2004*. Recuperado el 2015, de http://announcementsfiles.cohred.org/gfhr_pub/assoc/s14789e/s14789e.pdf.
- GHTE, G. H. (2005) *Information document concerning the definition of the term "Medical Device"*. The Global Harmonization Task Force.
- Hidalgo, A. (2010) *Mecanismos de transferencia de tecnología y propiedad industrial entre la Universidad, los Organismos Públicos de Investigación y las empresas*. Obtenido de Oficina Española de Patentes y Marcas: http://www.oepm.es/comun/documentos_relacionados/Publicaciones/monografias/Mecanismos_de_Transferencia_de_Tecnologia_y_Propiedad_Industrial.pdf.
- Ita, I. T. (2016) *Top Markets Report. Medical Devices*. Mayo. Obtenido de http://trade.gov/topmarkets/pdf/Medical_Devices_Top_Markets_Report.pdf.
- Khokhar, T. y Serajuddin, U. (2015) *Should we continue to use the term "developing world"?* Obtenido de The Data Blog: 16 de noviembre. <http://blogs.worldbank.org/opendata/should-we-continue-use-term-developing-world>.
- Martin, J. (2010) *Design for patient safety: User testing in the development of medical devices*. London, UK: National Patient Safety Agency.
- Money, A.; Barnett, J.; Kuljis, J.; Craven, M.; Martin, J. y Young, T. (2011) The role of the user within the medical device design and development process: medical device manufacturers' perspectives. *BMC Medical Informatics and Decision Making*.
- Nhs, N. P. (2010) *Design for patient safety: User testing in the development of medical devices*. Marzo. Obtenido de <http://www.nrls.npsa.nhs.uk/EasySiteWeb/getresource.axd?AssetID=74947&type=full&>.
- OMS, (2012) *Dispositivos médicos: La gestión de la discordancia. Un resultado del proyecto sobre dispositivos médicos*. Recuperado el Junio de 2015, de http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789243564043_spa.pdf.

- Petkova, H. (2010) *Barriers to innovation in the field of medical devices*. Agosto. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70457/1/WHO_HSS_EHT_DIM_10.6_eng.pdf.
- ProMéxico, (2011) *Mapa de Ruta de Dispositivos Médicos*. México.
- Rivera, D. (2014) *Incentivos y barreras a la eco-innovación con materiales reciclados en México*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Roback, K.; Hass, U. y Persson, J. (2001) Transfer of Health Care Technology in University Industry Research Collaboration Environment. *Proceedings of the 23rd Annual EMBS International Conference*, 3938-3941.
- Rogers, E. M.; Takegami, S. y Yin, J. (1999) Technology transfer from US research university. *University of New Mexico, department of Communication and Journalism*.
- Rogers, E. M.; Takegami, S. y Yin, J. (1999) Lessons learned about technology transfer. *Technovation*, 21(4), 253-261.
- Rosenberg, N., y Nelson, R. (1994) American universities and technical advance in industry. *Research Policy*, 23(3), 323-348.
- Sacristán, E. R. (2007) *FCCyT, Foro Consultivo Científico y Tecnológico*. Obtenido de La tecnología mexicana al servicio de la industria. Casos de éxito presentados en los Seminarios Regionales de Competitividad 2005 - 2006: Febrero. http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/exito.pdf.
- Sacristán, R. E. (2007) Vinculación Academia-Empresa y el Caso Innovamédica. *La tecnología mexicana al servicio de la industria*. CDMX.
- Sax, H.; Allegranzi, B.; Uckay, I.; Larson, E.; Boyce, J. y Pittet, D. (2007) My five moments for hand hygiene: a user-centred design approach to understand, train, monitor and report hand hygiene. *Journal of Hospital Infection*, 67:9-21.
- Stolk, F. B. (2010) *Context dependency of medical devices*. Obtenido de Medical devices: Managing the Mismatch. Agosto: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70456/1/WHO_HSS_EHT_DIM_10.5_eng.pdf.
- Unión, C. d. (2017) *Ley General de Salud*. 22 de junio. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_220617.pdf.

- Urruty, L. F. (2012) Un método integrado de desarrollo de equipos biomédicos centrado en el usuario y en la función. *Núcleo de ingeniería biomédica de las facultades de medicina e ingeniería*.
- Vance, E. (2013) Why can't Mexico make science pay off?. *Scientific American*, 309(4), 66-71.
- Von Hippel, E. (1998) Economics of product development by users; The impact of sticky local information. *Management Science* 44 .
- Who, W. H. (2012) *Local Production and Technology Transfer to Increase Access to Medical Devices*. Obtenido de http://www.who.int/medical_devices/1240EHT_final.pdf.
- Zúñiga, O. F. (2012) Barreras e incentivos a la innovación en el sector de dispositivos médicos en México. *Idónea Comunicación de Resultados*. UAM-X, julio. Maestría en Economía y Gestión de la Innovación.

SOFTWARE LIBRE Y DE FUENTE ABIERTA: MODELOS DE INNOVACIÓN EN MÉXICO¹

Blanca Araceli Borja Rodríguez²

CAMBIOS EN LA COMPETENCIA Y EN LA DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

Tras la apertura de las economías a la competencia global, las reglas de la competencia mundial han provocado que las empresas busquen la obtención de ganancias globales (Rivera, 2007). Estas reglas de la competencia también han sido modificadas por los ciclos de novedad y estandarización de las tecnologías más relevantes para las actividades económicas (Pérez, 2004). En las primeras etapas se observan barreras al conocimiento, que representan grandes costos para aquellos que quieren acceder a la información o para aquellos que requieren mantenimiento o mejoras de la nueva tecnología. Por otro lado, en la etapa de maduración se abaten las barreras, y tanto individuos como empresas, pueden acceder al conocimiento, lo que permite mejorar la tecnología.

1 Este trabajo es resultado de una investigación realizada conjuntamente con el Centro de Economía y Prospectiva en Ciencia y Tecnología, de la Facultad de Economía, UNAM PAPIIT IN305913 «Servicios innovadores e intensivos en conocimiento. Un enfoque prospectivo».

2 División de Posgrado de la Facultad de Economía, UNAM, blancaborja@economia.unam.mx.

La capacidad de transformar productos novedosos en productos genéricos conlleva una serie de innovaciones y de aprendizaje, difusión del conocimiento, para hacerlo de dominio público, pero también requiere una combinación de capacidades según el ambiente en el que se encuentran los agentes. A su vez, dichas capacidades implican procesos de explotación de conocimiento y exploración de nuevas prácticas.

A pesar del proceso lento de difusión del conocimiento, Von Hippel y Von Krogh (2006) muestran ejemplos que no coinciden con las tendencias de competencia puramente egoísta. Los autores encontraron ciertos actos de «libre revelación» (*free revealing*) en algunas etapas del desarrollo capitalista, como se muestra en el cuadro 1.

El ejemplo de libre revelación de la información, más actual, se observa en la industria del software. A partir de 1983, con el auge de la industria electrónico-informática, surgió un movimiento liderado por agentes que promueven la libre revelación de la información, es decir: el acceso abierto al código fuente. A partir de entonces, el movimiento se ha expandido a otras disciplinas en las que se observa una estrecha relación entre ciencia e industria. Tal es el caso de la biotecnología y la biocomputación. En las secciones siguientes, se enumeran los efectos positivos del Software Libre y de Fuente Abierta sobre el desarrollo de capacidades.

EFFECTOS POSITIVOS DE LA LIBRE REVELACIÓN Y EL ACCESO ABIERTO

Promoción del aprendizaje local

El Software Libre y de Fuente Abierta (FLOSS) se desarrolla en un proceso de producción en colaboración con el intercambio continuo, entre sus pares, de mejoras al código fuente. Esta colaboración propicia el aprendizaje, promueve la creatividad, la innovación y el trabajo en equipo, de modo que genera valor añadido clave, especialmente en los países en desarrollo.

Diversos estudios de las comunidades de software libre han demostrado que el proceso de aprendizaje y adaptación de software permite a los usuarios a convertirse en creadores de conocimiento, y no sólo consumidores pasivos de tecnologías protegidas, generalmente bajo patente o derechos de autor herméticos.

Cuadro 1. Libre difusión de la información en las industrias

Industria	Descripción	Autor
Minería inglesa de inicios del siglo XIX	Uso de máquinas de vapor para drenar las minas de cobre y estaño en Cornualles, Inglaterra. Las máquinas de vapor fueron patentadas por James Watt en 1700; sin embargo, al expirar la patente, Richard Trevithck desarrolló un nuevo tipo de motor de alta presión. En vez de patentar el invento, difundió su diseño al alcance de todos. Las mejoras al diseño de Trevithick se publicaron en una revista mensual, fundada por ingenieros y administradores de minas.	Nuvolari, 2004
Industria de hierro inglés. Finales del siglo XIX	Aumento de la altura de la chimenea y la temperatura del aire de combustión bombeado en el horno. Las empresas revelaron públicamente sus mejoras sobre el diseño del horno y los daos de rendimiento en reuniones de asociaciones profesionales.	Allen, 1983
Electrónica, EEUU, siglo XX	IBM, la primera en desarrollar un proceso para la fabricación de semiconductores que incorporaron interconexiones de cobre, en vez de aluminio, entre los elementos de un circuito; reveló información sobre el proceso de fabricación a usuarios; competidores y proveedores.	Lim, 2000
Química Clínica	Los analizadores automáticos de química clínica fabricados por la Corporación Technicon fueron mejorados por los usuarios, por lo general, personal médico, que difundieron libremente sus mejoras a través de publicaciones en seminarios patrocinados por la empresa.	Von Hippel y Finkelstein, 1979
Litografía	Los usuarios de equipos litográficos innovadores a veces revelaban lo que habían hecho a los fabricantes de las máquinas litográficas.	Mishina, 1989

Industria	Descripción	Autor
Informática	Los usuarios innovadores revelan libremente el 56% de las modificaciones de software que habían desarrollado. La razón para no revelar el resto, no tenía nada que ver con la protección de la propiedad intelectual, sino porque los usuarios participaban en foros de grupos de usuarios donde consideraban conveniente hacerlo, o pensaban que su innovación era demasiado especializada para ser de interés a otros.	Morrison, et.al. 2000
Informática	Las aportaciones a los proyectos de software de código abierto (más de 90mil que fueron enlistados en http://sourceforge.net/ en 2004), que rutinariamente se realizan en cuanto a la mejora del código, se hace pública mediante una licencia, en la que el autor concede los derechos patrimoniales de la ley de derecho autoral.	Von Hippel y Von Krogh, 2003
Manufactura	Mostró que los agentes que difunden libremente la información, también pertenecen a empresas en industrias competidas. Estudió fabricantes competidores que tenían todas las mejoras construidas sobre un software, conocido como Linux, que estaba incluido en maquinaria desde cámaras hasta plantas químicas. Estos fabricantes revelaron las mejoras de la plataforma de software común, y con cierto retraso también se reveló gran parte del código del equipo.	Henkel 2003

Fuente: Elaboración con base en Von y Von (2006)

Menores costos y creación de valor local.

Además de la creatividad y el aprendizaje, la reducción de costos es también uno de los argumentos principales para la adopción de FLOSS (Ajila y Wu, 2007). Para las organizaciones grandes, con un gran número de usuarios, el costo total de licencias de software privativo puede ser considerablemente alto, lo que represente una barrera económica para realizar las actividades empresariales. Al utilizar FLOSS, las administraciones gubernamentales pueden ser capaces de utilizar los recursos económicos para la capacitación de software y la creación de capacidades, y no para el pago de licencias (UNCTAD, 2003).

Por otra parte, en los países en desarrollo, los pagos de licencias se hacen a menudo a grandes empresas transnacionales, lo que significa una salida de capitales, como señaló el ejecutivo de software egipcio Rizk y El-Kassas «Entre el 70 y 80 por ciento de los gastos se destinan al pago de licencias, por lo que todo esto representa recursos que salen del país, en forma de regalías» (Rizk y El-Kassas, 2010: 156).

Esto no quiere decir que utilizar FLOSS no tiene costo, es decir que implique gratuidad. Los costos pueden surgir, por ejemplo, en el desarrollo, instalación, mantenimiento y otro tipo de servicios. Sin embargo, el principal costo que implica para el uso de software libre es el componente de servicio, lo que se relaciona con los costos de mano de obra local y la disponibilidad de competencias en TIC y no en el pago de licencias de uso.

Independencia tecnológica y de proveedores específicos

Los usuarios de software en el sector público y privado, pueden temer que la elección de software privativo les haga depender del proveedor para futuras actualizaciones, mantenimiento y adaptación. En el desarrollo de los proyectos de e-gobierno, por ejemplo, el software juega un papel central. Si se desarrollan este tipo de proyectos con el software privativo, el código fuente no es de libre acceso, de modo que un gobierno puede quedar enganchado con el proveedor elegido para garantizar la seguridad informática, dar mantenimiento o el desarrollo futuro de otros servicios.

Esto también puede actuar como una barrera técnica para los nuevos competidores, dando al proveedor original una posición dominante en el mercado. Así, el comprador termina en una posición débil de negociación vis-à-vis con el proveedor, y se enfrenta a altos costos de licencias y servicios auxiliares. La confianza en el software libre permite a más empresas convertirse en proveedores de productos y servicios relacionados, tanto para el sector privado, como para el sector público.

Con el FLOSS, los archivos de documentación del software y los protocolos están abiertos, lo que hace más fácil migrar a una nueva aplicación o plataforma —si es deseable— disminuyendo la dependencia del proveedor.

Por otra parte, cuando el código fuente es de acceso libre, la calidad del software producido es probable que sea mayor, ya que más desarrolladores son capaces de proporcionar insumos y detectar posibles errores o defectos.

En los últimos años, el software de código abierto se ha promovido cada vez más y se ha difundido en el mundo entero. El sistema operativo GNU/Linux, un ejemplo ícono del Software Libre, rompió el monopolio del sistema operativo para PC de Microsoft. Aparte representa la mitad del mercado de software de servidores web; MYSQLy se está convirtiendo en el sistema de base de datos más utilizado en el mundo.

Habilitar adaptación de software a las necesidades locales

Con un modelo de software libre, el usuario tiene permiso para realizar cambios en el código fuente existente y adaptarlo, si es necesario, para un contexto específico. Cualquier programa de software libre se puede traducir y modificar para adaptarse a las necesidades y requerimientos lingüísticos, culturales, comerciales y regulatorios de cualquier lugar, sin tener que pedir permiso a los autores originales o intercambiar términos y condiciones, durante el uso de intermediarios y asesores legales.

Esto cobra importancia en los países en desarrollo cuando, por ejemplo, los productos de software y aplicaciones, se necesitan en varios idiomas. Mientras que la adaptación también es posible con el software privativo, un comprador tiene atado al proveedor en cuestión y tiene una posición de negociación más débil.

Seguridad Nacional

El FLOSS permite abordar los retos relacionados con la seguridad nacional y la disponibilidad a largo plazo. Cuando el código fuente se conoce totalmente, hay todas las posibilidades de

revisar el sistema y determinar si un programa en particular, contiene vulnerabilidades que podrían permitir el acceso no deseado a la información confidencial.

Por tanto, la opción de software libre puede ser atractivo desde una perspectiva de seguridad nacional. Tener acceso al código fuente es esencial en el caso de uso de software en ámbitos tales como: instalaciones militares, la gestión de infraestructuras y sistemas de atención de salud.

A pesar de estas ventajas, aún no hay confianza depositada en el FLOSS. La razón predominante para el uso de software privativo, en los países en desarrollo, es la presencia de un gran número de usuarios que están familiarizados con éste, a veces como resultado de la utilización generalizada de las copias sin licencia de software privativo en la academia.

Consecuentemente se crean capacidades relacionada con las TIC. Desde la alfabetización, a la educación superior y el desarrollo profesional, la academia se ha centrado principalmente en el uso de tecnologías protegidas, lo que contribuye a la construcción de una masa crítica de personas capacitadas en un software en particular, así como a una resistencia a cambiar a otro tipo de software. Incluso en las economías relativamente avanzadas en TIC, tales como Italia, China y Singapur, la falta de habilidades de software libre ha actuado como una barrera para una mayor adopción del FLOSS (Piva, Rentocchini y Rossi-Lamastra, 2012; Tian, 2014; Koh, 2009).

Los puntos de interés en este trabajo son la importancia relativa de los dos modelos y la exploración de posibles complementariedades entre ellos. Como se discute más adelante, el equilibrio entre los dos está evolucionando en formas diferentes, para varios tipos de software y en diversas partes del mundo. Para lograr un mayor uso de software libre en los sectores público y privado, es importante fomentar el desarrollo de habilidades y capacidades en el sector de las TIC, pertinentes para garantizar que los usuarios potenciales pueden

confiar en una transición de soluciones de software privativo al FLOSS.

BARRERAS Y BOQUETES. DE LA INNOVACIÓN CERRADA A LA INNOVACIÓN ABIERTA

Como se ha argumentado, a pesar del modelo de difusión tecnológica con barreras a la entrada, han existido ejemplos de libre revelación de la información, es decir, de acceso abierto a información crucial para la innovación incremental. En este apartado se describe el modelo de innovación cerrada y el modelo de innovación abierta para las empresas.

El modelo de *innovación cerrada* se basa en la gestión del conocimiento para realizar la innovación, desde el interior de la empresa. Por otro lado, la importancia del acceso abierto, sobre todo para la *innovación abierta*, radica en que la empresa pueda hacer uso de conocimiento externo útil, para crear soluciones o mejoras en productos y servicios que ya existen.

Así, las iniciativas empresariales que cuenten con personal que se dedique a investigar, desarrollar, diseñar y crear productos o servicios dentro de la empresa, potenciará sus actividades de innovación abierta.

Estas actividades también requieren realizar otro tipo de organización para mejorar el modelo de negocio, capacitar al personal, certificar la calidad de los productos, entre otras actividades que ofrecen aumentar el capital intangible de la empresa o aumentar su valor agregado (*upgrading*).

La conceptualización sobre el uso de conocimiento externo a la empresa se debe, sobre todo, a los trabajos de Chesbrough (2003) sobre la distinción entre la Innovación Cerrada y la Innovación Abierta. Según este autor,

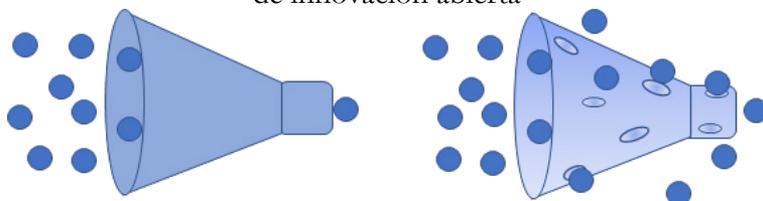
The paradigm of closed innovation says that successful innovation requires control and ownership of the Intellectual Property (IP). A company should control the creation and management of ideas. (...)

The entire new product development cycle was then integrated within the company where innovation was performed in a ‘closed’ and self-sufficient way. As a result, under the closed innovation model, projects not selected for further pursuit may sit on a shelf for years – or forever – unless an internal champion of the project leaves the company to develop the idea elsewhere (Chesbrough, 2003).

En contraparte, el autor define la innovación abierta como aquella en cuyo proceso se involucran esfuerzos internos de investigación y desarrollo que se complementan con conocimiento externo, de distintos agentes. En palabras del autor:

Open innovation is the use of *purposeful* inflows and outflows of knowledge to accelerate innovation internally while also expanding the markets for the external use of innovation. This model involves strategic, managed exchanges of information with actors outside of the boundaries of an organization, aimed at integrating their resources and knowledge into the organization’s own innovative process (Chesbrough, 2003).

Figura 1. El modelo de innovación cerrada ante el modelo de innovación abierta



Fuente: (Chesbrough, 2003)

a) Modelo de innovación colaborativa

El impacto de la colaboración sobre la innovación y el crecimiento económico, ha sido ampliamente reconocido, desde las primeras aportaciones sobre modelos de innovación abier-

tos. En este contexto, el Foro Económico Mundial reconoce que la innovación colaborativa, que se da

When a young firm and an established firm share complementary resources and combine efforts to support innovative ideas. This interaction can create significant value for both parties as well as for the economies in which such collaborations take place (WEF, 2015).

b) Modelo de innovación con base en las multitudes

Por otra parte, en el reconocimiento de la interacción para la obtención de información, se dice que la crowd sourcing innovation se da

When an organization decides to tap into the knowledge of a wider crowd and input is sourced from a large and undefined group of people. Crowdsourcing requires a lower level of engagement and involvement than open innovation and co-creation. An organization using crowdsourcing will set a challenge to the public and ask for opinions, insight and suggestions. It is an open call to the public whereby the organization solicits solutions from the crowd – not genuine contribution and collaboration (Neumann, 2014).

c) Modelo de Innovación colectiva

Complementariamente al concepto de innovación abierta, la innovación colectiva implica ciertas actividades aparentemente altruistas de algunos agentes innovadores, quienes revelan libremente información útil para la innovación.

A central tenant of open innovation is free revealing of the detailed workings of novel products and services, so that others may use them, learn from them, and perhaps improve them as well. (...) Free revealing may often be the best practical course of action for innovators (Von y Von, 2006).

Estos autores aportan la conceptualización de tres modelos para la innovación: el modelo privado que implica el monopolio, temporal o no, del conocimiento concedido a los innovadores, lo que representa una pérdida para la sociedad en relación a la difusión y a la distribución de los beneficios de la generación del conocimiento; el modelo de acción colectivo y el modelo privado-colectivo, que sugieren fomentar.

El modelo de innovación abierta (que implica el uso complementario de conocimiento externo, por parte de una empresa para innovar) se relaciona con los conceptos de innovación colectivo —que implica la vinculación con alguna comunidad que revela información libremente—, innovación colaborativa y la *crowd innovation*, o *crowdsourcing innovation* —que implica tener a la multitud como fuente de conocimiento— y la innovación colaborativa —que según el Foro Económico Mundial tiene que ver con la interacción entre empresas en cierto eslabón de la cadena de valor.

La relación radica en el sentido de que estos conceptos se refieren al uso de información complementaria. No obstante, los conceptos difieren en el tipo de agente y grado de vinculación entre las empresas y otros agentes como fuentes de información. La hipótesis de esta investigación es que la diferencia radica en los beneficios que genera la interacción y en los incentivos para establecer la cooperación, difiere en cada modelo.

El modelo colectivo se aplica como un concepto más amplio que la innovación abierta de Chesbrough (2003), ya que la innovación colectiva se refiere a la libre difusión de la información, para convertirlo en bien (o insumo) público, de libre acceso.

Esta característica provoca que los ingresos se obtengan de los servicios específicos para cada nicho de mercado, es decir, del llamado software hecho a petición del cliente; del software a la medida o soluciones de software. De esta ma-

nera las empresas realizan actividades económicas rentables, pero socialmente evitan la pérdida de eficiencia asociada al acceso restringido a la información, a diferencia del modelo privativo.

Consecuentemente, los que van a beneficiarse de este bien informacional tienen la opción de contribuir en las mejoras, utilizar la información para su beneficio o colaborar vinculándose en un proceso de innovación abierta. De hecho, en el estudio de Piva, *et al.* (2012) las empresas tienen una probabilidad 23 por ciento mayor de innovar si colaboran con las comunidades de desarrollo, de introducir dos nuevas soluciones de software adicionales, y de tener un 13 por ciento más de probabilidad de estar en una categoría superior en cuanto al nivel de facturación de servicios y soluciones.

INNOVACIÓN EN SOFTWARE BASADO EN SOFTWARE LIBRE Y DE FUENTE ABIERTA

Los bienes informacionales, típicos de la fase actual del capitalismo, se caracterizan por la no exclusividad, la no escases y bajos costos de reproducción (David y Foray, 2002). En este contexto Von Hippel y Von Krogh (2006) explican que un agente –sea un individuo, empresa u otra organización– difunde información privada de manera libre, cuando los beneficios de la propiedad intelectual se otorgan voluntariamente, permitiendo el mismo acceso a todos los agentes, sobre una base no discriminatoria, para convertir a la información en un bien público.

A pesar de que la libre difusión se puede realizar de manera altruista, éste hecho no implica que los agentes beneficiados que adquieren o utilizan la información pública no incurran en costos. No obstante, el agente que difunde la información no obtiene beneficios económicos de los gastos hechos por los adoptantes de la información, de modo que la información se revela libremente de manera intencional y altruista.

Surge, entonces, la duda sobre ¿qué motiva o incentiva este tipo de comportamiento en el que se realiza y se promueve la difusión libre de las innovaciones, la información o el conocimiento? Von Hippel & Von Krogh (2006) plantean tres situaciones para analizar los incentivos de la innovación colectiva:

a) Cuando la competencia posee o puede acceder a información sustituta. Los agentes que buscan proteger sus innovaciones deben establecer un control monopólico sobre la información relacionada con la innovación. Si varios individuos o empresas tienen información o conocimiento similar, sustituible, la relación costo-beneficio que puede obtener un innovador al proteger su información, puede ser más desfavorable al protegerla que si la difunde, sobre todo si uno o más titulares de la información sustituta no presentan pérdidas y deciden revelar su información. Para aquellos innovadores que prefieran difundir la información el reto se convierte en competir colaborando.

Incluso en el caso en que la información la posea un solo agente, no es fácil guardarla en secreto por mucho tiempo. Según el estudio de Mansfield (1985), la información sobre los diseños, productos o procesos llega a la competencia en un tiempo aproximadamente de 12 a 18 meses. Así, si la relación costo-beneficio de resguardar la información es más desfavorable, por lo que algunos innovadores optarán por no proteger o revelar libremente la información, sobre todo si existen otras motivaciones que fomenten este comportamiento.

b) Cuando la razón costo-beneficio de la protección es baja

Suponiendo que un agente es el único titular de alguna información relacionada con una innovación en particular, y que por alguna razón no existe información sustituta fácil de adquirir, el innovador se enfrenta a tres posibilidades: 1) mantener en secreto la información relacionada con la innovación; 2) vender licencias sobre el uso de su información relacionada con la innovación; o 3) difundir libremente

te la información. Si la innovación se protege legalmente, el creador necesita mantener en secreto la información durante el tiempo de vigencia del título para poder gozar del monopolio temporal, lo cual sólo es posible durante un año o un año y medio, como se vio anteriormente. Por otro lado, un agente que difunde libremente la información estaría renunciando a cualquier oportunidad de obtener un beneficio a través de la venta de licencias de uso de la propiedad intelectual.

Existen investigaciones sobre la relación costo-beneficio de proteger la propiedad intelectual, sobre todo mediante patentes. En éstos se ha encontrado que, salvo en ciertas industrias, la protección de la propiedad intelectual por medio de patentes induce en menos del 5% de los casos, a incrementar la inversión en I+D (Taylor y Silberston, 1973; Nelson, Winter, Levin y Klevorick, 1987; Arora, Fosfuri, y Gambardella, 2001). Consecuentemente la inversión en patentes suele ser relativamente ineficiente en comparación con otro tipo de gestión del conocimiento.

c) Cuando los beneficios para difundir información libremente son positivos

Aunque la publicación de la información puede realizarse a bajo costo, por ejemplo, mediante foros o sitios web, los interesados deben invertir cierto tiempo o dinero para descubrir la información publicada. Sin embargo, algunos innovadores buscan garantizar que sus ideas o información sean vistas, y que la información sobre ellos y su trabajo sea ampliamente difundida.

En la industria de Software, un programador puede trabajar voluntariamente para eliminar todos los errores en un código y difundir alguna mejora entre la comunidad y tal vez también se esfuerce por documentar el código para que los potenciales adoptantes puedan entender la información libremente difundida.

En el caso del Software, Raymond (1999) muestra que gracias a la colaboración se ha logrado: 1) producir un sistema

operativo GNU/Linux que pueda sustituir al que domina en el mercado, con un código de alta calidad; 2) que los colaboradores mejoren sus habilidades y capacidades al participar en los proyectos de la comunidad.

En cuanto al segundo punto, el autor sostiene que los innovadores se benefician del aumento de la difusión, a través de los efectos de red. Además, incrementa la posibilidad de colocarse como un diseñador dominante o como líder de algún proyecto de FLOSS. Así, ser el primero en relevar o difundir cierta innovación, aumenta las posibilidades de obtener mayor experiencia y una difusión más amplia de su innovación, lo que puede convertirse en una fuente permanente de ventaja competitiva.

Los incentivos para este tipo de estrategia de colaboración y difusión han sido estudiados recientemente, sobre todo en los procesos de innovación del FLOSS (Von y Von, 2003; Von, Spaeth y Lakhani, 2003; Von, Spaeth y Haefliger, 2005; Sampredo, 2011; Piva, Rentocchini y Rossi-Lamastra, 2012; Tian, 2014). En estas investigaciones se observa que los programadores son motivados a devolver las mejoras a la comunidad. Las iniciativas empresariales y los programadores reportaron haber desarrollado software específico y haberlo liberado para que la comunidad lo pudiera reutilizar.

Como se ha visto, existen motivaciones económicas y culturales para la libre difusión de la información por parte de los agentes innovadores que muestran la existencia de un mejor comportamiento para la innovación abierta. Ante la evidencia empírica en otros países cabe preguntarse si en México se observa este comportamiento y cómo puede beneficiar la innovación colectiva a las empresas de la Industria de Software y a la sociedad, en general.

INNOVACIÓN PRIVATIVA Y COLECTIVA EN EL SOFTWARE

El modelo privativo se basa en la suposición de que la innovación requiere de inversión privada y de la protección del

código fuente del software, para la obtención de un beneficio, mediante la venta de licencias de uso. Consecuentemente, bajo este modelo, la sociedad concede a los innovadores algunos derechos sobre la información resguardada, mediante las figuras de propiedad intelectual, como patentes o derechos de autor, para fomentar la inversión privada en innovación.

Así la sociedad permite el control monopólico por parte de los innovadores, aunque esto represente una pérdida de la eficiencia, al impedir el intercambio de información que pueda potenciar la mejora de los bienes o servicios que los innovadores han creado. De esta manera, la sociedad también elige sufrir una pérdida social con la finalidad de aumentar los incentivos a la innovación de los inversionistas privados que tengan las capacidades para crear nuevos conocimientos (Arrow, 1962).

MODELOS DE INNOVACIÓN EN EMPRESAS DE SOFTWARE. ESTUDIOS DE CASO

Para analizar las estrategias de las Empresas de Servicios Intensivos en Conocimiento (ESIC) se ha aplicado una encuesta con la que se genera el índice de innovación, difusión y competitividad INDICO (Corona, 2015) con el que se miden las capacidades y los resultados de la actividad de innovación.

El índice INDICO representa un método para la obtención y tratamiento de actividades de innovación –producto, servicio, organización, proceso–, la difusión en el mercado –local, regional, nacional e internacional– y los conocimientos y capacidades que promueven la competitividad empresarial. La historia de la metodología ha ido evolucionando desde 1993, cuando se desarrolló y aplicó en un estudio sobre polos de innovación y cadenas productivas en América del Norte –México, Estados Unidos y Canadá.

El índice permite comparar las capacidades y resultados innovadores de empresas de diferentes tamaños, mediante un índice compuesto en escala del 0 al 10. El índice se

compone de dos pilares: capacidades de innovación y resultados de la innovación.

En las *capacidades*, se miden los esfuerzos realizados por la empresa, respecto al gasto destinado a las actividades tanto internas y externas para la Investigación y Desarrollo I+D, la formación del personal, capacitación, tipos de conocimiento y tecnología contenido en las innovaciones, certificaciones y vínculos institucionales.

Los *resultados*, se refieren a las innovaciones realizadas, la frecuencia con la que la empresa desarrolla o comercializa innovaciones, los títulos de propiedad intelectual registrados y obtenidos por la empresa a nivel nacional e internacional, la distribución de las innovaciones en los mercados.

Como se ha mencionado, el índice se ha aplicado en diferentes proyectos desde 1993. La encuesta que fue aplicada en 2013, por el Centro de Economía y Prospectiva de la Ciencia y la Tecnología (FE-UNAM) ha proporcionado una base de datos conformada por 90 empresas. De éstas, 30 son empresas de Software. Para la presente investigación se han tomado seis casos de estudio, los que han sido seleccionados como Empresas de Servicios Intensivos en Conocimiento dedicadas a la edición, diseño y servicios de software (ESIC SW en el cuadro 2). Las empresas que claramente desarrollan software con base en FLOSS han sido seleccionadas porque pertenecen a la Asociación Mexicana Empresarial de Software Libre (AME-SOL) y se han contrastado con empresas que tienen un perfil similar, pero desarrollan con base en software privativo y pertenecen al clúster de Software, Prosoftware A.C.

Las características de las empresas estudiadas en cuanto al tamaño; participación en el mercado nacional, diversificación del mercado y tipo de estrategia en cuanto al uso o no de FLOSS, se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características de las ESIC de estudio

Clave de identificación de la Empresa	Tamaño	Cuota de Mercado ^a %	% de Ventas en el Mercado			Uso de FLOSS ^c
			Regional ^b	Nacional ^b	Internacional ^b	
ESIC Sw 14	Micro	0.01	0	90	10	SI
ESIC Sw 15	Pequeña	0.02	0	100	0	SI
ESIC Sw 35	Mediana	0.32	45	50	5	SI
ESIC Sw 01	Grande	0.93	83	1	16	SI
ESIC Sw 33	Pequeña	0.17	30	70	0	NO
ESIC Sw 34	Grande	0.30	80	15	5	NO

Fuente: Elaboración propia con base en datos recabados por el CEP-CyT-FE, UNAM.

Notas:

^{a)} La cuota de Mercado no suma 100% porque se ha estimado como la proporción de las ventas que tiene la ESIC Sw en el mercado total de Software.

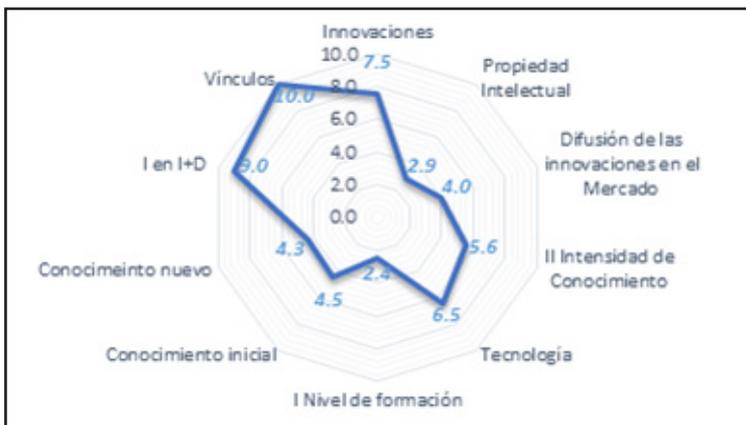
^{b)} Las ventas distribuidas en el mercado regional, nacional e internacional suman 100

^{c)} El uso de FLOSS se puede referir a: 1) uso de software libre y de fuente abierta para el desarrollo de soluciones; o 2) captación de personal de las comunidades para realizar algún proyecto bajo licencias libres o colaboración con comunidades de software libre para la detección de fallas.

Como puede verse en el cuadro 2, las empresas desarrolladoras de software tienen diverso perfil de acuerdo a lo que determina la diversificación del mercado en los niveles geográficos.

Como se ha señalado el índice INDICO se basa en ciertas variables agrupadas en dos pilares: capacidades de innovación y resultados de la innovación. En la figura 2 se muestran las variables que componen al índice para el grupo de empresas que han sido seleccionadas.

Figura 2: Pilares para la construcción del Índice indico. Puntaje promedio de las Empresas estudiadas



Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas

Como puede observarse, el vínculo entre proveedor y usuario es el factor más importante para las ESIC debido a que éste tipo de colaboración es esencial para realizar las innovaciones; en segundo lugar la inversión en I+D, la capacitación que otorgan las empresas y el «saber cómo» del personal son cruciales para las empresas innovadoras. Sin embargo, el principal problema que se observa es la difusión de las innovaciones en el mercado, es decir, la comercialización. Aunque la difusión de las innovaciones en los mercados es baja, la ESIC Sw14, basada en un modelo de innovación colaborativa, reportó la libre difusión de todos sus productos y servicios que ofrece.

Cuadro 3. Uso de FLOSS y conocimiento para la innovación colaborativa

Empresa estudiada	Empuje de la Innovación ^a	Innovación (0-10)	Difusión (0-10)	Capacidades ^b (0-10)	Resultados ^b (0-10)	Índice INDICO (0-10)
ESICSw 14	81%E; 3%S; 16%U	5.9	1.99	6.55	5.25	5.90
ESICSw 15	72%E; 28%U	9.1	2.44	7.00	5.21	6.10
ESICSw 35	50%E; 50% U	3.6	2.57	7.33	3.07	5.20
ESICSw 01	67%E; 30%U	9.3	7.50	6.86	6.59	6.73
ESICSw 33	100%E	9.1	6.34	6.82	5.86	6.34
ESICSw 34	80%E; 10%P; 10%U	8.0	2.88	6.65	4.56	5.61

Fuente: Elaboración propia con base en datos recabados por el CEP-CyT-FE, UNAM.

Notas:

^{a)} El empuje de la innovación se refiere a la proporción en la que otros agentes, además de la Empresa (E) han promovido la realización de la innovación. Estos actores pueden ser proveedores (P); Personal o empresas subcontratadas (S) o usuarios (U). De esta manera se puede observar, siguiendo a la literatura sobre la innovación abierta e interactiva, que no todas las empresas generan las innovaciones dentro de ellas (Corona & Borja, 2015).

^{b)} El índice INDICO resulta del promedio ponderado de las capacidades y de los resultados.

De lo anterior se observa que la ESIC Sw01, la más innovadora, ha optado por adoptar la innovación abierta, en la que el 30% de la innovación es motivada por el usuario (U); y colaborativa, porque usa y genera innovaciones con base en Software Libre y de Fuente Abierta, que le ha permitido reducir sus costos y complementar sus capacidades internas, ofreciendo un servicio de calidad.

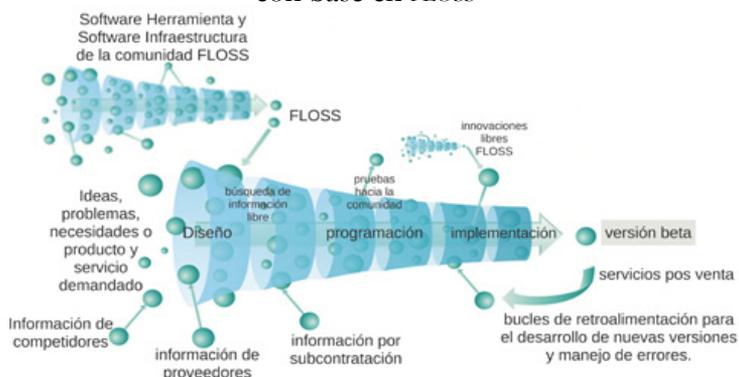
Por su parte, la estrategia de la ESIC Sw15 responde al objetivo de una paulatina diversificación de su oferta, sobre todo hacia la mejora de los servicios utilizando herramientas de FLOSS, que permite mantener la relación costo-beneficio en las soluciones que ofrece. Además, según reportó, desde 2013 ha incrementado esfuerzos para internacionalizar sus servicios con base en FLOSS.

La ESIC Sw35 es la empresa con una oferta de servicios de software y consultoría más diversificada de las empresas, que se basan en la innovación colectiva. No obstante, aunque también presenta el índice de capacidades más alto, su principal problema es la comercialización de sus servicios innovadores, por lo que los resultados y el índice INDICO final es bajo. Esto muestra que la innovación colaborativa también debe complementarse con la innovación abierta, es decir, atender las necesidades de los agentes y estableciendo vínculos que permita la comercialización de las innovaciones.

Las ESIC Sw33 y 34 se basan en modelos de innovación privativa. La primera obtiene grandes beneficios debido a la especialización en su nicho de mercado: el sector público. Sin embargo, no reporta certificaciones de calidad sobre su oferta. Por su parte, la ESIC Sw34 está enfocada a la mejora del control de altas tecnologías. Sus principales clientes son empresas de base tecnológica. La estrategia de esta empresa está muy ligada a los vínculos institucionales.

Con base en los estudios, se ha diseñado el proceso de innovación colaborativa, el cual abarca la innovación abierta, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Proceso de Innovación colaborativa de Software con base en FLOSS



Fuente: Elaboración propia con base en la literatura y los estudios de ESIC

CONCLUSIONES: EN BUSCA DE LAS HERRAMIENTAS PARA DERRIBAR LAS BARRERAS AL CONOCIMIENTO

Mediante la investigación de campo en la que se estudió a las empresas de software, es posible aceptar que el modelo de innovación colectivo permite generar capacidades para la innovación en las empresas de software. Sin embargo, con base en las variables que permite medir el índice INDICO, no se ha podido comprobar que el modelo colectivo influya en un mayor índice de innovación, aunque se observa mayor presencia de capacidades.

Como se explica en este trabajo, los resultados de la actividad innovadora se ven afectados por una serie de amenazas y debilidades que impide la comercialización de las innovaciones, el acceso a mercados, o el acceso a certificaciones y normas de calidad del software.

El estudio sobre la adopción de modelos de innovación privativo y colectivo, permite entender las estrategias que adoptan las empresas dentro del capitalismo informático. El recurrir a bienes informacionales libres y públicos, facilita a las empresas que adoptan el modelo de innovación colectivo, para aprovechar los bajos o nulos costos por la obtención

de cierto software. Otra de las ventajas del modelo colectivo es la oportunidad que representan los bienes públicos de ser estudiados, para mejorar las capacidades de innovación.

Competir y cooperar

Uno de los objetivos de la investigación fue analizar las razones por las cuales las empresas desarrolladoras de software adoptan el modelo de innovación colectivo o el modelo de innovación privativo. La investigación muestra que uno de los principales incentivos que tienen las empresas para adoptar el modelo de innovación colectivo se debe a que la competencia posee o puede acceder a bienes informacionales sustitutos. Mientras que la motivación interna que propicia la adopción del modelo de innovación colectiva, es superar las restricciones financieras o complementar las capacidades internas al recurrir al software libremente revelado, que permite la interacción con la comunidad de usuarios y desarrolladores de software libre.

De esta manera, el proceso de cooperación-competencia entre empresas que participan en redes globales de producción de conocimiento está fuertemente relacionado con la propiedad intelectual y las licencias con las que se difunden los bienes informacionales. Algunas ESIC de Software (o el personal que labora en la empresa) se relacionan con la comunidad global de usuarios y desarrolladores de FLOSS, como estrategia empresarial para desarrollar capacidades internas, hacer uso de capacidades externas o como estrategia para optimizar costos.

Consecuentemente las ESIC innovan bajo dos modelos determinados por las licencias (privativas o libres) de software. Cada modelo implica un tipo de estrategia económica para la minimización de costos, sujetos restricciones, como la valoración o preferencia de los usuarios y la calidad relacionada con cada tipo de software utilizado como base para innovar.

El modelo de innovación privativo, basado en licencias que impiden, tanto el acceso al código fuente del

software, como la mejora y la redistribución de dichas mejoras, determina cierto tipo de vinculación y beneficios económicos, distintos al modelo de innovación colectiva, caracterizado por el libre acceso al código fuente, la libertad de modificar de dicho código y la libertad de distribuir las modificaciones realizadas mediante licencias FLOSS.

En efecto, el modelo privativo se relaciona con el proceso de innovación cerrada o innovación colaborativa, ésta última para aprovechar el capital relacional que permita la inserción en cadenas de valor. De modo que las vinculaciones estratégicas que establecen las ESIC con otros agentes del ecosistema, son: 1) con empresas grandes que presentan alto grado de intermediación en una red, con las cuales pueden establecer asociaciones y obtener certificaciones que mejore el capital intangible de las empresas; 2) con proveedores y usuarios que permitan la participación en ciertos proyectos o garanticen el acceso a un tipo de mercado; y 3) con organizaciones gubernamentales que permitan el acceso a financiamiento o infraestructura nacional a bajo costo.

El modelo de innovación colectivo, basado en licencias que permiten leer, estudiar, modificar y distribuir el software modificado, es un ejemplo típico de innovación abierta, que otorga a las empresas, la posibilidad de acceder a bienes informacionales libremente revelados por otros innovadores. La relación de cooperación, con la red de producción de conocimiento, beneficia a las empresas en distintas etapas del proceso de innovación: en la búsqueda de bienes informacionales, que sean la base para nuevos productos o servicios de software; o el recurrir a la comunidad para identificar fallas y recibir comentarios sobre la versión preliminar de algún producto o servicio.

Sin embargo, el acceso al código fuente no garantiza la innovación, aunque se presenta como oportunidad de generar capacidades para innovar. Además, los bienes informacionales a los cuales accede depende tanto de las motivaciones

económicas y de reciprocidad que tienen los programadores para liberar el código fuente, como del conocimiento inicial con que cuenta la ESIC para identificar el software que mejor se adapta a los requerimientos empresariales para satisfacer las necesidades del mercado al que se dirige la empresa.

Adaptación y aprendizaje

El segundo objetivo de la investigación empírica fue identificar las estrategias empresariales de uso colectivo de FLOSS para: 1) acceder a mercados específicos o diversificar la oferta; 2) mejorar los rendimientos del modelo de innovación o disminuir el riesgo; 3) establecer relaciones de cooperación-competencia con otros agentes involucrados a nivel internacional.

En este caso se encontró que las empresas diversifican su oferta, sobre todo gracias a las relaciones que tienen en una red de vinculación. En segundo lugar, el riesgo asociado a la dependencia de las empresas a ciertos proveedores es menor en las empresas que pertenecen a redes con mayores conexiones. De esta manera, las ESIC que se insertan a redes globales de producción de conocimiento, tienen acceso a un abanico de proveedores más amplio, que las empresas que adoptan un modelo de innovación privativo.

No obstante, el riesgo de comercialización es mayor en las empresas que adoptaron el modelo de innovación colectivo, respecto a las empresas que se vinculan con empresas grandes reconocidas, aunque sea bajo el modelo de innovación privativo, ya que la relación que se establece entre el distribuidor o *partner*, garantiza la inserción a la cadena de valor y el acceso a mercados en los que la empresa socia tiene presencia.

La investigación exploratoria permite identificar el modelo de innovación colectivo como una vía para reducir el ciclo de innovación. En efecto, el FLOSS permite que las empresas desarrollen innovaciones, productos y servicios con software existente, de modo que se reduce el tiempo y costos invertidos en la elaboración de un software desde cero.

El proceso de innovación que presentan las ESIC innovadoras que utilizan FLOSS para mejorar sus capacidades y reducir costos (tanto por pago de licencia, como por utilizar herramientas de software públicas), se describe en la Figura 3. Este modelo es representativo de un modelo de innovación abierta, que permite aprovechar el conocimiento existente, acceder a mercados para vender cierto tipo de servicios previos a la innovación y que permite colaborar con comunidades de FLOSS para la mejora continua del software.

De esta manera, el FLOSS representa un caso típico de bienes informacionales libres y accesibles para las ESIC; la inserción de las empresas, en una red global de producción de conocimiento se presenta como oportunidad para poner a prueba las primeras versiones de sus productos o servicios y realizar futuras mejoras. No obstante, la información del mercado, de los competidores y de otros agentes, constituye un activo primordial para diseñar e implementar adecuadamente las innovaciones de software que realice la empresa.

Para mejorar el análisis que se inició con esta investigación se sugiere continuar con estudios representativos, sobre las actividades de innovación interactivas en las empresas. Sobre todo, incrementar el uso y aplicación de la metodología propuesta para medir el índice INDICO, pues suele identificar más aspectos microeconómicos, en comparación con manuales utilizados a nivel mundial (como manual de Oslo o Bogotá). La amplia aplicación de la encuesta permitirá obtener resultados representativos de variables cuantitativas y cualitativas relacionados con la innovación abierta y colaborativa, a fin de identificar los incentivos que permitan sugerir instrumentos de política relevantes en materia de cooperación con las redes globales de producción de conocimiento y promover la innovación abierta en sectores de servicios intensivos en conocimiento.

REFERENCIAS

- Ajila, S. y Wu, D. (2007) Empirical study of the effects of open source adoption on software development economics. *Journal of Systems and Software*. 80(9), 1517–1529.
- Arora, A.; Fosfuri, A. y Gambardella, A. (2001) Markets for Technology and their Implications for Corporate Strategy. *Industrial and Corporate Change*, 10(2).
- Arrow, K. (1962) Economic welfare and the allocation of resources for inventions. En R. Nelson, *The rate and direction of inventive activity* (págs. 609-625). NJ: Princeton University Press.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1992) *Accumulating Technological Capability in Developing Countries*. Washington, D.C: Annual Conference on Development Economics.
- Buell, F. (2010) A short history of environmental apocalypse. En F. e. imagination, *Skrimshire Stefan* (págs. 13-36).
- CENATIC, (2011) *Encuesta sobre el Software de Fuentes abiertas en la Administración Pública Estatal (ESFA-AGE)*. Diciembre. Recuperado el 19 de 10 de 2012, de <http://www.cenatic.es/publicaciones/onsfa?download=117%3Ael-software-libre-en-los-organismos-publicos-de-ambito-estatal>.
- Chesbrough, H. (2003) The era of Open Innovation. *MIT Sloan Management Review*, 44(3).
- Corona, L. (2015) *Índice INDICO: Innovación ,Difusión y Competitividad*. México: CEPICYT-UNAM.
- Corona, L. y Borja, B. (2015) Tipología de la innovación en empresas de servicios intensivas de conocimiento. En M. D. Pérez, y K. López, *Innovación para el futuro: emprendimiento, sistemas e inclusión*. México: CIECAS-IPN.
- David, P. y Foray, D. (2002) Fundamentos económicos de la sociedad del conocimiento. *Revista Comercio Exterior*, junio 51(6).
- Koh, E. (2009) *The Adoption of Open Source Software by Singaporean Companies*. Queensland: University of Technology.

- Nelson, R. y Winter, S. (1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nelson, R., Winter, S., Levin, R., y Klevorick, A. (1987) Appropriating the returns from industrial research and development. *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 783-820.
- Neumann, M. (2014) *Open Innovation vs Crowdsourcing vs Co-creation*. 17 de abril. Recuperado el 01 de 09 de 2015, de <http://www.wazoku.com/blog/open-innovation-vs-crowdsourcing-vs-co-creation>.
- Pérez, C. (2004) *Revoluciones Tecnológicas y Capital Financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI.
- Petkova, H. (2010) *Barriers to innovation in the field of medical devices*. Agosto. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70457/1/WHO_HSS_EHT_DIM_10.6_eng.pdf.
- Pfau, S.; Hagens, J.; Dankbaar, B. y Smits, A. (2014) Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. *Sustainability*, 6(3), Marzo, 1222-1249.
- Piva, E.; Rentocchini, F. y Rossi-Lamastra, C. (2012). Is open source software about innovation? Collaborations with the Open Source Community and Innovation Performance of Software Entrepreneurial Ventures. *Journal of Small Business Management*, 50(2), 340-364.
- Rivera, D. (2014) *Incentivos y barreras a la eco-innovación con materiales reciclados en México*. Mexico: UAM.
- Rivera, M. (2007) Rentas Económicas y aprendizaje: espacio global, nación y empresa. *Economía Informa*, 348, 48-60. Septiembre-octubre.
- Rizk, N. y El-Kassas, S. (2010) The software industry in Egypt: What role for open source? . En N. Rizk, & L. Shaver (Edits.), *Access to Knowledge in Egypt, New Research on Intellectual Property, Innovation, and Development*. (págs. 134-173). USA: Bloomsbury.

- Sampedro, J. L. (2011) *Conocimiento y empresa: La industria de software en México*. México: Plaza y Valdés-UAM-C.
- Taylor, C. y Silberston, Z. (1973) *The Economic Impact of the Patent System*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tian, D. (2014) Innovation Process of Open Source Software based on Knowledge Mapping. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 9(3).
- UNCTAD, (2003) *Free and open source software: Implications for ICT policy and development. E-Commerce and Development Report 2003. United Nations publications*. Recuperado el 08 de 01 de 2015, de http://unctad.org/en/Docs/ecdr2003ch4_en.pdf.
- Von Hippel, E. (1998) Economics of product development by users; The impact of sticky local information. *Management Science* 44 .
- Von Hippel, E. y Von Krogh, G. (2003) Open Source Software and the “Private-Collective” Innovation Model. *Organization Science*, 14(2).
- Von Hippel, E. y Von Krogh, G. (2006) Free revealing and the private-collective model for innovation incentives. *Research & Development Management Review*, 36(3).
- Von Krogh, G.; Spaeth, S. y Haefliger, S. (2005) *Knowledge reuse in Open Source Software: an exploratory study of 15 open source projects*. Hawaii: Proceedings of 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Track 7.
- Von Krogh, G.; Spaeth, S., y Lakhani, K. (2003) Community joining and specialization in Open Source Software Innovation: a case study. *Research Policy*, 32(7), 1217-1241.
- WEF, (2015). *Collaborative Innovation. Transforming Business, Driving Growth*. Agosto. Recuperado el 08 de 2015, de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Collaborative_Innovation_report_2015.pdf.

LA POLÍTICA PÚBLICA DE INNOVACIÓN ABIERTA: EL PROGRAMA DE ESTÍMULO A LA INNOVACIÓN (PEI) EN MÉXICO

Jorge Benjamín Tello Medina¹
y Lucio Flores Payan²

INTRODUCCIÓN

Desde décadas atrás, autores como Schumpeter (1934, han considerado que el desarrollo de las sociedades y sus regiones habitables se pueden representar por variables particulares como la innovación, el desarrollo tecnológico, recursos humanos y naturales, así como por elementos no tangibles como puede ser el conocimiento científico y natural.

En este sentido una sociedad que cuenta con capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, y con fuertes vínculos entre los diversos agentes que se involucran, así como la construcción de sistemas de innovación bajo un apropiado marco regulatorio, logrará altos niveles en su dinamismo económico (Dutrénit, *et al.*, 2013).

En el contexto mexicano, se ha llegado con gran rezago al entendimiento de la gran importancia que amerita la

1 Maestro en Gestión y Políticas de la Educación Superior, Universidad de Guadalajara (UdeG), correo: benjamin.tellom@gmail.com

2 Profesor Investigador del Departamento de Políticas Públicas de la UdeG, correo: lucpayanf@redudg.udg.mx

innovación y su respectiva inversión como un motor de desarrollo, crecimiento y competitividad (OECD, 2008) por lo anterior, es de vital importancia la atención inmediata mediante la creación de políticas específicas para fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación, que permitan contribuir más al crecimiento económico. El diseño e implementación de políticas públicas de apoyo y fomento a la innovación tecnológica adecuadas no es tarea fácil, ya que el reto de este tipo de políticas es presentar instrumentos y programas que faculten posibilidades de complementariedad en la generación de conocimiento entre los sectores productivos y la investigación (Casalet, 2012).

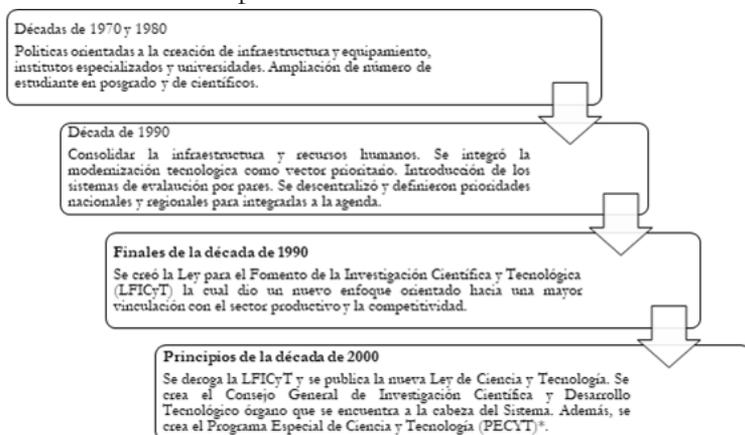
En la perspectiva de autores como Dutrénit y Suárez (2015), México requiere la focalización de esfuerzos en el camino hacia el establecimiento de procesos sistemáticos que promuevan la innovación, un elemental énfasis en promover el desarrollo de capital humano propiciando amplia sinergia entre el sector educativo y de investigación y el sector empresarial, estimulando la aplicación del conocimiento en la actividad productiva de alto impacto y en el desarrollo social de calidad.

TRAYECTORIA DE LA POLÍTICA DE CTI EN MÉXICO

Las políticas de promoción e impulso a la CTI en México, en las últimas décadas, han sufrido diversas transformaciones que van desde lo normativo hasta la creación de instancias que se suman en apoyo y dirección de un sistema de CTI. De manera resumida, la figura 1 señala las políticas más representativas en las últimas décadas.

Como complemento a la figura anterior, a finales de la década de los años dos mil, el Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico aprueba el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI) 2008-2012.

Figura 1.- Principales políticas de Ciencia y Tecnología implementadas en México



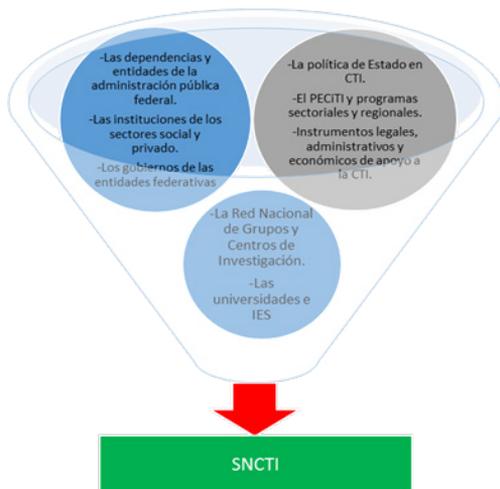
Fuentes: Elaboración propia a partir de Cabrero, Valadés y Lopez-Ayllón (2006); Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2011: 9). * Se convierte en el instrumento de programación del Estado, y se resalta la preocupación del Estado por vincular a la ciencia y tecnología con el desarrollo del país, y la necesidad de coordinar esfuerzos entre actores (Berruoco y Márquez, 2006: 78).

Con la publicación de este programa, se dio inicio formal a la reflexión en torno al concepto de innovación (Moyeda y Arteaga, 2016). Posterior a su implementación, las políticas gubernamentales en la materia han sido dirigidas hacia la elaboración de herramientas y mecanismos para la transferencia de conocimiento. Es decir, una de las grandes estrategias del gobierno federal es consolidar la articulación entre las organizaciones de educación superior y centros de investigación con el sector productivo.

Estructura y marco normativo de la CTI en México

El gobierno federal, como actor central en torno a la dirección que deben tomar las políticas de desarrollo económico, ha mostrado un gran interés por conformar y consolidar un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). Sin embargo, su actual estructura la constituye un entramado complejo de organizaciones, políticas, normas, programas y principios.

Figura 2. Estructura del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en México



-El círculo en color gris son: políticas, normas, programas y principios.
 -Los círculos en color azul son: órganos encargados de la operación del sistema.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Ley de Ciencia y Tecnología (2002), Art. 3.

En cuanto al marco legal en el que se encuadra el impulso a este sector, se suele hacer referencia a: la fracción V del artículo tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Ciencia y Tecnológica y el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI). Estos ordenamientos son considerados los de mayor jerarquía en esta materia (Máynez y Sarabia, 2015). No obstante, existen otras disposiciones que se encuentran presentes en diversos instrumentos que regulan e integran toda esta estructura normativa, como lo son: El Plan Nacional de Desarrollo; la Fracción XXIX-F del art. 73 de la Constitución Política; el Art. 9º de la Ley General de Educación; el Estatuto y Ley Orgánica del CONACYT; las

Reglas de Operación del Sistema Integral de Información Científica y Tecnológica, del Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) y de los Programas del CONACYT; la Ley de Planeación, entre otras (Berrueco y Márquez, 2006).

El financiamiento, capital humano e infraestructura dentro del SNETI
A finales del año 2006, el Fondo Consultivo de Ciencia y Tecnología (FCCYT) dió a conocer el documento «Conocimiento e Innovación en México: Hacia una Política de Estado» en el que articula diversas propuestas elaboradas por varias organizaciones, con la finalidad de establecer los elementos necesarios para transformar y consolidar la política científica del país en una auténtica Política de Estado, y cuyos objetivos deberían estar alineados con el Plan Nacional de Desarrollo 2006- 2012.

Bajo diversas líneas de acción, se puede sintetizar que el documento hacía un llamado a construir una política pública en materia de Ciencia y Tecnología (CYT) con una visión de largo plazo, donde diferentes actores participaran para incrementar la competitividad y la capacidad de innovación, en beneficio del desarrollo económico regional y social del país, además, se planteó expandir las fronteras del conocimiento y la tecnología, accediendo a fondos, alianzas y esquemas de colaboración a nivel internacional, así como evaluar el impacto que tiene el sector CYT en la sociedad y en la economía (FCCYT, 2006).

De igual manera, para el periodo 2012-2018, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en conjunto con diversas entidades de las áreas académico-científico, social, gubernamental y empresarial, propusieron los aspectos imprescindibles para construir una Agenda Nacional en CTI a largo plazo, bajo un solo objetivo estratégico: hacer del conocimiento y la innovación una palanca fundamental para el crecimiento económico sustentable de México, que favorezca el desarrollo humano, posibilite una mayor justicia social,

consolide la democracia y la paz, y fortalezca la soberanía nacional (UNAM, 2012).

En este caso, las estrategias tomaron una dirección en sentido a que: la ciencia debe ser considerada una prioridad nacional; se otorgaran apoyos económicos, jurídicos y de organización para establecer una verdadera sociedad y economía basadas en el conocimiento y la información; se establecieran políticas públicas diferenciadas, en apoyo al progreso integral de las entidades federativas y regiones, y que la participación de los actores del sistema fuese relevante; así mismo, consolidar la vinculación de la ciencia y la educación superior con el desarrollo tecnológico y la innovación en las empresas, para incrementar la competitividad del sector productivo (UNAM, 2012).

En ambos acuerdos existe afinidad en tres grandes estrategias, en primer lugar, la importancia de estimular el financiamiento, al hacer referencia que por Ley se debe invertir por lo menos el 1% del PIB. En segundo lugar, la necesidad de formar y fortalecer el capital humano a nivel superior, y por último, crear más y mejores Centros de Investigación e IES para desarrollar conocimiento y actividades de CTI. Estos tres elementos de carácter indispensable, se analizan a continuación.

Financiamiento

En términos financieros, se le ha dado gran importancia a la función de CTI, en el Gasto Programable del Sector Público Presupuestario. No obstante, tras la caída del precio del petróleo en el año 2015 se realizaron diversos ajustes, en consecuencia, durante los años 2016 y 2017 disminuyeron sus montos programados como se puede apreciar en el gráfico 1.

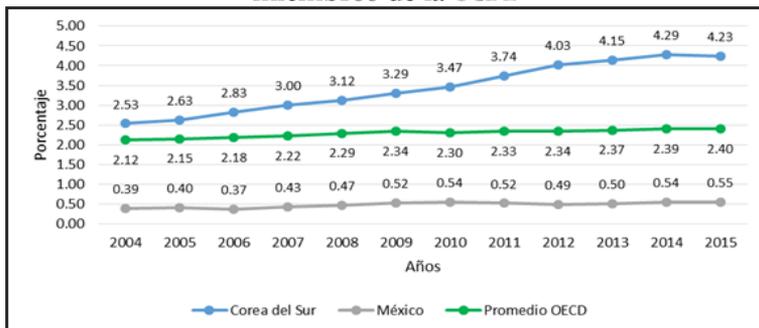
Pese al esfuerzo en el incremento del gobierno federal en torno a este rubro, la realidad es contrastante si se compara a nivel internacional cuánto se ha destinado al desarrollo de conocimiento en el país, usando como medida el Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE).

Gráfico 1. Evolución del Gasto Programable del gobierno federal en la función Ciencia, Tecnología e Innovación y su variación porcentual



Fuente: Elaboración propia a partir de la SHCP (2018).

Gráfico 2. Evolución del GIDE como proporción del PIB en México en comparación con el promedio de los países miembros de la OCDE

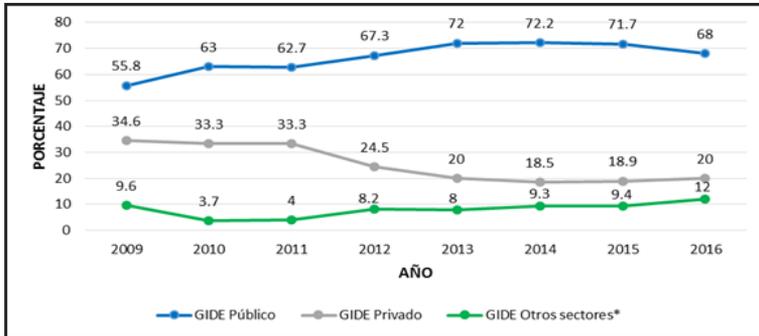


Fuente: Elaboración propia a partir de OCDE (2018).

El GIDE es un indicador que opera bajo el supuesto de que especializarse en la producción de bienes intensivos en tecnología se encuentra en función de generar nuevo conocimiento (CONACYT, 2016). Sin embargo, México se encuentra muy por debajo del promedio en los países miembros de la OCDE, el cual se ha mantenido por encima del 2% del PIB durante más de una década.

Con respecto a las fuentes de financiamiento del GIDE en el país, la tendencia en años recientes muestra una composición soportada cada vez más por el sector público y una menor participación por parte del sector privado.

Gráfico 3. Comportamiento del GIDE según el origen de su financiamiento



Fuente: Elaboración propia con cifras de CONACYT 2016. *Otros sectores lo componen: el privado no lucrativo, los hogares y las IES.

Por lo tanto, hay que destacar el interés del tema en función del incremento a su financiamiento, por lo menos a nivel de programación del gasto, pero insuficiente si se habla en términos internacionales. Al mismo tiempo, existe un importante problema en el desplazamiento del sector privado, disminuyendo la inversión en CTI.

Formación y fortalecimiento del capital humano

Para estos elementos se realizó la tabla 1, comparativa entre las diferentes entidades federativas, con la intención de conocer a mayor detalle las capacidades de formación e impulso de capital humano a nivel superior con las que cuenta cada una de ellas.

En ocho entidades se acumula el 51% de todos los programas de licenciatura que existen en el país. Estas son: Estado de México, Puebla, Ciudad de México, Veracruz, Guanajuato, Jalisco, Chiapas y Nuevo León

Con respecto al número de programas a nivel posgrado, las cinco principales entidades federativas donde se localizan importantes concentraciones son: Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Jalisco y Nuevo León, y son éstas mismas entidades las que reciben en suma el 53.7% del total de becas nacionales CONACYT. De los estados restantes, es Campeche el que se ubica en el último lugar en cuanto a la captación de este tipo de estímulos.

Por otro lado, las entidades con mayores tasas de egresados a nivel licenciatura por cada cien mil habitantes son: la Ciudad de México, Sinaloa, Colima, Querétaro y Aguascalientes. A nivel posgrado existen diversos cambios, por ejemplo, en especialidad son la Ciudad de México, Aguascalientes, Hidalgo, Jalisco, Puebla y Nayarit las de mayores tasas. En maestría, Campeche, Nuevo León, Ciudad de México, Puebla y Chiapas son las entidades con altas concentraciones de egresados por cada cien mil habitantes. A nivel doctorado, son los estados de Campeche, Nayarit, Nuevo León, Puebla y la Ciudad de México los más destacados en este tipo de tasa.

Un dato final en relación a la tabla 1, es la agrupación de miembros del SNI. En el año 2016 se tenía registro que había 23,647³ miembros, y en las últimas cinco entidades mencionadas, representaron el 54.3% del total de inscritos en el Sistema. Todo lo anterior señala que son las entidades con elevados indicadores en cuanto al fortalecimiento de capital humano calificado.

3 Cifra extraída de: Actividades del CONACYT (2016).

Tabla 1. Formación de capital humano a nivel superior por entidad federativa (varios indicadores) (a)

Entidad Federativa	Egresados (ciclo 2016-2017)a/						Número de Programas (ciclo 2016-2017)b/		Becas CONACYT Nacionales (2016)c/	Miembros del SNI (2016)c/
	Licenciatura	Especialidad	Maestría	Doctorado	Licenciatura	Posgrado				
Aguascalientes	8,663	522	926	107	440	118		443	201	
Baja California	16,906	347	2,354	312	804	372		2,235	779	
Baja California Sur	2,926	15	263	46	226	47		446	252	
Campeche	4,356	114	2,439	735	308	158		120	137	
Chiapas	21,618	382	5,171	396	1,274	461		652	314	
Chihuahua	18,154	334	2,512	256	764	294		1,051	423	
Coahuila	15,190	198	1,665	154	957	316		1,166	365	
Colima	4,853	128	562	31	266	92		265	200	
Ciudad de México	80,156	5,477	12,318	1,077	2,163	1,656		16,642	8,129	
Durango	7,422	188	1,297	117	402	160		396	184	
Edo.México	65,682	2,048	9,702	760	2,505	830		3,183	1,456	
Guanajuato	22,795	669	3,577	434	1,310	436		1,699	865	
Guerrero	13,535	20	1,009	46	536	107		429	113	
Hidalgo	16,854	792	1,537	46	836	266		570	362	
Jalisco	37,373	2,079	4,759	602	1,293	672		3,048	1,286	
Michoacán	17,671	321	2,441	223	775	301		1,527	710	
Morelos	9,189	213	1,764	185	534	234		1,944	1,034	

Tabla 1. Formación de capital humano a nivel superior por entidad federativa (varios indicadores) (b)

Entidad Federativa	Egresados (ciclo 2016-2017)a/				Número de Programas (ciclo 2016-2017)b/			Becas CONACYT Nacionales (2016)c/	Miembros del SSI (2016)c/
	Licenciatura	Especialidad	Maestría	Doctorado	2016-2017)		Posgrado		
					Licenciatura	Doctorado			
Nayarit	7,734	261	852	252	336	120	257	119	
Nuevo León	25,836	617	7,310	787	1,121	603	2,852	1,043	
Oaxaca	12,784	183	1,279	49	514	155	470	297	
Puebla	32,809	1,361	7,127	748	2,397	785	2,625	936	
Querétaro	13,747	368	1,225	70	594	223	1,691	657	
Quintana Roo	6,252	8	862	33	406	122	246	134	
San Luis Potosí	10,374	250	1,409	214	587	183	1,405	628	
Sinaloa	22,176	295	1,343	242	728	255	1,025	389	
Sonora	14,683	19	1,393	229	669	174	1,292	559	
Tabasco	11,758	504	1,345	132	578	208	390	165	
Tamaulipas	19,252	467	2,214	265	895	257	734	231	
Tlaxcala	5,558	18	399	110	204	86	368	151	
Veracruz	36,112	730	4,030	356	1,811	557	2,099	738	
Yucatán	12,971	379	1,955	123	641	254	1,166	591	
Zacatecas	6,281	141	733	131	307	143	385	199	

Fuentes: Elaboración propia a partir de: a/ Anuarios Estadísticos de la ANUIES; incluye modalidad Escolarizada y no Escolarizada, de sostenimiento Público y Particular, ciclo 2016-2017. b/ CONACYT, Actividades del CONACYT por Entidad Federativa 2016. c/ SEP, Dirección General de Educación Superior, ciclo 2016-2017.* Incluye Técnico Superior Universitario, Licenciatura Universitaria y Tecnológica. NOTA: En el cálculo de la tasa por cada 100 mil habitantes se utilizó como fuente INEGI (2016).

Infraestructura

Como parte de la estrategia para potenciar el desarrollo de actividades científico-tecnológicas y de innovación, el sector público cuenta con nueve universidades federales, treinta y cuatro estatales, ciento catorce universidades tecnológicas, sesenta y dos universidades politécnicas, y varios centros públicos de investigación (CPI) en el país.⁴

No obstante, se puede hablar de que existen grandes diferencias entre las entidades, ya que es evidente, en pocas de ellas, la alta concentración de infraestructura para la formación de capital humano a nivel superior, tanto de carácter público como privado.

Tabla 2. Total de IES públicas y privadas por entidad federativa (ciclo 2016-2017)

Entidad Federativa	Cantidad de IES públicas y privadas
Ciudad de México	290
Edo. México	290
Puebla	282
Jalisco	226
Veracruz	203
Chiapas	177
Guanajuato	168
Nuevo León	151
Michoacán	142
Coahuila	121
Tamaulipas	110
Chihuahua	107
Hidalgo	106
Guerrero	105
Yucatán	95
Baja California	93
Morelos	91
Oaxaca	90

4 Cifras oficiales de la SEP (2017)

Querétaro	85
Sinaloa	81
San Luis Potosí	69
Durango	68
Sonora	66
Tabasco	65
Nayarit	63
Quinta Roo	57
Campeche	51
Tlaxcala	49
Zacatecas	49
Aguascalientes	46
Colima	34
Baja California Sur	25

Fuente: Dirección General de Educación Superior (2017).

Como parte de las IES, los Centros Públicos de Investigación (CPI) también juegan un papel importante en torno a la generación de CII, estos se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 3. Distribución de Centros Públicos de Investigación

Institución	Centros/ Plan- teles	Institutos	Total
IPN	20		20
CINVESTAV	9		9
UNAM			49
Coord. de Investigación Científica	8	22	30
Coord. de Humanidades	8	11	19
CPI- CONACYT	23	4	27

Fuente: Elaboración propia.

En esta misma línea de infraestructura, un mecanismo que se ha impulsado desde las iniciativas pública y privada, con la finalidad de incrementar la productividad en sectores económicos de alta tecnología, son la creación de parques

científicos y tecnológicos. Estos parques tienen como principales objetivos la transferencia de conocimiento y la inversión en CTI (PECITI, 2014-2018). Sin embargo, su crecimiento ha sido muy poco acelerado en términos de contar con un mayor número de ellos en el país.

Tabla 4. Número total de parques tecnológicos en México
(Años seleccionados).

Año	Parques tecnológicos	Red de parques ITESM	Total
2009*	14	9	23
2015**	16	12	28

Fuentes: * Secretaría de Economía e ITESM 2009;** Muños (2015) y Red de Parques tecnológico del ITESM.

EL CONACYT: ENTE COORDINADOR Y EJECUTIVO DE LA CTI EN MÉXICO

Como se mencionó, la participación y relación entre diversos actores es un aspecto fundamental para impulsar la CTI e incidir en el desarrollo económico del país. Uno de estos agentes, y el actual coordinador del SNCTI, es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

La labor que realiza el Consejo se enmarca entre diversas leyes, normas e instrumentos con el objetivo de que las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (IDTI) que realicen diversos agentes, así como la relación entre ellos, tengan el mayor impacto posible en la sociedad.

La coordinación de un sistema tan complejo por parte del CONACYT nace en el año 2002, un periodo donde se gestan grandes cambios institucionales y normativos, y en el cual se observó el esfuerzo gubernamental por impulsar las actividades relacionadas con la Ciencia y Tecnología (CYT).

Por ejemplo, ese año, junto con la nueva Ley de Ciencia y Tecnología nace la nueva Ley Orgánica del CONACYT (Bazdresch y Romo, 2005). Además, se reconoció al Consejo

como órgano descentralizado, no sectorizado, con autonomía técnica, operativa y administrativa, atributos que se sumaron a la facultad de coordinar el sector de la CYT en el país (Villa, 2011).

Figura 2. CONACYT como agente coordinador y eje articulador del SNCTI



Fuente: Elaboración propia a partir del PECiTI (2014-2018)

Al año siguiente, en el Decreto de Presupuesto de Egresos de la Federación se estableció el Ramo administrativo 38 perteneciente exclusivamente al CONACYT (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas/008/2003: 5). Con la creación del Ramo 38 se desincorporan los Centros CONACYT de la Secretaría de Educación Pública (DOF, 2003).

Actualmente, el CONACYT utiliza diversos instrumentos para el fomento de la CTI, todos ellos inherentes al marco normativo en este rubro. Varios de estos instrumentos buscan consolidar la interacción entre los agentes que integran el SNCTI de México, como lo son: las empresas, secretarías de estado, gobiernos estatales e instituciones académicas y científicas.

Para esta interacción entre agentes, el CONACYT ejecuta diversos instrumentos de apoyo, por ejemplo, el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) y el Fondo Sec-

torial de Innovación (FINNOVA), siendo estos, los principales programas de carácter vinculante entre la academia y el sector productivo.

EL PROGRAMA DE ESTÍMULO A LA INNOVACIÓN (PEI) Y SUS RESULTADOS

Derivado de la política pública de fomento a la CTI, desde el año 2009 el CONACYT impulsa el Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación o también llamado Programa de Estímulos a la Innovación (PEI)⁵.

Este programa otorga subsidios parciales con el objetivo de: «detonar la inversión privada en actividades de investigación, desarrollo e innovación» (PECITI 2014-2018: 33). A manera de antecedente, en ese mismo año se cancela el Programa de Estímulos Fiscales, a través de la derogación del Art. 219 de la Ley del Impuesto sobre la Renta, la cual señalaba en su primer párrafo:

Artículo 219. Se otorga un estímulo fiscal a los contribuyentes del impuesto sobre la renta por los proyectos en investigación y desarrollo tecnológico que realicen en el ejercicio, consistente en aplicar un crédito fiscal del 30%, contra el impuesto sobre la renta a su cargo en la declaración del ejercicio en que se determine dicho crédito, en relación con los gastos e inversiones en investigación o desarrollo de tecnología (PECITI, 2014-2018: 102).

Sin embargo, fue en la Ley de Ingresos de la Federación (2009: 30) donde se estableció el apoyo a los proyectos en investigación y desarrollo tecnológico por la vía presupuestal, en los términos que establece el Presupuesto de Egresos de la Federación para ese ejercicio fiscal. De esta

⁵ En términos presupuestarios, el programa se localiza dentro del Ramo 38 como: «Programas Federales» en el grupo «Subsidios: Sectores Social y Privado o Entidades Federativas y Municipios».

manera, se da origen a un esquema de transferencias directas de recursos.⁶

Este programa también surgió para estimular tanto la innovación empresarial como la vinculación de la academia con el aparato productivo. De manera concreta, por medio del PEI el CONACYT destina recursos económicos para incentivar a los empresarios a realizar innovaciones tecnológicas de productos o procesos con la finalidad de que éstos se traduzcan en oportunidades de negocio y, finalmente, en desarrollo económico para México (Rodríguez, 2016).

En cuanto a su composición, el programa cuenta con tres modalidades, en las cuales según el tamaño de la empresa y/o la vinculación (con Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación que se involucran) son determinantes para poder participar.

La primera, llamada INNOVAPYME, proporciona recursos complementarios al invertir en proyectos de innovación tecnológica dentro de micro, pequeñas y medianas empresas con la finalidad de incrementar su competitividad y la creación de nuevos empleos. Una segunda modalidad de apoyo mediante estímulos económicos públicos es INNOVATEC, y la cual opera solo en empresas grandes, para articular cadenas productivas con actividades de IDTI. En ambas modalidades, se incentiva la generación de patentes sobre sus productos, procesos o servicios y así mejorar la competitividad de las empresas e impactar en la economía de cada entidad federativa (Moctezuma, López y Mungaray, 2017).

La última es PROINNOVA, y su objetivo es impulsar propuestas de desarrollo tecnológico que se presenten en vinculación con al menos dos IES, o dos Centros de Investigación (CI) o uno de cada uno, de tal forma que se puedan desarro-

6 Los resultados de este mecanismo estarían sujetos al Sistema de Evaluación del Desempeño (2009).

llar proyectos mediante flujos de conocimiento, y el trabajo en conjunto lleva a concretar redes de innovación o alianzas estratégicas.

Por el lado de incentivar la inversión de las empresas en actividades de IDTI mediante el PEI, ya sea de manera individual o vinculadas con las IES y CI se ha seguido una dinámica de financiamiento con ciertas inconsistencias. En años como el 2011, 2013 y 2016 la inversión ha sido mayoritariamente pública, esto aunado a las variaciones derivadas de ajustes presupuestarios como en el periodo 2014-2015, donde la inversión pública del programa no ha sido constante, hacen que el incentivo de la complementariedad del recurso no cumpla con el objetivo planteado. Es decir, al momento de calcular la razón de inversión privada entre inversión pública, para esos años en particular, el resultado es que por cada peso invertido por los empresarios el sector público aportó más de un peso. De manera general, dichas inversiones se pueden observar en el gráfico 4.

Gráfico 4. Tendencia de la inversión pública y privada del PEI durante el periodo de ejecución 2009-2016 (en millones de pesos).



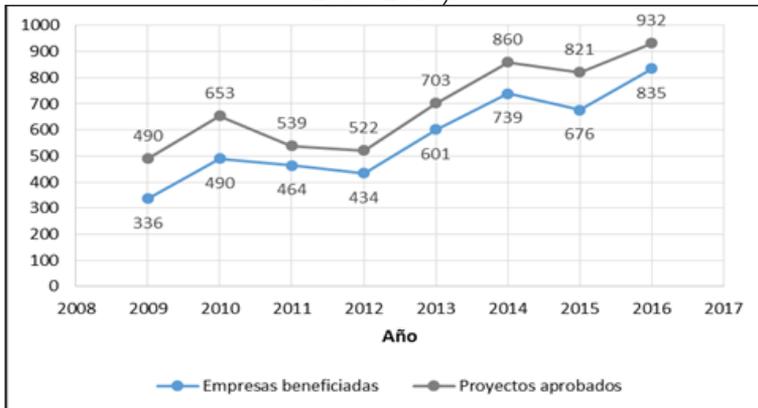
Fuente: Elaboración propia a partir de cifras presentadas por la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación (2017).

Por otra parte, no cabe duda que gracias al PEI se ha incrementado el número de empresas beneficiadas. Sin embargo, se tiene que considerar que en un mismo año puede ser apoyada varias veces una misma empresa, ya sea en la misma entidad o en otra. Esto es posible, porque el programa deja abierta la posibilidad de presentar por sede algún proyecto en cualquiera de las tres modalidades existentes.

En cuanto al tamaño de las empresas beneficiadas, las pequeñas empresas seguidas por las empresas grandes, han sacado una importante ventaja del PEI en cuanto al número de proyectos aprobados. Conforme al apoyo financiero, las empresas medianas representan tan solo una tercera parte del apoyo recibido por las pequeñas empresas, de igual manera, el recurso total dirigido a las microempresas constituye tan solo un 46% del recurso total aprovechado por las pequeñas.

Queda clara la tendencia de impulsar a las pequeñas empresas. En cambio, se puede decir que las grandes empresas cuentan con un posicionamiento estable y con los recursos suficientes para invertir en ellas mismas. Por otro lado, tanto micro como medianas, son grupos importantes, pero hace falta mayor participación en convocatorias de este tipo, sobre todo por las ventajas que se generar, por ejemplo, a las micro les permitiría aumentar sus años de vida dentro del mercado si mejoran su productos y servicios, y a las medianas les ayudaría a expandirse y crecer al nivel de una gran empresa, además, se volverían más productivas, competitivas y generarían empleos a favor del desarrollo económico de la región donde se localicen.

Gráfico 5. Relación del número de empresas beneficiadas con el número de proyectos apoyados por el PEI (periodo 2009-2016).

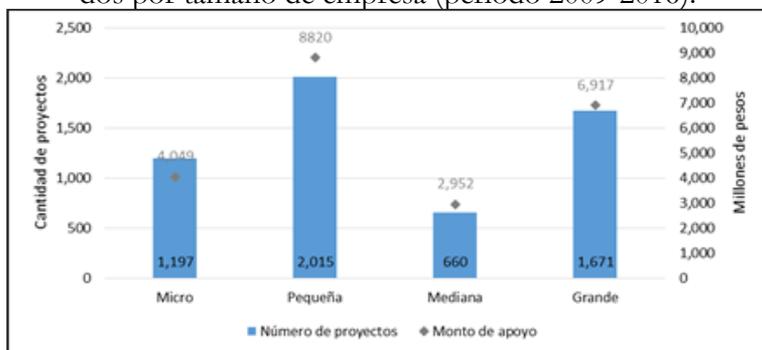


Fuentes: Para los proyectos aprobados, son cifras a partir de las publicaciones de resultados de las Convocatorias 2009 al 2016. Para las empresas beneficiadas, son cifras presentadas la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación (2017).

Una característica a subrayar del PEI, es el hecho que, para ser empresa beneficiaria se debe estar inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de esta forma, se pueden llevar a cabo proyectos de forma individual o de manera vinculada. Durante el periodo 2009-2016, el programa ha desarrollado un mayor número de actividades de IDTI en vinculación con IES y/o CI del país que la participación individual de las empresas. Cifras señalan que alrededor de 4,700⁷ proyectos fueron apoyados en vinculación durante este periodo, y el 49.8% se concentra en solo diez IES, así como un 30 % en diez Centros CONACYT como se muestra a continuación.

⁷ Cifra presentada por la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación (2017).

Gráfico 6. Recursos del PEI y número de proyectos beneficiados por tamaño de empresa (periodo 2009-2016).



Fuente: Elaboración propia a partir de cifras presentadas por la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación (2017).

Si bien parece ser que la vinculación se encuentra mayoritariamente con las IES, son pocas las organizaciones académicas que terminaron por absorber una cantidad importante de proyectos. Varias de ellas, tiene en común de ser grandes y estar consolidadas dentro del Sistema de Educación Superior. En cuanto a las modalidades del PEI, durante el periodo ya mencionado, PROINNOVA apoyó con el 46.1% del total de proyectos, mientras que las modalidades INNOVAPYME e INNOVATEC el 31.3% y 22.6% respectivamente.

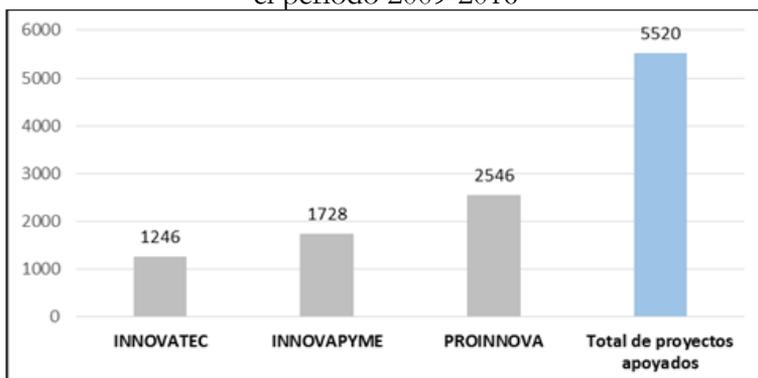
Por último, a nivel entidad federativa, existe una alta concentración de proyectos aprobados en Nuevo León, Ciudad de México, Estado de México, Jalisco y Guanajuato (mayores a 300 proyectos). De igual manera, en diez estados de la república se desarrollaron el 60.7% de todos los proyectos, y en las cinco entidades ya mencionadas se absorbieron el 38% del total de proyectos durante el periodo analizado.

Tabla 5. Principales IES y Centros CONACYT con mayor número de vinculaciones a través del PEI (periodo 2009-2016)

Instituciones de Educación Superior (IES)		Centros CONACYT	
ITESM	511	CIATEQ	249
UNAM	299	CIMAV	212
UANL	297	CIDESI	181
CINVESTAV	252	COMIMSA	178
IPN	223	CIQA	140
UACH	190	CIATEJ	134
ANAHUAC	176	CIAD	133
UAQ	166	IPICYT	76
UASLP	121	CIATEC	58
UABC	116	CIDETEQ	58

Fuente: Elaboración propia a partir de cifras de la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación (2017).

Gráfico 7. Total de proyectos apoyados según modalidad en el periodo 2009-2016



Fuente: Elaboración propia a partir de las publicaciones de resultados de las Convocatorias 2009 al 2016

Tabla 6.- Cantidad de proyectos apoyados por el PEI en todas sus modalidades, por entidad federativa en el periodo 2009-2016.

Entidad Federativa	Número de proyectos aprobados en sus 3 modalidades
Nuevo León	550
Ciudad de México	538
Edo. México	418
Jalisco	398
Guanajuato	321
Coahuila	314
Baja California	287
Querétaro	257
Chihuahua	249
San Luis Potosí	213
Hidalgo	213
Yucatán	213
Morelos	183
Sonora	171
Puebla	173
Michoacán	156
Veracruz	152
Sinaloa	139
Aguascalientes	113
Tamaulipas	111
Tlaxcala	93
Tabasco	87
Oaxaca	86
Durango	81
Entidad Federativa	Número de proyectos aprobados en sus 3 modalidades
Campeche	64
Quintana Roo	64
Colima	49

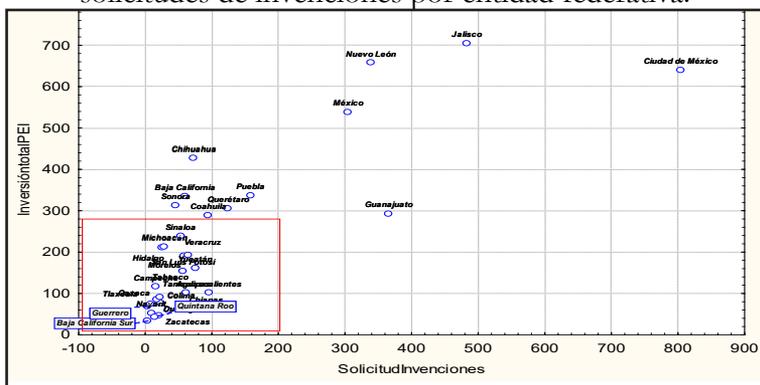
Nayarit	54
Zacatecas	50
Chiapas	51
Baja California Sur	35
Guerrero	33

Fuente: Elaboración propia a partir de las publicaciones de resultados de las Convocatorias 2009 al 2016.

¿EXISTE ALGÚN EFECTO DEL PEI EN LA CAPACIDAD INNOVADORA DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS?

Al someter la inversión del programa en cada entidad federativa a un análisis de correlación con la variable utilizada por excelencia, y que se asocia directamente con la capacidad de innovación de alguna región o espacio geográfico, es decir, la solicitud de invenciones, podemos observar gráficamente el grupo de entidades señaladas a largo de la investigación que han sacado más aprovechado del PEI y han logrado realizar solicitudes, aclarando que, este es un indicador engañoso pues no siempre se logra en un producto o servicio innovador.

Gráfico 8. Relación de inversión total del PEI y número de solicitudes de invenciones por entidad federativa.



Fuente: Elaboración propia en STATISTICA 8.0

CONCLUSIONES

La política de innovación conjunta o abierta que se ha implementado en México, a través de fondos concursables, busca un mayor acercamiento entre agentes y busca estimular la inversión para acelerar la incorporación de los sectores productivos en los mercados globales mediante la producción de bienes y servicios con mayor valor agregado. Pese a esta gran intención, la composición del GIDE muestra que existe un «efecto desplazamiento» es decir, el sector privado ha disminuido la inversión en CTI conforme aumenta la del sector público.

La explicación a esto último se puede centrar en un par de posibilidades. Por un lado, la poca regularidad en el gasto por parte del sector público y otros sectores, causa algún tipo de desincentivo y por eso baja la participación del agente privado en el proceso de generación de investigación y desarrollo. Una segunda causa posible, es el poco efecto que tienen los mecanismos, instrumentos y/o estrategias de política pública para incentivar al sector empresarial a invertir. Esto debilita invariablemente la fórmula público-privado para compartir el riesgo en este tipo de inversión.

El PEI muestra que en algunos años de su implementación, la inversión del sector privado ha sido menor que la pública. Si consideramos que el conocimiento es una materia prima muy valiosa y que al incorporarla a la producción de bienes y servicios, éstos mejorarán, el esquema de complementariedad planteado en este programa, no logra adecuarse a tal, porque una de las partes asume mayor riesgo durante el complejo proceso de innovación.

De los proyectos apoyados, la modalidad PROINNOVA ha sido la más recurrente. Empero, la mitad de estos proyectos en vinculación fueron realizados por tan solo diez IES, otro 30% fue en conjunto con también diez CI. Las organizaciones académicas que destacan en la captación de un mayor número de proyectos en conjunto con empresas se encuentra, el ITESM y la UANL, conocidos por sus fuertes lazos con el sec-

tor empresarial; la UNAM, el CINESTAV y el IPN, por su prestigio y concentración de los mejores científicos del país. En cuanto a los CI, el CIATEQ y el CIMAV han fungido como las principales organizaciones que se vinculan con mayor frecuencia por su alta especialidad en desarrollar tecnología. En consecuencia, la implementación del PEI arroja una alta concentración de proyectos apoyados en: Nuevo León, Ciudad de México, Estado de México, Jalisco y Guanajuato. Un dato adicional que se expuso y que respalda, es la centralización de proyectos en conjunto con IES y CI, el hecho de que en una tercera parte de la república mexicana se desarrollaron el 60.7% de todos los proyectos.

Cabe enfatizar que, el PEI denota la existencia de contadas IES y CI que logran vincularse con el sector empresarial, lo que conlleva a diferencias muy marcadas entre organizaciones. Lo mismo ocurre entre los tamaños de empresas beneficiadas. De tal forma que, los resultados del PEI dejan de manifiesto que es un instrumento poco diferenciador y que genera gran desigualdad entre entidades, ya que solo algunas terminan por ofrecer condiciones adecuadas para impulsar la CTI.

RERERENCIAS

- ANUIES, (2016-2017) *Anuarios estadísticos de educación superior 2016-2017*, consultados en: <http://www.anui.es.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>.
- Bazdresch Parada, Carlos y Romo Murillo, Carlos D. (2005) *El Impacto de la Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo de México*. Programa de Ciencia y Tecnología del CIDE. México, CIDECYT.
- Berruero, Adriana y Márquez, Daniel (2006) «El marco jurídico del sistema de ciencia y tecnología». En: Enrique Cabrero, Diego Valadés y Sergio López Ayllón. *El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México*. CIDE – UNAM/IIJ. pp. 35-131.

- Cabrero Mendoza, Enrique (ed.), Valadés, Diego y López Ayllón, Sergio (2006) *El diseño institucional de la política de ciencia y tecnología en México: Revisión y propuestas para su Reforma*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigación y Docencia Económicas, Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, (2002) *Ley de Ciencia y Tecnología*. México, Distrito Federal: Centro de Documentación, Información y Análisis.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, (2003) *Decreto del Presupuesto de Egresos de la Federación Comparativo de los Años 2002 y 2003*. CEFEP/008/2003. México, Distrito Federal: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, (2009) *Ley del Impuesto sobre la Renta*. México: Diario Oficial.
- Casalet, Mónica (2012) «Vinculación universidades-sectores productivos para la innovación tecnológica». Tercera sección, pp. 288-316. En: Calva Téllez, José Luis (Coord.). *Políticas de educación, ciencia, tecnología y competitividad*. Colección Análisis estratégicos para el desarrollo, Volumen 10. México. Consejo Nacional de Universitarios.
- CONACYT, (s/f) Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología <http://www.conacyt.gob.mx>.
- CONACYT, (s/f) Programa de Estímulos a la Innovación, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Consultado en: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/fondos-y-apoyos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion>.
- CONACYT, (2014-2018) Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI) 2014-2018.
- CONACYT, (2016) Actividad del CONACYT por Entidad Federativa 2016.
- Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación,

- (2017) *Presentación de resultados del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (2009-2016)*. México, CONACYT.
- Dirección General de Educación Superior, (s/f) Secretaría de Educación Pública. Consultada en: <http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx>.
- Dutrénit Gabriela, Moreno Brid Juan Carlos y Puchet Anyul, Martín (2013) *Crecimiento Económico, innovación y desigualdad en América Latina: Avances, retrocesos y pendientes Post- Consenso de Washington*. México. Impreso en Naciones Unidas.
- Dutrénit, Gabriela y Suárez, Marcela (2015) «Entre flujos de conocimiento, asimetrías y espacios de oportunidad: la ciencia, tecnología e innovación en América del Norte». En: Guerra Castillo, Marcela (s/f). *América del Norte: Retos y oportunidades en el siglo XXI*. México. Senado de la Republica, LXII Legislatura.
- FCCYT, AC. (2006) *Conocimiento e Innovación en México: Hacia una Política de Estado, Elementos para el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa de Gobierno 2006-2012*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- DOF, (2003) Gobierno de la República. Diario Oficial de la Federación, 14/04/2003.
- Gobierno de la Republica, (2013-2018) Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018). Recuperado de: <http://pnd.gob.mx>.
- Gobierno de la República, (2013-2018) Programa de Desarrollo Innovador (2013-2018). Secretaría de Economía. México. Recuperado de: http://www.economia.gob.mx/files/prodeinn/Programa_de_Developmento_Innovador2013-2018.pdf.
- INEGI, (2016) Encuesta intercensal 2015, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- CONACYT (2016) Informe General del estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2016. CONACYT. México.

- IMPI, (s/f) Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Gobierno de la República. Consultado en: <http://www.gob.mx/impi>.
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, (2009) Desarrollo de Emprendedores, Red de Parques Tecnológicos. Consultado en: www.itesm.edu.
- Máynez Aurora y Sarabia Cecilia (2015) «Ciudad Juárez y El Paso: Vecinos cercanos por localización, ¿socios estratégicos en el desarrollo competitivo de la región?» En: Carrillo Jorge / Contreras Oscar F. (2015) Coordinadores. *Experiencias estatales y transfronterizas de innovación en México*. México. El Colegio de la Frontera Norte, A.C.
- Moctezuma, Patricia, López, Sergio y Mungaray, Alejandro (2017) «Innovación y desarrollo: programa de estímulos a la innovación regional en México». *Revista Problemas del Desarrollo*, 191 (48), octubre-diciembre 2017. UNAM, México.
- Moyeda Mendoza, Candelario y Arteaga García, Julio (2016) «Medición de la innovación, una perspectiva micro-económica basada en la ESIDET-MBN 2012. Realidad, Datos y Espacio». *Revista Internacional de Estadística y Geografía*. Vol. 7, Núm. 1, enero-abril 2016.
- Muños, Carlos (2015) «Destacan parques tecnológicos en tierras mexicanas». *Revista digital Somos Industria*. Extraído de: <https://www.somosindustria.com/articulo/destacan-parques-tecnologicos-en-tierras-mexicanas>.
- OECD, (2018) Main Science and Technology Indicators, consultado en: <http://www.oecd.org/sti/msti.htm>.
- Programa de Desarrollo Innovador, (2013-2018) Gobierno de la República, Secretaría de Economía.
- Rodríguez, Carlos E. (2016) *El Sistema Nacional de Investigadores en números*. México, Distrito Federal. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Secretaría de Economía, (2009) Reporte sobre parques tec-

- nológicos. Dirección General de Comercio Interior y Economía Digital. México: SE.
- SHCP, (2018) Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas. Secretaría de Hacienda y Crédito Público Consultado en: http://www.shcp.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/FINANZASPUBLICAS/Estadisticas_Oportunas_Finanzas_Publicas/Paginas/unica2.aspx.
- Shumpeter, Joseph A. (1934) *Teoría del Desarrollo Económico*. México Fondo de Cultura Económica, séptima reimpresión, 2012.
- Soete Luc, Schneegans Susan, Eröcal Deniz, Angathevar Basakaran y Rasiah Rajah (2015) *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia, Hacia 2030, Resumen*. pp. 3-43. Paris. Ediciones United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- SEP, (2017) Subsecretaría de Educación Superior, SEP. Consultadas en: <http://www.ses.sep.gob.mx/instituciones.html>.
- Sistema de Evaluación del Desempeño, (2009) Consultado en: Consolidación del Sistema de Evaluación del Desempeño en 2009, VII.-Matrices de Indicadores para Resultados de los Programas presupuestarios de la Administración Pública Federal 2009.
- UNAM (2012). *Hacia una Agenda Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación*. Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., septiembre.
- Villa Rivera, José Enrique (2011) «Eventos Fundacionales de la CTI en México: X Aniversario del Foro Consultivo». pp. 223-239. En: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. (2014). *Reflexiones sobre Ciencia, Tecnología e Innovación en los albores del Siglo XXI*. México, Editorial Gustavo Casasola S.A. de C.V.

INVESTIGADORAS Y POLÍTICAS PÚBLICAS CIENTÍFICAS CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN MÉXICO

María Eugenia Martínez de Ita¹
Vania López Toache²
y Soledad Soto Rivas³

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología son pilares importantes para el desarrollo de cualquier nación; en México, estas actividades se llevan a cabo fundamentalmente en las Instituciones de Educación Superior. A finales de la década de 1960, pero sobre todo en la década de 1970, la educación en México se va a transformar paulatinamente, uno de esos cambios tiene que ver con la incorporación de las mujeres primero como estudiantes y más tarde como académicas. Entre los factores que explican este fenómeno están: a) las políticas públicas impulsadas por los gobiernos federales y estatales⁴; b) la búsqueda

1 Profesora de la Facultad de Economía de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, SNI e integrante de la Red Mexicana de Ciencia Tecnología y Género. Correo electrónico: mtzdeitamaru@gmail.com

2 Profesora de la Facultad de Economía de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, SNI, correo electrónico: vania.190580@gmail.com

3 Doctora en Economía Política del Desarrollo en la BUAP, correo electrónico: zolex333@hotmail.com

4 Las políticas públicas impulsadas que favorecieron la inserción de las mujeres

de la movilidad social tanto en términos sociales y familiares; como individuales recurriendo a la educación como elemento privilegiado, y c) el enorme esfuerzo de las mujeres que enfrentaron la cultura heteropatriarcal y que vieron en la educación una vía para lograr su autonomía e independencia económica.

En este contexto, este capítulo tiene como objetivo presentar un panorama sobre los avances de las mujeres en el ámbito científico, los problemas a los que han enfrentado y que limitan su desarrollo, así como la importancia de las políticas públicas científicas con perspectiva de género, para promover la igualdad sustantiva entre las y los investigadores. El capítulo está estructurado en dos apartados; en el primero se hace una descripción sobre la situación de las investigadoras en México, en el segundo se revisan las principales políticas públicas científicas con perspectiva de género. Al final se presentan las conclusiones a las que llegamos.

1. SITUACIÓN DE LAS INVESTIGADORAS EN MÉXICO

Diferentes autores e instituciones han apuntado a la irrupción masiva de las mujeres en el ámbito educativo y de manera optimista han dicho que, a diferencia de otras épocas, ahora la matrícula femenina es mayor a la de los varones. Esta tendencia se confirma en términos generales, ya que la matrícula femenina en todo el sistema educativo, en el ciclo 2016-2017 fue de 18,315,247 mientras que la masculina fue de 18,289,004 (SEP, 2018). No obstante, en el nivel superior hay variaciones,

en el nivel superior fueron: 1) una dirigida a la educación y que trajo como consecuencia la «expansión moderada» en la década de los sesenta y la «expansión acelerada» en los años 70 del sistema educativo (Gil; 2017: 5) , 2) otra en materia de planificación familiar y anticoncepción que poco a poco fue reduciendo las tasas de fecundidad y 3) la incorporación de la perspectiva de género en las políticas públicas como resultado de la suscripción en México de leyes, acuerdos e instrumentos internacionales sobre igualdad y perspectiva de género, y de las presiones realizadas por los movimientos de mujeres en el mundo y en nuestro país.

ya que mientras que en las normales (73.8%) y en el posgrado (52.6%) el porcentaje de mujeres es mayor al de los hombres, en la licenciatura (49,1%) y en el Técnico Superior (40.2%) sucede lo contrario.

Si tomamos en cuenta que en 1960 había 8,064 mujeres en licenciatura (que representaba el 10 % de toda la matrícula) y que en el 2016 la matrícula femenina en el nivel superior fue de 1,864,102⁵ (49.5% del total de la matrícula de este nivel) se puede apreciar la magnitud de este cambio. No obstante, en el ámbito de la ciencia y tecnología todavía falta mucho por hacer. Contar con el grado de doctor se ha convertido en un requisito para ingresar a los mercados de trabajo académicos, sin embargo, en el caso de las mujeres, tener este grado no garantiza que puedan incorporarse como investigadoras.

La investigación en México se empezó a institucionalizar con la profesionalización de las actividades docentes y de investigación en las universidades, a partir de la década de 1950, la creación de la Academia de la Investigación Científica en 1958, el surgimiento de los posgrados que tenían como objetivo formar investigadores en la década de 1970, la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en 1970, la creación del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en 1984, la constitución de los Sistemas de Investigación Regional a partir de 1983 y el inicio de los programas de estímulos, dependientes de las instituciones de educación superior en unos casos y en otros de la Secretaría de Educación Pública.

No se cuenta con suficiente información sobre la participación de las mujeres en la investigación de 1950 a 1980, y el desglose de la información por sexo en muchos casos se empieza a dar a finales de la década de 1990, pero

5 Los datos desagregados de la matrícula femenina para el 2016 son: 5,665 en Técnico Superior Universitario, 7,749 en Normal, 126,694 en Licenciatura y 21,992 en el Posgrado (SEP; 2018)

a fin de tener una idea sobre el papel de las investigadoras en la década del 2000, nos apoyaremos en los datos del SNI, de la UNAM y del Sistema de Investigación Regional «Ignacio Zaragoza» del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SIZA-CONACYT).

Gráfico 1. Porcentaje de investigadores en México por sexo, 1984 - 2017



Fuente: La información de 1984 a 2013 proviene de la publicación: Atlas de la ciencia mexicana SNI.

La información de 2014 a 2017 proviene de: Datos de Dirección Adjunta de Planeación y Evaluación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

El SNI inició en 1984 con 1,396 investigadores, de los cuales 1,143 eran hombres y 255 (18.3%) mujeres, a partir de ese año –como se puede observar en el gráfico 1– el número de investigadores se incrementó hasta llegar a 27,186 en 2017, de los cuales 9,978 eran mujeres lo que representó el 36.7% del total de investigadores

Respecto a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), esta institución fue de las primeras que profesionalizó las actividades docentes y de investigación en el país, además de contar con el mayor número de investigadores⁶. En el 2002 de los 38,516 académicos, 2,165 tenían contrato como investigadores; en 2018, los números pasaron a 49,279 y 2,659 respectivamente

En el cuadro 1 se puede observar que en el 2002, el personal académico de la UNAM estaba integrado funda-

⁶ Junto a la UNAM, destacan el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y El Colegio de México.

mentalmente por hombres, sobre todo en las categorías más altas (Investigador Titular, Profesor de Carrera Titular); resulta paradójico que por un lado, el porcentaje de investigadoras titulares sea del 28.2% y por el otro lado, el 83.3% de los Ayudantes de Profesor de Carrera y de Investigador sean mujeres, así como poco más de la mitad de los Técnicos Académicos Asociado y Titular. En otras palabras, la mayor participación de las mujeres se da en las categorías más bajas y esta se va reduciendo en las categorías más altas.

Cuadro1. Distribución porcentual del personal académico en las subdependencias de la UNAM según figura y categoría, por sexo, 2002

Categoría	Hombres	Mujeres
Investigador Titular	71.8	28.2
Investigador Asociado	55.6	44.4
Profesor de Carrera Titular	61.9	38.1
Profesor de Carrera Asociado	56.0	44.0
Profesor de Enseñanza Media Superior	100	0
Profesor de Asignatura	63.3	36.7
Técnico Académico Titular	48.7	51.3
Técnico Académico Asociado	46.3	53.7
Técnico Académico Auxiliar	53.6	46.4
Ayudante de Profesor de Carrera y de Investigador	16.7	83.3
Ayudante de Profesor de Asignatura	54.6	45.4

Fuente: Inmujeres (2004: 44)

Al igual que en el SNI, en la UNAM las mujeres han ido ganando terreno en el ámbito de la investigación ya que -como se puede apreciar en los cuadros 1 y 2- el porcentaje de mujeres en la categoría de Investigador de Carrera de Tiempo Completo pasó del 28.2% en el 2002 al 35.8% en 2017 y en la categoría de Profesor de Carrera Titular,

el porcentaje de mujeres pasó del 38.1% al 44.9% en esos mismos años. Por otra parte (de acuerdo con información proporcionada por CONACYT) el número de investigadores en el SNI adscritos a la UNAM paso de 2,322 en 2002 a 4,598 en 2017, de ellos, el 33.5% en el 2002 y el 40.1% en 2017 eran mujeres.

Cuadro 2. UNAM. Personal académico, por categoría y sexo, 2018

	Hom- bres	Mujeres	Total	% Hom- bres	% Mujeres
Investigación					
Investigador de Carrera «T.C.»	1,703	951	2,654	64.2	35.8
Investigador de Carrera «M.T.»	3	2	5	60.0	40.0
Técnico Académico «T.C.»	1,178	1,128	2,306	51.1	48.9
Ayudante de Investigador «M.T.»	0	1	1	0.0	100.0
Docencia					
Profesor de Carrera «T.C.»	2,965	2,418	5,383	55.1	44.9
Profesor de Carrera «M.T.»	89	31	120	74.2	25.8
Técnico Académico «T.C.»	946	1,106	2,052	46.1	53.9
Técnico Académico «M.T.»	56	55	111	50.5	49.5
De Asignatura					
Profesor de Asignatura «A»	13,249	10,444	23,693	55.9	44.1
Profesor de Asignatura «B»	1,761	1,362	3,123	56.4	43.6
Ayudante de Profesor «A»	717	578	1,295	55.4	44.6
Ayudante de Profesor «B»	1,782	1,504	3,286	54.2	45.8
Otros^a	138	46	184	75.0	25.0

a Incluye a profesores e investigadores visitantes y eméritos, a investigador extraordinario, a jubilados docentes en activo y a jubilados eméritos en activo.

Fuente: UNAM (2018)

Aun cuando el porcentaje de investigadoras y profesoras de carrera en la UNAM se ha ido incrementando, todavía falta mucho para que logren la equidad de género; en 15 años las investigadoras avanzaron 7.6 y las profesoras 6.8 puntos porcentuales, pero les falta alcanzar 14.2 y 5.1 puntos porcentuales respectivamente para llegar al 50%.

Otro estudio que muestra el papel de las mujeres en la investigación, es el que se realizó en la región SIZA-CONACYT (Sánchez, *et al.*, 2006) y que ofrece información para el periodo 1996-2002. En el cuadro 3 se puede observar –salvo en 1997 que hubo paridad y en 1998 en el que se registró mayor número de investigadoras– que del total de proyectos que contaron con financiamiento en todo el periodo, 107 fueron presentados y liderados por hombres, mientras que 60 tuvieron como responsable a una mujer.

También se puede apreciar en el cuadro 3 que de las 60 investigadoras, el 73.3% contaban con estudios de posgrado, mientras que de los 107 investigadores, el 69.1% tenían ese nivel de estudios. En ambos casos predominó el grado de Maestría. Lo anterior explica porqué el número de integrantes en el SNI es tan bajo (21.6%).

Cuadro 3. Responsables de proyectos de investigación en la región SIZA, según sexo y grado académico 1996-2002

Año	Total				Hombres				Mujeres			
	Lic.	Mtro.	Doc.	Total	Lic.	Mtro.	Doc.	Total	Lic.	Mtro.	Doc.	Total
1996	4	13	20	37	3	12	15	30	1	1	5	7
1997	2	10	12	24	1	3	8	12	1	7	4	12
1998	13	17	2	32	8	7	0	15	5	10	2	17
1999	15	15	2	32	10	11	0	21	5	4	2	11
2000	11	13	3	27	8	9	1	18	3	4	2	9
2002	1	3	11	15	0	2	9	11	1	1	2	4
Total	46	71	50	167	30	44	33	107	16	27	17	60

Fuente: Sánchez, Campos, Martínez, Casas y Sampere (2006: 77)

Cuadro 4. Responsables de proyectos de investigación en la Región SIZA-CONACYT, según sexo y pertenencia o no al SNI 1996-2002

	No pertenecen al SNI			Candidato			Nivel I			Nivel II			Nivel III			Emérito			
	H	M	T	H	M	T	H	M	T	H	M	T	H	M	T	H	M	T	
	1996	24	7	31	0	0	0	2	1	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0
1997	9	9	18	1	0	1	1	2	3	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
1998	11	13	24	0	1	1	4	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	17	11	28	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
2000	11	8	19	4	0	4	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	10	1	11	0	1	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	82	49	131	8	2	10	13	7	20	3	1	4	1	0	1	1	1	0	1

Fuente: Sánchez, Campos, Martínez, Casas y Sampere (2006: 77)

Por otra parte, en el cuadro 4 se puede apreciar que entre las 10 investigadoras que pertenecían al SNI, había 7 nivel I, 2 Candidatas y 1 nivel II; mientras que, de los 26 investigadores, 8 eran Candidatos, 13 nivel I, 3 nivel II, 1 nivel III y 1 Emérito; mientras que los investigadores se concentran en el nivel I y en el nivel de Candidato, las investigadoras se concentran en el nivel I. A nivel nacional esta tendencia se mantiene y en lo esencial ha permanecido en el tiempo:

En los cuatro niveles, el porcentaje de mujeres ha ido aumentando año con año. Sin embargo, es importante observar que las investigadoras han ganado terreno mayormente en el nivel de candidato, seguido por el nivel I y, un poco más atrás, los niveles II y III. En 1984, del total de investigadores de nivel III, alrededor de 10 por ciento eran mujeres, mientras que en 2016 este indicador quedó por abajo del 20 por ciento. Asimismo, poco menos de 45 por ciento de los candidatos son actualmente mujeres, en comparación con menos de 20 por ciento en 1984 (Rodríguez; 2016: 15).

Porcentaje de Investigadores responsables de proyecto, investigadores participantes y becarios tesistas. Según sexo
1996-2002

	Hombres	Mujeres
Investigadores Responsables	64%	36%
Investigadores Participantes	62%	38%
Becarios Tesistas	44%	56%

Fuente: Sánchez, Campos, Martínez, Casas y Sampere (2006: 72)

Como ya se dijo, aun cuando el nivel educativo de las mujeres se ha ido incrementando, su participación en el ámbito de la ciencia ha sido limitado y, conforme aumenta el nivel de responsabilidad o de ascenso, el número de mujeres va disminuyendo a pesar de su interés por la investigación;

la información del cuadro 4 confirma lo anteriormente dicho. Así, mientras que el 56% de los becarios tesistas fueron mujeres; su participación disminuye entre los investigadores participantes (38%) y los investigadores responsables (36%). Una situación similar se presentó en el año 2010 a nivel nacional, mientras que el 47.6% de los estudiantes de doctorado fueron mujeres, el porcentaje de investigadoras fue del 33% (Blazquez, 2016: 59).

¿A qué se debe la menor presencia de las mujeres en la investigación? ¿Cuáles son las razones por las que las investigadoras se concentran en categorías laborales o en niveles más bajos? Parte de la explicación se debe a las barreras que obstaculizan el ascenso de las mujeres en sus carreras profesionales, a pesar de que estén calificadas para ocupar dichos puestos. A estos límites se les conoce como «techo de cristal» o «glass ceiling barriers»:

Techo de cristal es una expresión metafórica que sugiere la existencia de un límite invisible que impide el desarrollo de la mujer en cualquiera de los ámbitos sociales en los que se desenvuelve. El techo sugiere que la mujer se encuentra en una situación de ascenso en las estructuras de poder y la idea de cristal alude a un límite imaginario, y por tanto subjetivo que impide que las mujeres que participan en las organizaciones escalar las máximas posiciones jerárquicas. En ese sentido, el techo de cristal representa un límite simbólico que resguarda para los hombres las posiciones más altas en las que se ejerce la toma de decisiones. Así nos referimos al conjunto de obstáculos que tienen las mujeres, los cuales llegan a ser imperceptibles hasta para ellas mismas, convirtiendo la discriminación femenina en más sutil y, por tanto, más difícil de percibir y combatir (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2013: 25)

Este concepto que se empezó a emplear en la década de 1980 se refiere a las barreras basadas en prejuicios sobre la capacidad personal y profesional de las mujeres, por ejemplo considerar que las mujeres «son pasivas y tímidas», en oposición a los estereotipos sobre las cualidades indispensables para dirigir con éxito, asociadas a actitudes predominantemente «masculinas» (agresividad, competitividad, determinación, vigor) (Camarena y Saavedra, 2018: 315)

Como se puede observar, mujeres y hombres no tienen las mismas posibilidades de incorporarse a la profesión académica y particularmente a la investigación, como tampoco tienen las mismas trayectorias, ni están en igualdad de circunstancias. Entre los factores que explican esta situación sobresalen las características asociadas a la identidad de género, a la cultura organizacional de las instituciones de las que forman parte –reglas informales, políticas de recursos humanos, escasa presencia de mujeres que puedan servir como referencia, o ser mentores de las más jóvenes–, políticas organizacionales que tienen como referencia a los trabajadores masculinos así como los roles –crianza, cuidado y trabajo doméstico– en el espacio doméstico que generalmente se convierte en una segunda jornada de trabajo. (Camarena y Saavedra, 2018: 317-318).

Cuadro 5. Distribución de investigadores del S.N.I por género y edad, 2004 y 2008 (Nacional)

Edades	2004			2008			% Mujeres	Mujeres	Hombres	Total	Hombres	Mujeres	% Mujeres
	Total	Hombres	Mujeres	% Mujeres	Total	Hombres							
Total	10,140	7,081	3,036	100	14,559	9,825	4,707	100					
Menores de 30 años	13	9	4	0.1	32	18	14	0.3					
De 30 a 39 años	2,229	1,536	693	22.8	3,357	2,153	1,204	25.6					
De 40 a 49 años	4,138	2,911	1,227	40.4	5,116	3,440	1,676	35.6					
De 50 a 59 años	2,543	1,761	787	25.9	4,130	2,866	1,264	26.9					
De 60 a 69 años	877	627	250	8.2	1,451	1,018	433	9.2					
Más de 70 años	317	237	80	2.6	473	357	116	2.5					

Fuente: Academia Mexicana de las Ciencias (2012).

En el cuadro 5 se puede observar que en el año 2004, el 22.8% de las investigadoras tenían de 30 a 39 años, este porcentaje pasó al 25.6% en 2008. Género y edad son dos variables que influyen en la productividad de los investigadores, al respecto, Rodríguez, González y Maqueda (2017) hacen referencia a varios estudios a nivel internacional

... en la literatura se han documentado diversos estudios acerca de los determinantes de la productividad, siendo la variable género uno de los factores más analizados. Empleando una muestra de 262 sociólogos, Babchuk y Bates (1962) documentaron una tasa más baja de productividad de las mujeres respecto de los hombres.

Posteriormente, mediante una encuesta del American Council on Education, Astin (1972) indicó que el 26% de las mujeres nunca habían publicado en una revista académica especializada, mientras que el porcentaje respecto de los hombres disminuía al 10%. Posteriormente Cole y Zuckerman (1984) realizaron un estudio con 256 científicos y documentaron que, en promedio, los investigadores publican entre un 40 a un 50% más artículos que las investigadoras. Por su parte, Kyvik (1990) empleó una encuesta aplicada a investigadores en la Comunidad Económica Europea, la cual fue realizada por Franklin (1989); mediante su análisis encontró que las investigadoras publican en promedio cinco artículos en un periodo de tres años, en contraste con ocho artículos que publican los investigadores en el mismo periodo. Stack (2004), mediante datos obtenidos en 1995 en una encuesta aplicada a 11,231 investigadores en ciencias e ingeniería, documentó que las mujeres publican significativamente menos en relación con los hombres, e indicó que en el área de las ciencias sociales (en las que existe una mayor

concentración de mujeres), el género no está relacionado con la productividad, aunque las mujeres con hijos jóvenes tienen una producción relativamente baja (Rodríguez, González y Maqueda, 2017: 195)

En el caso de los investigadores del SNI, lo que encontraron es que el número de publicaciones aumentó en el periodo comprendido entre 1991 al 2011, no obstante, las mujeres publican menos que sus colegas varones, siendo su productividad del 25% y 75% respectivamente (Rodríguez, González y Maqueda, 2017: 199).

En cuanto a la edad, estos autores también revisaron estudios a nivel internacional y lo que sobresale es que los investigadores realizaban sus principales hallazgos entre los 30 y 40 años, además de que la productividad máxima se registraba entre los 35 y 44 años y en un segundo momento entre los 50 y 54 años. Para el caso de los investigadores del SNI, sus investigaciones indican que la máxima productividad se da después de los 50 años (52 años para las mujeres y 56 para los hombres) (Rodríguez, González y Maqueda, 2017: 200).

¿Qué hay atrás de estos datos? ¿Qué factores influyen en la menor productividad de las mujeres? Para responder a estas preguntas hay que tomar en cuenta que la gran mayoría de las investigadoras no escapan de los roles que tradicionalmente se les ha asignado a las mujeres en el espacio doméstico. Lo anterior genera tensiones y conflictos que viven las mujeres para conciliar la vida familiar con los estudios y el trabajo; esta tensión conocida como la «hora punta» o «rush hour» se agudiza en ciertas etapas, pero sus efectos van marcando las trayectorias académicas y laborales de las investigadoras. Sonia Yañez al referirse a la «hora punta» explica que el:

conflicto trabajo-vida (maternidad y trabajo de cuidado) [se da] en la fase inicial de la carrera, en la cual se produce la incorporación a la profesión de investigador/a. Este conflicto se da en la «eta-

pa inicial» de la carrera de investigador/a con altas exigencias de productividad científica y movilidad geográfica, difícil de compaginar con la crianza de los hijos. Abarca (el) doctorado, estadías becadas en el extranjero, postdoctorado y competencia por un puesto permanente (25-35/40 años). (Las) diferencias y desigualdades que surgen en esta etapa tienden a convertirse en diferencias y desigualdades mayores en etapas posteriores de la carrera en investigación (Yañez, 2012: 6-7)

La situación de las investigadoras en México no es la excepción, pues la gran mayoría de ellas, además de cubrir la carga académica, tienen que cumplir con las responsabilidades que la sociedad (patriarcal) les ha asignado por el hecho de ser mujeres; en otras palabras, el ser investigadoras no las exenta de realizar trabajo de reproducción –crianza, trabajo de cuidado, trabajo doméstico y otras actividades que se llevan a cabo en el espacio doméstico– aun cuando cuenten con el apoyo de otras personas –principalmente mujeres.

Al respecto resulta pertinente recuperar tres estudios, el primero realizado por María Luisa Chavoya (2002) quien retomando a De la Peña (1993) apunta que, dada la condición de mujeres casadas o madres, las investigadoras tardan más en lograr una carrera académica; tal demora puede ser de hasta diez años, tiempo que coincide con la crianza de menores; el segundo es el realizado por Adriana Ayala (2004), quien encuentra que el matrimonio, la maternidad, y el trabajo doméstico han sido factores que infieren como obstáculo para el ingreso o el reingreso de las mujeres al SNI y, el tercero, de Soto (2012) que constató que existen investigadoras que reciben el nombramiento del SNI días después del alumbramiento, lo que causa desgastes físicos y emocionales durante los meses posteriores, ocasionando una caída en su producción científica.

En un estudio más reciente, Soto (2017) estudió el caso de las investigadoras de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP); entre los hallazgos que encontró destacan los siguientes:

- Además de los requisitos que plantea el SNI, las investigadoras tienen que considerar las exigencias de dos programas institucionales: a) el Programa de Estímulos al Desempeño del Personal Docente (ESDEPED) que es interno a la BUAP y consiste en la evaluación de la productividad y la calidad de las actividades docentes, de investigación, de formación de recursos humanos y de gestión del personal académico de tiempo completo y de medio tiempo; este Programa es importante porque permite a los académicos y en particular a las investigadoras, obtener una beca que impacta directamente a sus ingresos, y b) el Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP) que depende de la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública y que tiene como objetivo «profesionalizar a los/as profesores/as de tiempo completo para que alcancen las capacidades de investigación-docencia, desarrollo tecnológico e innovación y, con responsabilidad social, se articulen y consoliden en cuerpos académicos y con ello generen una nueva comunidad académica capaz de transformar su entorno» (Diario Oficial, 2019: 1). Periódicamente los académicos son evaluados, y los que cubren los requisitos, reciben un nombramiento por determinado tiempo; contar con el Perfil permite a los profesores incorporarse a los Cuerpos Académicos, que es una forma de organizar el trabajo académica y de tener acceso a recursos.
- Se dieron casos en que las investigadoras no conocían el reglamento del SNI por lo que no recurrieron al año que se les da por maternidad⁷.

7 El artículo 62 del reglamento del SNI, establece que las investigadoras

- Las investigadoras alargan su jornada de trabajo –sobre todo en las noches– llevando parte del trabajo al ámbito familiar para cumplir con las exigencias del SNI, ESDEPED Y PRODEP, lo que va en detrimento de su salud, así como de sus relaciones familiares.
- En aquellos casos en que las parejas de las investigadoras participan en el trabajo doméstico y/o de crianza, el reconocimiento a ellos es mayor, invisibilizando las tareas que ellas realizan, además de que esta situación genera un sin número de conflictos.

Respecto a esto último, Wainerman (2003) señala que la familia es una institución de conflicto, poder y negociación, muy lejana de ser un ámbito de solidaridad y cohesión, la salida de las mujeres al mercado laboral implica mayores conflictos para ellas.

Regresando al ámbito académico, además de los factores relacionados con el «techo de cristal» existen otros que se derivan de las acciones, de personas e instituciones que limitan la incorporación y ascenso de las investigadoras, así como al acceso a recursos. Los «cuidadores de puertas» o «gate keepers» son:

Instituciones y personas en posiciones clave que controlan el acceso a campos y recursos que son decisivos para el desarrollo de una carrera profesional en ciencia y tecnología: financiamiento, publicaciones, participación en conferencias, premios y patentes.

Las mujeres están particularmente subrepresentadas entre los gate keepers: revisión por pares, comités y grupos de evaluación de los programas que otorgan becas y fondos de investigación, comités organizadores de conferencias (definen los conferencistas y

que se embaracen en el periodo de vigencia, se les otorgará un año de extensión, mediante solicitud expresa de la interesada.

expositores), comités editoriales de las revistas especializadas, comités que otorgan premios nacionales de ciencia y tecnología, etc. (Yañez, 2012: 12)

En este caso, los datos también son contundentes. De Garay y del Valle (2012) encontraron que el porcentaje de mujeres en altos puestos de dirección (rectorías, direcciones de escuelas, facultades, divisiones académicas e institutos de investigación) en 14 universidades públicas fue del 24.6%.

Cuadro 6. Personal directivo en algunas universidades públicas, 2010. México (%)

	% hom- bres	% muje- res
Universidad Autónoma Metropolitana	93.3	6.7
Universidad de Guanajuato	92.3	7.7
Universidad Autónoma de Zacatecas	88.5	11.5
Universidad Autónoma de Baja California	77.8	22.2
Universidad Autónoma de Nuevo León	76.9	23.1
Universidad de Guadalajara	76.3	23.7
Universidad Autónoma de Chiapas	76.2	23.6
Universidad Autónoma de Sinaloa	75.6	24.4
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	75.0	25.0
Universidad Nacional Autónoma de México	69.0	31.0
Universidad Autónoma de Yucatán	66.7	33.3
Universidad Autónoma del Estado de México	65.4	34.6
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca	63.2	36.8
Universidad Veracruzana	59.4	40.6

Fuente: De Garay y del Valle-Díaz-Muñoz (2012: 23)

Tres años más tarde, Roberto Rodríguez –a propósito del proceso que estaba viviendo la UNAM para elegir a la persona que iba a ocupar el cargo de Rector– planteaba un panorama similar respecto al número de rectoras en universidades públicas⁸.

⁸ Habría que agregar a las rectoras de universidades privadas, aun así, no

Leticia Eugenia Mendoza Toro, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (1996-2000); Silvia Álvarez Bruneliere, rectora interina de la Universidad de Guanajuato durante un semestre de 1999; Dolores Cabrera Muñoz, Autónoma de Querétaro (2000-2006); Candita Victoria Gil Jiménez, Juárez Autónoma de Tabasco (2004-2012). De la Autónoma de Campeche dos rectoras: Enna Alicia Sandoval Castellanos (2003-2007) y Adriana del Pilar Ortiz Lanz (2007-2015). Por último, María Esther Orozco Orozco, de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (2010-2013). A la lista cabe agregar los nombres de Yoloxóchitl Bustamante Díez, directora general del Politécnico Nacional de 2009 a 2014, y Sylvia Ortega Salazar, rectora de la Universidad Pedagógica Nacional de 2007 a 2013. En el presente Sara Deifilia Ladrón de Guevara González, de la Universidad Veracruzana, electa en 2013, y Elina Elfi Coral Castilla, rectora en funciones de la Universidad de Quintana Roo (Rodríguez, 2015)

En 2016, 30 de las 187 instituciones de educación superior afiliadas a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), y 20 de las 108 universidades adscritas a la Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior (FIMPES), estaban encabezadas por mujeres. En otras palabras, el 16% de las instituciones de educación superior públicas y el 18.5% de las universidades privadas tuvieron a una mujer en el máximo cargo de dirección.

Al analizar la participación de mujeres en la matrícula y en la academia, se puede observar que no corresponde con la baja representación en los máximos cargos de dirección y órganos de toma de decisiones en las instituciones de educa-

cambia el panorama.

ción superior. La escasa presencia de las mujeres no solo se da en los puestos directivos, esta tendencia también se repite en la integración de las comisiones del SNI; al respecto Norma Blazquez encontró que la participación de las mujeres en las Comisiones Dictaminadoras pasó:

... de 16% en 1997, a sólo 25% en 2010 y por ejemplo, en la comisión del área de medicina y ciencias de la salud –que es una de las que tiene una *proporción importante de investigadoras*– de 14 integrantes únicamente 3 son mujeres.

En 2014, de las 14 personas que integran las Comisiones Dictaminadoras en el Área I de Físico matemáticas y Ciencias de la Tierra había 2 mujeres; el Área II de Medicina y Ciencias de la Salud solo 2 mujeres; en el Área III de Biología y Química, 7 mujeres de 14 integrantes; en el Área IV de Humanidades y Ciencias de la Conducta, 4 mujeres; en el Área V Ciencias Sociales, que es una de las áreas que tiene mayor número de mujeres, sólo había 4; en el Área VI de Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, 3 mujeres; en el Área VII de Ingenierías 1 mujer; y en la Subcomisión de Tecnología, ninguna (Blazquez, 2016: 59-60).

Para el año 2015, Carolina Olvera encontró que la presencia de las mujeres en las diferentes Comisiones fue menor respecto a la de los hombres; el cuadro 7 resume la información encontrada por ella y se puede observar que, tanto en el Consejo de Aprobación⁹ –que es la instancia de mayor

9 Este Consejo está integrado por la persona que ocupe la Dirección General del CONACYT, quien lo presidirá; así como las personas que ocupen las siguientes direcciones del CONACYT: Dirección Adjunta de Desarrollo Científico; Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico e Innovación; Dirección Adjunta de Centros de Investigación; Dirección Adjunta de Posgrado y Becas, y Dirección del SNI; las personas que ocupen la Direc-

autoridad en el SNI— como en el Comité Consultivo¹⁰ —que es la instancia que propone la formulación y aplicación de políticas del SNI que favorezcan el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación— la presencia de las mujeres en el 2015 fue minoritaria.

Llama la atención la participación de las académicas en las comisiones dictaminadora y revisora del área II. Biología y Química —en las que lograron una participación igual al de los varones, así como presidir dichas comisiones— ya que en las comisiones dictaminadoras y revisoras de las demás áreas de conocimiento su presencia es menor.

ción de la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública y la Subsecretaría de Planeación, Evaluación y Coordinación de la Secretaría de Educación Pública; la persona que ocupe la Coordinación General del Foro Consultivo Científico y Tecnológico, y los tres investigadores o investigadoras miembros del SNI que formen parte de la Mesa Directiva del Foro Consultivo Científico y Tecnológico.

Entre sus funciones están: definir el número y las características de las comisiones dictaminadoras; designar a las personas que sustituirán a las/ los integrantes de las comisiones dictaminadoras y transversales, de la comisión de investigadores eméritos y a las personas que integren la junta de honor. aprobar las convocatorias, los criterios específicos de evaluación por área del conocimiento, las disposiciones normativas y lineamientos que regulen su funcionamiento interno y el de las demás instancias colegiadas del SNI.; someter, a la aprobación de la Junta de Gobierno del CONACYT, los proyectos de modificaciones del Reglamento; resolver sobre el otorgamiento de las distinciones; las sanciones que sean procedentes por las faltas en que incurran los investigadores o investigadoras nacionales; y autorizar, la cancelación del registro de los estímulos económicos por notificación extemporánea, que presente la Secretaría Ejecutiva.

10 Este Comité está integrado por el o la Directora del SNI y los presidentes de las Comisiones Dictaminadoras en funciones y los que fueron en el año inmediato anterior.

Cuadro 7. Integrantes de las Comisiones del SNI

Comisión	Número de integrantes	Hombre	Mujeres
Consejo de Aprobación (CA)	12	7	5
Comité Consultivo (CC)	15	12	3
Comisiones Dictaminadoras (CD) por Área de Conocimiento ¹	98 investigadores nivel III o eméritos (14 por cada comisión/cada área de conocimiento)	Las CD de las áreas I, III, IV, V, VI y VII estuvieron presididas por hombres.	La CD área II estuvo presidida por una mujer y la mitad de los integrantes fueron mujeres. En las CD de las áreas I y VII se dio una menor presencia de mujeres.
Comisiones Revisoras (CR) por Área de Conocimiento.	49 investigadores nivel III o eméritos (7 nivel III o Eméritas por cada comisión/cada área de conocimiento)	Las CR de las áreas I, III, IV, V, VI y VII estuvieron presididas por hombres. La CR del área VII estuvo integrada solo por hombres	CR Área II estuvo presidida por una mujer.
Junta de Honor	5	No hay datos	No hay datos
Comité de Investigadores Eméritos	14	10	4
Secretario(a) Ejecutivo(a)			Dra. Julia Tagüeña
Director(a)		Dr. Eugenio Augusto Cetina	

Fuente: Elaboración propia con información de: Olvera, Carolina (2016: 104-105)

La inclusión de las mujeres en puestos de dirección y comisiones no implica que las instituciones de educación superior, las dependencias y comisiones en las que participan

asuman la perspectiva de género; sin embargo, se abre la posibilidad de cuestionar los modelos masculinos que normalizan las desigualdades entre hombres y mujeres.

2. POLÍTICAS PÚBLICAS CIENTÍFICAS CON PERSPECTIVA DE GÉNERO

A pesar de los grandes esfuerzos realizados por las mujeres –del incremento de su presencia en la educación superior y los logros educativos– sigue habiendo grandes desigualdades en el ámbito de la investigación, esto sin duda es un problema tanto para las académicas, como para las mujeres que aspiran ingresar y desarrollar la profesión de la investigación.

El Estado tiene como una de sus funciones resolver los problemas sociales y generar las condiciones para alcanzar el bienestar de la población; para lograr lo anterior, emplea métodos, procedimientos y normas que se traducen en políticas públicas que guían su acción; las políticas públicas hacen referencia a decisiones, acciones (y omisiones) y procesos que tienen un sentido (propósito).

Las políticas públicas involucran sujetos con diversas posturas e intereses; en diferentes escenarios; conflictos, negociaciones y acuerdos; estructuras, procesos integrados por las etapas de formación de la agenda (definición del problema y la justificación para la intervención del Estado), el diseño del «mapa de ruta», la implementación y la evaluación de la política pública. (Martínez, 2016)

Esta definición de la política pública es muy importante ya que muestra que lejos de ser el resultado de las buenas intenciones o genialidades de los gobernantes, son resultado de las presiones y demandas de los sujetos sociales que son expresadas, ya sea de manera pacífica o conflictiva en diferentes espacios.

La desigualdad y discriminación que viven las mujeres no es un rasgo de un país en particular, tiene que ver con la cultura heteropatriarcal dominante en las más diversas sociedades, esta situación ha sido mostrada por los movimientos

feministas y organizaciones civiles que han luchado por los derechos de las mujeres, lo anterior ha contribuido a que desde mediados del siglo xx se hayan creado instituciones y marcos jurídicos normativos con perspectiva de género que promueven los derechos y libertades de las mujeres; en el cuadro 8 se hace referencia a los principales acuerdos que han sido suscritos por los diferentes países incluyendo a nuestro país.

Actualmente, las políticas públicas en México han incorporado la perspectiva de género a partir de la transversalidad de género, así como de su institucionalización (Martínez, 2016: 40) Para ello el Estado Mexicano cuenta con Planes y Programas (Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, el Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y no Discriminación contra las Mujeres 2013-2018, el Programa Integral para Prevenir, Atender, Sancionar y Erradicar la Violencia contra las Mujeres 2014-2018) así como Leyes y Normas (Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres, la Ley General de acceso a las mujeres a una vida libre de violencia, la Ley Federal de presupuesto y responsabilidad hacendaria y el Decreto del presupuesto de egresos de cada año a partir de 2008) que rigen -o deberían hacerlo- las acciones del Estado mexicano (Martínez, 2016: 43-44).

Cuadro 8. Instituciones y marco jurídico-normativo con perspectiva de género en el ámbito internacional

1945	C o n s e j o Económico y Social de la ONU	Creó la <i>Comisión de la condición jurídica y social de la mujer</i> que promueve los derechos de la mujer elaborando normas internacionales en materia de igualdad de género y empoderamiento de las mujeres
Dic. 1979	A s a m b l e a General de Naciones Unidas	Aprobó la <i>Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer</i> (CEDAW) que a) provee un marco obligatorio de cumplimiento para los países que la han ratificado para lograr la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres y las niñas y estipula que los Estados, b) establece la incorporación de la perspectiva de género en todas sus instituciones, políticas y acciones con el fin de garantizar la igualdad de trato, y c) mandata la adopción acciones afirmativas para lograr la igualdad sustantiva entre hombres y mujeres
Sep. 1995	Cuarta Conferencia Mundial sobre la Mujer	Adoptó la <i>Declaración y Plataforma de Acción de Beijing</i> que a) promueve los derechos humanos y libertades de las mujeres y niñas, b) toma medidas contra las violaciones de esos derechos y libertades, c) adopta medidas necesarias para eliminar todas las formas de discriminación contra las mujeres y las niñas, y d) suprimir todos los obstáculos a la igualdad de género y al adelanto y potenciación del papel de la mujer
Jun. 1994	A s a m b l e a General de la Organización de Estados Americanos	Adoptó la <i>Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia Contra las mujeres (Convención Belem Do Para)</i> que a) define la violencia contra la mujer, b) establece el derecho de las mujeres a vivir una vida libre de violencia, c) la destaca como una violación de los derechos humanos y de las libertades fundamentales, y d) incluye medidas específicas y programas para prevenir, erradicar, sancionar y reparar la violencia (física, sexual y psicológica) contra las mujeres, tanto en el ámbito público como en el privado
Jun. 2000	A s a m b l e a General de las Naciones Unidas	<i>Examen y evaluación Beijing+5</i> que promueve la adopción de nuevas medidas como: a) incorporar la perspectiva de género en la elaboración, el desarrollo, la aprobación y la ejecución de todos los procesos presupuestarios, b) promover una asignación de recursos con igualdad de género, eficaz y adecuada, y c) asignar en los presupuestos públicos recursos suficientes para apoyar programas para la igualdad entre hombres y mujeres
Oct. 2013	XII Conferencia regional de la mujer de América Latina y el Caribe. Consenso de Santo Domingo	Los Estados acordaron «adoptar presupuestos con perspectiva de género con el objetivo de alcanzar las metas de igualdad y justicia social y económica para las mujeres»

Cuadro 9. Marco jurídico-normativo con perspectiva de género en el ámbito nacional

2006	Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres	Esta ley es uno de los pilares de la incorporación de la perspectiva de género en los ámbitos público y privado. Aplica a todos los órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal) y genera obligaciones y medidas para prevenir y erradicar la desigualdad de género, incluyendo aquellas acciones vinculadas con el presupuesto
2006	Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria	Es el marco legal que regula el proceso presupuestario a nivel federal, en ese sentido reglamenta los procesos de programación, presupuestación, aprobación, ejercicio, control y evaluación de los ingresos y egresos públicos federales. Esta Ley ha sido reformada en diferentes momentos. La reforma del 2012 establece que uno de los criterios que debe tomar en cuenta el Gobierno Federal al llevar a cabo estos procesos es la igualdad de género. La reforma llevada a cabo en el 2014 incluye dentro de los anexos transversales el anexo para la igualdad de género y se establece la obligación de incluirlo en el Decreto del Presupuesto de Egresos de la Federación
2007	Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia	Esta ley fue emitida como respuesta a la demanda de mujeres que hicieron visible, en Ciudad Juárez, la violencia feminicida. A partir de una investigación en los 32 estados de la República Mexicana, se elaboró y aprobó la Ley de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia. Ley que establece los lineamientos jurídicos y administrativos con los cuales el Estado mexicano debe intervenir en todos sus niveles de gobierno para garantizar y proteger el derecho de las mujeres a una vida libre de violencia
2008	Ley General de Contabilidad Gubernamental	Esta ley, responde al interés y a la necesidad de que la administración pública en los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal) genere información contable y presupuestaria comparable y útil para la toma de decisiones. Las leyes que regulan al presupuesto público y los marcos similares a nivel estatal son el instrumento para aterrizar en lo económico la transversalidad de género en la política pública
2008	Decreto del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF)	
2011	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	En 2011, los Convenios y Tratados Internacionales se elevaron a nivel constitucional, por lo que son de obligatoriedad constitucional para el Estado Mexicano.
2012	Reforma a la Ley de Planeación	Incorpora la perspectiva de género en diferentes etapas del ciclo presupuestario: Diseño ejecución y evaluación.

2013	Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018	Este documento orienta las acciones del gobierno, establece las metas nacionales, así como los objetivos, estrategias y líneas de acción. En el PND 2013-2018 se establece como objetivo general llevar a México a su máximo potencial. Las metas nacionales son: I México en paz, II México incluyente, III. México con educación de calidad, IV México próspero, y V México con responsabilidad global. Las estrategias transversales son: i) Democratizar la productividad, ii) Gobierno cercano y moderno, y iii) perspectiva de género
2013	Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y No Discriminación Contra las Mujeres (PROIGUALDAD) 2013-2018	Promover la adopción de criterios de paridad en cargos directivos del sistema escolar e instituciones de investigación científica y tecnológica. Desarrollar acciones afirmativas para incrementar la inclusión de las mujeres en el SNI Desarrollar y promover medidas a favor de la paridad en los cargos directivos de los centros educativos y de investigación. Eliminar el lenguaje sexista y excluyente en la comunicación gubernamental escrita y cotidiana.
2014	Programa Integral para Prevenir, Atender, Sancionar y Erradicar la Violencia Contra las Mujeres 2014-2018	
	Constitución de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 1°, 4° y 26°)	
	Ley Federal del Trabajo	

Fuente: Cuadro elaborado a partir de la información proporcionada por Inmujeres (s/f)

En el cuadro 9, se incluyen los planes, programas, leyes y normas vigentes en México en el siglo XXI; no está por demás señalar que el Sistema de Educación Superior, no está exento de los preceptos. No sólo eso, el gobierno mexicano ha suscrito Declaraciones para integrar, en las políticas públicas de ciencia y tecnología, la perspectiva de género. Entre ellas destacan: la Declaración de la Conferencia Mundial de Ciencia Ciencia y el uso del Conocimiento Científico», Budapest 1999; Declaración en la Primera Reunión Hemisférica de

Expertos en Género, ciencia y Tecnología, Washington, 2004; Declaración de Lima, 2004; Declaración de Jefes de estado en Mar de la Plata 2005 y Declaración de México «Ciencia, Tecnología, Ingeniería e Innovación como instrumentos para la Prosperidad Humana», Cd. De México, 2008 (Foro Consultivo Científico y Tecnológico; 2013: 29).

Cuadro 10. Declaraciones suscritas por el Estado Mexicano sobre la integración de la perspectiva de género

Sep. 1995	Declaración y Plataforma de Acción de la Cuarta Conferencia Mundial de las Naciones Unidas, Beijing
Jun. 1999	Declaración de la Conferencia Mundial de Ciencia y el Uso del Conocimiento Científico, Budapest, Hungría
	Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCTAD)
Ago. 2004	Declaración en la Primera Reunión Hemisférica de Expertos en Género, Ciencia y Tecnología. Oficina de Ciencia y Tecnología de la Organización de los Estados Americanos y Comisión Interamericana de la Mujer de las Naciones Unidas. Washington, EUA
Nov. 2004	Declaración de Lima, Primera Reunión de Ministros y Altas Autoridades de la Ciencia y la Tecnología en el ámbito del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral (CIDI) Lima, Perú
2005	Declaración de Jefes de Estado en Mar de la Plata durante la IV Cumbre de las Américas
Oct. 2008	Declaración de México «Ciencia, Tecnología, Ingeniería e Innovación como instrumentos para la Prosperidad Humana», Segunda Reunión de Ministros y Altas Autoridades de Ciencia y Tecnología en el Ámbito del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral (CIDI) de la OEA Cd. De México

Fuente: Pérez, E. Martha (2010: 50).

Las Declaraciones que ha suscrito el Estado mexicano son un referente muy importante en las políticas públicas pero el cuadro sería incompleto si no se tienen presentes las aportaciones de las investigadoras, de los grupos y organizaciones académicas y sindicales que, desde la década de 1980,

han visibilizado las desigualdades y discriminaciones en las que se encuentran las mujeres en el ámbito científico.

En el artículo *Hacia la inclusión de la equidad de género en la política de ciencia y tecnología en México*, Martha Pérez Armendáriz, va identificando a las académicas¹¹ que, a través de sus iniciativas y aportaciones contribuyeron a la reflexión sobre el papel de las mujeres en la ciencia, a la creación de espacios para la discusión y a la construcción de las agrupaciones de mujeres en la ciencia en México de 1980 al 2010.

11 Las académicas mencionadas en el artículo son: Lourdes Arizpe, Elisa Baggio, Marcela Barbosa, María Isabel Belausteguigoitia, Marisa Belausteguigoitia, Norma Blazquez Graf, Leticia Brambila, Olga Bustos Romero, Martha Laura Carranza, Ana María Cetto, Ana Silvia Cordero, Rosalinda Contreras, Elsa Cruz Prieto, Mayra de la Torre, Larisa Enríquez, Rosa Ma. Farfán, Beatriz Fuentes Pardo, Amanda Gálvez, Ruth Gall, Mitla García, Susana Gómez Gómez, Hortencia González Gómez, Luz María Guzmán, Mary Glazman, Marcia Hiriart, Ernestina Jiménez Cardoso, Marcela Lagarde, Mary Langer, Ana Ma. López Dzib, Amalia Martínez, Lilia Meza Montes, Isaura Meza, Adriana Merino Sánchez, Adriana Muhlia Almazán, Isabel Noguero, Esther Orozco, María Antonieta Pérez Armendáriz, Martha Pérez Armendáriz, Gabriela Piccinel, Astrid Posadas, Elsa Recillas, Josefina Rodríguez Jacobo, María Luisa Rodríguez Sala, Margarita Rosado, Lena Ruíz Azuara, María Eugenia Sánchez, Ana María y Rocío Sierra-Honigmann, Cristina Solano, Raquel Tibol, Silvia Torres, Elena Urrutía, Gloria Verónica Vázquez, Cristina Verde, Guillermina Waldegg, Beatriz Xoconostle, Judith Zubieta. Esta lista se ha aumentado en el tiempo y en ella sobresalen: Martha Patricia Castañeda Salgado, Guillermina Díaz Pérez, Lourdes Elena Fernández Rius, Leticia García, Patricia García Guevara. Elsa Guevara Ruiseñor, Sandra Aurora González Sánchez, Raquel Güereca Torres, Rocío López González, Gabriela Martínez Tiburcio, Gladys Ortiz Henderson, Carolina Olvera Castillo, Danay Quintana Nadelcu, Elva Rivera Gómez, Esperanza Tuñón Pablos, Alma Rosa Sánchez Olvera, Lourdes Pacheco Ladrón de Guevara, María de Jesús Solís Solís, Graciela Vélez Bautista, Patricia Zarza Delgado, integrantes de la Red Mexicana de Ciencia, Tecnología y Género

Cuadro 11. Agrupaciones de las mujeres en la ciencia

Año	Nombre de la Agrupación
2007	Grupos de Mujeres en la Ciencia (GMC-UNAM)
1983	Grupo por la Mujer en la Ciencia (GPMC-CINVESTAV-IPN)
1984	Grupos de Mujeres en la Ciencia del Área Fisiológica (GMCF)
1987	Asociación Mexicana de Mujeres en la Ciencia (AMMEC)
	Organización de Mujeres en la Ciencia del Tercer Mundo (TWOWS)
	Asociación de Mujeres en la Ciencia (AWIS)
	Red Bitnel
2001	Colegio de Académicas Universitarias de la UNAM (CAU-UNAM)
	Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP)
1992	Programa Universitario de Estudios de Género (PUEG-UNAM)
	Grupo Mujer Ciencia de la UNAM (GMC-UNAM)
	Red Electrónica de Investigadoras de las CVyE del país.
2008	Organización de Mujeres en la Ciencia del Tercer Mundo, Capítulo México
	Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología (FCCyT)
	Red Mexicana de Ciencia, Tecnología y Género (RED MEX-CITEG)

Fuente: Cuadro elaborado a partir de Pérez, Martha (2010)

Tanto las académicas en lo individual, como las agrupaciones en las que participan han sido *sujetas* fundamentales en la construcción de la perspectiva de género en el ámbito académico. Sus propuestas, han sido presentadas tanto en las instituciones de educación superior, en las que trabajan, en el Consejo Mexicano de Ciencia y Tecnología, en el Sistema Nacional de Investigadores, como en las Cámaras de Diputados y Senadores.

Cuadro 12. Principales iniciativas a favor de las mujeres en el ámbito de la ciencia y la tecnología a nivel nacional

Jun. 2002	Ley de Ciencia y Tecnología	<p><i>Esta Ley regula al Sistema de Ciencia y Tecnología que está representado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que fue creado el 29 de diciembre de 1970, a partir de esa fecha hasta 1999, se presentaron dos reformas y una ley para coordinar y promover el desarrollo científico y tecnológico y en el año 2002 se promulgó una nueva Ley de Ciencia y Tecnología.</i></p> <p>Promover la inclusión de la perspectiva de género con una visión transversal en la ciencia, la tecnología y la innovación, así como una participación equitativa de mujeres y hombres en todos los ámbitos del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación.</p> <p>En las políticas, instrumentos y criterios del GF incentivar la participación equilibrada y sin discriminación entre mujeres y hombres y el desarrollo de las nuevas generaciones de investigadores y tecnólogos.</p> <p>En la medida de lo posible, el sistema deberá incluir información de manera diferenciada entre mujeres y hombres a fin de que pueda medir el impacto y la incidencia de las políticas y programas en materia de desarrollo científico, tecnológico e innovación.</p> <p>El gobierno federal apoyará la investigación científica y tecnológica que contribuya significativamente a desarrollar un sistema educativo, formación y consolidación de recursos humanos de alta calidad en igualdad de oportunidades y acceso entre mujeres y hombres</p>
Jun. 2013	<i>Modificación de la Ley de Ciencia y Tecnología.</i>	<i>Se agregaron 4 artículos para incorporar la perspectiva de género</i>
2014	Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018	<p>Igualdad de oportunidades y no discriminación hacia las mujeres: Incentivar la participación de las mujeres en todas las áreas de conocimiento, en particular en las relacionadas a las ciencias y la innovación.</p> <p>Coadyuvar en la generación de investigación aplicada y de vanguardia para formular estrategias y políticas públicas con perspectiva de género en la materia.</p> <p>Impulsar acciones afirmativas en becas de posgrados para la integración de mujeres en carreras científicas y técnicas e ingenierías</p>
	Acciones CONACYT	Becas para mujeres indígenas y madres solteras

Reglamen- to S.N.I	<p><i>De 1984 al 2005 se han emitido 13 reglamentos: en 1984, 1988, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1999, 2000, 2003 y 2004 (Ibarrola; 2005: 4 citado por Sylvie Didou y Etienne Gérard; 2010: 16)</i></p> <p><i>En el Reglamento de 2013, el artículo 13 señala «Las comisiones dictaminadoras se integrarán por catorce miembros; en ellas se procurará el equilibrio y paridad entre disciplinas, instituciones, género y regiones.»</i></p> <p><i>En el año 2013 se agregó el artículo 62 del Reglamento del Sistema Nacional de Investigadores (RSNI) establece: «A las investigadoras cuyo embarazo ocurra durante el periodo de vigencia de su distinción, se les otorgará un año de extensión, mediante solicitud expresa de la interesada. En estos casos, la producción científica o tecnológica que requerirá presentar en la siguiente evaluación, será la correspondiente al periodo original de vigencia de su distinción. Lo anterior, será aplicable una sola vez por periodos»</i></p> <p><i>Después de esa fecha el Reglamento del S.N.I se ha ido modificando, Prórroga para presentar título de obtención de grado de Maestría o Doctorado por maternidad</i></p>
-----------------------	---

Fuente: Olvera, Carolina (2016: 101-102).

El texto en cursiva fue incluido en el cuadro original para ilustrar o hacer referencia a los aspectos relacionados con la perspectiva de género.

Como lo señala Lourdes Pacheco Ladrón de Guevara, la legislación se entrecruza con las concepciones de ciencia y con una institucionalidad que tienen una perspectiva masculina; además, los avances logrados en la Ley principal no se ven reflejados en las leyes que dependen de esta. Después de haber revisado las legislaciones de los 32 estados de la República Mexicana, encontró que:

Del conjunto de leyes revisadas se encontraron disposiciones relacionadas con la equidad en 17 legislaciones, sin que se especifique tratarse de equidad de género.

En un cuerpo normativo (Estado de México) se menciona a las mujeres como destinatarias del Sistema Estatal de Ciencia y Tecnología sin que formen parte de quienes realizan la ciencia. En otra legislación más (Querétaro) se fundamenta la legislación en la necesidad de perspectiva de género, sin em-

bargo no contiene ningún artículo al respecto. Otra legislación (Coahuila) especifica que aún cuando se redacte en masculino, las disposiciones deben interpretarse en sentido igualitario para hombres y mujeres (Pacheco; 2016: 88).

Junto a lo anterior la autora señala que, de los 32 Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología, solamente 8 fueron liderados por mujeres en 2016, lo que muestra no sólo la falta de equidad para llegar a estos puestos, sino también la predominancia de la mirada masculina.

Así pues, México cuenta actualmente con instituciones (de educación superior, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología) que son las responsables de implementar las políticas públicas en los distintos espacios educativos, tiene también leyes y normas (la Ley de Ciencia y Tecnología, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 y el Reglamento del SNI) que regulan las actividades científicas, tecnológicas y de innovación; en estas leyes se ha incluido la perspectiva de género para enfrentar las desigualdades entre las y los investigadores; no obstante, todavía falta mucho por hacer y defender.

CONCLUSIONES

En este artículo hemos ofrecido un panorama sobre la participación de las mujeres en las actividades científicas tecnológicas, y hemos realizado un seguimiento de las políticas públicas científicas con perspectiva de género en México. De entrada, consideramos pertinente señalar que la elaboración de diagnósticos adecuados, así como la evaluación de las políticas públicas con perspectiva de género, requieren de información desagregada por sexos y que esta sea actualizada y pública.

En las últimas décadas el número de mujeres con educación superior y de posgrado se ha incrementado, sin em-

bargo, esta tendencia no se da de la misma manera respecto a su ingreso en el ámbito de la ciencia. El número de mujeres dedicadas a la investigación es menor al de los hombres, esta desproporción se hace más fuerte en los puestos de mayor responsabilidad.

Las mujeres enfrentan obstáculos (techo de cristal) que limitan el ascenso de sus carreras para ocupar puestos de mayor estatus, responsabilidad y prestigio, aunque estén calificadas; las acciones de las instituciones y de las personas que se encuentran en puestos clave (cuidadores de puertas) también dificultan la incorporación, ascenso y acceso a los recursos, por eso es importante que las mujeres se incorporen a los puestos de dirección, a los comités científicos, editoriales y de asesores.

La(s) ciencia(s) es (son) una construcción social, de individuos que, además de conocimientos, tienen identidades y culturas permeadas por el sistema heteropatriarcal. El ámbito de la ciencia no es ajeno a los valores, creencias y aspiraciones de la sociedad, de tal forma que el quehacer cotidiano de la investigación se rige por las miradas, los tiempos y las prácticas masculinas.

Además de los problemas en el ámbito laboral, las investigadoras cumplen con los roles asignados por el sistema heteropatriarcal (crianza, cuidado y trabajo doméstico), lo anterior genera tensiones y conflictos al tratar de conciliar la vida familiar con los estudios y el trabajo. Las investigadoras cumplen con la «doble jornada» y al hacerlo se ven sometidas a múltiples conflictos, ya que por un lado tienen que cumplir con los criterios de productividad de las instituciones en las que trabajan, así como del SNI y de otros programas.

Con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y del Sistema Nacional de Investigadores, el Estado Mexicano dio pasos firmes en la organización y fomento de las actividades científicas tecnológicas; además, ha suscrito

Acuerdos, Leyes y Normas Internacionales y las ha incorporado a las políticas públicas en materia de ciencia y tecnología.

Ante los problemas y desigualdades que viven las investigadoras y a las presiones de las investigadoras y de los grupos de académicas, el Estado mexicano ha incorporado la perspectiva de género, esto ha significado un gran paso, no obstante todavía falta mucho por hacer para lograr la igualdad entre las y los investigadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Academia Mexicana de las Ciencias, (2012a) *Atlas de la ciencia mexicana*. Sistema Nacional de Investigadores.
- Academia Mexicana de las Ciencias, (2012b) *Atlas de la ciencia mexicana*. Indicadores por entidad federativa. Puebla
- ANUIES, (2011) Anuario estadístico.
- Ayala Rubio, Adriana (2004) «Las Académicas en el Sistema Nacional de Investigadores: Evolución, Problemática y Retos». Ponencia presentada en el 4to Congreso Nacional y Tercero Internacional: *Retos y Expectativas de la Universidad*, Universidad de Coahuila.
- Blazquez, Norma (2016) «El sistema de ciencia y tecnología en México». En *Red Mexciteg. Educación, ciencia y género*. Cuaderno de trabajo 1. México: Red Mexciteg.
- Chavoya, Peña María Luisa (2002) «La exclusión del Sistema Nacional de Investigadores. Estudio de caso de la Universidad de Guadalajara». Ponencia presentada en el 3er Congreso Nacional y 2do Internacional *Retos y Expectativas de la Universidad*, Toluca, Estado de México.
- De Garay, Adrián y Gabriela del Valle-Díaz-Muñoz (2012) «Una mirada a la presencia de las mujeres en la educación superior en México». En *Universia*, núm. 6 vol. III Pág: 23.
- Didou, Sylvie y Etienne Gérard (2010) *El Sistema Nacional de Investigadores, veinticinco años después. La comunidad científica, entre distinción e internacionalización*. México: ANUIES.

- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, (s/f) *Sistema Nacional de Investigadores*.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, (2013) *Una mirada a la ciencia, tecnología e innovación con perspectiva de género: Hacia un diseño de políticas públicas*. México: FCCYT.
- Gil, Manuel (2017) «El Sistema Nacional de Investigadores: ¿espejo y modelo? » En *Revista de la Educación Superior* 46(184) pp. 1-19.
- González, Guillermo (2008) «La educación superior en los sesenta: los atisbos de una transformación sin retorno». En *Sociológica*, año 23, número 68, septiembre-diciembre pp. 1539.
- Inmujeres, (2004) *El enfoque de género en la producción de estadísticas educativas en México. Una guía para usuarios y una referencia para productores de información*. México: Instituto Nacional de las Mujeres.
- Inmujeres, (2018) Boletín. *Desigualdad en cifras*. Año 4, Número 2, febrero. México: Instituto Nacional de las Mujeres.
- Inmujeres, (s/f) Instituto Nacional de las Mujeres en: http://puntogenero.inmujeres.gob.mx/presupuestos/pre_t1_pan04_pag09.html.
- Maffia, Diana (2010) «Género y políticas públicas en ciencia y tecnología». En Norma Blazquez Graf, Fátima Flores Palacios y Maribel Ríos Everardo (Coordinadoras) *Investigación feminista. Epistemología, metodología y representaciones sociales*. México: CIICH- UNAM.
- Martínez, Gabriela (2016) «Aspectos a considerar en la institucionalización y evaluación de políticas públicas con enfoque de género». En *Red Mexciteg. Políticas públicas en educación, ciencia y tecnología con perspectiva de género*. Cuaderno de trabajo 2 México: Red Mexciteg.
- Olvera, Carolina (2016) «S.N.I desde las políticas públicas con perspectiva de género». En *Red Mexciteg. Políticas públicas en educación, ciencia y tecnología con perspectiva de género*. Cuaderno de trabajo 2 México: Red Mexciteg.

- Pacheco, Lourdes (2016) «Déficit de perspectiva de género en políticas de Ciencia y Tecnología en el ámbito subnacional en México». En *Red Mexciteg. Políticas públicas en educación, ciencia y tecnología con perspectiva de género*. Cuaderno de trabajo 2 México: Red Mexciteg.
- Pérez, E. Martha (2010) «Hacia la inclusión de la equidad de género en la política de ciencia y tecnología en México». En *Investigación y Ciencia* de la Universidad Autónoma de Aguascalientes Número 46 (43-56).
- Rodríguez, Carlos (2016) *El Sistema Nacional de Investigadores en números*. México: Foro Consultivo de Científico Tecnológico A.C.
- Rodríguez, Jorge, Claudia N. González y Gabriela Maqueda (2017) «El Sistema Nacional de Investigadores en México: 20 años de producción científica en las instituciones de educación superior (1991-2011)». En *Investigación Bibliotecológica*, Número Especial de Bibliometría, 2017, México, ISSN: 2448-8321. pp 187-219.
- Rodríguez, Roberto (2015) «¿Rector o rectora?». En periódico *Educación Futura*. Recuperado de: <http://www.educacionfutura.org/rector-o-rectora>.
- Sánchez, Germán, G. Campos, María Eugenia Martínez De Ita, Rosalba Casas y José C. Sampere (2006) *Los proyectos de investigación del SIZA: Análisis de sus resultados e Impactos*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Dirección Regional Sur Oriente.
- SEP, (2018) *Sistema Educativo de los Estados Unidos Mexicanos. Principales cifras 2016-2017*.
- Soto Rivas, Soledad (2012) *La conciliación de vida familiar y científica entre Integrantes del Sistema Nacional de Investigadores en la Universidad Autónoma de Tlaxcala*. Tesis. Universidad Autónoma de Tlaxcala. CIISDER.
- Soto Rivas, Soledad (2012) *Entre la casa, la ciencia y el capital: La disputa entre el trabajo de reproducción y el trabajo científico/*

académico de las investigadoras del SNI adscritas a la BUAP vigentes en 2016. Tesis DEPD-BUAP.

- UNAM, (2018) Nómina de la quincena 03 de 2018, Dirección General de Personal, UNAM. Recuperado de: <http://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2018/disco/#->
- Yañez, Sonia (2012) *Trayectorias laborales de mujeres en ciencia y tecnología. Barreras y desafíos.* Mesa Directiva de la Conferencia Regional sobre la Mujer de América Latina y el Caribe, Santiago de Chile: División de Asuntos de Género/CEPAL.
- Wainerman, Catalina (2003) *Familia, Trabajo y Género. Un mundo de nuevas elecciones* Argentina: Fondo de Cultura Económica de Argentina S.A.

**TRAYECTORIAS
TECNOLÓGICAS:
IMPACTOS Y
ALTERNATIVAS**

LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y EL DESPLAZAMIENTO DE FUERZA DE TRABAJO

Gerardo González Chávez¹

INTRODUCCIÓN

La acumulación capitalista a nivel mundial se adapta a las condiciones del neoliberalismo para realizar el ciclo de acumulación, en un contexto en donde la ideología del mercado es la que predomina. Las grandes empresas desarrollan una estrategia de producción que busca mejores condiciones para reducir sus costos, en la base productiva y la circulación, en la búsqueda constante de aumentar la productividad e intensidad del trabajo, para ser más competitivos en el mercado mundial. La innovación tecnológica es un elemento clave para el aumento de la productividad junto con una mejor organización del trabajo y una mayor calificación laboral. Se intensifica el uso del capital fijo sobre la fuerza de trabajo generadora de valor, con el desplazamiento de enormes contingentes de

¹ Académico del Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Coordinador del Proyecto de Investigación «Importancia de las micro, pequeñas y medianas empresas en el desarrollo económico y la generación de empleos en México» (Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica-PAPIIT IN302315), correo electrónico: gerardog@unam.mx.

los sectores más productivos, hacia aquellos que usan mayor cantidad de fuerza de trabajo. Estos cambios ejercen un efecto directo sobre el mercado de trabajo con el incremento del desempleo, la informalidad y la migración. El capítulo analiza, desde una perspectiva histórica materialista, el desarrollo de las contradicciones de la ley de población que propicia la crisis de sobreproducción de capital, recurrentes en el contexto internacional, cuando se mezcla un proceso de producción intensivo en capital, con amplias ventajas para las grandes empresas, en contraste con procesos intensivos en capital de las MIPYMES que se desconcentran a nivel mundial, en condiciones de producción precarias.

El desarrollo acelerado de las fuerzas productivas en el capitalismo transforma la vida social y el uso de la fuerza de trabajo. Las tecnologías de sustitución, son producto de un proceso evolutivo, por ejemplo el invento de la carreta y la domesticación del camello y del caballo permitieron grandes avances en el transporte, luego los progresos de la navegación, que abrieron los océanos a quienes habrían de descubrir nuevas tierras. El automóvil reemplazó a la diligencia, el fax al télex y al correo, que modificaron sustancialmente las relaciones sociales. Estos medios revelan la creciente liberación de las limitaciones del tiempo y del espacio, en donde se modifica sensiblemente las técnicas de comunicación. La llegada del ferrocarril, inmediatamente seguida por la del telégrafo, originó la constitución de un nuevo marco de referencia en comunicaciones, y el uso cada vez más común de vehículos privados y del teléfono acentuó esta misma tendencia (Cebrián, 1998: 45, 64).

En el capitalismo el proceso transformador evolutivo se acelera a partir de Revolución Industrial del siglo XVIII con la construcción del capitalismo moderno, al que sin duda debemos muchos de los progresos subsiguientes, pero también la aparición del proletariado. La tecnología es la aplicación de la ciencia a las formas de producción, distri-

bución y consumo (Cebrián, 1998: 69). Se pasa de la etapa centrada en la agricultura, al trabajo artesanal y la fase dedicada a la manufactura, que es la primera etapa de este proceso caracterizado por la *mecanización*: la aplicación de técnicas mecánicas a la producción y distribución de bienes y servicios industriales, se transforma el trabajo y la calidad de la persona que lo realiza.

Se produce una auténtica transmutación cultural surgida en un tiempo particularmente breve y acelerado pero que acabará construyendo una socialidad y una cotidianeidad muy distintas a las precedentes. El fenómeno más llamativo de todos ellos es el trasvase de población del campo a la ciudad, que se produjo con la sociedad industrial. Pese a que ambos fenómenos –migraciones e industrialización– tuvieron lugar lentamente y con los vaivenes y problemas inherentes a toda etapa histórica, lo cierto es que la industrialización fue haciendo cada vez más urbana la vida social: enormes masas de población dejaron sus costumbres rurales para instalarse en las nuevas ciudades. Y éstas sufren transformaciones decisivas en su confinación: se superpueblan, se fragmentan en zonas, potencian el medio artificial frente a la dependencia del clima y del campo. Pero en su seno van a tener lugar las transformaciones más sustanciales que afectan radicalmente a la existencia de los hombres (Pérez, *et al.*, 1992: 25).

Posteriormente, con la incorporación de la mecanización y la técnica industrial, la producción incorporó el trabajo en cadena, con lo que la mecanización se perfeccionó aún más por medio de la racionalización (Taylor) y la automatización (Ford).² El trabajador perdió el control del objeto produ-

2 Uno de los momentos estelares del capitalismo industrial posvictoriano se produjo cuando el ingeniero Frederick Taylor expuso sus teorías acerca de la racionalidad productiva, sintetizadas en su frase: «En el pasado, el hombre era primero; en el futuro, lo primero debe ser el sistema». La brutalidad de este enunciado, al que hay que agradecerle no obstante su franqueza, tuvo que ser atemperada poco después por su compatriota El-

cido y la producción industrial acentúa la división del trabajo y el obrero no domina, ni percibe, la totalidad del proceso. Finalmente, en la era de la información, con la existencia de la nueva tecnología aplicada en el incremento de la producción, la ampliación de los mercados y el desarrollo de los medios de circulación que son básicos para la reproducción del capital, son esenciales para que el capital se apropie del conocimiento científico y los integre en su beneficio. Las invenciones más importantes, y que tuvieron un impacto en nuestra vida económica y social, fueron evoluciones lógicas basadas en las deficiencias de sus antecesoras.

Prácticamente, todos los componentes de las llamadas nuevas tecnologías han estado con nosotros desde hace bastante tiempo –ciertamente en cuanto a su conocimiento y diseño básicos– la imprenta;³ y el teléfono⁴ está en operación desde 1876; la televisión-

ton Mayo, quien introdujo en el sistema industrial algunas «correcciones psicológicas» –llamadas desde entonces relaciones humanas– para hacerlo más llevadero y, a la postre, más eficaz (Gubern, 1995: 62).

3 En el campo de las comunicaciones, la invención de la imprenta fue considerada por muchos como un instrumento diabólico que se dedicaría fundamentalmente a la producción de pornografía y de ideas subversivas –eso pensaban en los talleres de la Sorbona, aunque el primer libro impreso en ellos fue la Biblia–. Johannes Gutenberg no tenía ni idea del impacto que su invento tendría en la sociedad; pero, en el siglo XV, la imprenta de tipos móviles significó que los libros podían estar al alcance de todos. El conocimiento dejó de ser privilegio de unos pocos. Gutenberg cambió la cultura, la ciencia, el poder, las estructuras económicas y el tejido mismo de la sociedad (Cebrián, 1998: 21).

4 El teléfono mereció el saludo escéptico de los expertos del momento que estimaban que no podría desarrollarse un invento destinado a irrumpir en la intimidad de los hogares y acabar con la paz doméstica. Incluso cuando Alexander Graham Bell inventó el teléfono pensó que estaba creando un instrumento para ayudar a los sordos y así es como quería que se le recordase (Cebrián, 1998: 21).

⁵desde 1925; la computadora⁶ desde 1948 (o desde mediados del siglo XIX, con la máquina que inventó Babbage, o incluso desde 1647, cuando Pascal desarrolló la sumadora); el transistor fue desarrollado desde fines de la década de los cuarenta y el microchip desde los años cincuenta. Los desarrollos en la tecnología de la información no son particularmente revolucionarios (Hamelink, 1995:16-17).

En el campo laboral: la prensa de vapor, la rotativa, la telegrafía y telefonía por alambre, la fotografía, la máquina de escribir, la comunicación inalámbrica, la radio, el sonido grabado, el cinematógrafo, el facsímil, la televisión, el procesamiento de datos, etc., han sido una tecnología nueva en *su* momento, y su introducción fue saludada con las mismas fanfarrias (Douglas y Guback, 1995: 36). Al generalizarse los procesos de producción y comunicación también se van perfeccionando las aportaciones de otras empresas que modifican las técnicas de producción y la organización del trabajo en su búsqueda constante de disminuir costos y ser más competitivos. Las áreas de especialidad y nuevos empleos se expanden a una velocidad vertiginosa, aunque siempre inferior a la demanda de empleo.

La máquina compete con el hombre que la ha inventado, porque la innovación y el desarrollo tecnológico afecta

5 Cuando la televisión nació en Estados Unidos, el respetado The New York Times publicó artículos que explicaban cómo los americanos no tendrían tiempo en sus vidas para detenerse a contemplar durante media hora diaria lo que la pequeña pantalla les ofreciera. Hoy nos enfrentamos a una actitud radicalmente contraria (Cebrián, 1998: 59).

6 La computadora es un procesador electrónico de información, resultado del esfuerzo por sistematizar un creciente número de señales en un complejo sistema social. Al mismo tiempo, la computadora es una configuración técnica específica que demanda infraestructura, comportamientos y modalidades lingüísticas específicos, los cuales influyen a su vez en el esfuerzo por vencer al medio (Hamelink, 1995: 23).

los procesos productivos y de trabajo, si bien aumentan la productividad media del trabajo, conllevan también la extensión del desempleo y subempleo —fenómenos que se ven agudizados en las sociedades dependientes y subdesarrolladas y a los que hoy se suman la flexibilidad del trabajo y la precariedad laboral con la consiguiente pérdida de derechos sociales y contractuales de los trabajadores— y un aumento exponencial de la explotación del trabajo mediante diversos procedimientos: prolongación de la jornada de trabajo (plusvalor absoluto), su intensificación (plusvalor relativo cuando se generaliza al conjunto del sistema) y remuneración de la fuerza de trabajo por debajo de su valor. El cambio de las herramientas en la organización del trabajo influye en la vida de las personas y el panorama de la sociedad (por ejemplo, las fábricas en el paisaje), y afecta profundamente la vida individual (la creación de trabajadores para las fábricas). Los nuevos sistemas de producción y comunicación alteran el comportamiento social, pero se mantiene la base material sobre la función del conocimiento, aunque la plusvalía se desplace a los sectores tecnológicos de punta (Sotelo, 2012: 170).

La innovación industrial marcada por el proceso de acumulación no solo reduce cada vez más el número de obreros necesarios para poner en obra una masa creciente de medios de producción, sino que aumenta al mismo tiempo la cantidad de trabajo que cada individuo debe proporcionar. Entonces, junto con el crecimiento de la composición técnica del capital, se produce una sustitución de trabajo por capital, una disminución del tiempo de trabajo socialmente necesario incorporado a los productos, lo que tiende a bajar la tasa de ganancia (Neffa, 2006: 67).

La participación directa del Estado en la economía fue fundamental para el desarrollo del capitalismo del siglo xx, con el fortalecimiento del mercado interno, la producción industrial, la generación de empleos, el fortalecimiento de la inversión extranjera directa, la ampliación de la inversión esta-

tal en infraestructura para cubrir los gastos sociales, el control de los trabajadores a través del sindicalismo corporativo (control de los contratos colectivos de trabajo). El gobierno propició las ganancias extraordinarias del capital por la vía de la productividad del trabajo con la explotación de recursos naturales, la innovación y el desarrollo tecnológico, la organización científica del trabajo a través de la cadena de producción, pero también la disminución de los costos laborales con el apoyo estatal en la educación, vivienda, salud, seguridad social, el control de precios, las facilidades a la importación de las materias primas y bienes de capital y la protección del mercado interno lo que fortaleció la producción y permitió el incremento sustancial de la riqueza y la ampliación constante de la acumulación (Cebrián, 1998: 20, 32).

En el sector industrial prevaleció el modelo de industrialización sustitutiva de importaciones (ISI), como eje de la acumulación, durante la etapa del Estado intervencionista keynesiano, que se extendió hasta finales de la década de los setenta. Creció la producción de bienes de capital e intermedios para el mercado interno, impulsando el desarrollo de la producción industrial basada en el sector productor de bienes de consumo y bienes de producción en masa para cubrir las necesidades y la demanda social. Sin embargo, con el paso del tiempo, cuando la industria estuvo ya en condiciones de fabricar productos en serie, se vio obligada a fomentar en los ciudadanos la demanda de tales productos para asegurar su propia expansión y hasta su misma supervivencia. Las únicas necesidades que inequívocamente pueden reclamar satisfacción son las vitales: alimento, vestido y habitación en el nivel de cultura que esté al alcance. Los dirigentes de la sociedad industrial comprendieron desde sus inicios —cómo emblemáticamente se atribuye al fabricante de coches norteamericano Ford— que para mantener la producción tienen que hacer que sus propios obreros se conviertan en consu-

midores de los mismos productos que fabrican.⁷ Y para ello promovió un cambio global del sistema de vida que afectará tanto a las condiciones materiales como a los sistemas ideológicos y culturales (Pérez, *et al.*, 1992: 16, 17, 19, 24 y 25).

La producción y la comercialización cobran, en este momento, su pleno sentido, ya que los objetos de consumo son reclamados y adquiridos para ser utilizados en un ámbito que posee una cierta racionalidad, una cierta funcionalidad. El vestido se utiliza como abrigo, los frutos como alimento, el hogar como residencia. La «necesidad» tiene aquí que ser entendida como una necesidad real, es decir, ligada a las necesidades fundamentales de supervivencia de la especie: alimento, cobijo, reproducción, etc. Pero aún más allá de este fenómeno, lo que parece haberse producido con el advenimiento de la sociedad industrial y el desarrollo de las denominadas sociedades de consumo, es una inversión radical del papel jugado por las dinámicas productivas (Pérez, *et al.*, 1992: 15-16).

La industria automotriz realiza inversiones importantísimas para preparar una cadena automatizada de producción, incorporar a ella la labor de miles de obreros dispersos por distintos países, concita el esfuerzo de un sinfín de industrias subsidiarias y, finalmente, pone en marcha la complicada maquinaria de sus redes de comercialización extendidas por todo el planeta. Y de esta decisión va a depender el porvenir de tantas familias, tantos intereses, tantos capitales y tantas industrias, que la venta del producto final, su asimilación por los consumidores va a convertirse en una necesidad social bá-

7 El coche se convirtió en signo esencial del capitalismo, al significar una liberación que proporcionó movilidad a las masas y contribuyó a crear riqueza y empleos, pero también tenía una desventaja terrible: ciudades envueltas en humo, alienación de los suburbios, montones de muertos en las autopistas, crecimiento descontrolado de las áreas metropolitanas y calles obstruidas por el tráfico. Aunque (...) al mismo tiempo, la industria automovilística se convirtió en la fuerza dominante en la economía de Estados Unidos durante la mayor parte del siglo xx y dio empleo a uno de cada seis trabajadores (Cebrián, 1998: 22).

sica que *llegan* a proteger Estados, ejércitos y policías, amén de los innumerables batallones *de* publicitarios, técnicos en marketing y en ingeniería social. Con todo ello, las demandas sociales van a proceder del ámbito de la producción, van a ser generadas por él (Pérez, *et al.*, 1992: 17-18). En la década de los cincuenta, la *informatización*, cobró cada vez mayor importancia con la aplicación de técnicas de la información a la producción y distribución de bienes y servicios industriales (Hamelink, 1995: 15-17).

Con la diversificación de las telecomunicaciones⁸ y de los medios de transporte masivo (trenes rápidos, aviones, autopistas) se acelera la circulación, a una independencia importante, si no total, de los apremios del espacio y del tiempo; independencia relativa, de todas maneras, debido a la incidencia directa de las tarifas sobre la autonomía técnica de estas limitaciones. Sin embargo, al caminar o al desplazarse en carreta, y aun en automóvil o en avión, las distancias están presentes. En el fondo, lo que cambia es la duración del desplazamiento y el grado de comodidad con el que éste se realiza. Constituye también la posibilidad de llegar a lugares particularmente lejanos en condiciones (tiempo y bienestar) semejantes a las que se brindan —o brindaban— para llegar a lugares más cercanos pero con técnicas menos avanzadas

8 La creciente pujanza del mundo del multimedia se fundamenta en el desarrollo de tres tecnologías punta: los microprocesadores (diminutos cerebros artificiales capaces de realizar millones de combinaciones por segundo), la transmisión *óptica* de datos, que permite que éstos circulen a la velocidad de la luz, y los sistemas de compresión y codificación de las señales digitalizadas. El desarrollo industrial de los satélites de comunicaciones permitió la globalización del sistema, con consecuencias formidables para la organización de la sociedad y las relaciones económicas y políticas internacionales. La web, como universalmente se la conoce, es algo hecho a base de un cierto voluntarismo de los usuarios, aunque naturalmente ha sido ocupada por las grandes multinacionales y por los dueños de los servidores, los ordenadores que operan como incipientes reguladores del tráfico (Cebrián, 1998: 47, 49).

(evolución del transporte aéreo desde hace medio siglo). El tiempo necesario para establecer comunicación entre Londres y Edimburgo pasó de 20 mil minutos en 1658 a 800 minutos en 1850 (primero la diligencia y después el ferrocarril); en 1950 se necesitaban 400 minutos tanto en tren como en automóvil, y 200 minutos en avión. Ahora se sabe que con el teléfono⁹, la comunicación puede establecerse en tan sólo algunos instantes si opera, obviamente, en una situación normal. Asimismo, los costos para establecer comunicación con cualquier punto de la Tierra serán apenas un poco más de lo que se paga hoy por enlazarse con un lugar poco alejado —unos 10 kilómetros (Bakis, 1995: 50-53, 57). Con estas acciones se pulveriza la distancia geográfica, se intensifica la distribución y se borran barreras para la distribución en el mercado mundial, se intensifica la competencia y la necesidad de la innovación, así como el impulso por establecer nuevas relaciones de trabajo como es el teletrabajo,¹⁰ que simplifica, perfecciona y multiplica sus funciones con los nuevos instrumentos de trabajo, creando obreros más hábiles, ordenados y multifuncionales.

La nueva base tecnológica-productiva se sustenta en el *Toyotismo, especialización flexible o posfordismo*, en tanto que la nueva forma de dirección y organización de los procesos de trabajo, el cual persigue, a diferencia del fordismo el justo a tiempo, cero inventarios, producción por demanda, la calidad

9 En algunos aspectos, si bien lo miramos, de lo que estamos hablando no es sino de un teléfono mejorado que sirve para hacer muchas más cosas que hablar y que se beneficia de la implantación de los sistemas digitales de banda ancha, capaces de multiplicar considerablemente la cantidad de información hasta ahora transmitida por métodos analógicos, así como de mejorar las prestaciones en la transmisión de imágenes y sonidos (Cebrián, 1998: 64).

10 Es una forma flexible en la que una organización permite a un empleado desempeñar la actividad profesional sin su presencia física en la empresa durante el horario laboral, englobando una amplia gama de actividades a realizarse en tiempo completo o parcial (Manpower, 2008: 59).

en los procesos productivos y en el producto social, y por esa vía, potenciar el conocimiento, particularmente el conocimiento tácito de los operarios (Ordóñez, 2012: 9).

Se establece la flexibilización del trabajo y se eliminan los obstáculos que impedían utilizar los mecanismos de la producción internacional, teniendo como base la demanda de los consumidores. Se abandonó la producción masiva homogénea del fordismo, para establecer la diversificación de mercancías bajo demanda, se fortalece la deslocalización internacional de las grandes empresas con la apertura comercial, que permitió a las grandes empresas la ampliación del comercio mundial con la firma de tratados comerciales de carácter regional para promover la integración económica (en una supuesta liberalización del comercio y la inversión que traería para los participantes un mayor crecimiento económico y beneficios sociales, con la creación de nuevas oportunidades para los trabajadores y los negocios para elevar los estándares de vida y el beneficio de los consumidores al reducir la pobreza y promover el crecimiento sostenible). Un uso sofisticado de maquinaria y equipo implica una inversión intensiva en capital constante y una composición orgánica de capital intensiva en maquinaria y equipo sobre el número de trabajadores, con lo que se obtendrá plusvalía relativa que incrementa la productividad y las utilidades, lo que sirve de contra tendencia a la caída de la tasa de ganancia.

El Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM) impulsaron el nuevo patrón de acumulación, incorporan la liberalización del mercado como la forma más adecuada de funcionamiento de la economía y el alejamiento del Estado de su actividad económica directa, minimizándola para dejarla en manos de la inversión privada nacional y extranjera. Su función estará concentrada en la regulación del conflicto social para garantizar la estabilidad y la propiedad privada, las empresas públicas deberían venderse, controlar los flujos monetarios y fiscales para mantener la estabilidad,

además de orientar su esfuerzo en el fomento a la industrialización hacia las exportaciones, con el apoyo a las empresas que fueran competitivas en el mercado internacional. Se buscaba desarticular el aparato productivo. Un puñado de corporaciones gigantes controla la competencia en el mercado mundial (Douglas y Guback, 1995: 31-32).

A partir de los años noventa del siglo xx, las computadoras y el internet revolucionan en su totalidad la vida moderna, tanto el desarrollo de las industrias ligadas a la automatización (hardware y software), como al desarrollo de las telecomunicaciones, son responsables de este nuevo fenómeno. Las computadoras permiten ampliar las bases de datos, establecer sistemas interactivos de cablevisión, un acceso sin precedentes a la información y el conocimiento, sobre cuya base los receptores podrían contribuir decisivamente a un referendo democrático instantáneo. Sin embargo, dicha sugerencia resulta falaz, en tanto asume que toda la gente cuenta con la misma capacidad para comprender, procesar y utilizar ese caudal de información y conocimiento, además hay una distribución desigual de esta capacidad de la Era de la información, que brinde a la mayoría de la gente el *beneficio* del acceso a una sobrecarga de señales, que la mayoría no puede manejar (Hamelink, 1995: 20).

Los nuevos procesos requieren fuerza de trabajo calificada para atender los cambios en la organización y funcionamiento del trabajo, los cuales plantean efectos diversos en los trabajadores físicamente dispersos –ya sea en sus hogares o en pequeños cubículos en oficinas– sin más compañía que sus terminales. Con los nuevos sistemas se logra un mayor control, pues la computadora estructura el trabajo y el empleado no obtiene ninguna autonomía (Douglas y Guback, 1995: 40-41).

El uso de las nuevas tecnologías permitió a las grandes empresas aumentar la productividad del trabajo y aplicar formas más intensivas con trabajadores más calificados, uni-

do al desarrollo del transporte, las telecomunicaciones y el sistema financiero, que facilitaron la producción y circulación de mercancías en áreas geográficas cada vez más extensas. Se sustituye mano de obra y reduce así el valor individual de las mercancías, mediante su automatización, masificación y estandarización. Por lo tanto, los precios de las mercancías, sobre todo de alta tecnología, se abaratan llegando al alcance de la población en general (Wicab, 2011: 70).

La nueva economía de las redes digitales y el conocimiento humano transformaron casi todo aquello que se producía, la educación requiere de un nuevo planteamiento, en un sentido más amplio, del aprendizaje en su relación con el trabajo y la vida cotidiana del consumidor, por lo que el aprendizaje se convirtió en un reto de por vida. Cuando un joven se licencia en la universidad, mucho de lo que aprendió en el primer curso se ha quedado obsoleto. Las fábricas modernas están rebosantes de ordenadores, robots¹¹ y redes, y los trabajadores aprenden continuamente técnicas nuevas y sofisticadas (Cebrián, 1998: 18).

Las necesidades físicas y biológicas de los ciudadanos pasan a segundo plano: son la variable dependiente en la ecuación del consumismo, el resultado de la influencia de las

11 Es evidente que con la aplicación de técnicas de información a la producción industrial es posible fabricar más productos diversos en formas más efectivas y rápidas. Sin embargo, el problema parece consistir en que esos productos tienen que comprarse y venderse en mercados donde la ventaja competitiva depende del adelanto tecnológico. Únicamente los actores con acceso a la tecnología más avanzada pueden sobrevivir en esos mercados. Para los rezagados (países en desarrollo, incluyendo a los recientemente industrializados y, en alto grado, también algunos de Europa Occidental) las probabilidades de emparejarse con los que llevan la delantera (especialmente Estados Unidos y, en menor grado, Japón) son mínimas o nulas. (...) Por consiguiente, es posible que aumente la productividad como resultado de la informatización, pero lo más seguro es que sea en beneficio de los que están a la cabeza en la carrera tecnológica (Hamelink, 1995: 21).

técnicas de creación de mercados y de la ingeniería de la venta. La casi obligación de producir en grandes cantidades y así abaratar precios, lleva en su momento a organizar sistemas productivos muy complejos –incorporando sofisticadas tecnologías y trabajos muy especializados– que logran imponer su propia dinámica a la sociedad. De este modo, se empieza a producir según los intereses de los sectores de la fabricación, respondiendo a la lógica autónoma del sistema productivo (Pérez, *et al.*, 1992: 17-18).

Los nuevos medios cambiaron la forma de hacer negocios, de trabajar, de aprender, de jugar e incluso de pensar, se extienden desde la producción económica masiva hasta sistemas educacionales, diagnósticos médicos, transferencias de fondos, cocina doméstica o trabajo secretarial. La extensa aplicación de la computadora recibe más adhesiones que protestas, y en general se favorece la continuidad de esta tendencia, lo cual a su vez tiene importantes implicaciones culturales, ya que la computarización proporciona nuevas formas de ganar terreno al medio. Ofrece una técnica que, en efecto, representa ahora la infraestructura básica de casi todos los procesos industriales de producción, distribución, servicios y consumo; un lenguaje simbólico (en la manifestación del idioma de la computadora) que se extiende a casi todas las esferas sociales, y formatos sociales, como son las formas centralizadas de control burocrático y las descentralizadas en la vida y el trabajo (Hamelink, 1995: 25).

Pero no es una revolución silenciosa ya que todo el mundo, en todas partes, habla de ella, a veces con gran estruendo. La utilización masiva de la tecnología digital en los sistemas de información, educación, salud y entretenimiento contribuye a acelerar los procesos de globalización y mundialización a los que nuestras sociedades se ven compelidos. En este marco, la economía, la política, la organización social y aun los comportamientos familiares se verán también transformados (Cebrián, 1998:38, 40). Se plantea el «fin del

trabajo» por las uso de las nuevas tecnologías, sin embargo, la fuerza de trabajo sigue siendo el factor principal de la acumulación y reproducción del capital en el capitalismo mundializado. Los nuevos métodos de trabajo le exigen al trabajador un esfuerzo suplementario sin compensación salarial y le arrebatan parte de su fondo de consumo y reproducción, ya sea aumentando el tiempo para la jubilación, privatizando la salud y la educación, o mediante el aumento de los impuestos que lesiona su capacidad de compra y de consumo (Sotelo, 2012: 121-122).

En la vieja economía, la información, las comunicaciones y las transacciones eran físicas, representadas por dinero en efectivo, cheques, facturas, conocimientos de embarque, informes, reuniones cara a cara, llamadas telefónicas analógicas o transmisiones a través de la radio o la televisión, recibos, dibujos, proyectos, mapas, fotografías, discos, libros, periódicos, revistas, partituras musicales y publicidad postal, por citar unos pocos ejemplos. En la nueva economía, de forma creciente, la información en todas sus formas, las transacciones y las comunicaciones humanas se vuelven digitales, reducidas a bites almacenados en ordenadores que se mueven a la velocidad de la luz a través de redes que, en su conjunto, constituyen la red (Cebrián, 1998: 14).

La combinación del teléfono, la transmisión de datos, las señales de televisión y el uso interactivo de la informática anunciaban el nacimiento de una nueva industria y de una nueva cultura. Las ideas de los jóvenes se transforman y les encanta trabajar duro, porque el trabajo, el aprendizaje y el juego son para ellos la misma cosa, son colaboradores y muchos consideran el concepto de jefe como algo estafalario. Su primer punto de referencia es la *red*. Se ven impulsados a innovar y tienen una idea de la inmediatez, que exige resultados rápidos. Son creativos en aspectos que sus padres no podían ni imaginar. A la Generación de la Red se le ha dicho que

encontrar un buen empleo será difícil, así que ha desarrollado una gran fuerza de voluntad. El porcentaje de sus miembros que intentará ser empresario es mayor que el de ninguna otra. Sin embargo, en todas partes se teme que la tecnología cause desempleo, entumecimiento e invasión de la intimidad (Cebrián, 1998: 20, 22, 32).

La transformación productiva y la ampliación de los valores de uso culturales, ampliaron y modificaron la costumbre social,¹² por eso la historia de la comunicación nos ha demostrado que los medios son complementarios: ni la radio acabó con los periódicos, ni la televisión con la radio o con el cine que, a su vez, tampoco decretó la muerte del teatro. Pero no sólo los medios, también las tecnologías son complementarias y aun convergentes. No hay que olvidar, por ejemplo, que las primeras líneas de telégrafo se tendieron siguiendo el trazado de las vías del ferrocarril. Por eso, a la hora de especular con las profecías, conviene mostrarse más que cauto. Hoy las computadoras se utilizan lo mismo para regar la tierra, que para pintar un cuadro. Pocos son los escritores que pueden prescindir de ellas y ya casi no existe empresa – pequeña o grande – en el mundo que no base gran parte de su actividad en los que un día fueron llamados, con menos exageración de la que entonces creíamos, cerebros electrónicos. Pero, si son muchas las personas que utilizan el ordenador, sólo un grupo reducido de ellas se muestran capaces de manejarlo con cierta pericia (Cebrián, 1998: 49).

12 Se puede sentir nostalgia por el cajero del banco, el acomodador del cine o el botones, como elementos de una liturgia social que la mecanización y la espiral de salarios han hecho desaparecer. La despersonalización del trato entre la gente intenta ser corregida, entonces, con técnicas y simulacros que persiguen, como dice Baudrillard, «la lubricación de las relaciones sociales mediante la sonrisa institucional». Y entonces aparecen las simpáticas azafatas, los public relations, las etiquetas en las solapas con la identificación del empleado, o esos spots publicitarios estadounidenses en los que la modelo comienza diciendo: ¡Hola. Me llamo Mary! (Gubern, 1995: 67).

La transmisión, almacenamiento y recuperación de datos requieren de avances tecnológicos progresivos y el satélite no es más que una antena remota para la transmisión de señales. La *sociedad global de la información* comenzó a configurarse conceptualmente con el desarrollo de los satélites artificiales que permitieron acercar, en el tiempo y en el espacio, los sistemas de distribución de las señales televisivas. A partir de entonces no sólo fuimos capaces, gracias a las antenas parabólicas, de captar las emisiones de cientos de cadenas de todo el mundo, sino que pudimos utilizar las nuevas tecnologías para imprimir los diarios en centros muy distantes del lugar de producción. Eso permitió, por ejemplo, que el *Wall Street Journal* se convirtiera en el periódico de mayor tirada de Estados Unidos o que el *International Herald Tribune* abordara de forma decidida su propósito de convertirse en un «diario global», en vez de conformarse con ser la edición parisina de un compendio del *NYT* y del *Washington Post*, como hasta entonces había sido. Desde este periodo los hombres ya habían descubierto las virtualidades de poder transmitir un mismo mensaje a una amplia muchedumbre, y de hacer sobrevivir su contenido, al paso del tiempo. Gracias a la aparición del libro, las ideas pudieron organizarse fácilmente en ideologías, y las experiencias pudieron transmitirse de forma segura y rápida de generación en generación (Cebrián, 1998: 13-14). Los diarios más tarde, y ya en nuestros días la radio, la televisión y los otros grandes medios de comunicación, contribuyeron a exacerbar el proceso. Merced a la electrónica y a los modernos sistemas de reproducción y almacenamiento de informaciones, desde hace décadas es posible que millones de personas puedan recibir de manera simultánea un mismo mensaje, o asistir, «en vivo», como reza el argot profesional, a cualquier acontecimiento en el preciso instante en que se produce. Estas innovaciones significaron un salto en la transmisión de datos, en las denominadas autopistas de la información, y su arquetipo, Internet, lograron una nueva economía

basada en una red de inteligencia humana. En esta economía digital, los individuos y las empresas crean riqueza aplicando su conocimiento, la inteligencia humana interconectada y su esfuerzo a la industria, la agricultura y los servicios (Cebrián, 1998: 63, 73). Los trabajadores del conocimiento están mejor preparados, con una orientación más profesional y requieren menos supervisión que sus contrapartes en el campo de las manufacturas. El área con un mayor crecimiento en las empresas son los trabajadores del conocimiento, y los ejecutivos desempeñarán el papel dominante en la nueva fuerza laboral. Se predice la desaparición del supervisor; los trabajadores tendrán empleos creativos y aumentará la satisfacción respecto del lugar de trabajo (Douglas y Guback, 1995: 39-40). En sólo cinco lustros los pequeños *chips* habían multiplicado de tal forma su capacidad que habían pasado de ejecutar 60,000 instrucciones por segundo a hacerlo con cientos de millones. Al finalizar el milenio, dicha capacidad se había multiplicado por siete (Cebrián, 1998: 44-45).

La apertura económica representó un entorno extremadamente desfavorable para la actividad empresarial nacional, y en particular para el sector manufacturero, ya que significó el desplazamiento de grandes sectores de los encadenamientos productivos en donde participaban las MIPYMES y se fortaleció la subordinación al capital trasnacional. El mecanismo de la subcontratación se generaliza, con el traslado de diversas funciones o actividades de un proceso productivo integrado a otras unidades económicas (personas físicas o jurídicas), real o ficticiamente ajenas a la empresa que organiza el trabajo, lo cual es una forma de delegar tareas específicas asociadas con una empresa particular al que va a desempeñar la función o funciones de los departamentos dentro de su organización, para reducir costos de producción, como los de dirección, vigilancia y supervisión de seguridad laboral (accidentes y equipo), de disposición, mantenimiento y almacenamiento de insumos y equipos, así como gastos de circulación

que tienen que ver con la contabilidad en nóminas, materiales de oficina, personal y su respectivo equipo, trasladándolos a esas empresas (Martínez, 1998: 307- 308).

Pero a medida que el comercio se traslada a la *red*, todo el concepto de empresa cambió. Las grandes compañías dejan de ser organizaciones jerarquizadas para convertirse en organizaciones interconectadas. Las empresas más pequeñas utilizan las redes para aprovechar las ventajas de crecer en tamaño y escala, sin las desventajas de una burocracia paralizante. Grupos de compañías se unen en nuevos tipos de estructuras y relaciones para lograr el éxito. Los mercados se vuelven electrónicos. Cambian la forma de crear, comercializar y distribuir bienes y servicios: se trata de la primera transformación fundamental en el modo de hacer negocios, desde hace más de un siglo. Las comunidades empresariales por vía electrónica son una nueva forma de organización comercial y son posibles gracias a la tecnología digital. Impulsados por la necesidad de reducir los costos de la cadena de distribución y responder con mayor rapidez a las demandas de los usuarios finales, grupos de compañías están utilizando redes para comerciar entre sí y crear productos o servicios estrechamente relacionados, que se sirven del talento de numerosos protagonistas. En cada sector, las empresas con un buen conocimiento de lo digital, comienzan a utilizar este modelo para establecer las condiciones necesarias para crear valor y alcanzar una posición dominante. Las tecnologías que basan sus recursos en la red son las preferidas por las grandes operadoras de telecomunicaciones, pues les permitirán ofrecer un mayor número de servicios a sus clientes, a más bajo costo. Piensan que así habrá más demanda de líneas telefónicas, con ancho de banda suficiente, que soporten más aplicaciones de multimedia. Pero el futuro del uso de las nuevas tecnologías, la estructuración de las redes y las prestaciones de los terminales dependerá, de hacia dónde se oriente el mercado, que

se encuentra hoy extraordinariamente condicionado por la oferta (Cebrián, 1998: 16-17, 49).

En relación con el consumo, los medios de comunicación se convierten en el instrumento privilegiado para dirigir las demandas de las masas. A través de la publicidad en sus diversas modalidades, los productores intentan crear necesidades a los individuos, imponer modas, introducir nuevos productos y, como efecto acumulado, pueden orientar constantemente a los distintos grupos hacia el consumo continuo. Muchas sirenas (muchos discursos) celebran esta victoria: los colores vivísimos, los objetos apiñados en las estanterías, el incienso publicitario, la aceleración de las modas, las persuasiones urbanas y las del ocio, hasta el calendario que florece de nuevas ocasiones de consumo. Todo ello participa en una ceremonia de encantamiento. Nos dejamos seducir. Algo, alguien, despierta nuestros deseos y nos sentimos arrastrados compulsivamente. El entendimiento, algo nublado, se deja convencer por la lógica del «por qué no». Cientos, miles, millones de ciudadanos van a comprar los mismos objetos, vestirse del mismo modo, suspirando por el mismo automóvil, soñar con iguales vacaciones, exhibir un mismo estilo, pero siempre recibiendo la impresión de que cada uno de ellos está eligiendo libremente en el mercado, de que está ejerciendo un soñado derecho, el de escoger entre Coca y Pepsi (Pérez, *et al.*, 1992: 12, 28-29).

En el siglo XXI, la automatización o robotización –incorporación de la informática a la producción– despersonaliza aún más si cabe el producto, y lo convierte en el resultado de una planificación muy calculada. De esta forma, cada vez son menos las personas que intervienen en el proceso productivo y lo que puede garantizar creativamente sus resultados (Pérez, *et al.*, 1992: 21).

En Estados Unidos, las minorías, las mujeres y los jóvenes, que constantemente han encontrado barreras en el mercado del trabajo, son las principales víctimas del desem-

pleo. Aproximadamente el 20% de los negros y el 14% de los hispanos están sin trabajo, a diferencia del 8% de los blancos. Por otra parte, en las últimas décadas el número de mujeres que trabaja ha aumentado dramáticamente. Típicamente, las mujeres han desempeñado trabajos industriales no especializados o semiespecializados, con salarios bajos, pero la creciente necesidad de trabajadores de oficina y servicios secretariales representaron una abundante fuente de empleo para ellas, y en las nuevas ocupaciones masivas, como las industrias de servicios, han representado una oferta ideal. En toda la organización, la computadora estructura el trabajo; el empleado no obtiene ninguna autonomía, la máquina lo dirige y le impone el ritmo (Douglas y Guback, 1995: 41-43). La modernización productiva tiene un doble efecto: por un lado, abarata ciertos sectores del mercado de trabajo, y por el otro, requiere de mano de obra cada vez más calificada y actualizada en el manejo de las nuevas tecnologías.

Las luchas sindicales, sobre todo las europeas, se orientan a disminuir la jornada de trabajo a 35 horas para amortiguar el desempleo, cuando alcanzó en Europa occidental un 10% (casi el doble en España). Otro mecanismo para disminuir las tasas de desempleo en casi todos los países, fue adelantar la edad de jubilación vinculada al uso de las nuevas tecnologías. Los antecedentes en el desplazamiento masivo por las nuevas tecnologías tenían como antecedente la total automatización, fue en abril de 1984, cuando se inauguró en la ciudad de Tsukuba la primera fábrica sin obreros, controlada totalmente por un ordenador central. Al cabo de ese año Japón había construido 30,000 robots industriales, de modo que a finales de la década acumuló un total de 500 000 robots en funcionamiento (Gubern, 1995: 62).

La huelga, la acción colectiva más efectiva de los trabajadores, se ha limitado con la automatización (...). Para operar un equipo automático se necesita menos personal; durante la huelga, la administración pudo prescindir de la mano

de obra (...) El *Committee on the Evolution of Work*, de la AFL-CIO, concuerda con esta línea y participa activamente en programas que ofrecen a los miembros de los sindicatos más educación y capacitación, ya que esa sería una forma de aumentar las oportunidades de trabajo (Douglas y Guback, 1995: 44).

El desarrollo tecnológico y la innovación en la economía mundial, con la digitalización de la vida moderna, tanto de los bienes-salario, como de los bienes de capital, produjeron cambios profundos en el proceso de trabajo y de valorización. Por sí solas lograron un profundo y prácticamente virtual impacto universal en todas las áreas de trabajo, desde la agricultura hasta el diseño de ingeniería. La venta de *hardware* –fomentada por la miniaturización y abaratamiento de sus componentes– y la adquisición de mensajes por parte de los usuarios, son económicamente ventajosas, pues alienan además el consumismo coleccionista, más rentable para aquéllas que el mero usufructo de los mensajes, ya que la meta es la venta o atesoramiento privado de libros, discos o videocasetes, que acaso nunca serán gozados por el coleccionista (por falta de tiempo, entre otras razones), salvo en su calidad de potencial el *poder cultural acumulado* en sus estanterías, o el *capital cultural* disponible. Las nuevas formas de almacenamiento de la información también hacen obsoletos muchos de estos procesos.

En cuanto a los consumidores de las nuevas tecnologías, se ubican fundamentalmente en la privatización del ocio, al convertir al individuo en un ser sedentario, ciudadano en una época ya castigada por la plaga del automóvil. Jamás el hombre viajó tanto por medio de sus ojos e inmóvil, desde una butaca, como con la conjunción del automóvil y el televisor. Este exceso patógeno de sedentarismo en la sociedad actual, castigada también por las dietas altas en calorías, obliga a la personas a ocupar una parte de su horario de ocio en actividades físicas enérgicas e improductivas –juegos

de pelota, carreras, gimnasio, golf, etc.— para realizar aquel ejercicio, que en otras épocas se efectuaba funcionalmente al desempeñar tareas económicas productivas. Hoy, en cambio, hay que pagar una cuota al gimnasio para hacer trabajar los músculos del modo en que antaño lo hacían los siervos para generar riqueza. En este proceso de compensación psicodinámica ha irrumpido también el *week-end* en el campo o junto al mar, así como actividades deportivas tales como la caza, la pesca o la navegación, que retrotraen al hombre urbano a los orígenes de su especie, haciendo de las que fueron duras tareas para la supervivencia física, un hábitat agreste de actividades lúdicas y relajantes, en compensaciones naturalistas o en simulados rituales filogenéticamente nostálgicos, que exorcizan con la clorofila o las sales marinas, los artificios de la sociedad industrial. En este caso se asiste a una auténtica explotación económica del *tiempo libre ilusorio* del consumidor cultural, cuyo apetito coleccionista es más fuerte todavía, que esa carencia de disponibilidad temporal (Gubern, 1995: 64-65).

La llamada sociedad del conocimiento constituye una nueva fase de desarrollo de la economía mundial y las nuevas tecnologías se convierten en la principal fuerza productiva del crecimiento económico, que transita de una sociedad predominantemente industrial a una basada de manera primordial en el conocimiento —especialmente el técnico— en lugar de la base productiva. El mundo desarrollado está dejando de ser una economía industrial basada en el acero, en los automóviles y en las carreteras para convertirse en una economía digital construida a base de silicio, ordenadores y redes (Cebrián, 1998: 14-15). El desarrollo de las nuevas tecnologías, en particular las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)¹³, permiten una gran eficiencia del trabajo

13 Término que hace referencia a una gama de servicios, aplicaciones y tecnologías, que utilizan diversos tipos de equipos y de programas informáticos y que con frecuencia se transmiten a través de las redes de

inherente a la creatividad, la investigación y el desarrollo de la información, comunicación, robotización, automatización, etc., que controla y potencia la acumulación flexible, así como de nuevos métodos y técnicas de organización de la producción y el trabajo.

En la vieja economía, la información, las comunicaciones y las transacciones eran físicas, representadas por dinero en efectivo, cheques, facturas, conocimientos de embarque, informes, reuniones cara a cara, llamadas telefónicas analógicas o transmisiones a través de la radio o la televisión, recibos, dibujos, proyectos, mapas, fotografías, discos, libros, periódicos, revistas, partituras musicales y publicidad postal, por citar unos pocos ejemplos. En la nueva economía, de forma creciente, la información en todas sus formas, las transacciones y las comunicaciones humanas se vuelven digitales, reducidas a bites almacenados en ordenadores que se mueven a la velocidad de la luz a través de redes que, en conjunto, constituyen la red (Cebrián, 1998: 15).

Se acelera la rotación del capital con la explosión en los mercados internacionales de los nuevos sistemas de comunicación e información, junto con la racionalización de técnicas de distribución (embalaje, control de inventarios, uso de contenedores, retroalimentación del mercado, etc.), contribuyen a controlar y acelerar el tiempo de rotación en la producción, lo que supone aceleraciones paralelas en la circulación de mercancías y en el consumo, proceso en el que las operaciones de banca electrónica y el dinero plástico aceleran el flujo inverso del dinero y con ello los servicios y mercados financieros (Gutiérrez, 2016: 154, 328). No es extraño que

telecomunicaciones. Las TICs incluyen servicios tales como: telefonía, telefonía móvil y fax, correo electrónico, transferencia de archivos e Internet (Manpower, 2008: 59).

las demandas empresariales para poder competir en el mercado global se pueden resumir en cinco aspectos básicos: 1) moderación y flexibilidad en costos de mano de obra; 2) mejoramiento en la productividad; 3) flexibilidad en el uso de los recursos humanos; 4) una fuerza de trabajo altamente motivada y de habilidades múltiples y 5) cooperación permanente entre la administración y el sindicato en el lugar de trabajo (Kochan, 1991: 92).

El Estado establece un nuevo modelo educativo y desarrollo de habilidades y destrezas a la fuerza de trabajo, para que sean capaces de laborar en equipo, contar con habilidades de comunicación y relación interpersonal y con la capacidad para la toma de decisiones. Si el trabajador quiere mantenerse en su empleo, requiere de múltiples habilidades y una calificación permanente, lo que impone la necesidad de programas de capacitación y especialización para todas las áreas de la empresa, sobre todo en donde se encuentran los modernos equipos de computación o las nuevas tecnologías, formas de organización del trabajo y certificación a normas internacionales de calidad (González, 2012: 5).

Las nuevas formas de organización del trabajo demandan habilidades técnicas cada vez más especializadas que requieren una actualización permanente para que los obreros puedan rotarse fácilmente, cuenten con múltiples habilidades y flexibles por lo que se requiere un modelo de aprendizaje que responda con rapidez a esos cambios. Una persona que empieza su vida profesional ahora, a lo largo de su vida cambiará, no de puesto de trabajo, sino de profesión, más o menos cuatro veces. Los sistemas de aprendizaje continuo obligan a reflejar y acomodar la necesidad de un aprendizaje de por vida, para desarrollar instituciones y servicios que apoyen y permitan el desarrollo de habilidades durante toda la vida laboral del empleado. Las personas capaces de redefinir lo que tienen que hacer, volver a aprender cómo hacer las nuevas tareas, nunca se quedarán obsoletas. Esto

no es una simple cuestión de calificación, implica toda una redefinición del sistema de educación: la capacidad social de hacer pasarelas entre el trabajo y la educación (Manpower, 2008: 7, 14-15).

Hay un desplazamiento del trabajo flexible calificado por el trabajo manual. Sin embargo, para autores como Benjamín Coriat (1992), el futuro, de ninguna manera, es de la automatización integral de las tareas y las funciones, porque cualesquiera que sean las orientaciones «tecnológicas» localizables aquí o allá, en algunas prácticas de las empresas, la «autonomía total» es impracticable, por razones tanto científicas y técnicas como financieras, y eso vale para todo el horizonte del futuro previsible.

La organización flexible del capitalismo del siglo XXI, necesita trabajadores especializados para el manejo de las nuevas tecnologías, aunque el encadenamiento productivo requiere de diversidad de procesos y composiciones orgánicas de capital diferenciadas. La forma de organización flexible se caracteriza por la filosofía del ahorro del espacio, la eliminación de desperdicios y la utilización óptima del tiempo, teniendo como principios fundamentales la calidad, flexibilidad, eficiencia y el constante aumento de la productividad como pautas fundamentales del desarrollo capitalista (Holzmann, *et al.*, 2002: 5). Es por ello que la educación se orienta a la adquisición de destrezas y habilidades en la formación profesional y tecnológica para cubrir la demanda creciente de trabajadores especializados y técnicos. Se incrementa la inversión en programas de capacitación y entrenamiento especializado para todas las áreas que lo demandan, ante los modernos equipos de computación, además de aplicar las nuevas formas de organización del trabajo para obtener los diferentes tipos de certificación o normas internacionales de calidad, que les permitirá competir en el ámbito internacional.

Para que los jóvenes sean contratados, deben mantenerse en una capacitación permanente; se les convence de

que la flexibilidad laboral en las diversas actividades, es un elemento esencial en la generación de empleos, particularmente en los micronegocios y el autoempleo, no solo porque son «emprendedores» individuales, sino por la manera en que las grandes empresas se esfuerzan en desplazar la producción o circulación de sus mercancías a las empresas subcontratistas que cumplen funciones esenciales en la producción y distribución a nivel mundial, aunque a muchas de ellas se les puede catalogar como informales.

El tiempo de rotación del capital disminuye con las mejoras del proceso de circulación, aunque no a la misma velocidad que requiere el proceso de producción y, por lo tanto, el riesgo de la crisis es más frecuente. Es por ello que, el modelo de producción basado en la flexibilidad, reduce el tiempo necesario para llevar a cabo el ciclo de reproducción del capital, ya que éste se reduce tanto por la utilización de las nuevas tecnologías –automatización, robótica, informática y el desarrollo de las comunicaciones–, como por la nueva organización del proceso de trabajo basado en la flexibilidad, factor que permite que la distancia espacial ya no sea determinante para acelerar el ciclo de reproducción del capital, aumenta el rendimiento sin incrementar la cantidad de trabajadores (Gutiérrez, 2016: 142).

La reorganización del trabajo tiende a privilegiar cada vez más el conocimiento tácito y/o empírico del trabajador, considerado por la empresa como capital intangible, que se ha vuelto fundamental dentro del proceso sistemático de innovación. En ello han influido factores como el avance de los sistemas educativos de nivel medio y superior (universidades y escuelas técnicas) en cierto número de países en desarrollo, que han contribuido a la formación de este nuevo trabajador, capacitado para dar respuesta a las exigencias de la nueva división técnica impuesta por los actuales sistemas de producción y de trabajo. Esto ha ampliado un mercado de fuerza de trabajo calificada y semicalificada que en escala mundial

compite, en cuanto a preparación, con este tipo de trabajadores de países centrales. Se exacerba la competencia entre los trabajadores en el mundo, teniendo como consecuencia una mayor fragmentación de su organización y se agudiza por la existencia de un enorme ejército industrial de reserva que crece exponencialmente en el mundo (Gutiérrez, 2016: 201).

El desarrollo de las nuevas tecnologías aplicadas en la etapa actual del conocimiento implica una sociedad en donde predominan herramientas como la computadora, los teléfonos celulares, los robots y las fábricas automatizadas, por lo que cambia la forma de reproducción de los trabajadores, con el aumento del desempleo y el ocio, y se profundiza la diferenciación entre las clases sociales, la propiedad y la función del Estado. La automatización se generaliza sin tener límites y sin restricciones técnicas, ni políticas. No hay ningún argumento socioético que detenga el proceso de reemplazar la mano de obra humana, por inteligencia artificial. El debate se centra en el futuro que nos espera con la utilización de los robots que les quitarán empleos a los humanos. Tal es el caso de los robots que reemplazan a los conductores y los cajeros humanos. También se plantea cómo otros procedimientos—como la Realidad Virtual (RV) utilizada en el futuro próximo— pueden generar nuevas actividades que den ocupación de cuidado o entretenimiento. La RV nos permitirá habitar los mundos físicos y virtuales simultáneamente, al cambiar la vida del conjunto de seres humanos. La medicina personalizada debiera acelerar la tendencia hacia una mayor longevidad. Los sensores en tú cuerpo te indicarán cuándo necesitas tomar tú medicamento y te advertirán antes de que sufras un ataque cardíaco. Las personas adineradas pagarán para que les reemplacen los genes malos y las partes del cuerpo deterioradas (Kuper, 2017: 22).

En la medida en que la población envejece requerirán de personas que cuiden a sus habitantes de la tercera edad, por lo que se requerirá la creación de empleos como

cuidadores y los gobiernos tendrán que aplicar programas de formación y migración para cubrir estas necesidades. Aunque también existe la posibilidad de que sean robots los que realicen trabajos de cuidado, robots que ya se están construyendo en Japón (recordar la película de «Yo Robot») lo cual esta vinculado a la RV para generar empresas que realicen esta funsión.

El uso de las tecnologías de guerra para mantener la hegemonía por parte de Estados Unidos es preocupante (54,300 millones de dólares para el presupuesto 2018), o los recursos que Rusia y China destinan para seguir siendo potencias, porque la tecnología militar también está cambiando a los combatientes humanos por robots, soldados más económicos, y el desplazamiento de la guerra cibernética (Kuper, 2017: 22). Las grandes potencias como China, Alemania y Estados Unidos están utilizando robots en muchas de sus actividades económicas o, como el caso de México, en donde las armadoras automotrices están importando grandes cantidades de robots.

CONCLUSIONES

Las políticas neoliberales aplicadas en las últimas décadas establecieron mejores condiciones de producción y circulación de mercancías en favor de las grandes empresas trasnacionales a través de un sistema de redes empresariales, fortalecieron la concentración y centralización de la producción sin perder el control con la subcontratación o proveeduría de los procesos a las MIPYMES en el ámbito productivo, mercantil, tecnológicos y sus esquemas de innovación, sobre todo porque las grandes empresas se estancaron en la generación de empleos e hicieron más intensivas en trabajo a las empresas subcontratistas.

Las grandes empresas aplicaron estrategias de producción que les permitió reducir sus costos, con el uso del desarrollo científico-técnico, para ser más competitivas en el

mercado internacional. Se crearon nuevos puestos en industrias de alta tecnología, que requieren educación especializada con nuevas calificaciones laborales, por lo que todas aquellas personas que poseen doctorado y maestría sustituyen en los empleos de gerencia baja, a las que tienen licenciaturas y estas últimas, a su vez, sustituirán a los graduados de preparatoria en los trabajos de oficina y secretariales. Como resultado, la mayor parte de la fuerza laboral trabaja por debajo de su nivel *y*, consecuentemente, en vez de reducirse, se intensifican las tensiones entre los trabajadores activos y los que desean incorporarse a un empleo. En tanto, en las industrias grandes de alta tecnología, las actividades son móviles y muchas de ellas se trasladan a empresas subsidiarias en países con salarios más bajos.

La intensificación del uso del capital fijo sobre la fuerza de trabajo generadora de valor desplaza enormes contingentes de trabajadores, de los sectores más productivos hacia aquellos que usan mayor cantidad de fuerza de trabajo. La generación de las nuevas actividades no son suficientes para absorber ese desplazamiento y el desarrollo de las fuerzas productivas, en el modo de producción capitalista, aparece como un monstruo que ataca a los trabajadores, con el desplazamiento constante de sus actividades y de las fuentes de trabajo, y el incremento del desempleo, la informalidad, la migración y el deterioro de las condiciones de vida de las personas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bakis, Henri (1995) «Telecomunicaciones, espacio y tiempo», en Carmen Gómez Mont, *Nuevas tecnologías y medios de comunicación en México*, México, Trillas, 1995, pp. 49-60.
- Cebrián, Juan Luis (1998) *La red. Cómo cambiarán nuestras vidas los nuevos medios de comunicación*, Madrid, Taurus, 197 p.
- Coriat, B. (1992) *El taller y el robot (ensayo sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica)*, México, Siglo XXI, 266 p.
- Douglas, Sara y Guback, Thomas (2014) «La producción y la tecnología en la revolución de la comunicación y la información», en Carmen Gómez Mont, *Nuevas tecnologías y medios de comunicación en México*, México, Trillas, 1995, pp. 27-47.
- González Chávez, Gerardo (2012) «La participación del Estado en el desarrollo económico de México», Arcadio Sabino Méndez, Andrés Peñaloza Méndez y María Alejandra Hernández (coordinadores), *Miradas alternativas al neoliberalismo*, México, Partido de la Revolución Democrática, Instituto Nacional de Investigaciones, Formación Política y Capacitación en Políticas Públicas y Gobierno, vol. II, pp. 41-56.
- Gubern, Román (1995) «La antropotónica: nuevos modelos tecnoculturales de la sociedad *massmediática*», en Carmen Gómez Mont, *Nuevas tecnologías y medios de comunicación en México*, México, Trillas, pp. 61-70.
- Gutiérrez A., A. (2016) *La empresa trasnacional automotriz en el proceso de reestructuración del capital, la producción y el trabajo en escala mundial*, México, Cd., UNAM-HEC, 382 pp.
- Hamelink, Cees (1995) «Informatización: hacia una cultura binaria», en Carmen Gómez Mont, *Nuevas tecnologías y medios de comunicación en México*, México, Trillas, pp. 15-26.
- Holzmann R., Richard H. y WORLD BANK team (2002) *Soporte*

del ingreso en la vejez en el siglo veintiuno: una perspectiva internacional de los sistemas de pensiones y de sus reformas, Banco Mundial, Washington, DC.

- Kochan, Thomas A., (1991) «Adaptabilidad del sistema de relaciones industriales de Estados Unidos», en *Trabajo*, número 5-6, México, invierno-primavera.
- Kuper, Simón (2017) «La tecnología, no Trump, moldeará nuestro futuro», *El Financiero*, Secc. Economía, Artículos sindicados de Financial Times, 17 de marzo, p. 22.
- Manpower, (2008) *La integración al mercado laboral del talento latinoamericano*, México, Manpower Inc. (NYSE: MAN), 70 p., en www.manpower.com.mx
- Marx, K. (2000) *El capital*, tomo I, Vol. 3, México, Ed. Siglo XXI, Capítulo XXIII. *La ley general de la acumulación capitalista*, pp. 759-808.
- Martínez Aparicio, J. (1998), «Flexibilidad y productividad laboral en la siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas (Sicartsa)», en F. Zapata, *¿Flexibles y productivos? Estudios sobre flexibilidad laboral en México*, México, El Colegio de México, pp. 265-318.
- Neffa, J. C. (2006) *Teorías económicas sobre el mercado de trabajo: I Marxistas y keynesianos*, Buenos Aires, FCE, 192 p.
- Ordóñez, S. (2012) «Determinantes de la acción del Estado en la reproducción y el desarrollo económico en la actualidad: una visión desde los países en desarrollo», ponencia (versión preliminar), México, IIEC-UNAM, 21 p.
- Pérez P., C. (2009) «Innovación y crecimiento. Comprender la dinámica y el cambio de las oportunidades para América Latina», Adriana Martínez, Pedro L. López, Alejandro García y Salvador Estrada (coord.), *Innovación y competitividad en la sociedad del conocimiento*, México, Plaza y Valdés, pp. 21-42.
- Pérez Tornero, José Manuel, Fabio Tropea, Pilar Sanagustín y Pere-Oriol Costa (1992) *La seducción de la opulencia*.

- Publicidad, moda y consumo*, Buenos Aires, Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Sotelo Valencia, Adrián (2012) *Los rumbos del trabajo. Superexplotación y precariedad social en el Siglo XXI*, México, Miguel Ángel Porrúa, 222 pp.
- Villarreal, R. (2005) *Industrialización, competitividad y desequilibrio externo en México*, México, FCE.
- Wicab Gutiérrez, O. (2011) «La globalización y la gestión estatal. Los nuevos retos de las economías nacionales», en Aníbal Terrones Cordero, (coordinador), *Globalización, crisis y crecimiento en México*, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Plaza y Valdés Editores, pp. 47-72.

EL MODELO TECNOLÓGICO Y DE PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES, EL CASO DEL SHALE GAS Y SHALE OIL

Rosalba Mercado Ortiz¹
y Helder Osorio Moranchel²

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del shale gas y el shale oil en territorio estadounidense ha llevado a cambiar sustancialmente la estructura de producción de hidrocarburos y la matriz energética de este país. Esta situación ha presionado a otros territorios en el mundo para explotar este tipo de recursos, con la idea de que esta producción extra de gas natural proveniente de no convencionales se considera ideal como energía de transición de las energías fósiles a las energías renovables.

La obtención de estos hidrocarburos no convencionales ha sido posible debido a una variedad de factores. Un elemento preponderante es la combinación de las técnicas del fracturamiento hidráulico (o fracking) y la perforación horizontal. Por un lado, el fracking es una técnica usada en la industria petrolera desde los años 40, la cual ha ido evolucionando para los usos actuales. En cambio, la perforación hori-

1 UNAM, Posgrado de Economía. roxmy1204@gmail.com

2 Universidad Autónoma Metropolitana. Doctorado Ciencias Económicas. helderom81@gmail.mx

zonal fue un desarrollo tecnológico a partir de la mancuerna gobierno-empresa.

El modelo de producción de shale gas y shale oil necesita, al menos, dos condiciones para ser económicamente explotable. Por un lado, el desarrollo tecnológico en un medio empresarial muy especializado, y; por otro lado, la existencia y acceso a infraestructura que es compatible o adaptable para la producción. En ambos casos el apoyo constante del gobierno es de suma importancia.

El objetivo de este capítulo es analizar algunos elementos clave en el desarrollo tecnológico del fracturamiento hidráulico, principalmente en Estados Unidos. El abordaje de estos elementos ayudará a enriquecer la discusión sobre un posible modelo de producción de gas y petróleo Shale en México (y otros países de la región). Adicionalmente se consideran implicaciones medioambientales y el papel del Estado.

¿QUÉ ES EL SHALE GAS?

El shale gas y el shale oil son hidrocarburos considerados no convencionales debido a la complejidad para extraerlos y explotarlos. Dadas las condiciones geológicas de estos recursos se desarrollaron procesos tecnológicos para producirlos comercialmente. La diferencia técnica entre un recurso convencional y no convencional se encuentra en el nivel de porosidad de la roca donde está atrapado, así como el tipo de roca (pizarra, carbón, etc.) y el nivel de profundidad de los yacimientos (IEA-US, 2018). Sin embargo, los usos de estos recursos son los mismos que el de los convencionales, apenas el gas sale del pozo, se incorpora a la red de gaseoductos para usos industriales y domésticos tradicionales.

Según otra definición (Boyer, *et al.*, 2011) los yacimientos de gas y petróleo no convencionales son aquellos que no pueden ser desarrollados con flujos de volúmenes económicamente explotables, a menos que sean estimulados mediante técnicas de fracturamiento hidráulico.

El desarrollo de la producción de shale gas³ es reciente, no así los métodos de extracción, especialmente la técnica del fracturamiento hidráulico «fracking», la cual es necesaria para acceder al gas atrapado en la roca. Esta técnica ha sido usada desde 1940 en la industria del gas y petróleo (API, 2014), especialmente en pozos de hidrocarburos convencionales que, después de un periodo de vida, necesitan del fracking para recuperar los remanentes de crudo. Sin embargo, para la producción de shale gas, el fracking ha concentrado su desarrollo en los químicos usados en la mezcla de arena y agua que se emplean para romper la roca. Por tanto, uno de los grandes problemas del fracking es el uso del agua, no sólo por el consumo de ésta, sino también por la disposición de los lodos residuales.

La mayor parte de los intentos en la extracción del shale gas, con perforación vertical, no eran exitosos debido las bajas tasas de flujo de gas que se obtenían y no fue hasta que apareció la perforación horizontal que se hicieron posibles tasas económicamente convenientes (Boyer, *et al.*, 2011)⁴.

Las diferencias técnicas entre el gas convencional y el no convencional son clave a la hora de hablar del modelo económico de la producción de gas no convencional. Lake Larry *et al.* (2012) al analizar las diferencias que existen entre los recursos convencionales y no convencionales de gas determinaron los elementos que impactan el valor económico de las áreas en producción, encontraron los siguientes factores: el volumen total de producción, la tasa de declinación en

3 Analizaremos con más detenimiento el caso del shale gas, sin embargo, el shale oil también ha tenido un gran impacto en la industria de los hidrocarburos y lo consideramos como parte del desarrollo de los no convencionales.

4 La perforación horizontal es una técnica que permite no solo introducir un tubo de manera vertical en el pozo, sino que en un punto determinado se puede cambiar la dirección de la perforación y seguir de manera horizontal hasta llegar a tocar la roca que contiene el shale gas. De esta manera es posible usar el fracking para romper la roca y obtener el material deseado.

el volumen de producción, los métodos de producción, los pozos horizontales, las actividades después de la perforación, la búsqueda de inversiones y los costos de exploración. A pesar de que los usos del gas y el petróleo extraído por cualquier método son los mismos, vemos que en cuanto a exploración y producción hay cambios sustanciales.

En el caso del shale gas la rentabilidad del pozo está determinada, entre otros factores, por la cantidad producida de gas, la cual está basada en las técnicas de producción, así como por el uso del *pad drilling* (término en inglés), técnica que permite hacer varias perforaciones en una sola extensión de terreno derivando en el incremento de la producción por área (Lake, *et al.*, 2012).

¿CÓMO SE HA DESARROLLADO LA TECNOLOGÍA EN CUANTO AL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO?

La intención de este apartado es analizar las características del desarrollo del fracturamiento hidráulico, debido a que esta práctica es considerada como riesgosa para el medio ambiente. El informe del Environmental America Center de 2013 reporta los impactos clave del fracking que, hasta ese momento, se habían extendido por todo Estados Unidos como una práctica cotidiana en la industria de los hidrocarburos no convencionales. Entre los problemas que menciona se encuentran el uso del agua, el uso de químicos (algunos de ellos tóxicos), la contaminación del aire, entre otros (Ridlington *et al.*, 2013).

Por otro lado, este mismo informe llama fracking a todas las practicas relacionadas con esta actividad antes y después de la introducción del agua al pozo. En el desarrollo de este trabajo usaremos esta misma definición ya que analizaremos no sólo el fracturamiento de la roca, sino otros elementos clave en el proceso de producción del shale gas y oil.

Comenzaremos por analizar el recorrido que han tenido las patentes relacionadas con el fracking y la perforación horizontal, aunque nos centraremos en el primer tema.

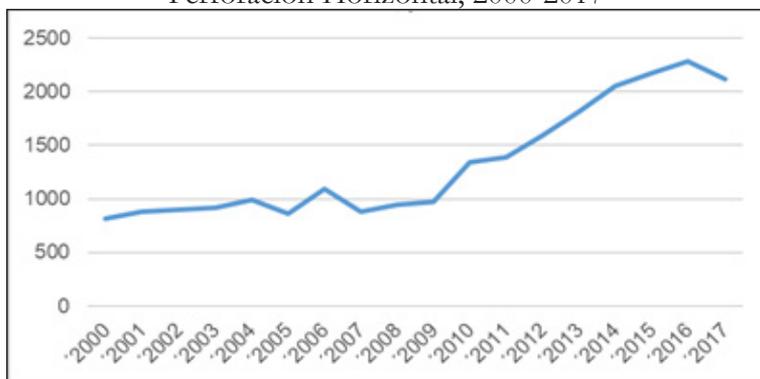
La metodología que se utilizó para elaborar este capítulo fue la siguiente: se realizó un estudio estadístico sobre patentes relacionadas con la tecnología del fracking, para ello se realizó una búsqueda en la base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos, USPTO por sus siglas en inglés. La búsqueda fue a través de operadores booleanos con la palabra clave «Fracking», el diez de agosto, arrojando inicialmente 1331 patentes. Posteriormente se hizo una depuración quedando solo 1036 patentes. La base de datos cuenta con 13 variables, como año en que se otorgó la patente, nombre y país proveniente del apoderado de la patente, así como las clases tecnológicas a las que se suscribe la invención, y el número de patentes que la han citado, entre otras.

Por lo tanto, la BD contó con 13,468 (1,036 x 13) observaciones. En las gráficas 1 y 2 se muestran las tendencias generales en el patentamiento del fracking y la perforación horizontal desde el año 2000⁵. Ambas tecnologías han presentado un crecimiento desde esa fecha, sin embargo, el fracking ha tenido un crecimiento mayor, en términos relativos, a partir del año 2012. En cinco años, 2012 a 2017, las patentes relacionadas con el fracking se multiplicaron por diez.

La perforación horizontal ya se había probado en diversos casos en la industria, para los años ochenta ya se conocía su potencial para obtener recursos económicamente explotables y para los noventa ya se usaba en formaciones de petróleo, mientras que no se sabía si podía usarse para la extracción de gas natural (Wang, *et al.*, 2013). En la gráfica 1 podemos apreciar que el número de patentes relacionadas con la perforación horizontal ha seguido en crecimiento, especialmente a partir de 2009, año en el que se considera que comienza la producción masiva de hidrocarburos no convencionales en EUA.

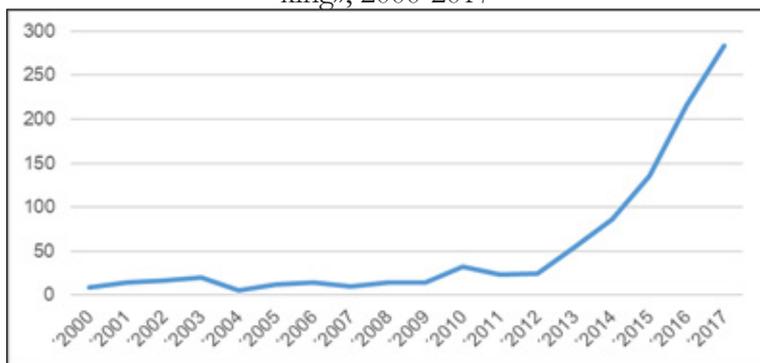
5 Se elige este año debido a que antes del mismo el número de patentes es muy pequeño o nulo. Como el crecimiento importante surge alrededor del 2009, entonces el año 2000 es una buena referencia de estos cambios.

Gráfica 1. Número de patentes relacionadas con la Perforación Horizontal, 2000-2017



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

Gráfica 2. Número de patentes relacionadas con el «Fracking», 2000-2017



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

En cuanto a las patentes de fracking (ver gráfica 2), las primeras registradas en Estados Unidos fueron en los años ochenta, aunque esta técnica ya era conocida con anterioridad, a partir del año 2010 se registra un incremento abrupto en el número de registros, solo en 2017 alcanzó la cantidad de 322 lo cual indica el interés que ha generado este tipo de tecnología en la última década⁶.

6 Cabe aclarar que se descartaron las patentes registradas en el año 2018, ya que al terminar este capítulo el año aún no finalizaba, pero parece indi-

El shale gas es un recurso que tiene la misma utilidad que el gas convencional. Es decir, puede ser empleado como materia prima, combustible y en general como fuente energética. En los últimos años, el crecimiento de la demanda de gas no solo es derivado del incremento de su uso en la generación eléctrica, también es materia prima para la industria petroquímica e industrias relacionadas, en el transporte y en la propia producción de hidrocarburos.

En el año 2012 apareció un informe en la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) llamado *Golden Rules for a Golden Age of Gas*, el cual anunciaba que vendría una era dorada para el gas, basada en la producción de gas no convencional. Este documento menciona que las principales limitantes de la expansión en la producción fuera de Estados Unidos son, en esencia, económicas y medioambientales, pero no técnicas.

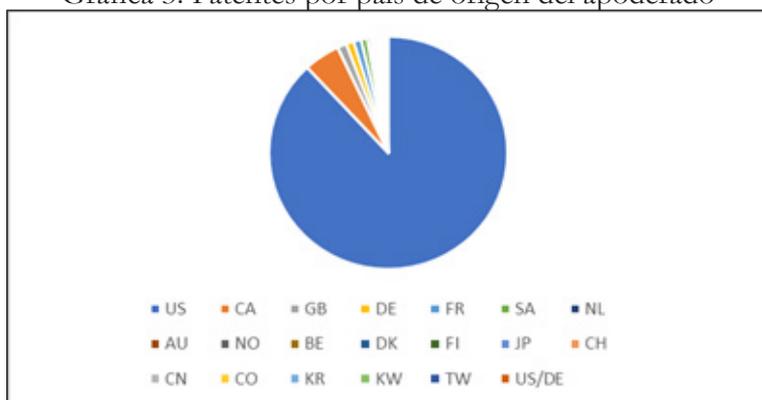
En cuanto al origen de los apoderados de las patentes registradas en Estados Unidos (ver gráfica 3) la mayoría (88%) de ellas fueron registradas por apoderados con domicilio en Estados Unidos. Muy atrás, en segundo lugar, se encuentra Canadá, con el 5% de las patentes. Después le siguen países europeos como Gran Bretaña, Alemania y Francia.

Esta situación está relacionada con que Estados Unidos tiene una producción significativamente mayor de los no convencionales en comparación con otros países. La IEA aporta los datos sobre quienes producen shale gas, tight gas y coalbed methane⁷ a nivel comercial en el mundo, en el cual EUA tiene una ventaja clara sobre otras economías.

car que la tendencia no cambiará.

⁷ Todos estos hidrocarburos son considerados no convencionales debido a que provienen de materiales en los cuales es necesario usar ambas, el fracturamiento hidráulico y la perforación horizontal, para que sean económicamente explotables.

Gráfica 3. Patentes por país de origen del apoderado



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

Tabla 1. Mayores productores de hidrocarburos no convencionales, 2014

Shale gas	Producción en BCM	Tight gas	Producción en BCM	CBM (gas)	Producción en BCM
Estados Unidos	424.53	Estados Unidos	141.61	Estados Unidos	35.15
Canadá	5.91	Canadá	82.16	China	13.00
China	4.47	Rusia	20.58	Australia	8.63
		China	13.53	Canadá	6.61
		Argentina	2.26	Alemania	0.58

BCM: Billion cubic metres (miles de millones de metros cúbicos)

CBM: Coalbed methane

Fuente: IEA (2018)

En el caso de Canadá, país que podría ser el competidor más cercano a EUA en producción de no convencionales, tiene aproximadamente 500,000 pozos productores de petróleo y de gas, de los cuales más de 375,000 se localizan en Alberta. En este sentido, cerca de 95% de la producción de gas natural proviene de fuentes convencionales y el 5% restante de coalbed methane y shale gas. Debido a los bajos precios, la actividad industrial en Alberta y Saskatchewan

está centrada en *oil sands* (también llamada arena bituminosa), petróleo y gas convencional, entre algunos otros recursos (Rivard, 2014).

La bonanza de los no convencionales en Estados Unidos

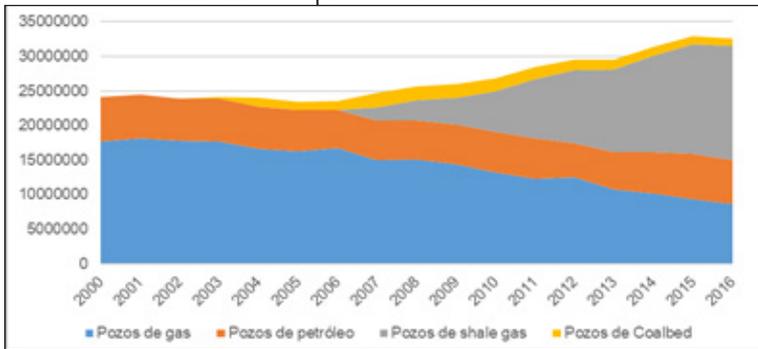
Las condiciones de producción de shale gas, y en general las de los no convencionales, son las que han llevado a una bonanza en la producción de petróleo y gas natural en Estados Unidos. ¿Por qué se le considera una bonanza? ¿Cuáles son las características y las limitantes a la producción de no convencionales?

El shale gas en Estados Unidos ha sido resultado de una compleja trama de condiciones técnicas, económicas, políticas, etcétera. Según datos de la Agencia de Energía de Estados Unidos (EIA-US por sus siglas en inglés), la producción de shale gas⁸ fue oficialmente incorporada en la oferta de gas estadounidense a partir de 2007 y tuvo tasas de crecimiento anual de hasta 47%, alcanzado en 2010. Sin embargo para 2016, esta producción tuvo un incremento del 5% respecto al año anterior; a pesar de esto el 51% de la producción de gas en 2016 fue derivada de pozos de shale gas (ver gráfica 4), mientras que en 2007 era solo el 8%. Por otro lado, en cuanto al gas asociado y no asociado al petróleo, estos tipos de producción han tenido tasas de crecimiento negativas en el mismo periodo, por lo que la producción de shale gas revirtió la caída de la producción de gas natural convencional.

Con poco más de la mitad de la producción de gas en EUA proveniente del Shale gas es comprensible que se le denominara la «Revolución del Shale Gas». No obstante, la rapidez con la que se incorporó la producción de gas no convencional fue hasta cierto punto sorpresiva. Sin embargo, son sus efectos económicos y energéticos, los que verdaderamente revelan si estamos ante una revolución (Spencer, 2013).

⁸ Datos disponibles en EIA-US (s/f).

Gráfica 4. Estados Unidos, producción bruta de gas natural, millones de pies cúbicos 2000-2016



Fuente: Elaboración propia, US Energy Information Administration.

Por otro lado, la producción de shale gas llegó en un momento de precios altos del petróleo y del gas natural. En el caso del gas natural, en 2007 y 2008 los precios spot Henry Hub fueron de 7 y 9 dólares por millón de BTU respectivamente, lo que alentaba la producción de gas natural no asociado al petróleo. Poco después los precios del gas descendieron hasta llegar por debajo de los 3 dólares por millón de BTU; no obstante, la producción se mantuvo constante (EIA-US, 2018).

En cuanto a las regiones productivas de shale gas, para julio de 2018 según los datos de la EIA-US⁹, Eagle Ford aportó el 8% de la producción mensual y Permian el 12%, estas regiones son importantes porque hacen frontera con México, y al menos Eagle Ford comparte la misma estructura geológica con Burros-Picacho, al noroeste de Coahuila (Manzanares, 2014). Por otro lado, Haynesville produjo el 12% y Barnett el 5% de shale gas, ambas regiones se encuentran dentro del estado de Texas, que en conjunto con Eagle Ford y Permian suman el 37% de la producción, la misma aportación que la región que más produce, Marcellus¹⁰.

⁹ Datos disponibles en EIA-US (s/f b).

¹⁰ Región ubicada en la frontera con Canadá.

Cuando Holditch (2006) analizó las posibilidades de producción de los no convencionales como el tight gas, sus implicaciones tecnológicas y el impacto en los costos, destacó que a medida que se requiere mayor nivel tecnológico en la producción de un recurso, los costos tenderían a incrementarse y por ende los precios. Esto no sucedió así, lo que resultó fue la caída de los precios de gas de referencia en Norteamérica, alrededor del 2008 y la correspondiente caída de los precios del crudo. A pesar de que se requiere mayor nivel tecnológico, la relativa abundancia en los recursos no convencionales, sumada a la escala de la producción, crearon un contexto de precios bajos. Al mismo tiempo esto no se hubiese logrado sin el acceso a los grandes niveles de inversión que requiere un proyecto de shale oil o shale gas.

Finalmente, el incremento de la producción del gas y el petróleo en Estados Unidos resultó en cambios en la balanza energética. Las importaciones de gas natural comenzaron a disminuir de manera paulatina, desde el año 2008, a una tasa promedio de 7%, según información de la EIA-US (2018)¹¹. Adicionalmente, las importaciones de petróleo también disminuyeron, pero a un ritmo menor.

¿Quiénes participan en la producción de shale gas?

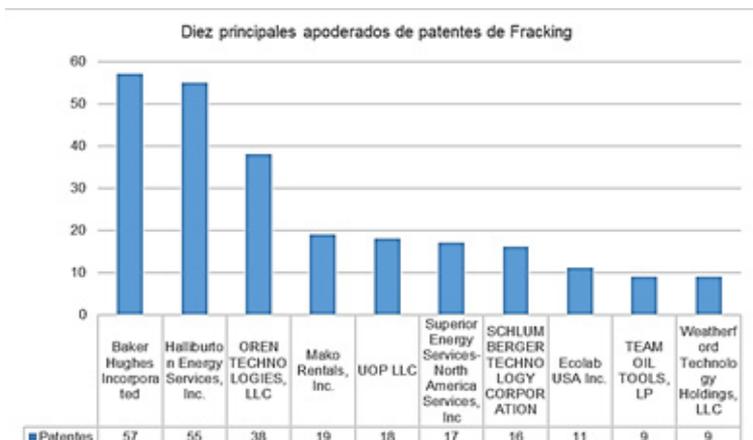
La complejidad en la producción de shale gas implica la participación de diferentes tipos de empresas. La industria se compone de grandes perforadores independientes, así como empresas internacionales de energía. Al mismo tiempo mucho del trabajo es hecho por contratistas especializados, incluyendo la perforación, la fracturación hidráulica y agua, química y en el manejo de desechos (Small, *et al.*, 2014). En algunos casos el operador principal supervisa el total de las operaciones en el campo petrolero o gasífero, con varios subcontratistas haciendo diversas actividades. Muchas de esas actividades ocurren sin responsabilidad directa o contacto con los super-

11 Datos disponibles en EIA-US (s/f b).

visores y reguladores. Vemos con más detalle este proceso tecnológico con ayuda de las patentes en EUA.

El análisis de las patentes arrojó el tipo de agentes que lideran el avance tecnológico relacionado con el fracking (ver gráfica 5). En primera posición, la compañía *Baker Hughes Incorporated* cuenta con 57 patentes en su haber; en segundo lugar, con 55 patentes *Halliburton Energy Services*; un poco más atrás, con 38 patentes *Oren Technologies*.

Gráfica 5. Diez principales apoderados de patentes de Fracking



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

Los diez primeros apoderados de patentes concentran el 25% de un total de 1,036 patentes de fracking. Baker Hughes es una de las empresas más importantes en servicios de campos petroleros y, desde 2017, General Electric tiene la mayoría de la propiedad sobre ella. Asimismo, Halliburton es otra empresa internacional en el ramo de los servicios en la industria de los yacimientos petroleros. Por su parte, Oren Technologies, una empresa más pequeña que las primeras

dos, ha crecido en los últimos años¹². Finalmente, las siguientes empresas en importancia por el número de patentes son empresas locales o regionales de Estados Unidos¹³.

Existe una diferencia sustancial entre las empresas que lideran el registro de patentes y aquellas que se consideran tradicionales en la industria de los hidrocarburos. Son dos tipos de empresas que participan en la producción de petróleo crudo y gas natural convencional: las empresas internacionales petroleras (IOC por sus siglas en inglés) y las nacionales petroleras (NOC por sus siglas en inglés). Estas empresas tienen la mayor parte de las reservas en el mundo de petróleo y gas, en 2010 las diez empresas con más reservas fueron NOC y pertenecen a la OPEP. Sin embargo, en cuanto al nivel de ingresos, las diez principales son de propiedad privada, entre estas las estadounidenses ExxonMobil, Chevron y Conoco-Phillips (Riba, 2015).

Las empresas como Halliburton son consideradas de servicios para la industria tradicional de hidrocarburos, con una presencia fundamental en el mercado estadounidense, además es el principal contratista extranjero de PEMEX –con 160 contratos por un monto cercano a los dos mil millones de dólares (Chesterton, 2014)– e incluso ha firmado un acuerdo con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) de colaboración científica y tecnológica en 2018. Baker Huges es otro participante del mercado mexicano de hidrocarburos como parte de algunos proyectos con PEMEX.

El sector energético se compone no solo por aquellas que son dueñas de la tierra o de los recursos, sino por todas aquellas empresas que brindan servicios y que son capaces de

12 Actualmente esta empresa se llama Oren McCormick Ventures, los ejecutivos e inventores que se declaran en las patentes son parte de una compañía llamada Sandbox. A partir de 2016, Sandbox es una subsidiaria de Silica Holdings.

13 Según se pudo constatar en las páginas web de las empresas y en la información pública publicada en Bloomberg durante agosto de 2018.

especializarse y asumir los riesgos¹⁴. Un ejemplo de esto es la empresa Ecolab, que no tenía actividades relacionadas con hidrocarburos hace algunos años, y actualmente tienen un papel moderado, como veremos más adelante.

¿Cuáles son algunas tecnologías que se derivan del fracking?

Las patentes de fracking registran aportes, principalmente provenientes, aunque no exclusivamente, de los campos de la construcción, química, transportes y mecánica. Su análisis de las patentes arrojó las características de las tecnologías relacionadas con el fracking, considerando las subclases de registro¹⁵ (ver tabla 2). La identificación de estas subclases tecnológicas es indicativa de las actividades para la obtención de petróleo y gas a través de la fracturación hidráulica. Por ejemplo, la subclase G01V se refiere a la medición y detección de objetos bajo tierra, lo cual es indispensable al momento de realizar el proceso de exploración y recolección de datos, que den certidumbre sobre la situación del recurso y sus implicaciones en el subsuelo.

La subclase E21B, en general describe las instalaciones o aparatos para la perforación. De manera más específica, la subclase F04B, se refiere a las bombas y cómo regular la presión, estas técnicas no solo pueden usarse para medios terrestres sino también para un ámbito marino.

14 A diferencia de los años ochenta y noventa, cuando las grandes empresas tenían una diversidad de actividades incluyendo las tecnológicas.

15 Existen algunas características importantes en cuanto a las subclases tecnológicas, por ejemplo, la subclase C09K, un número de estas patentes se suscriben en los subgrupos de «químicos para erosionar» o «Composiciones para fracturar». Por otro lado, la subclase C02F pertenece al sector de la química; al mismo tiempo la subclase B01D pertenece al sector de las técnicas industriales; sin embargo, es más cercana a la subclase C02F. En cambio, la subclase G01V es la única que pertenece a la sección de la física dentro de las diez principales subclases. Finalmente, la subclase B65G es muy cercana a la B65D.

Tabla 2. Principales subclases tecnológicas por número de patentes de fracking

P o s i - ción	N ú m e r o Subclase	Descripción Subclase	C o n t e o patentes
1	E21B	Perforación terrestre: para la obtención de petróleo y gas	392
2	C09K	Química: Composiciones misceláneas	71
3	C02F	Tratamiento de agua: aguas residuales y lodos	62
4	B65D	Contenedores para almacenaje o transporte de artículo o materiales	55
5	B01D	Procesos físicos o químicos o aparatos en general: separación	39
6	G01V	Medición y prueba: geofísica y detección de masas y objetos	28
7	C07C	Química orgánica: Compuestos acíclicos o carbocíclicos	22
8	B65G	Aparatos para transporte y almacenaje	21
9	F04B	Máquinas para desplazamiento de líquidos: bombas	16
10	A01N	Preservación de plantas o sus partes: biocidas, es decir, desinfectantes, pesticidas o herbicidas	13

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

Por otro lado, la subclase B01D, se refiere a la separación física o química del agua, tierra, químicos y gas o petróleo obtenidos. La subclase C07C, está avocada al manejo y separación de los gases que son obtenidos por esta técnica. Las clases C02F, B65D y B65G hacen referencia al manejo de los materiales que son devueltos desde las profundidades, su contención y reducción de contaminantes. Por último, la subclase A01N comprende los medios para dar mantenimiento a las tuberías. Cabe destacar que la fórmula de los químicos para la fracturación de la roca, muchas veces, permanece como secreto industrial (CHP of NY, 2015); no obstante, las patentes pertenecientes a la subclase C09K aportan información relacionada con esta parte del proceso.

Podemos sintetizar la clasificación de las patentes con las fases producción de shale gas según lo describe Ridley en el 2011 (Sovacool, 2014):

1. Exploración sísmica: «Medición y prueba: geofísica y detección de masas y objetos» (G01V), en el puesto número 6.
2. Construcción del Pad¹⁶: «Máquinas para desplazamiento de líquidos: bombas» (F04B), en el puesto número 9.
3. Perforación vertical y perforación horizontal¹⁷: «Perforación terrestre: para la obtención de petróleo y gas» (E21B), lugar 1. «Preservación de plantas o sus partes: biocidas» (A01N), lugar 10.
4. Fracturamiento hidráulico: «Química: Composiciones misceláneas» (C09K), «Química orgánica: Compuestos acíclicos o carbocíclicos» (C07C).
5. Producción sostenida¹⁸.
6. Disposición de agua de residuo: «Tratamiento de agua: aguas residuales y lodos» (C02F), «Contenedores para almacenaje o transporte de artículo o materiales» (B65D), «Procesos físicos o químicos o aparatos en general: separación» (B01D), «Aparatos para transporte y almacenaje» (B65G).

En la industria de los hidrocarburos, tanto convencional como no convencional, la exploración sísmica es fundamental, ya que los datos obtenidos disminuyen la incertidumbre relacionada con la cantidad de recursos que se puede presuponer existen en los yacimientos. En el caso del shale gas las tasas de declinación de la producción son muy altas, entre 60% y 80%, lo que implica que la exploración debe ser cada vez más certera (Sovacool, 2014).

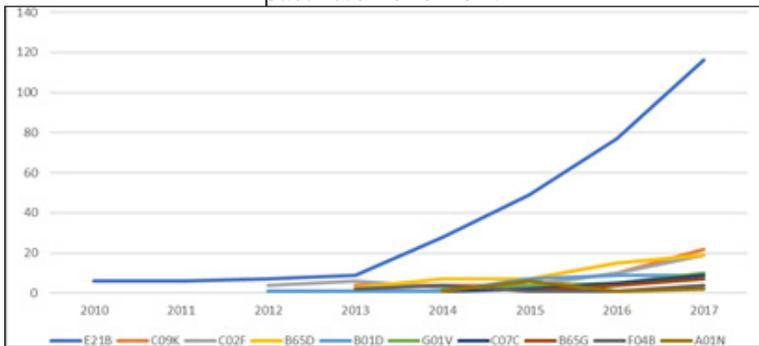
16 Cuando la plataforma es construida y posicionada sobre un área descubierta.

17 Ridley (2011) plantea el proceso del fracking en 7 etapas, sin embargo para efectos de este trabajo, la perforación vertical y perforación horizontal se encontraran en la misma fase.

18 Cuando el flujo de gas es suficiente que es posible incorporarla a los gaseoductos.

En el caso de las subclases tecnológicas que se relacionan con el fracturamiento hidráulico, es claro que están relacionadas con los componentes químicos involucrados para romper y/o erosionar la roca con 71 patentes. Por otro lado, la fase que más patentes acumula, después de la perforación, es la que se relaciona con la disposición de las aguas de residuo, si sumamos todas las subclases, entonces son 211 patentes, apenas por debajo del primer lugar. El tema de la disposición de agua y su contaminación es uno de los más discutidos como parte de los riesgos medioambientales implicados en el uso de los no convencionales, por ejemplo, se estima que se inyectan 16,000 litros de agua por minuto a un pozo de shale (Estrada, 2013).

Gráfico 6. Principales subclases tecnológicas, por número de patentes 2010-2017



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

En cuanto a los cambios anuales en el conteo de patentes, de acuerdo con su subclase principal (ver gráfica 6), se consideró el periodo de tiempo entre 2010 y 2017. La E21B se mantiene como la subclase primaria con el mayor número de patentes para cada año; no obstante, hasta 2013 no registraba una diferencia importante en su número de patentes. Esta situación cambia a partir del 2014, ya que registra incrementos de manera sostenida, y en mayor medida que las

otras subclases tecnológicas de las patentes de fracking. Para 2017, último año analizado, la diferencia en el conteo entre la primera y segunda subclase es muy marcado.

Cabe destacar que, a lo largo del periodo analizado, la subclase relacionada con la química, C09K: «Composiciones misceláneas» la cual incluye a los químicos para erosionar o compuestos para fracturar, ha ganado importancia en cuanto al número de patentes que se registran. Eso puede ser indicativo de la importancia que ha cobrado este tipo de tecnología en el proceso productivo de la obtención de gas y petróleo.

Principales empresas en las algunas subclases elegidas

Un aspecto adicional a las subclases identificadas es el tipo de empresas que están ligadas a ellas. Veamos que sucede al interior de las cinco principales subclases tecnológicas. Para las dos primeras subclases (E21B y C09K) las empresas Baker Hughes Inc. (BH)¹⁹ y Halliburton Energy Services²⁰ son las que mayor número de patentes registran, ambas son de corte internacional, consolidadas en el mercado de los servicios para los campos petroleros, son consideradas dos de las tres principales empresas en el sector²¹. Sin embargo, otro elemento común a ambas empresas es que estas han sido acusadas de sobornos: Halliburton en Nigeria (Winter, 2010) y BH en Kazajstán (Floyd, 2007).

19 Por un lado, Baker Hughes (BH) es una compañía filial de la multitecnológica General Electric. Se puede decir que BH es la encargada de este sector para General Electric.

20 Por otro lado, Halliburton, también es una empresa multinacional, la cual tiene cuarteles generales en Dubai y Estados Unidos, que emplea unos 50 mil empleados. Cabe resaltar que durante los años 2014 y 2016 se manejó la posibilidad de una posible fusión entre estas dos empresas, al final no se concretó. Por el contrario, para 2017, General Electric adquirió a BH.

21 Finalmente, otro elemento a considerar es la empresa Schlumberger, esta empresa es considerada como una de las tres principales en el sector. Sin embargo, esta no ha registrado una actividad importante en cuanto al número de patentes relacionadas con el fracking.

En cuanto a la tercera subclase (C02F) donde se registran más patentes de fracking, las características de las principales empresas cambian con respecto a las primeras dos subclases. En primer lugar, aquellas grandes empresas, BH y Halliburton, no aparecen en esta subclase. En segundo lugar, la empresa Ecolab USA Inc., es la propietaria de más patentes en esa subclase, ella está inmersa en el sector limpieza ambiental y sanidad alimentaria, así como la optimización en el uso de energía y agua. En tercer lugar, en esta subclase se encuentran empresas relacionadas con el manejo del agua: Aquamost, Gradiant Corp., Water tectonics, MBL Water Partners, entre otras. Estas empresas, además de brindar servicios asociados al manejo del agua en general, tienen un área destinada a brindar servicios de tratamiento de aguas en los procesos productivos de obtención de gas y petróleo. En cuarto lugar, aunque ya se mencionó que las dos principales empresas BH y Halliburton no están en esta clase, Ecolab sí está presente en la subclase de química C09K, en la cual ocupa el tercer lugar. Finalmente, dentro de esta subclase se encuentra una universidad, el Instituto Tecnológico de Massachusetts, lo cual, dado los resultados de toda la base de patentes de fracking, es algo singular²².

Para la cuarta subclase (B65D) la naturaleza de las empresas vuelve a estar relacionada con las actividades de producción de petróleo y gas, es decir, su historia o trayectoria de ellas está, desde un inicio, ligada a las actividades de este tipo²³. No obstante, se relaciona con las actividades secundarias o manejo de subproductos. En primer lugar, la empresa que más patentes registra es Oren Technologies que, como veremos más adelante, ha tenido una actividad de patentamiento importante. Segundo lugar, las empresas que

22 Entre las patentes analizadas no hay participación de las universidades, salvo en este caso.

23 Según se pudo constatar en las páginas web de las empresas y en la información pública publicada en Bloomberg durante agosto de 2018.

se encuentran en esta subclase son más pequeñas que las observadas en las dos primeras subclases, tanto en el número de empleados, abanico de actividades (casi todas se dedican al almacenaje y transporte en la industria petrolera y de gas), y regiones geográficas donde operan. En resumen, en esta subclase se registran empresas pequeñas pero especializadas.

Finalmente, para la quinta subclase (B01D) por número de empresas de fracking, se tienen los siguientes puntos a resaltar. Primero, en general las empresas son medianas, su influencia de negocios es nacional. Segundo, las empresas tienen características mixtas, algunas de ellas están menos especializadas en la producción de petróleo y gas, es decir, además de ese tipo de actividades, su modelo de negocios va más allá de la industria extractiva²⁴.

Patentes Principales

Ahora, realicemos una revisión sobre patentes que han sobresalido entre la tecnología del fracking. Si una patente es citada, eso significa que la información que contiene ha resultado relevante para otras patentes²⁵. De esta manera, se puede decir que mientras más citas logre una patente, esta cobra una mayor relevancia en la tecnología del fracking. Veamos, de forma breve, de qué tratan estas patentes, a quién pertenecen y en qué año fueron otorgadas.

Algunos puntos que destacar son: a) la patente 6408943 «Método y aparato para posicionar y examinar sensores de pozo» fue otorgada en el año 2002 a la empresa

24 No obstante, de las empresas que más patentes tienen en esta subclase destacamos a: Aquasource Technologies Corporation cuyas actividades están enfocadas exclusivamente a aguas y residuos del fracking; Chevron, una empresa petrolera estadounidense ya establecida en el sector, tiene algunas patentes en esta subclase. Sin embargo, es la quinta en cuanto al número de patentes.

25 Para ello, se han considerado las diez principales patentes que cuentan con el mayor número de citas por otras patentes. Esta condición nos permite vislumbrar la importancia que tienen para con otras patentes.

Halliburton, es la patente con más citas (167); b) la empresa Baker Hughes posee una patente en esta lista, en el octavo lugar, con 59 citas, pero otorgada en el año 1994, la más antigua de la lista, esta patente es la 5325921 «Método de propagación para una fractura hidráulica fluido de control de pérdida de partículas»; c) la empresa con el mayor número de patentes (4) es Oren Technologies, todas registradas entre 2013 y 2014 ellas describen sistemas para el manejo y disposición de «propantes» (proppant), los cuales son un tipo de material granular necesario para la técnica del fracking, cuentan con alrededor de 62 a 67 citas cada una; y d) la segunda y tercera patente con más citas son de inventores sin pertenencia declarada a alguna empresa (o universidad), ambas patentes se refieren a la limpieza o manejo del dióxido de carbono, un proceso propio de la extracción de gas o petróleo.

ALGUNOS ELEMENTOS ADYACENTES A LA PRODUCCIÓN DE SHALE GAS

El desarrollo del sector energético ha sido acompañado de instituciones y políticas clave, donde el Estado ha jugado un papel preponderante. Al entender el papel del Estado (en Estados Unidos), se puede valorar mejor las posibilidades de desarrollo de un modelo de producción de gas y petróleo Shale en otros países.

En primer lugar, con el boom petrolero de los años setentas en Estados Unidos se produjeron cambios importantes en el marco jurídico-institucional que fueron precedentes de la apertura del sector eléctrico y en tiempos más recientes en temas ambientales y biocombustibles²⁶. En segundo lugar, más allá de la legislación en temas gasíferos, la estructura gubernamental estadounidense favoreció el desarrollo de los no

26 También se sentaron las bases para la producción y desarrollo de gas natural, en 1938 se reguló el comercio interestatal y para 1978 se establecieron precios.

convencionales mediante la implementación de programas y apoyo financiero a la investigación básica y aplicada sobre tecnologías energéticas. Su principal agencia el *Department of Energy* fue clave en la vinculación directa con los agentes privados, a través de la investigación privada o mediante su red de laboratorios nacionales (Sovacool, 2011).

El papel que ha jugado el Estado en el desarrollo de los no convencionales es fundamental, porque se trata de un sector estratégico con repercusiones nacionales e internacionales, es decir, además de incrementar la oferta interna se espera que en un futuro próximo sea exportador neto de petróleo, mientras que ya lo es con el gas natural²⁷. Al mismo tiempo esta bonanza de no convencionales ha influido en los precios internacionales del petróleo, por lo que le da una ventaja sobre los otros productores de hidrocarburos²⁸.

En 2011, dos años después de iniciada la bonanza, salió a la luz un estudio llamado «World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United

27 La estructura de producción de hidrocarburos en Estados Unidos también es fundamental para el desarrollo de los no convencionales. Por una parte, el marco institucional alentó el avance de su industria petrolera y gasífera convencional, y dio pie a crear la no convencional. Al mismo tiempo generó incentivos para el desarrollo tecnológico dentro del sector energético. Más recientemente, las regulaciones sobre la producción de los no convencionales se encuentran en pleno desarrollo, especialmente en el tema medioambiental. Finalmente se encuentran las condiciones de mercado, específicamente la situación de los precios internacionales del petróleo, así como el acceso al financiamiento, debido al nivel de riesgo de los pozos.

28 Para Estados Unidos, la nueva situación energética, supuso grandes impactos sobre su economía. Los precios altos en el petróleo favorecieron el ambiente de producción de no convencionales. Mientras que la disminución de las importaciones y la disposición de recursos dentro de EUA, ha dado ventajas estratégicas en términos energéticos, al mismo tiempo que alimentó las perspectivas en el resto del mundo.

States»²⁹. Este estudio ubicaba recursos no convencionales fuera de Estados Unidos; países como Canadá, México, Argentina, China, entre otros, estaban incluidos como posibles territorios poseedores de no convencionales. El desarrollo de no convencionales fuera de EUA, en México por ejemplo, será directamente proporcional a la capacidad de los estados de organizar la producción, regular los efectos y al mismo tiempo de desarrollar toda una industria con avances tecnológicos cada vez rápidos, pero con grandes riesgos.

RETOS Y RIESGOS

El avance de la producción del shale gas/oil ha traído consigo un gran debate sobre sus implicaciones medioambientales³⁰. Se han identificado tres problemas clave: contaminación de aire, agua, así como sismos asociados a regiones productoras.

En el caso del agua, se reconocen tres problemas importantes: el uso de grandes cantidades de agua fresca, el empleo de químicos que pueden contaminar el agua y la disposición de las aguas residuales en forma de lodos (Martínez, *et al.*, 2013). La inyección de agua en los pozos para fracturar la roca y luego liberar el gas, es uno de los temas más discutidos por las implicaciones que puede tener para el medio ambiente. Los fluidos recuperados o *flowback* pueden volver a ser reinyectados en otros pozos y en general se tratan en la superficie³¹. Reinyectarlos bajo tierra, después de haber

29 El estudio fue lanzado por la Agencia de Energía estadounidense EUA-UE (2011). Hay una versión más actualizada del estudio para 2015. (EUA-UE, 2015).

30 Los impactos ambientales derivados del shale gas dependen de las condiciones técnicas de la producción, del tamaño de la producción, así como de la velocidad de esta.

31 La secrecía sobre los componentes químicos del agua para inyectar en los pozos no deja claro los riesgos ambientales que pueden surgir debido a un problema o mal manejo de estos desechos, o la forma que se pueden remediar. El conflicto se debe a si esta información es un secreto industrial o información que debe conocer la autoridad o la sociedad en general.

tratado el agua de residuo, es una de las prácticas más frecuentes³².

Sin embargo, en junio de 2015, la Environmental Protection Agency de Estados Unidos, publicó un informe llamado «Assessment of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas on Drinking Water Resources». En este informe se analizó el ciclo del agua en el fracturamiento hidráulico y se encontró que no hay evidencia para sostener que el fracturamiento hidráulico genere impactos sistemáticos en el agua potable de Estados Unidos.

En cuanto a otros tipos de contaminación, los efectos son mixtos si se comparan con otros energéticos. Autores como Jener y Lamadrid (2013) apuntan que, en cuanto a la contaminación del aire, especialmente en las emisiones de gases de efecto invernadero, se ha demostrado que el impacto del ciclo de vida del shale gas es mayor que la producción de los convencionales. Sin embargo, estos impactos son menores para la producción de carbón. El consumo de agua es más alto en la producción de shale gas que en los convencionales, pero sigue siendo menor que en el caso del carbón. En cambio, el uso de tierras es menor en el shale gas y mayor en los convencionales, y aún más extensivo en la producción de carbón.

Por tanto, no hay resultados concluyentes sobre el alcance de los impactos de la producción del shale gas en comparación con otras fuentes energéticas, y los discursos oficiales han sido en apoyo al desarrollo de este tipo de recursos dentro y fuera de Estados Unidos, como una medida de transición de las matrices energéticas. Por otro lado, se espera que sea la tecnología la que proporcionará las mejores soluciones a los problemas sobre el medio ambiente.

En EUA ha habido leyes que abogan por la revelación de esta información.

32 En la mayor parte de los casos se usa agua dulce, no solo se trata de la disponibilidad de esta, sino de la contaminación que puede surgir y sus posibles impactos para la salud humana.

Existen diversas posiciones sobre la manera de abordar las incertidumbres y los riesgos derivados de la producción de no convencionales. La administración de estos riesgos se puede hacer desde la estructura regulatoria nacional, sin embargo, será fundamental la flexibilidad de esta para dar paso a casos particulares. Como los impactos son locales, entonces las comunidades involucradas deberían estar plenamente informadas sobre los riesgos que se supone van a asumir³³.

Una manera de enfrentar estas incertidumbres es tener la suficiente información para tomar decisiones, más allá de fuentes oficiales. Estudios independientes sobre las zonas involucradas, que integren no sólo los retos técnicos en la producción de no convencionales, sino los efectos que involucren la comunidad, al medio ambiente y la biodiversidad determinada de los lugares. Incluyendo la opción de no sólo desarrollar los recursos a través de la evaluación de los beneficios económicos de la industria de los no convencionales, sino que los riesgos también tengan peso en la decisión.

CONSIDERACIONES FINALES

Hagamos un recuento de los elementos clave que se han considerado en este documento (y la literatura especializada) en cuanto a la producción de shale gas y sus implicaciones para México.

33 En el caso estadounidense existen diversos ejemplos de cómo las legislaciones locales permiten o no el desarrollo de la industria, así como el grado en que son evaluadas y sancionadas sus acciones. En el caso de Canadá, existen actividades que se han realizado en provincias que no tienen actividad petrolera y gasífera a gran escala. Se han conformado grupos de trabajo, grupos de evaluación estratégica sobre el medioambiente, comités de revisión de fractura hidráulica, entre otras. Al mismo tiempo se han realizado consultas públicas y sesiones de información con la comunidad en ciudades como Quebec en el año 2010, con recomendaciones de la SEA (*Strategic Enviromental Assessment*) dedicada a asuntos de desarrollo del shale gas (Rivard, 2014).

Primero, en términos geográficos se encuentra la cercanía de México con el mayor productor de recursos no convencionales en el mundo, es decir Estados Unidos. Esto presenta una ventaja en comparación con otras regiones del mundo. Asimismo, las regiones de Eagle Ford y Permian, que presentan reservas de hidrocarburos, están ubicadas a ambos lados de la frontera. A pesar de esto, existen diferencias geológicas importantes entre Eagle Ford y Burros/Picacho, ya que los volúmenes de los pozos que se han obtenido en las áreas que se han perforado en México, no son comparables con los de EUA (Trammel, 2014).

Además de la situación geológica se encuentra la situación de la infraestructura relacionada con los hidrocarburos. En el lado de Texas se encuentran algunas de las mayores empresas de servicios y de energía especializadas tanto en la producción convencional como no convencional de hidrocarburos, así como todos los elementos que han coadyuvado al desarrollo de la industria de hidrocarburos en estas regiones³⁴.

Por otro lado, el impulso a la producción de no convencionales seguirá siendo importante al menos en el mediano plazo. Esto en parte se debe a la idea de que el gas natural es una energía de transición (hacia energías renovables), ya que esta genera menos gases de efecto invernadero que otras energías fósiles.

Segundo, las empresas y tecnologías involucradas están en pleno desarrollo (y consolidación) en Estados Unidos, es decir, las empresas estadounidenses cuentan con un encadenamiento tecnológico y productivo sobre el shale gas. Además, estas empresas son líderes en cada uno de las etapas y áreas relacionadas. Estas empresas se han adaptado, han corrido con los riesgos y al mismo tiempo impulsado capacidades tecnológicas para los retos de la producción de shale gas/oil.

34 Estos elementos van desde trabajadores especializados en la industria hasta carreteras y todas las adaptaciones territoriales que son necesarias para la producción de shale gas/oil a gran escala.

Algunas las empresas que son líderes de patentamiento en temas relacionados con el fracking ya se encuentran laborando en territorio mexicano y/o se encuentran operando en las regiones estadounidenses cercanas a la frontera norte de México.

Tercero, el Estado y la legislación. La reforma energética en México aprobada en 2013 dio como resultado que el sector privado tuviese la oportunidad de participar en la exploración y producción de hidrocarburos, que hasta antes de esa fecha estaba en manos de Petróleos Mexicanos. Esto deja abierta la posibilidad de la producción de Shale Gas en México.

La adjudicación del territorio para la producción de hidrocarburos convencionales se ha dado a través de las rondas de licitación³⁵, las cuales han dado como resultado la concesión de alrededor de 180 mil kilómetros cuadrados, con la participación de 113 empresas, entre las cuales 74 han resultado ganadoras y 34 de las mismas son mexicanas, según los datos de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (2018). Durante el sexenio 2012-18 se esperaba la producción de shale gas, al menos en el mediano plazo. No obstante, con el cambio de administración federal, se esperan algunos cambios en las reglas del mercado energético nacional, por ejemplo, la suspensión de nuevas rondas y la revisión de las otorgadas. Nuevamente, esto no implica la negación de la producción de Shale Gas.

La centralidad de las decisiones políticas en México es otro factor por considerar. Los artículos 25, 27 y 28 constitucional declaran la propiedad del Estado sobre los hidrocarburos (aunque puede asignar o realizar contratos con privados), por tanto, estos recursos (además del uso de agua y suelo) son asuntos que compete a la Federación. Así, la puesta en mar-

35 Hasta ahora son tres rondas de licitación, cada una con diferentes participantes, pero en general se adjudicaron recursos convencionales, especialmente petróleo crudo.

cha/desarrollo de la producción de shale gas pasará por una valoración de cada administración federal.

En cuanto a los efectos medioambientales en la producción del shale gas, para México, las controversias o conflictos serán resueltos de manera federal, debido a la centralización del sistema energético, situación que no cambió con la reforma del 2013. En otros países, existen otros mecanismos para la resolución de conflictos y controversias. Esto puede representar una desventaja para México.

BIBLIOGRAFÍA

- API, (2014) *Hydraulic Fracturing, Unlocking America's Natural Gas Resources*. [En línea] America's Oil and Natural Gas Industry. American Petroleum Institute, julio. Recuperado el 21 de noviembre de 2014. www.api.org/hydraulicfracturing.
- Boyer Chuck, Clark Bill, Jochen Valerie, Rick Lewis y Miller Camron (2011) «Shale Gas: A Global Resource». Publicado en *Oilfield Review*. Vol. 23, No. 3, Schlumberger 2012. Disponible en http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/ors11/aut11/03_shale_gas.pdf.
- Chesterton, Cía (2014) *Shale Gas México. Marketing services*. Versión electrónica.
- CNH, (2018) *Bóveda digital de contratos de la CNH*. Disponible en <https://www.gob.mx/cnh/articulos/boveda-digital>
- CHP of NY, (2015). *Compendio de hallazgos científicos, médicos y de medios de comunicación que demuestran los riesgos y daños del Fracking (extracción no convencional de gas y petróleo)* (tercera edición). Concerned Health Professionals of NY. Versión electrónica.
- Estrada, J. H. (2013) *Desarrollo del gas lutita (shale gas) y su impacto en el mercado energético de México: reflexiones para Centroamérica*. CEPAL. Versión electrónica.

- EIA-US, (2018). *Glossary*. Disponible en https://www.eia.gov/tools/glossary/index.php?id=C#conv_oil_nat_gas_prod.
- EIA-US, (2018). *Markets and finance*. Disponible en <https://www.eia.gov/finance>.
- Floyd, Norris (2007) «Baker Hughes admits to overseas bribery», *The New York Times*, 27 Abril.
- IEA, (2012) *Golden Rules for a Golden Age of Gas*. [en línea] Agencia Internacional de Energía. Recuperado el 4 de diciembre de 2014. <http://www.iea.org>.
- IEA, (2018) *Unconventional Gas Database*. Disponible en <https://www.iea.org/ugforum/ugd>.
- IEA-US, (2011) *World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States* <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas>.
- IEA-US, (s/f a) *Natural Gas Gross Withdrawals and Production*, https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_prod_sum_dc_NUS_MMCF_m.htm.
- IEA-US, (s/f b) *Natural gas* <https://www.eia.gov/naturalgas/data.php#production>.
- Lake Larry, Martin John, Ramsey Douglas y Titman Sheridan (2012) «A Primer on the Economics of Shale Gas Production. Just How Cheap is Shale Gas?» Baylo University. Publicado en *Social Science Research Network*. Disponible en: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2033238.
- Manzanares, R. J. L. (2014) «Uso de agua en la extracción de gas de lutitas en el noreste de México. Retos de regulación ambiental» En *Estudios Sociales*, vol. 22, núm. 44, julio-diciembre, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, México, pp. 171-197 (Versión electrónica).
- Martínez de Hoz, José; Lanardonne Tomás y Máculus Alex (2013) «Shale we dance an unconventional tango?» En *Journal of World Energy Law and Business*.

[conventional-oil-gas-in-mexico-can-mexico-replicate-us-eagle-ford-success.](#)

- Wang, Z. y Krupnick, A. (2013) *A Retrospective Review of Shale Gas Development in the United States. What Led to the Boom?* Discussion Paper. Washington, DC 20036. Disponible en www.rff.org.
- Winter, Michael (2010) «For \$250M, Nigeria drops bribery charges against Cheney, Halliburton», *USA Today*, 17 Diciembre.

LA BIOECONOMÍA EN AMÉRICA LATINA

José Ignacio Ponce Sánchez¹
y Graciela Carrillo González²

INTRODUCCIÓN

La bioeconomía es un concepto ligado estrechamente no solo al uso de la biomasa, sino al entorno del sistema natural en su conjunto, a la dinámica y los procesos evolutivos de los ecosistemas y a las transformaciones cualitativas, que son irreversibles en el contexto social y económico. En 1913 se hace la primera mención a este término en el libro *Evolution by cooperation: A study in bioeconomics* de H. Reinheimer. Para los años sesenta, de manera implícita, G. Roegen considera a la bioeconomía en su análisis sobre la aplicación de las leyes de la entropía en la economía, pero es hasta 1972 cuando utiliza el término como tal, para explicar la evolución del sistema económico. Posteriormente aparecen más trabajos como los de Colin (1973), Becker (1976), H. Daly (1977) y más tarde K. Boulding (1981), entre otros.

1 Estudiante del Doctorado en Ciencias Sociales. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Ponce.ignacio@hotmail.com

2 Profesora-Investigadora de TC. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. graci2992@gmail.com

Será hacia finales de la primera década del siglo XXI, cuando la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Unión Europea (UE). Staffas, Gustavsson y McCormick (2013), dan un nuevo impulso a la «Bioeconomía»³, también llamada «economía de base biológica», colocándola en la agenda política internacional, como estrategia nacional en varios países y como parte de una de las grandes tendencias de la economía del nuevo siglo, en el marco de la sustentabilidad y la economía verde.

La economía verde deriva de una iniciativa política de la Organización de Naciones Unidas (ONU) durante los primeros años del nuevo siglo, casi en forma paralela al concepto de crecimiento verde, impulsado por la OCDE, en ambos casos resultado de los avances y la convergencia en las áreas de informática, ingeniería genética, biología molecular, biotecnología, nanotecnología y otras que desarrollan mecanismos para el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y para la minimización de los impactos sobre el ambiente, es dentro de este contexto que se configura la propuesta de la bioeconomía.

La bioeconomía en su interpretación moderna, ha ido permeando distintos ámbitos de la sociedad, ocupando la atención de diversos actores de la academia, funcionarios de gobierno, empresarios de distintos sectores de la industria y organizaciones de la sociedad civil, todos ellos con una aspiración común, que es la creación de nuevas formas de producción y consumo sustentables. Esta «nueva visión de la economía» se fundamenta en hacer un aprovechamiento racional y eficiente de los recursos biológicos aplicando conocimiento científico a través de herramientas como la biotecnología.

El objetivo de este trabajo es presentar el contexto en el que surge esta visión de la bioeconomía y explicar su evolución, principios y posibilidades en América Latina. Se

3 En este trabajo también se entiende Bioeconomía como la bioeconomía basada en conocimiento (KBBE por sus siglas en inglés).

muestra, como resultado de la investigación, el grado en que ha permeado esta tendencia en los distintos países de la región, en particular en los casos de Argentina, Brasil y México, donde se observa que existe un importante potencial para la bioeconomía, en recursos naturales y humanos, al mismo tiempo que están presentes fuertes limitaciones institucionales y de mercado para su desarrollo pleno.

En la primera sección se presenta el contexto de la economía verde, como el escenario que da las condiciones para el surgimiento de la bioeconomía; en la segunda sección se explica la innovación y la sustentabilidad como los pilares de la bioeconomía, en la tercera se define el concepto y se explica la evolución del mismo, la sección cuatro hace un análisis de los límites naturales y los principios de la bioeconomía; la sección cinco explica los factores externos que la impulsan, en la sección seis se presentan algunos esfuerzos científicos y tecnológicos orientados hacia la bioeconomía en algunos países de América Latina, finalmente se presentan las conclusiones.

I. EL CONTEXTO DE LA ECONOMÍA VERDE

Sobre la propuesta de economía/crecimiento verde con todas sus variantes como son; eco-innovación, *bioeconomía*, negocios verdes, innovaciones ambientales, etc. se han manifestado posturas que se contraponen; desde los organismos del orden internacional que lo presentan como una vía para vigorizar la economía mediante la generación de mayor confianza en los mercados, el desarrollo de la innovación, la adopción de nuevas tecnologías, la creación de nuevos sectores, el fortalecimiento de las políticas públicas y de las medidas fiscales, y la corrección de distorsiones de mercado; hasta las organizaciones civiles que atribuyen al sistema de producción y consumo vigente, los problemas de escasez de agua, depredación de los recursos y el cambio climático, señalando que la idea de impulsar una economía verde es solo una forma de hacer negocios a costa de la explotación de los ecosistemas, mercantilizando los recursos comunes.

En el año 2008 el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) lanza una iniciativa que denominó la *Economía Verde*, la cual define como «un sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que resulta en mejoras del bienestar humano en el largo plazo, sin, al mismo tiempo, exponer a las generaciones futuras a significativos riesgos ambientales y escasez ecológica significativas» (PNUMA, 2010: 2), esta propuesta coloca como eje el fomento a la inversión privada y pública en los sectores de bienes y servicios amigables con el ambiente, con el fin de potenciar dichas inversiones a favor de los sectores de la población más pobres.

Un año después, en 2009 se llevó a cabo la reunión ministerial de la OCDE, donde se propone la firma de una declaración sobre *Crecimiento Verde*, la idea fue fortalecer esfuerzos para superar la crisis económica internacional, reconociendo que el uso de los recursos naturales y el crecimiento pueden ir de la mano. En esa sesión los ministros apoyaron un mandato para que la OCDE formulara una estrategia de crecimiento verde, que conjuntara aspectos económicos, ambientales, sociales, tecnológicos y de desarrollo (Carrillo, 2015: 94). Dicha propuesta generó un fuerte debate y posturas encontradas en torno a la interrogante: ¿quiénes serán los beneficiarios reales de este enfoque? Ambos organismos —OCDE y ONU— ahora proponen que la base del crecimiento y el desarrollo en los países emergentes y atrasados sea un modelo verde, cuyo componente clave para continuar con el avance científico y el auge innovador, sea el uso de la biomasa, que conforma la riqueza natural de esos países, lo que conlleva inevitablemente a severos impactos a nivel local en una multitud de comunidades.

Estas instituciones que ahora se adecúan a un nuevo escenario, que pareciera una reconfiguración tecnológica hacia nuevos usos del conocimiento y los recursos naturales, establecen condiciones y propician regulaciones truncas, que

apuntan a la continuidad en el favorecimiento a las grandes corporaciones, para que se de un proceso de apropiación y extracción de la riqueza natural de los países en atraso, esto debido a que la brecha científica y tecnológica entre países no ha dejado de ampliarse.

En este marco de debate, es la misma OCDE que en el año 2009 publica el documento *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*, y coloca la propuesta de la bioeconomía, para reforzar una de las posturas del debate, en las prioridades de la agenda política de diversos gobiernos, siendo la Unión Europea la que recupera el tema con mayor interés dándole un empuje importante en los últimos años.

II. ECONOMÍA VERDE, INNOVACIÓN Y BIOECONOMÍA

La propuesta de la bioeconomía se basa en un modelo productivo que se sustenta sobre dos pilares: el primero es la innovación, a partir de un uso intensivo de las nuevas tecnologías y conocimientos científicos que se han desarrollado para el aprovechamiento de la biomasa; el segundo es la sustentabilidad, ya que incentiva el uso racional de los recursos naturales y la utilización de energías renovables, con el fin de minimizar los impactos ambientales que derivan del alto consumo de combustibles fósiles.

La posibilidad de innovar bajo este enfoque se hace evidente, toda vez que en los procesos de transformación de los recursos biológicos para la elaboración de bioproductos y bioenergía está presente un fuerte potencial de innovación que deriva de la convergencia de distintas ciencias o áreas de conocimiento (agronomía, ecología, química, ciencias de la vida, etc.), así como en una gran diversidad de técnicas y herramientas como la biotecnología, la nanotecnología, las tecnologías de la información, etc.

En este proceso de innovar en el uso y las formas de aprovechamiento de la biomasa y otras energías no convencionales, para dar lugar a otro tipo de productos, juegan

un papel preponderante dos actores: el Estado, mediante el decreto y aplicación de políticas e incentivos; y las empresas, como agentes creativos que están en la posibilidad de ofrecer algo diferente al mercado, aprovechando las nuevas tendencias y las áreas de oportunidad en el sector en el cual se desempeñan.

La innovación fue definida inicialmente «como un fenómeno que abarca la introducción de un nuevo bien en el mercado, de un nuevo método de producción, la apertura de un nuevo mercado en un país, la conquista de una nueva fuente de suministro de una materia prima y la implantación de una nueva estructura de mercado» (Schumpeter, 1963), en esta definición iba implícita la visión de un crecimiento económico resultado del dinamismo de los empresarios.

La misma OCDE señaló, de acuerdo al manual de Frascati, que la innovación «es la transformación de una idea en un producto o en un servicio comercializable, un procedimiento de fabricación o distribución operativo, nuevo o mejorado o un nuevo método de proporcionar un servicio social». Un aspecto central en toda definición es que las ideas sean aceptadas exitosamente en el mercado y en general por la sociedad al satisfacer alguna necesidad, con ello toma relevancia tanto el aspecto técnico como el comercial.

El enfoque de la bioeconomía busca atender a la crisis ambiental y en ese entorno, detectar las áreas de oportunidad que se presentan para innovar, al vincular la I+D con la utilización de los recursos naturales. Los modelos explicativos de estos procesos de innovación han evolucionado en al menos cinco generaciones (Dutrenit, 2006), desde una visión lineal donde la innovación era resultado de la oferta científica, hasta enfoques más modernos que integran como eje un sistema de redes basado en la retroalimentación (*feedback links*), permanente que refleja la complejidad del proceso.

Carlota Pérez señala que un modelo que incorpora la retroalimentación y conecta tanto la investigación, que ofre-

ce innovaciones, como el mercado, que demanda satisfacción de necesidades, brinda posibilidades de considerar más allá del cambio técnico, que en cierto sentido ha sido un proceso relativamente autónomo (Pérez, 1985), basado en el conocimiento actual e incorpora el proceso innovador que está determinado también por factores económicos y sociales (Pérez, 1985; Dosi 1982, 1984). Por su parte Dosi señaló que la actividad de innovación solo es posible si está presente una base de conocimiento tanto tácito como codificado y si existen las habilidades necesarias en los innovadores (Carrillo y Hernández, 2013).

Los niveles de impacto de las innovaciones van desde mejoras subsecuentes en productos o servicios ya existentes, hasta un rompimiento súbito respecto a la situación anterior *breakthrough*, innovaciones radicales, sin embargo, también se habla de innovaciones disruptivas o de *transiliencia* (Abernathy y Clark, 1985), las cuales dan lugar al desarrollo de sectores completos que llegan a alterar los sistemas existentes, como se ha presentado en el caso de toda innovación alrededor de los temas ambientales.

En este sentido, la bioeconomía al quedar enmarcada en el contexto de la economía verde, que busca incentivar el crecimiento económico a partir de productos derivados de insumos alternativos (biomasa) para superar una situación mundial de estancamiento, se vincula a un escenario de fuerte competencia que hoy enfrentan las empresas y que pone en el centro de la discusión ¿qué tipo de políticas públicas son necesarias en América Latina para impulsar un desarrollo científico y tecnológico que sea ad hoc a las propuestas de la bioeconomía? ¿Qué tipo de capacidades se deben desarrollar entre los científicos de la región?

En un contexto de apertura económica y de crisis energética y ambiental, las alternativas innovadoras que conlleven a las empresas y los países hacia un aprovechamiento eficiente de sus recursos naturales, sin sobrepasar los límites

de los ecosistemas, se convierten en un factor indispensable para lograr una ventaja competitiva dentro de los marcos de la sustentabilidad.

El proceso innovador de productos y servicios ambientales que tienen como base el uso de la biomasa y el conocimiento científico empieza a evolucionar rápidamente, en particular, dentro de los sectores de biocombustibles, productos agrícolas y farmacéutica. Y adicionalmente se apuesta a la disminución de emisiones contaminantes derivados de los combustibles fósiles y a la sustitución de los insumos altamente contaminantes.

La incorporación de procesos innovadores como la recuperación de biomasa, el reciclaje, el aprovechamiento de emisiones como fuente de energía, implica fuertes inversiones en I+D para las empresas, ya que es necesario destinar muchos recursos para la generación de conocimiento. Canalizar recursos a este tipo de proyectos implica, para las empresas, costos inmediatos por el desvío de recursos de las actividades productivas cotidianas. En ese sentido adoptar criterios ligados a la bioeconomía en la empresa tiene sus límites, sobre todo cuando se trata de proyectos de gran envergadura que requieren de alta inversión, investigación, capital humano, tiempos largos y colaboración con otras instancias ajenas a la empresa.

III. EVOLUCIÓN DE LA BIOECONOMÍA

En particular, la bioeconomía basada en conocimiento (BBC) hace hincapié en la transformación de los sistemas productivos a partir del conocimiento científico y el uso sustentable de los recursos biológicos. Para tal fin la biotecnología ha sido hasta ahora la principal herramienta de la bioeconomía. La biotecnología ha transitado de una primera generación que implica procesos básicos de fermentación, hasta una tercera generación que involucra la experimentación genética y el conocimiento científico orientado a la sustitución de los recur-

fos fósiles, elevar la productividad de los alimentos e impactar sobre los efectos del cambio climático.

El concepto de bioeconomía es referido desde diferentes perspectivas. Goergescue Roegen, en los años sesenta considera a la bioeconomía para su análisis sobre la aplicación de las leyes de la entropía en la economía, posteriormente en 1972 incorpora el término para explicar la evolución del sistema económico (Roegen, 1972). Asimismo Colin (1973) y Becker (1976) usan el término de bioeconomía para el estudio de áreas específicas como la explotación económica de los recursos renovables y al análisis de comportamientos sociales en términos económicos (Brambila, Martínez, Rojas, & Pérez, 2013). Para autores como Hardy (2002), la idea de la bioeconomía inicia en sustitución de la «petroeconomía», ante la necesidad de la formación de una economía basada en los principios de la biología, esto le da un significado más amplio y completo al no centrarse exclusivamente en la optimización de los recursos naturales (Hardy, 2002).

En el ámbito académico y de las políticas públicas, se habla de bioeconomía a partir del año 2000. Son dos los textos que inician una agenda para la Bioeconomía, el artículo *The new bioeconomy: Industrial and environmental biotechnology in developing countries* (Calestous y Konde, 2001) en la Conferencia para el Comercio y Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCTAD), y *The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda* (2005) por parte de la OCDE, en ambos casos, se utilizó el término bioeconomía para referirse a un nuevo modelo productivo basado en biomasa.

Sin embargo, la bioeconomía que actualmente se discute, la BBC, se originó desde los años noventa en las agendas estratégicas de la Comisión Europea (CE), incluyendo el Libro Blanco de 1993, en el cual se puso de relieve el papel de la biotecnología en la innovación y el crecimiento, y por tanto la necesidad de invertir en ciencia y tecnología. Eso marcó la pauta para enfocar los esfuerzos en obtener el liderazgo mundial en

la economía del conocimiento y alcanzar la competitividad y el crecimiento económico.

Dentro del contexto de la economía del conocimiento, en 2002 la CE declaró que las ciencias de la vida y la biotecnología eran lo más prometedor de la frontera tecnológica con una alta capacidad de contribuir al logro de los objetivos del milenio. En 2005 la BBC europea se pone en marcha formalmente con un plan y perspectivas para los próximos 20 años, lo cual ayudó a establecerla como tema prioritario en los círculos políticos y académicos internacionales.

Otra perspectiva de bioeconomía fue planteada desde la OCDE para el diseño de una agenda de política. La definición de la OCDE se centra en la utilización sostenible de la biomasa, incluidos los residuos orgánicos, se busca que sea un sustituto de los combustibles fósiles y un recurso basado en organismos vivos, cuyo valor económico debe ser extraído y transformado por medio del conocimiento de ciencias, como las bio y la nano tecnologías.

Una definición más amplia de la bioeconomía se utilizó en el informe *Strategy for a sustainable bio-economy to ensure smart green growth in Europe* (DG Research, 2006) de uno de los grupos de expertos externos de la Comisión de la UE, en el cual definen a la bioeconomía como: «Un paradigma de la producción utilizando la biotecnologías que se basan en los procesos biológicos y, al igual que con los ecosistemas naturales, utilizan insumos naturales, gastan cantidades mínimas de energía y no producen residuos de modo que todos los materiales desechados por un proceso son insumos para otro proceso y se reutilizan en el ecosistema». En esta, la bioeconomía cubre, en principio, todos los sistemas de producción que involucran procesos bioquímicos y biofísicos, e incluye las tecnologías relacionadas para hacer productos útiles. Plantea la promoción de sistemas sostenibles que se aprovechan de la tecnología para producir de manera eficiente, conservar el medio ambiente y proteger la biodiversidad. También

contiene nuevas formas de uso de la tierra y el mar, como las de mejora de los servicios de los ecosistemas y otros bienes públicos, así como el uso de subproductos.

En el caso de los Estados Unidos la BBC aparece por primera vez en los documentos de *policy making* a principios del siglo XXI. No obstante, las ideas básicas que forman parte del planteamiento, se remontan a la década de los años setenta del siglo pasado, cuando la economía estadounidense se encontraba en una fase de declive y la situación internacional se había complicado por el fin de los acuerdos de Bretton Woods y las crisis del petróleo de 1973. La pérdida de competitividad de la economía americana frente a Japón, Europa y otros países emergentes dio lugar a un debate sobre el futuro de la economía mundial y sobre cuál podía ser la estrategia más eficaz para recuperar el crecimiento y la competitividad (Cooper, 2007).

Desde la esfera de la política, se trató de comprender cómo la percepción de crisis económica y ecológica alimentó, en la decisión de los países desarrollados, principalmente en los Estados Unidos, la iniciativa de promover la innovación en ciencias biológicas para estar a la vanguardia de las nuevas estrategias económicas.

La industria de la biotecnología moderna nació en un contexto de intensa especulación sobre el futuro de la ciencia y la tecnología. Después de actuar como motor del crecimiento económico internacional en las décadas siguientes a la segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos se encontraban en una etapa de decadencia, que tuvo un efecto de arrastre global en las relaciones económicas mundiales, la década de los setenta fue fundamental en el impulso de las ciencias de la vida, en las estrategias económicas de Estados Unidos.

Uno de los documentos más influyentes producidos durante el periodo de la crisis estadounidense fue *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind* (Meadows & etal, 1972) encargado por el

Club de Roma en 1972 a un equipo de analistas de sistemas del MIT, el informe comunicaba el consenso prevaleciente de que la producción fordista había entrado en un período de crisis irreversible. En su análisis el reporte determinó que había una crisis no medible en términos económicos convencionales ubicada en el ámbito de la reproducción. Para el Club de Roma, lo que estaba en juego era la reproducción continua de la biosfera de la tierra y por lo tanto el futuro de la vida en la tierra, ya que la tendencia de un crecimiento exponencial de la población, conducía al uso exacerbado de los recursos naturales. Adicionalmente en los años setenta se presentan indicios del aumento de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera y la contaminación termal, lo que podría perturbar gravemente el clima y los ecosistemas de la Tierra (Meadows, *et al.*, 1972).

A lo largo de los años setenta, la mayoría de los países desarrollados comenzaron a analizar la necesidad de pasar de la industria pesada, a una economía basada en la innovación, en la que la creatividad de la mente humana, un recurso sin límites, remplazaría la producción en masa de commodities tangibles. La literatura post-industrial⁴, sin embargo, nunca se refiere únicamente a los aspectos inmateriales, basados en la innovación de crecimiento económico, estos teóricos señalaron las promesas de la biotecnología como una forma de internalizar, y por lo tanto, superar todos los límites del crecimiento (Cooper, 2007). Esta corriente sentó las bases de la política científica durante la década de los ochenta, una política de redistribución con inversión federal masiva en las nuevas tecnologías de la vida, de la ciencia y su comercialización. Durante los noventa, el concepto de «bioeconomía» empezó a tomar forma, culminando en la decisión de la OECD para poner en marcha un proyecto de política importante en la zona

4 Un aspecto de esta literatura que ha sido pasado por alto constantemente es su afirmación de haber encontrado una solución no sólo a la decadencia económica, sino también para la crisis ambiental.

(OECD, 2004) donde se enfocan los recursos de la biotecnología industrial para crear un futuro «más allá del petróleo».

IV. LÍMITES DE LA NATURALEZA Y ELEMENTOS BÁSICOS DE LA BIOECONOMÍA

No es casualidad que los proyectos relacionados con la reproducción biológica hayan sido objeto de una rápida expansión, una distinción puede ser trazada entre los métodos dominantes de la reproducción biológica, que se desarrollaron en la primera parte del siglo XX y las tecnologías emergentes de finales del mismo y principios del XXI. A partir de la selección de plantas y la hibridación de medicina de la reproducción animal, la biotecnología moderna se refiere principalmente a la reproducción a escala industrial de las formas de vida estandarizadas. Cada una de estas ciencias colaboró, en una u otra forma, en sugerir que la reproducción biológica, como cualquier otra área de la economía fordista, podría estar sujeta a las exigencias de la fabricación estandarizada en masa (Kloppenburger, 2005; Cooper, 2007).

En este contexto, una característica reciente de las ciencias de la vida, que se convierte en un punto de inflexión, fue la invención del ADN recombinante o la llamada ingeniería genética, que en 1973 rompe con los patrones establecidos por la biología tradicional, llevando a un modo industrial la reproducción biológica, es decir, alterando los límites en los que la vida puede reproducir, regenerar o simplemente sobrevivir. Por esta razón, la vida está experimentando una dramática desestandarización, hoy vista como un recurso tecnológico que puede ser modificado para fines muy particulares, de tal manera que las ciencias de la vida están buscando cada vez más a los extremos, en lugar de las normas de la existencia biológica (Rothschild & Mancinelli, 2001).

Este proceso de desestandarización es quizás más visible en la invención del ADN recombinante, la técnica a la que se le atribuye haber iniciado la revolución genética. En

esencia, la ingeniería genética es un método que permite a los biólogos generalizar los procesos de recombinación molecular a la totalidad de la vida orgánica. Al mismo tiempo, la producción de organismos transgénicos, como formas de vida viables está teniendo un efecto interesante y por otro lado, fuertemente cuestionado, la comprensión de los límites dentro de los cuales la vida antes se limitaba (Cooper, 2007).

De esta manera, la vida ya no habita en los límites biológicos y geológicos tradicionales; la vida evoluciona a través de momentos periódicos de crisis, que son inevitables, pero ahora en algunos casos pueden ser calculados, como la creación de una nueva vida y la innovación biológica, lo que requiere de la destrucción permanente en el sentido Shumpe-teriano y deja de lado el principio precautorio, que constituye un elemento central de la inserción del conocimiento científico, en la dinámica de los ecosistemas y de la naturaleza, desde la perspectiva inicial de la bioeconomía.

La pertinencia de la bioeconomía en el mundo actual se basa en que la biotecnología, su principal herramienta, ofrece soluciones tecnológicas para diversos problemas medioambientales, sociales y económicos, que se enfrentan hoy y se enfrentarán en el futuro como: el aumento del nivel de ingreso, en particular en países en desarrollo como China e India, que aumentará la demanda mundial de servicios de salud que mejoren la calidad y la duración de la vida; así como la demanda de recursos naturales esenciales: alimentos, fibra para vestir, materias primas, agua potable y energía. Al mismo tiempo, muchos de los ecosistemas del mundo que proveen de distintos bienes y servicios a la sociedad, están sobreexplotados y su uso pareciera ser ya insostenible, el cambio climático podría agravar estos problemas ambientales, afectando negativamente a los suministros de agua y el aumento de la frecuencia de las sequías (European Union Presidency, 2007; OECD, 2009).

Las soluciones a los retos que plantean el cambio climático, la degradación de los ecosistemas, la pobreza y la sa-

lud pública mundial, requerirán innovaciones en la gobernanza mundial, la política de innovación, incentivos económicos y la organización de la actividad económica. Un componente crucial, al igual que con las crisis anteriores, donde la humanidad se ha enfrentado a la amenaza de las restricciones de recursos, es la innovación tecnológica que crea nuevos recursos y permite un uso eficiente de los recursos existentes (Goven & Pavone, 2015; Staffas, Gustavsson, & McCormick, 2013).

Tanto la OCDE como la UE señalan que la bioeconomía puede proporcionar una corriente de innovaciones para mejorar el suministro y la sostenibilidad ambiental de los alimentos y la producción de fibras e insumos, mejorar la calidad del agua, proporcionar energía renovable, mejorar la salud de los animales y las personas, y ayudar a mantener la biodiversidad. Sin embargo es poco probable que la bioeconomía desarrolle su potencial sin adecuadas políticas regionales, nacionales y, en algunos casos globales, para apoyar su desarrollo y aplicación (European Commission, 2004; OECD, 2009).

La bioeconomía emergente puede ser global y guiada por los principios de desarrollo sostenible⁵ y la sostenibilidad

5 El desarrollo sostenible requiere el mantenimiento de los factores que apoyan la vida y las sociedades humanas. Esto requiere la conservación a largo plazo, de (1) los factores ambientales esenciales para la vida, como la biodiversidad, el agua dulce limpia, aire limpio, la fertilidad del suelo; (2) los recursos renovables como el agua, madera, alimentos, y pescado; y (3) la capacidad tecnológica para desarrollar alternativas al agotamiento de los recursos no renovables, tales como minerales y el petróleo, o para manejar otros desafíos, como el cambio climático.

El desarrollo sostenible depende del crecimiento económico que mantiene la sostenibilidad del medio ambiente (los puntos 1 y 2 anteriores). Para ello es necesario disociar el crecimiento económico de la degradación ambiental. A largo plazo, sin embargo, el crecimiento económico debe no sólo reducir el daño ambiental a cero, sino también reparar los suelos degradados, el agua y el aire.

La bioeconomía puede apoyar el desarrollo sostenible mediante la mejora de la eficiencia ambiental de la producción primaria y el procesamiento

del medio ambiente, a partir de tres elementos: conocimiento biotecnológico, biomasa renovable e integración entre aplicaciones.

El primero tiene que ver con el uso de conocimientos biotecnológicos para desarrollar nuevos productos (biofarmacéuticos, vacunas recombinantes, nuevas variedades de plantas y animales y enzimas industriales). Este conocimiento incluye una comprensión de ADN, ARN, proteínas y enzimas a nivel molecular; de formas de manipular las células, tejidos u organismos enteros; y de la bioinformática para el análisis de genomas y proteínas. El desarrollo de este conocimiento requiere una intensa labor de I+D y de innovación (European Commission, 2012).

El segundo elemento es el uso de biomasa renovable y bioprocesos eficientes para lograr una producción sostenible. La biomasa renovable puede ser obtenida a partir de fuentes primarias, tales como los cultivos de alimentos, hierbas, árboles y algas marinas, y a partir de los desechos domésticos, industriales y agrícolas, tales como cáscaras de vegetales, aserrín, aceites vegetales usados, bagazo y paja de trigo. Estos Bioprocesos pueden convertir estos materiales en una gama de productos, incluyendo papel, biocombustibles, plásticos y productos químicos industriales. Alternativamente, algunos de los productos pueden ser producidos directamente por las algas y microorganismos modificados genéticamente, sin la necesidad de materia prima de biomasa (OECD, 2009; European Commission, 2012).

industrial y ayudando a reparar los suelos degradados y agua. Los ejemplos incluyen el uso de la biorremediación para eliminar los compuestos tóxicos de suelo y agua, variedades mejoradas de cultivos que requieren menos labranza (reducción de la erosión del suelo) o menos pesticidas y fertilizantes (reducción de la contaminación del agua), la huella genética para gestionar las poblaciones de peces silvestres y evitar su colapso, y aplicaciones de la biotecnología industrial que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción de sustancias químicas.

El tercer elemento es integración entre el conocimiento y las aplicaciones, basado en el conocimiento genérico y cadenas de valor añadido que cruzan las aplicaciones. Hay tres principales campos de aplicación para biotecnología: producción primaria, salud e industria (OECD, 2009):

- La producción primaria incluye todos los recursos naturales vivos, tales como los bosques, los cultivos de plantas, animales de granja, insectos, peces y otros recursos marinos.
- Aplicaciones para la salud incluyen productos farmacéuticos, nutracéuticos, diagnósticos y algunos dispositivos médicos.
- Aplicaciones industriales cubren químicos, plásticos, enzimas, minería, pulpa y papel, los biocombustibles y aplicaciones ambientales, como la bioremediación para limpieza de suelos contaminados.

El potencial económico de la biotecnología se puede aumentar a través de economías de escala y alcance que aumentan la eficiencia de la investigación y las aplicaciones. Como una tecnología genérica, la investigación en biotecnología puede crear también invenciones con múltiples usos. Un ejemplo es la secuenciación del genoma, que se utiliza para identificar fármacos específicos para enfermedades particulares, genes comercialmente útiles en las plantas agrícolas y los genes en microorganismos con aplicaciones industriales (European Commission, 2013).

La integración de las aplicaciones de investigación y las cadenas de valor pueden conducir a una mayor eficiencia y economías de escala en el uso comercial de la biotecnología. Por ejemplo, la producción primaria, como fuente de biomasa y como un vehículo de producción para los productos químicos de alto valor, podría desempeñar un papel central en la integración de aplicaciones de la biotecnología. El uso de la biotecnología para producir variedades mejoradas de árboles para los biocombustibles integrará la pro-

ducción primaria e industrial, mientras que la producción de productos farmacéuticos en plantas uniría los sectores agrícola y farmacéuticos.

V. FACTORES QUE IMPULSAN LA BIOECONOMÍA

La OCDE señala que el desarrollo de la bioeconomía dependerá no sólo de los avances en las ciencias biológicas y en la investigación básica aplicada. Diversos factores pueden influir en el desarrollo de la misma. Estos factores ajenos al desarrollo científico mismo incluyen: la población y sus ingresos; la demografía y la educación; la disponibilidad y el costo de recursos como la energía, los alimentos y el agua; el acceso a la asistencia sanitaria; y las tecnologías de apoyo y de la competencia (OCDE, 2009).

La importancia económica de los países en desarrollo será también un factor clave a considerar, ya que en los últimos veinte años ha ido en aumento y seguirá creciendo en el futuro, así como su influencia en los asuntos mundiales. Las poblaciones de estos países se moverán desde el campo a la ciudad, ya que la gente ha aumentado su nivel escolar y oportunidades de empleos en distintos sectores. La participación de la agricultura en el empleo se reducirá mediante el aumento de la mecanización. Junto con poblaciones crecientes, los grandes países en desarrollo soportarán los mercados internos sostenibles de bienes y servicios, que van desde las materias primas básicas para muchos productos avanzados (European Commission, 2013).

El crecimiento de los países en desarrollo impulsará que economías de la OCDE financien el progreso de nuevas tecnologías médicas y técnicas de fabricación avanzadas, que requieren grandes cantidades de capital para la I+D y comercialización, dado que la producción de algunas de estas tecnologías será demasiado costosa para muchos países en desarrollo (Pavone, 2012).

La demanda de energía y el acceso a la misma continuarán siendo los principales desafíos mundiales. A pesar de un mayor uso de las energías renovables y fuentes de energía bajas en carbono, los combustibles fósiles seguirán suministrando el mayor porcentaje de la demanda de energía. Esto podría entrar en conflicto con medidas para hacer frente al cambio climático, un fenómeno que se espera aumente la intensidad de las tormentas, sequías y olas de calor. Estos factores climáticos, además de la contaminación y el aumento de las tensiones en los suministros de agua dulce, aumentarán el costo de satisfacer la creciente demanda de alimentos y energía, al menos en el mediano plazo (OECD, 2009).

Debido a la creciente demanda mundial de alimentos para consumo humano y animal, el precio de los biocombustibles, los alimentos, las materias primas y la energía, se puede elevar significativamente en el largo plazo. La solución de la oferta será aumentar la producción mediante la ampliación de la cantidad de tierra cultivada, esto puede no ser suficiente para superar limitaciones de la oferta, ya que la FAO estima que la cantidad de nuevas tierras de cultivo para la producción de alimentos crecerá más lentamente en el futuro (Food and Agriculture Organization, 2002).

La solución alternativa es aumentar el rendimiento mediante la adopción de técnicas de agricultura intensiva en los países en desarrollo, esto países deben superar a la zona de la OCDE en la producción de alimentos. Sin embargo, la conversión de la tierra a un uso agrícola, principalmente a través de la tala de bosques en América del Sur y África, podría tener consecuencias ambientales, incluido las grandes emisiones de CO₂ y pérdida de la biodiversidad. Los mismos factores que están contribuyendo al aumento de la demanda de productos agrícolas aumentarán el uso del agua en el futuro. La agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel mundial, lo que representa alrededor del 70% de todas las extracciones de agua (OCDE, 2008).

El progreso tecnológico es un último factor que influirá en el desarrollo de la bioeconomía. Se identifican dos tipos de tecnologías, las de apoyo intervendrán en cómo se desarrollan los productos de la biotecnología, mientras que las que compiten con la biotecnología determinarán el tamaño del mercado de las aplicaciones biotecnológicas en la bioeconomía. Dado que muchos de los bienes producidos por la biotecnología, como los combustibles, plásticos y productos químicos, se pueden fabricar utilizando otras tecnologías, esto crea competencia potencial entre las ventajas sociales, económicas y medioambientales de la biotecnología y los de los métodos de producción alternativos. El potencial para la competencia también existe, cuando hay alternativas similares en los mercados de productos. Por ejemplo, el algodón transgénico resistente a los insectos compite con el cultivo del algodón convencional utilizando técnicas de manejo integrado de plagas. Actualmente los biocombustibles compiten contra los combustibles fósiles y en el futuro podrían competir con los coches eléctricos. La solución tecnológica óptima dependerá de cómo las ventajas sociales, ambientales y económicas de la biotecnología se valoran en comparación con las alternativas.

VI. POTENCIAL PARA LA BIOECONOMÍA EN AMÉRICA LATINA

En términos generales las innovaciones en el ámbito de la bioeconomía se han desarrollado básicamente en tres sectores: la agricultura, la farmacéutica y la energía. En el caso de América Latina algunos análisis preliminares apuntan a señalar que los países que muestran mayores posibilidades para vincular sus recursos naturales con sus recursos científicos y desarrollos tecnológicos son: Argentina, Brasil y México; estos indicios derivan de que cuentan con un impulso fuerte en educación y en la formación de recursos humanos para la I+D (investigadores de tiempo completo y productividad científica), además de contar con infraestructura y proyectos relacionados con la biotecnología y un stock considerable de activos

naturales que los colocaría entre los países más innovadores de la región y con potencial para la bioeconomía.

En el cuadro 1 se observan algunos indicadores básicos de cinco países en la región que dan cuenta del potencial de la bioeconomía.

Cuadro 1. Indicadores básicos sobre bioeconomía

País	Sector principal	Número de empresas	Investigadores y proyectos
Argentina	Agropecuario	120 empresas	5000 investigadores y 1300 proyectos
Brasil	Energía	237 empresas y 6 plantas-bioetanol	
México	Biomédico	375 empresas	3100 investigadores, 18 proyectos y 542 programas educativos
Colombia	Agrícola	153 empresas	1007 investigadores, 76 posgrados y 678 proyectos
Cuba	Biomédico y agropecuario	3 Direcciones de Investigación Científica	1300 investigadores

Fuente: (Anlló & Fuchs, 2012); SAGPyA, & IICA. (2006); FAO (2016)

A) Argentina

En el caso de Argentina las empresas dedicadas a la biotecnología se concentran en distintos campos productivos, sobresalen: la producción de semillas, el manejo ganadero, medicamentos y otros insumos para el cuidado de la salud humana. El principal sector que se ha desarrollado es el agrícola-ganadero donde las empresas nacionales desarrollan inoculantes, fertilización asistida y reproducción animal, en tanto que las empresas multinacionales extranjeras son los agentes predominantes en semillas para el sector agrícola, éstas producen más del 50% del total del país (Anlló & Fuchs, 2012).

En el último cuarto de siglo, la soja transgénica ha tenido una evolución sin precedentes en Argentina. Desde la década de 1970, la superficie sembrada ha crecido en forma sostenida, en 1996 se introduce por primera vez la semilla de soja transgénica en 6,000,000 ha. y en el año 2010 se alcanzó 20,000,000 ha., el factor de impulso fue el dinamismo de la industria aceitera (Pengue, 2001; Anlló & Fuchs, 2012).

La revolución de la soja ingresó a Argentina con un paquete tecnológico, utilizado mundialmente y adaptado localmente, convirtiéndose desde la última década del siglo xx en la locomotora que ha impulsado el proceso productivo del campo argentino con nuevas variedades de semillas y el uso de agroquímicos, permitiendo un avance en el aumento de la productividad de los principales cultivos como la soja (72,8%), el maíz (64%), y el trigo (14,4%) (Pengue, 2001).

La mayoría de los proyectos e investigadores en el país están relacionados con el uso de microorganismos para mejorar la producción con buenas prácticas agrícolas, bioinoculantes, biorremediación, el uso de microorganismo para la aplicación de biofertilizantes en la agricultura, el uso combinado de microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativa al uso de fertilizantes y químicos artificiales, uso de microorganismos antagonistas en el control de enfermedades postcosecha, entre otros usos de variedades de soja y oleaginosas (Stubrin, 2012).

B) Brasil

Aunque Brasil ha diversificado los sectores donde hace investigación en biotecnología, la producción de biodiesel es la principal. El biodiesel de primera generación inició en 2004, a partir de su inclusión en ley en la matriz energética brasileña; el país posee importantes ventajas para su producción dada la gran disponibilidad de materias primas y posibilidades de regionalización, su enorme potencial de expansión agrícola

para satisfacer los requerimientos de biodiesel⁶ y el tamaño de su industria de aceites vegetales.

Otro producto importante es el etanol, la Agencia Nacional del Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP) autorizó seis plantas para la producción de biocombustibles con una capacidad superior a los 57 millones de litros anuales⁷, donde se utilizan distintas fuentes de biomasa como: residuos grasos de la refinación de aceite de palma, aceites de girasol, nabo forrajero, soja maní, etc. (Rodrigues & Accarini, 2007).

Existe una Red Brasileña de Tecnología de Biodiesel que comprende la formación de recursos humanos para crear el soporte técnico para la producción, el control de calidad del combustible producido y la mano de obra especializada, así como el desarrollo de innovaciones en diferentes sectores y áreas específicas como la agricultura, la zonificación y bioremediación, la generación y mejoramiento de vegetales y oleaginosas; el almacenamiento del biodiesel, la caracterización y control de calidad; así como el desarrollo de metodologías para la mayor practicidad y eficiencia; el desarrollo de producción en cascada para la generación de coproductos como la glicerina y las harinas, esto para crear valor y otras fuentes de ingreso para los productores de biodiesel; el desarrollo de tecnología para producción de biodiesel en laboratorio y en escalas adecuadas (SAGPyA & IICA, 2006).

6 El potencial de expansión agrícola para satisfacer los requerimientos de biodiesel es muy grande. Se estima que: a) el área de expansión posible para granos en los Cerrados es de 90 millones de ha.; b) que las áreas aptas en la Amazonia alcanzan cerca de 70 millones de ha., 20 millones de ha. desmatadas y sin uso actual y 2,5 millones de ha. en tierras que ya cuentan con infraestructura.

7 También hay 12 plantas en construcción y/o con solicitudes de inicio de operaciones que elevarían la capacidad productiva a alrededor de 470 millones de litros a fines de 2019.

C) México

En México se han identificado 375 empresas, la mayoría de ellas corresponde al área de biotecnología farmacéutica, seguidas por biocombustibles y nuevos materiales (Anlló & Fuchs, 2012).

A nivel de política pública no se ha desarrollado una estrategia nacional que impulse la biotecnología. Aún cuando en 2008 fue aprobada la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB), la cual contempla como prioridad estratégica la producción de biocombustibles, como: cultivos de caña de azúcar, sorgo dulce y remolacha para la producción de etanol, la jatrofa, higuera y palma de aceite para producir biodiesel (Sacramento, Romero, Cortés, Pech, & Blanco, 2010), no hay empresas que lo produzcan a una escala importante, los esfuerzos, que son varios, se dan a nivel de centros de investigación, ya que el apoyo económico federal para el desarrollo de los bioenergéticos se centra primordialmente en el nivel de investigación aplicada, con financiamiento de los Fondos Mixtos de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), con participación del presupuesto federal, estatal y de las empresas interesadas.

En cuanto a capital humano, en México se desempeñan aproximadamente 3,100 investigadores en las áreas de biotecnología y biociencias aplicadas, agrupados en 185 programas de posgrado e investigación en los que se desarrolla investigación científica y formación de maestros o doctores en ciencias, de los cuales solo 1,000 se dedican de tiempo completo a la biotecnología como actividad principal. Existen 542 programas educativos en biotecnología y biociencias aplicadas.

D) Colombia

En el caso de Colombia, se registran 153 empresas de base biotecnológica el 38% de ellas dedicadas al sector agrícola, 32% al sector de alimentos y bebidas, el 7.5% a biocombus-

tibles y el 6% al sector farmacéutico, el resto se dividen en otros sectores relacionados principalmente con biomateriales.

En cuanto a la formación de recursos humanos en biotecnología, Colombia cuenta con 16 doctorados y 50 maestrías. Además los centros de investigación y universidades presentan 184 unidades de investigación y 1,007 investigadores relacionados a 678 proyectos.

E) Cuba

El caso de Cuba es especial, ya que el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) ubicado en la Habana, concentra prácticamente todas actividades de I+D relacionadas con producción y comercialización de productos biológicos. Cuenta con más de 1,300 trabajadores, el 25% doctores en ciencias y 20% máster en ciencias, se orienta a la obtención de proteínas recombinantes y otros productos novedosos, del resto, su trabajo se orienta a la salud humana, la producción agropecuaria, acuícola y al medio ambiente.

En la Dirección de Investigaciones Biomédicas tienen 27 proyectos encaminados a la obtención y desarrollo de productos biomédicos, útiles para la prevención y la terapia del cáncer, las inflamaciones, las enfermedades infecciosas, cardiovasculares, neurodegenerativas y autoinmunes, la cicatrización y la citoprotección encaminados a la obtención y desarrollo de productos biomédicos.

La Dirección de Desarrollo Tecnológico trabaja desde el establecimiento de las tecnologías a escala de laboratorio con los parámetros de calidad requeridos, hasta su escalado y producción de lotes pilotos, así como en la mejora de los productos comerciales. Esta dirección también se dedica al diseño y desarrollo de productos biofarmacéuticos, de alto nivel científico-técnico.

La Dirección de Investigaciones Agropecuarias conduce la División de Plantas y la División de Biotecnología Animal. La primera integra los proyectos de virología molecular en plantas, biotecnología de soya, genómica funcional,

interacciones plantas-microorganismos, plantas como biorreactores, biotecnología ambiental y el área de la parcela experimental de plantas. La segunda la conforman los proyectos de salud animal, biotecnología acuática y ensayos clínicos, así como la estación de peces.

CONCLUSIONES

No existe una postura única sobre el significado y las implicaciones de la bioeconomía, el contexto en el cual se enmarca ha dado lugar a posturas encontradas que justifican y cuestionan la manera en que podría estar operando una economía basada en el uso intensivo de la biomasa, que detentan los países en desarrollo con la tecnología y el conocimiento científico de los países desarrollados.

La postura de la OCDE y la Unión Europea señalan que dentro de la bioeconomía se busca el desarrollo de innovaciones que cumplan con criterios de sustentabilidad ambiental, para transitar de una economía basada en recursos fósiles a métodos de producción basados en el uso de biomasa, que se transforme a partir del conocimiento científico y tecnológico, con la expectativa de que a partir de ello se dará solución a múltiples problemas actuales y futuros como la degradación de los ecosistemas, la pobreza y la falta de salud pública.

En oposición existe la incertidumbre y el escepticismo de quienes serán los reales beneficiarios de la bioeconomía, cuando se contempla la debilidad de los sistemas institucionales de los países que detentan la riqueza natural, frente a los actores principales de los mercados mundiales.

América Latina en su conjunto enfrenta dicha debilidad institucional para innovar en materia de bioeconomía a pesar de que cuenta con una gran riqueza de recursos naturales y con el capital humano suficiente. Sin embargo países como Argentina y Brasil encabezan hoy iniciativas de una política nacional que impulsa la bioeconomía en áreas espe-

cíficas y con ello van generando sinergias para impulsar el desarrollo biotecnológico.

En el caso de México, las experiencias que desde la academia y desde la industria han desarrollado innovaciones que cumplen con las características de la bioeconomía pueden ser alentadoras, en el sentido de que se está gestando una iniciativa de alinearse a las nuevas demandas del mercado, que se orientan hacia los senderos de la sustentabilidad y el «enverdecimiento», sin embargo la constante es que son ideas y desarrollos de gran valor, pero que se instrumentan a niveles sumamente limitados, para generar una presencia en los mercados o un ambiente de investigación y desarrollo científico.

En el resto de los países de la región, existe aún un fuerte rezago en cuanto al desarrollo de la biotecnología, dada la carencia de recursos humanos capacitados, infraestructura, inversiones y una política científica que incentive.

Es necesario documentar experiencias y analizar el contexto institucional para identificar las potencialidades y posibilidades de generar condiciones científicas, tecnológicas, sociales, políticas y económicas, que permitan una transición adecuada y conveniente de los países de América Latina hacia la bioeconomía.

BIBLIOGRAFÍA

- Anlló, G. y Fuchs, Y. (2012) *Bioeconomía y los desafíos futuros. La biotecnología como ventana de oportunidad para iberoamérica*. Buenos Aires: RICYT.
- Arias, M.; Cañizares, R. y Martínez, A. (2012) Producción de biodiesel a partir de microalgas: Parámetros del cultivo que afectan la producción de lípido. *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 43-68.
- Becker, G. S. (1976) *Altruism, egoism and genetic fitness: Economics and sociobiology* J. Econ. Liter. 14: 817-821.
- Becerra, P. L. (2013) La industria del etanol en México. *Economía UNAM*, 16(6), 82-98.
- Brambila, P. J., Martínez, D. M., Rojas, R. M. y Pérez, C. V. (2013) La bioeconomía, las biorefinerías y las opciones reales: el caso del bioetanol y el azúcar. *Agrociencia*, 3(47), 281-292.
- Boulding, Kenneth E. (1981) *Evolutionary economics*. Sage Publications, Beverly Hills.
- Carrillo, G. y Hernández, R. (2013) Gestión interfirma para la innovación ambiental en Carrillo, G. (coord.) *Sistemas de gestión y modelos de organización para la innovación*, Plaza y Valdes Editores, México.
- Colin, C. W. (1976) *Mathematical Bioeconomics: The Optional Management of Renewable Resources*. Willey, Interscience. New York. USA
- Cooper, M. (2007) Life, autopoiesis, debt. *Distinktion: Journal of Social Theory*, 8(1), 25-43.
- DG Research, (2006) *FP7 Theme 2: Food, Agriculture, Fisheries and Biotechnology, 2007 work programme*. Bruselas: IWT - NCP.
- DiMaggio, P. y Hargittai, E. (2001) From the «Digital Divide» to «Digital Inequality»: Studying Internet use as penetration increase. (C. f. University, Ed.) Recuperado el 25 de 08 de 2017.
- European Commission, (2004) *Towards a European Knowl-*

- edge-based Bioeconomy*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- European Commission, (2012) *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*. Brussels: Publications Office of the European Union.
- European Commission, (2013) *Bio-based industries, towards a public-private partnership under Horizon 2020*. Bruselas: Publications Office of the European Union.
- FAO, (2016) *FAOstat*. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de Agriculture Organization of the United Nations. Statistical database.: <http://faostat.fao.org>.
- FAO, (2002) *World Agriculture 2030: Main Findings*. Roma: Food and Agriculture Organization.
- Garibay-Hernández, A., Vázquez-Duhalt, R., Sánchez, M., Serrano, L., y Martínez, A. (2009) Biodiesel a partir de microalgas. *BioTecnología*, 13(3), 38-61.
- Gina, P., y Flores, N. C. (2014) Bioplásticos. *Biotecnología*, 18(2), 27-36.
- Goven, J., y Pavone, V. (2015) The Bioeconomy as Political Project: A Polanyian Analysis. *Science, Technology, & Human Values*, 40(3), 302-337.
- Hardy, R. (2002) The Bio-based economy. En J. Janik, & A. Hipkey, *Trends in New Crops and Uses* (págs. 11-16.). Alexandria: ASHS Press.
- Kloppenborg, J. (2005) *First the Seed: The Political Economy of Plant Biotechnology*. EUA: Univ of Wisconsin Press.
- McCormick, K. (2011) The emerging bio-economy in Europe: Exploring the key governance challenges. *World Renewable Energy Congress*, (págs. 2316-2322). Sweden.
- Meadows, D., et al. (1972) *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. London: Pan Books.
- OECD, (2009) *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*. Paris, Francia: OECD.

- OECD, (2004) *Biotechnology for Sustainable Growth and Development*. Paris: OECD Publications.
- Pavone, V. (2012) Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 7(20), 145-161. Abril.
- Pengue, W. (2001) Expansión de la soja en Argentina Globalización, Desarrollo Agropecuario e Ingeniería Genética: Un modelo para arma. *Revista Biodiversidad*(29), 1-27.
- Pfau, S.; Hagens, J.; Dankbaar, B. y Smits, A. (2014) Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. *Sustainability*, 6(3), 1222-1249. Marzo.
- Rivera, D. (2014) *Incentivos y barreras a la eco-innovación con materiales reciclados en México*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Rodrigues, R. A. y Accarini, J. H. (2007) Programa brasileiro de biodiesel. . En C. Amorim, *Biocombustíveis no Brasil. Realidades e Perspectivas* (págs. 158-181). Brasília.
- Rothschild, L. J., y Mancinelli, R. L. (2001) «Life in Extreme Environments», . *Nature* (409), 1092-1101.
- Sacramento, J.; Romero, G.; Cortés, E.; Pech, E. y Blanco, S. (2010) Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México. *Revista mexicana de ingeniería química*, 9(3), 261-283.
- SAGPYA, y IICA (2006) *Perspectivas de los biocombustibles en la Argentina y en Brasil*. Buenos Aires: IICA.
- Sheppard, A.; Raghu, S.; Begley, C.; Genovesi, P.; de Barro, P.; Tasker, A. y Roberts, B. (2011) Biosecurity as an integral part of the new bioeconomy: A path to a more sustainable future. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(2), 105-111. Marzo.
- Staffas, L.; Gustavsson, M. y McCormick, K. (2013) Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. *Sustainability*(5), 2751-2769. Junio.

- Stubrin, L. (2012) *Biotecnología en la provincia de Santa Fe: el sector científico técnico*. Chile: CEPAL.
- Trigo, E.; Henry, G.; Sanders, J.; Schurr, U.; Ingelbrecht, I. y Revel, C. (2013) *Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean*. Cali, Colombia.: ALCUE.
- Urmetzer, S. y Pyka, A. (2014) Varieties of Knowledge-Based Bioeconomies. *Discussion Paper 91*. Alemania: Universität Hohenheim. 8 de junio.

El libro *Innovación y desarrollo tecnológico en México.*

Estudios sectoriales y regionales.

Coordinado por Sánchez Daza Germán y
Núñez Ramírez Ismael está a disposición en
la página web de la Facultad de Economía, BUAP
www.eco.buap.mx, desde diciembre 2019

Tiene un peso de 6 MB